اویل ایندااستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

Biofuel and BioPolymer

سوخـــت و پلیمرهای زیـــستی

تحقیق و نگارش: شقایق علیزاده
محمدرضا نجفی‌زاده

امروزه انسان‌ها تلاش دارند که به هرطریق ممکن سهم منابع تجدیدپذیر را در منابع انرژی و مواد مصرفی افزایش دهند. به هرحال منابع ســـیاره زمین محدود بوده و تجدید بســـیاری از منابع به میلیون‌ها سال زمان نیاز دارد. در کنـــار این منابع انرژی‌خورشـــیدی، باد، انرژی زیســـت توده (Biomass) و ســـوخت‌های زیســـتی منابع تجدیدپذیری هستند که تا خورشید زنده اســـت آنها نیز وجود دارد. از ســـوی دیگر از زیست‌توده می‌توان پلیمرهای زیستی تولید نمود. در واحدهای تولید بیوپلیمر انرژی مصرفی نیز غالبـــاً از منابع تجدیدپذیر تولید می‌شـــود. درنتیجه میزان اتکای این مواد زیســـتی به منابع فســـیلی به کمترین حد ممکن رسیده اســـت. پیش‌بینی می‌شـــود که در آینده نیز این روند با سرعت مناسبی توســـعه یابد. غالباً گســـترش اســـتفاده از منابع همواره محدودیت‌ها و چالش‌هایی پیش‌رو دارد. در اینجا نیز یک چالش و محدودیت جدی وجود دارد. در زمانی که وظیفه حمل و نقل انســـان‌ها برعهده اسب، قاطر و الاغ بود، مشترک بودن برخی مواد خوراکی در سبد دام و انسان یک چالش به حساب می‌آمد. اگرچه در گذشـــته تعداد چارپایان به حدی نبود که این چالش کاملاً جدی باشد، اما امروزه تولید میزان زیادی سوخت و پلیمرهای زیســـتی باعث یک چالش اساسی در منابع زیســـتی مشترک میان سبد خوراک انسان و دام و سبد منابع تولید سوخت و پلیمرهای زیستی شده اســـت. اولین چالش جدی در این رابطه در کشور آمریکا بروز کرد و باعث محدودیت تولید سوخت‌های زیستی گردید. این چالش شرکت‌های فعال در ایـــن حوزه را به فکر راه‌های جایگزین انداخت. خوشـــبختانه راه‌های

جایگزین مناســـبی در این رابطه وجود دارد. یکـــی از اصلی‌ترین راه‌های جایگزین تولید اتانول از سلولز و پسماندهای کشاورزی می‌باشـــد. از سوی دیگر تولید حجم بیشتری از سوخت‌های زیســـتی از نوع بیودیزل برپایه چربی و روغن‌های زائد نیز می‌تواند برای این چالش پاسخ مناسبی باشد. در قســـمت اول مقاله جاری به بررسی سوخت‌های زیستی و تاثیر آن در بازار انرژی پرداخته و در قســـمت دوم به بررســـی بیوپلیمرها و آینده بازار موادشیمیایی تحت تاثیر ورود منابع زیستی پرداخته خواهد شد.

۱ پایداری و توسعه پایدار

برای اینکه یک سوخت جدید را بتوان جایگزین سوخت‌ها یا منابع انرژی موجود نمود باید از نظر فنی و اقتصادی قابلیت رقابت با سوخت‌های موجود را داشته باشد. در این صورت در درازمدت این سوخت جدید در بازار باقی خواهد ماند و توسعه پایداری خواهد داشت. شکل ۲ عوامل مهم تاثیرگذار در پایداری و بقا سوخت‌های زیستی را در ۴ گروه فنی، اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیست نشان می‌دهد. در ادامه این عوامل مهم در پایداری، توضیح داده می‌شوند:

۱» قابلیت‌های فنی

اولین توانمندی یک انرژی یا سوخت جدید قابلیت فنی آن می‌باشد. سوخت جدید را باید بتوان در مقیاس صنعتی تولید نمود تا تولید آن دغدغه‌ای برای مصرف‌کنندگان ایجاد نکند. برای تولید سوخت‌های زیستی لازم است زیست‌توده به عنوان یک محصول کشاورزی کشت شود. لذا لازم است نرخ برداشت محصول و میزان زمین‌هایی که می‌توان به این محصول اختصاص داد، در حدی باشد که به میزان کافی سوخت زیستی (Biofuel) تولید گردد. از سوی دیگر خودروها یا سایر مصرف‌کنندگان باید قابلیت استفاده از این سوخت‌ها را به ویژه به صورت دوگانه‌سوز داشته باشند. به هرحال قسمت عمده وسایل نقلیه برای استفاده از سوخت‌های فسیلی ساخته می‌شوند. برخی از این خودروها برای استفاده از بنزین یا گازطبیعی به عنوان سوخت جایگزین بازطراحی شده‌اند. اکنون باید گزینه سوخت زیستی را نیز به عنوان یک سوخت جایگزین به این خودروها اضافه نمود. این درحالی است که هنوز به تعداد کافی ایستگاه‌های فروش سوخت‌زیستی وجود ندارد و لازم است که ضمن گسترش ایستگاه‌های توزیع سوخت‌زیستی، تعدا بیشتری از خودروها به صورت پایه یا در حالت دوگانه‌سوز بتوانند از این نوع سوخت استفاده نمایند.

۲» محیط‌زیست

یکی از مهمترین موضوعاتی که همواره در مورد سوخت‌ها مورد توجه است، موضوع تاثیر آن‌ها در محیط‌زیست می‌باشد. آلایندگی و میزان تولید گازهای گلخانه‌ای عواملی هستند که از طریق سوخت‌ها می‌تواند بر محیط‌زیست تاثیر بگذارد. برای بررسی دقیق میزان آلایندگی، انتشار گازهای آلاینده و گازهای گلخانه‌ای لازم است در کل، فرایند کشت، فرآوری، تبدیل زیست‌توده به انرژی و همچنین مصرف انرژی بررسی شود که چه میزان انتشار وجود دارد. به هرحال از آنجا که منابع فسیلی میلیون‌ها سال پیش تشکیل شده‌اند، ایجاد آنها در حال حاضر تاثیری بر محیط‌زیست ندارد و از این لحاظ بر سوخت‌های

شکل ۱: بیودیزل و کیفیت هوا، مرجع EPA

تجدیدپذیر برتری دارند. شکل ۱ میزان انتشار گازهای آلاینده و ذرات ریز جامد بر حسب درصد استفاده از بیودیزل را نشان می‌دهد. مطابق این نمودار تنها اکسیدهای نیتروژن در فرایند سوختن بیودیزل نسبت به گازوئیل و بنزین افزایش می‌یابد و سایر عوامل منتشره کاهش می‌یابند. از سوی دیگر دی‌اکسیدکربن تولید شده در مرحله تولید این سوخت در طی عمل فتوسنتز مصرف می‌گردد. در نتیجه میزان تولید گازهای گلخانه‌ای توسط بیودیزل نسبت به سوخت‌های فسیلی کمتر است. از سوی دیگر میزان مواد همراه سوخت‌های زیستی که در طی فرایند سوختن می‌توانند به مواد آلاینده تبدیل شوند بسیار کمتر از سوخت‌های فسیلی می‌باشد و این موضوع با افزایش درصد سوخت‌های زیستی در مخلوط سوخت مورد استفاده در خودروها کاهش بیشتری دارد. پسماند و پساب‌های سوخت‌های زیستی نیز در مرحله تولید نسبت به مشابه فسیلی خود کمتر آلاینده می‌باشند.

۳» شرایط اجتماعی

توجه به مسایل اجتماعی نیز تاثیر زیادی در پایداری و بقای یک سوخت جدید دارد. در مورد سوخت‌های زیستی تاثیر بر اشتغال و بازار خورده‌فروشی و مهمتر از آن میزان تاثیر در اقتصاد موادغذایی از عوامل اصلی است که در تثبیت بازار این سوخت تاثیر دارد. می‌دانیم که برای تولید سوخت‌های زیستی از منابعی نظیر ذرت استفاده می‌شود که در سبد غذایی انسان یا دام قراردارند. در ایالات متحده و برخی از کشورهای دیگر در اواسط دهه گذشته یک چالش جدی میان تولید برای سوخت یا تولید برای خوراک پیش آمد. نمودارهای تولید سوخت زیستی غالباً یک کاهش تولید ناشی از این چالش را نشان می‌دهند. در پی این چالش توجه به سمت تولید سوخت‌های زیستی از منابع متفاوت نظیر چوب و پسماندها و فاضلاب مطرح گردید. این موضوع را در بخش دیگری از این مقاله بررسی می‌کنیم.

شکل ۲: عوامل پایداری و توسعه پایدار در حیات یک سوخت جدید

۴» صرفه اقتصادی

در رقابت میان سوخت‌های زیستی و سوخت‌های فسیلی تنها با پاک‌تر بودن این سوخت‌ها نمی‌توان امیدی به موفقیت آنها داشت. در این رقابت سوخت‌های زیستی باید از چگالی و محتوی انرژی مناسبی برخوردار باشند. بیشتر کاربرد سوخت‌ها در صنعت حمل و نقل می‌باشد. در نتیجه سوختی با محتوای انرژی یا چگالی کم باید در حجم یا وزن زیاد به کار برده شود. در هر دوصورت استفاده از آن در وسایل نقلیه توجیه نخواهد داشت. شکل ۳ چگالی و چگالی انرژی برخی از سوخت‌های جامد تولید شده از چوب و زغال‌سنگ را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌نمایید Black liquor یا نفت پیرولیز از یک‌سو دارای چگالی بالایی می‌باشد و از سوی دیگر چگالی انرژی آنها نیز در حد قابل قبولی است. البته تقریباً هیچکدام از این مواد به عنوان سوخت خودرو کاربرد ندارند و استفاده از آنها برای تولید گرما یا برق نیز چندان با چگالی ارتباط ندارد. محتوی انرژی اتانول ۲۷/۲MJ/l و بیودیزل ۳۸/۹MJ/l می‌باشد. این اعداد با توجه به اینکه ارزش حرارتی بنزین ۴۸/۰۸MJ/l می‌باشد قابل توجه به نظر می‌رسد. جدول ۱ ارزش حرارتی و چگالی انرژی تعدادی از سوخت‌های جامد، مایع و گازی را نشان می‌دهد.

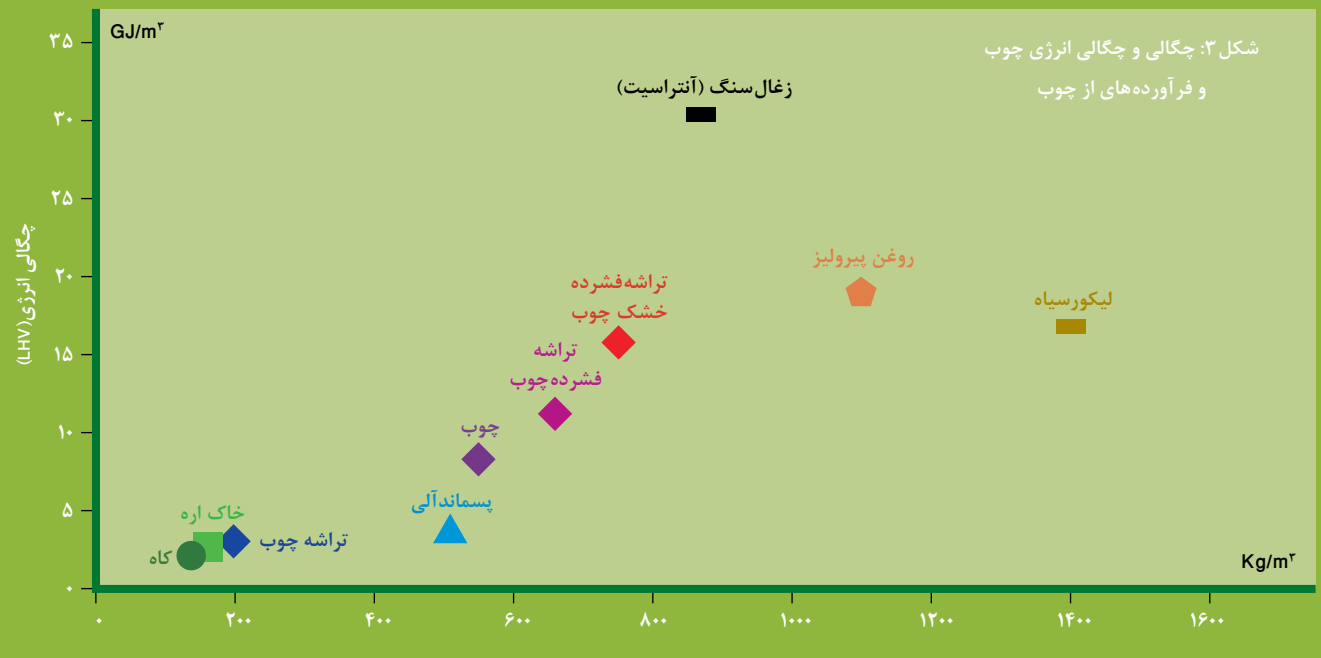
۲ زیست توده

زیست توده منبع انرژی تجدیدپذیر از نوع سوخت‌های زیستی به حساب می‌آید. از این منبع می‌توان به شکل جامد برای تولید گرما یا تولید برق استفاده نمود. همچنین می‌توان آن‌را به گاز متان یا سوخت‌های مایع نظیر بیواتانول تبدیل کرد. منابع زیست توده دارای تفاوت‌های ذاتی با یکدیگر می‌باشند. از یک سو زباله‌های شهری، چربی‌های زائد، فاضلاب‌ها، مواد زائد کشاورزی و جنگلی و همچنین فضولات حیوانات، منابع بزرگی از زیست‌توده می‌باشند و ازسوی دیگر جلبک‌ها، سویا، نیشکر و برخی دیگر از گیاهان کاشتی نیز از منابع زیست توده به حساب می‌آیند. دسته اول موادی زائد و مضر برای محیط زیست می‌باشند و استفاده از آنها به پاکیزه کردن محیط زیست نیز کمک می‌کند و در هرحال فرایند تبدیل این مواد به انرژی توجیه دارد. اما دسته دوم یک سرمایه‌گذاری رقابتی است زیرا این منابع خود کاربرد خوراکی دارند. لذا باید مطالعات امکان‌سنجی و بررسی شرایط فنی، اقتصادی و رقابتی برای استفاده ار آن‌ها انجام گیرد. به دلیل محدود بودن زمین‌های قابل کشت و همچنین محدودیت در منابع آبی غالباً تولید غلات به منظور استفاده در سبد تغذیه اولویت بیشتری دارد. به همین جهت علیرغم آنکه زیست توده از لحاظ پایداری تا هنگامی که خورشید زنده است تجدیدپذیر محسوب می‌شود اما به دلیل رقابت آن با سبدغذایی بشر عملاً با محدودیت‌های جدی روبرو هستیم. از نظر تعریف به کلیه موادی

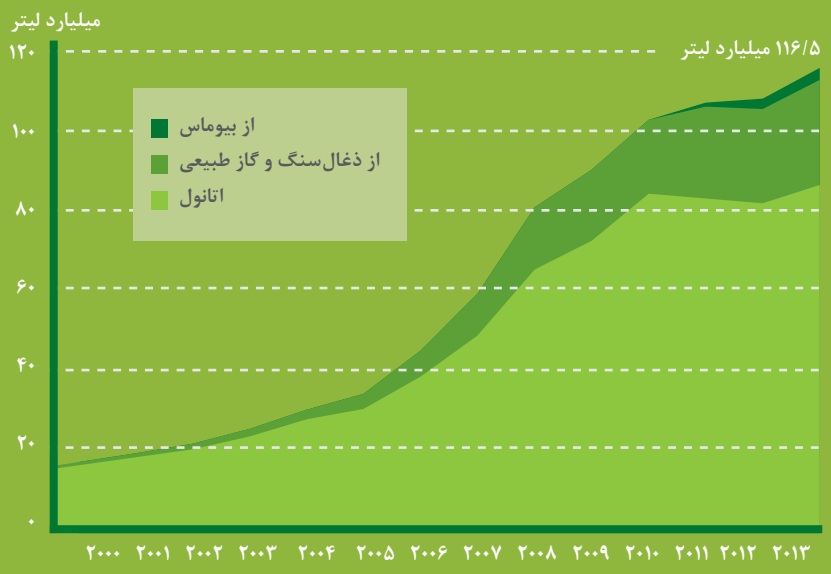
	کشور	چگالی Kg/m3	ارزش حرارتی MJ/kg	چگالی انرژی MJ/l
۱	سوخت جت	۷۷۵-۸۴۰	۴۳/۲	۳۴/۹
۲	بنزین	۷۵۰	۴۵	۳۳/۷
۳	سوخت دیزل	۸۳۱	۴۳/۵	۳۶/۱
۴	کروسین	۸۱۰	۵۰	۵۰
۵	GTL	۷۷۰-۸۵۰	۴۴/۲	۳۳/۶
۶	CNG @ 200bar	۱۷۹	۴۹	۸/۱
۷	پروپان	۵۰۰	۴۶/۴	۲۳
۸	بوتان	۵۷۹	۴۵/۷	۲۶
۹	LNG	۴۱۰	۴۹	۲۱/۲
۱۰	DME	۶۶۷	۲۸/۸	۱۹/۴
۱۱	هیدروژن (۲۰۰بار)	۲۹	۱۲۰	۳/۴
۱۲	هیدروژن مایع	۷۰/۸۵	۱۴۲	۸/۴
۱۳	متانول	۷۹۰	۲۰	۱۶
۱۴	اتانول	۷۹۰	۲۷	۲۱
۱۵	بیودیزل	۸۷۰	۳۶	۳۱
۱۶	زغال سنگ	۸۳۳-۱۵۰۰	۲۹/۵۲	۲۷/۳۶
۱۷	چوب	۱۷۰-۱۳۷۰	۱۵/۱۲	۱۰/۸
۱۸	باگاس	۵۷۰-۷۰۰	۱۷/۵	۲/۸
۱۹	نفت پیرولیز	۱۱۵۰-۱۲۵۰	۸/۳	۱۰/۶
۲۰	باتری لیتیوم-یون	-	۱/۹۸	۶/۰۸

جدول۱: چگالی و چگالی انرژی؛ باید توجه کرد که مقادیر با شرایط دما و فشار متفاوت می‌تواند تغییر کند. مقادیر ارزش‌حرارتی در این جدول LHV می‌باشند. اطلاعات باتری لیتیوم-یون نیز جهت مقایسه ارائه گردیده است.

شکل ۳: چگالی و چگالی انرژی چوب و فرآورده‌های از چوب



که منشا زیستی داشته باشند و از تکثیرسلولی بدست آمده باشند، زیست‌توده گفته می‌شود. این مواد غالباً قابلیت تولید انرژی گرمایی داشته و می‌توان آنها را به حامل‌های انرژی تبدیل نمود. منبع اصلی این مواد و انرژی حاصله از آنها، خورشید می‌باشد که در طی فرایند فتوسنتز انرژی تابشی خورشید در گیاهان ذخیره می‌شود. همانگونه که اشاره شد از دوران بسیار قدیم از زیست‌توده به صورت چوب، زغال و فضولات حیوانی برای تولید گرما و روشنایی استفاده می‌شده است. همچنین تولید گاز متان نیز از زیست‌توده دارای قدمت زیادی می‌باشد اما قدمت تولید و استفاده از سوخت‌زیستی به صورت مایع به اوایل قرن بیستم میلادی می‌رسد. علیرغم استفاده از این سوخت در خودرو توسط ردولف دیزل و هنری فورد اما به دلیل قیمت پایین سوخت‌های فسیلی به سرعت این سوخت‌ها کنار گذاشته شدند. با وقوع شوک‌های نفتی در سال ۱۹۷۳ و ۱۹۷۹ و همچنین مطرح شدن مشکلات آلایندگی و انتشارگازهای گلخانه‌ای در دهه ۱۹۹۰ میلادی مجدداً استفاده از این نوع سوخت مطرح گردید. در این دوره به واسطه رشد فناوری و دانش‌فنی، تولید سوخت با کیفیت مناسب و قیمت رقابتی امکان‌پذیر گردید. شکل ۴ نشان می‌دهد که در طول تقریباً یک دهه، تولید سوخت‌های زیستی تقریباً ۵ برابر رشد کرده است. در طول این دوره هزینه‌های تولید نیز کاهش داشته و توسعه فناوری، تولید سوخت با کیفیت بالاتر را امکان‌پذیر نموده است. از سوی دیگر جدول ۲ و ۳ نشان



شکل ۴: نمودار تولید جهانی اتانول و بیودیزل در سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ میلادی

می‌دهند که ۶۰٪ سوخت‌های زیستی در کشورهای آمریکا و برزیل تولید می‌شود. آمریکا به دلیل بالابودن میزان مصرف انرژی و برای کاهش اثر سوخت‌های فسیلی متعارف در سبد انرژی خود علاقه زیادی به توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر دارد. همچنین آمریکا صاحب مزارع وسیع ذرت و سایرغلات بوده و دارای جنگل‌های بسیار وسیع می‌باشد. از طرف دیگر کشور برزیل صاحب مزارع بزرگ نیشکر بوده و می‌تواند از قند و همچنین پسماندهای نیشکر و پسماندهای فرآوری آن برای تولید سوخت‌های زیستی استفاده نماید. در جدول اشاره شده مشاهده می‌کنید که تولید سوخت‌های زیستی عمدتاً در کشورهایی صورت می‌گیرد که مصرف انرژی در آنها بالا می‌باشد. نکته دیگر که در جدول۲ مشاهده می‌کنید تولید بیودیزل و HVO[Hydrotreated Vegetable Oil] می‌باشد. این دو سوخت دارای ارزش سوختی بالاتری نسبت به اتانول می‌باشند و ارزش سوختی HVO نزدیک به بنزین می‌باشد. بنابراین با این سوخت‌ها از نظر چگالی و ارزش حرارتی کاملاً با سوخت‌های فسیلی قابل رقابت می‌باشند.

	کشور	Ethanol	Bio Diesel	HVO
۱	آمریکا	۵۰/۳	۴/۸	۰/۳
۲	برزیل	۲۵/۵	۲/۹	–
۳	آلمان	۰/۸	۳/۱	–
۴	فرانسه	۱	۲	–
۵	آرژانتین	۰/۵	۲/۳	–
۶	هلند	۰/۳	۰/۴	۱/۷
۷	چین	۲	۰/۲	–
۸	اندونزی	۰	۲	–
۹	تایلند	۱	۱/۱	–
۱۰	کانادا	۱/۸	۰/۲	–
	سایر	۴	۷/۳	۱
	جمع کل	۸۷/۲	۲۶/۳	۳

جدول۲: آمار تولید سوخت‌های زیستی سال ۲۰۱۳ میلادی(برحسب میلیارد لیتر)

	کشور	۲۰۰۳	۲۰۰۵	۲۰۰۷	۲۰۰۹	۲۰۱۱	۲۰۱۳	سهم ۲۰۱۳ از کل
۱	آمریکا	۵۲۲۶	۷۴۷۸	۱۳۴۵۶	۲۱۶۹۷	۲۸۵۱۸	۲۸۴۴۰	۴۳/۵
۲	برزیل	۷۰۶۸	۷۸۳۵	۱۱۳۲۳	۱۳۹۶۲	۱۳۱۹۷	۱۵۷۸۳	۱۶/۸
۳	آلمان	۶۱۳	۱۵۲۵	۳۱۸۱	۲۷۲۸	۲۸۲۵	۲۶۱۵	۴
۴	فرانسه	۳۶۸	۴۳۹	۱۱۲۱	۲۳۱۲	۱۸۵۹	۱۹۳۶	۳
۵	آرژانتین	۹	۹	۲۷۲	۱۰۴۸	۲۲۱۸	۱۸۸۴	۲/۹
۶	چین	۳۹۶	۶۲۲	۹۰۱	۱۱۲۴	۱۵۹۷	۱۶۸۰	۲/۶
۷	اندونزی	–	۹	۲۱۶	۴۶۴	۱۱۰۴	۱۶۰۸	۲/۵
۸	تایلند	–	۵۲	۱۳۸	۶۱۸	۷۲۱	۱۲۵۱	۱/۹
۹	هلند	–	۳	۸۰	۲۴۱	۶۲۷	۱۱۸۲	۱/۸
۱۰	کانادا	۱۱۳	۱۳۳	۴۶۱	۷۲۱	۸۷۵	۱۰۱۱	۱/۵
	سایر	۸۸۹	۱۵۹۶	۳۶۸۳	۷۰۳۴	۷۱۴۳	۷۹۵۸	۱۹/۵
	جمع کل	۱۴۶۸۲	۱۹۷۰۱	۳۴۸۳۲	۵۱۹۴۹	۶۰۶۸۴	۶۵۳۴۸	۱۰۰

جدول۳: آمار تولید سوخت‌های زیستی در از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ میلادی
(برحسب هزار تن معادل نفت‌خام)

۱» منابع زیست توده

منابع زیست توده که برای تولید انرژی مناسب هستند، طیف وسیعی از مواد را شامل می شوند. چوب، زغال و فضولات دامی قدیمی‌ترین منابع زیست‌توده به حساب می‌آیند. پسماند، زباله و فاضلاب بخش دیگری از این منابع را تشکیل می‌دهند. این منابع به گروه‌های زیر تقسیم می شوند:

» سنتی

- چوب و زغال
- فضولات دامی

» پسماند، پساب

- زباله‌های شهری
- فاضلاب‌های شهری
- فاضلاب‌ها، پسماندها و زائده‌های آلی صنعتی

» باقیمانده‌ها و ضایعات

- زائده‌های جنگلی و باغداری نظیر شاخه و برگ
- باقیمانده‌های زراعی نظیر کاه و پوشال
- پسماند صنایع غذایی نظیر تفاله‌های روغنی، سبوس، پسماندهای پنبه و چای، چوب ذرت، تفاله نیشکر و چغندر، باگاس، ویناس، ملاس، باقی‌مانده شیلات، پسماندهای کشتارگاه، آب پنیر و ...
- باقیمانده‌های صنایع نظیر تراشه‌های چوب و لیکور سیاه

» محصولات صنعتی انرژی

- گیاهان انرژی نظیر ذرت خوشه‌ای شیرین (Sweet Sorghum)، ذرت، چغندرقند، گندم و نیشکر
- گیاهان انرژی مناسب تولید بیودیزل شامل کلزا، سویا، جاتروفا، آفتابگردان، پنبه، پالم، بادام زمینی، کنف، کتان، نارگیل، گیاه خردل و ...
- چربی‌های حیوانی مناسب تولید بیودیزل شامل: پیه، دنبه، روغن زرد و ...
- جلبک، گیاهان دریایی و فیتوپلانکتون‌ها
- سلولز و همی‌سلولز

» بیوماس دریایی

تقریباً ۴۰ درصد از کل فتوسنتز جهان، در دریاها انجام می‌شود. در این فرآیند، موجودات فتوسنتزکننده (فیتوپلانکتون‌ها، جلبک‌ها و گیاهان دریایی) دی‌اکسیدکربن را جذب و با استفاده از انرژی خورشید به کربن آلی (قندهای اولیه) و اکسیژن تبدیل می کنند. میزان دی‌اکسیدکربن اقیانوس‌ها ۵۰ برابر میزان دی‌اکسیدکربن موجود در اتمسفر است و برآورد شده که سالانه حدود ۳۵ گیگاتن کربن به بیوماس دریایی تبدیل می‌شود، اما تاکنون از این منبع عظیم سوخت به‌صورت تجاری برای تأمین انرژی، استفاده نشده است. علت اصلی این موضوع، مقرون به صرفه نبودن آن در مقایسه با سایر فرآورده‌های خشکی است.

شکل ۵: اینفوگراف بیوماس

در این شکل منابع بیوماس شامل منابع سنتی و جدید نظیر چوب، پسماندهای کشاورزی، زائده‌های جنگل و کشاورزی، پسماندهای شهری، صنایع موادغذایی و صنایع چوب و همچنین دانه‌های صنعتی را مشاهده می‌نمایید. همچنین محصولات زیست‌انرژی را در کنار رقبای آن یعنی خوراک دام و خوراک انسان مشاهده می‌نمایید. این اشتراک مصرف باعث ایجاد چالش جدی در حوزه زیست توده و خوراک انسان و دام شده است. در فناوری زیست توده همانگونه که مشاهده می‌نمایید، علاوه بر انرژی، سوخت، مواد مصرفی و همچنین انواع موادشیمیایی را می توان تولید نمود.

۲» فناوری ها

فناوری‌ها و روش‌های مختلفی برای استفاده از این انرژی وجود دارد. برای شرکت‌هایی که نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ را اداره می کنند، بهره گیری از بیوماس ممکن است آسانترین روش برای اضافه کردن منابع تجدیدپذیر به منابع سوخت مرسوم آنها باشد. نیروگاه‌های سوخت مستقیم بیوماس در نقاط مختلف کاملاً قابل اجرا بوده و با سیستم های مولد بخاری که با استفاده از سوخت‌های فسیلی کار می کنند قابل رقابت می‌باشند. نیروگاه‌های زغال‌سنگی را می توان به سرعت و با هزینه‌ای کم (در مقایسه با هزینه سرمایه گذاری نیروگاه‌های جدید با سوخت بیوماس یا دیگر منابع تجدیدپذیر) به نیروگاه‌های دوگانه سوز همراه با بیوماس تبدیل کرد. استفاده از برخی پسماندهای گیاهی ضمن پایین آوردن هزینه سوخت می تواند مزایایی را برای محیط زیست از طریق کاهش آلاینده‌هایی از قبیل SOx و NOx ، به‌همراه داشته باشد. به‌علاوه اگر از یک جسم بادوام به عنوان سوخت استفاده شود، این کار بطور مستقیم انتشار دی‌اکسیدکربن را نیز کاهش می‌دهد. پروژه‌های بیوماس ارتباط تولیدکنندگان برق با مصرف کنندگان را تقویت می کند. در این خط مشی در تولید برق از منابعی مانند ضایعات جنگلی و کشاورزی استفاده می‌شود. به‌علاوه این امر باعث رشد اقتصاد محلی نیز شده و برای کسانی که در کار تهیه، انتقال و فرآورش مواد سوختی هستند نیز کار ایجاد می کند. اگرچه تولید گرما و تولید برق به‌ویژه به روشی که در حین سوختن کمترین آلایندگی تولید شود، روش‌هایی است که در حال حاضر کاربرد دارند و برنامه‌های تحقیقاتی برای کاهش تولید آلاینده‌ها نیز در حال انجام می‌باشد، اما به نظر نمی‌رسد که با این روش‌ها بتوان از پتانسیل موجود در زیست‌توده استفاده مناسب بعمل آورد. تولید سوخت به‌ویژه سوخت‌های مایع با توجه به مصرف بسیار بالا در صنایع حمل و نقل و همچنین آلایندگی و محدودیت منابع سوخت فسیلی می‌تواند راه‌حل مناسبی برای این موضوع باشد. طی چند برنامه تحقیقاتی که در EPRI[Electric Power Research Institute] انجام شده، مزایای فنی، اقتصادی و زیست محیطی فناوری‌های بیوماس به مدت ۲۰ سال مورد بررسی قرار گرفته است که می توان از گزارش‌های متعدد فنی که در این زمینه وجود دارد برای اجرای برنامه های بیوماس استفاده نمود. کارهایی که اخیرا در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر انجام شده بر شرایط دوگانه‌سوزی با سوخت بیوماس، تعیین وضعیت و آینده توسعه فن‌آوری‌های بیوماس و نیز تشخیص نقش بالقوه بیوماس برای کاهش دی‌اکسیدکربن، متمرکز بوده است. نرم‌افزارهای تهیه شده توسط EPRI می‌توانند به مهندسین و طراحان کمک کنند تا جنبه‌های فنی و اقتصادی استفاده از انرژی بیوماس و فن‌آوری‌های تبدیل سوخت مذکور را با تشخیص مزایا و محدودیت‌های آن‌ها، تعیین کنند. از نرم‌افزار Besie (ارزیابی کننده اولیه سیستم انرژی بیوماس) می‌توان برای انجام ارزیابی اقتصادی پروژه‌های انرژی بیوماس استفاده کرد که در آن‌ها از مواد چوبی پرورش داده شده استفاده می‌شود. نرم‌افزار Biopower استفاده‌کنندگان را قادر می‌سازد تا عملکرد و هزینه‌های برخی از فناوری‌های تولید توان را ارزیابی و با یکدیگر مقایسه کنند.

روش‌های عملی برای تبدیل زیست‌توده به شکلی از انرژی که مناسب مصرف باشد را می‌توان به چهار دسته زیر تقسیم نمود:

» تبدیل به گرما

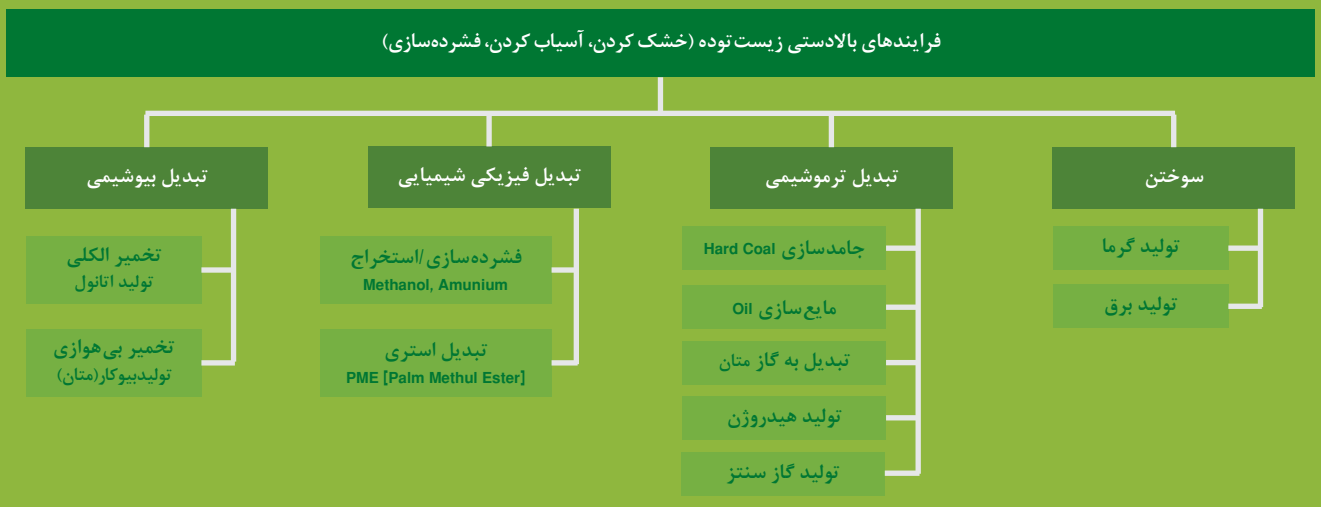
سوختن به منظور تولید گرما یا تولید برق نظیر نیروگاه‌های حرارتی زیست‌توده یکی از روش‌های اولیه استفاده از انرژی زیست‌توده می‌باشد، این نیروگاه‌ها می‌توانند دوگانه سوز باشند و از زیست‌توده در کنار زغال‌سنگ یا گازطبیعی استفاده شود. زیست توده به شکل هیزم و فضولات حیوانات یکی از قدیمی‌ترین منابع انرژی در جهان می‌باشد. این منابع در صورت استفاده مستقیم قابلیت تولید حرارت را دارا می‌باشند. و در صورت تولید سوخت‌های زیستی یا بیوگاز قابلیت استفاده در موتور ژنراتورها یا پس از تولید بخار آب در توربین ژنراتورها را جهت تولید برق دارد.

» تبدیل ترموشیمی

»تبدیل فیزیکی- شیمیایی

» تبدیل بیوشیمی

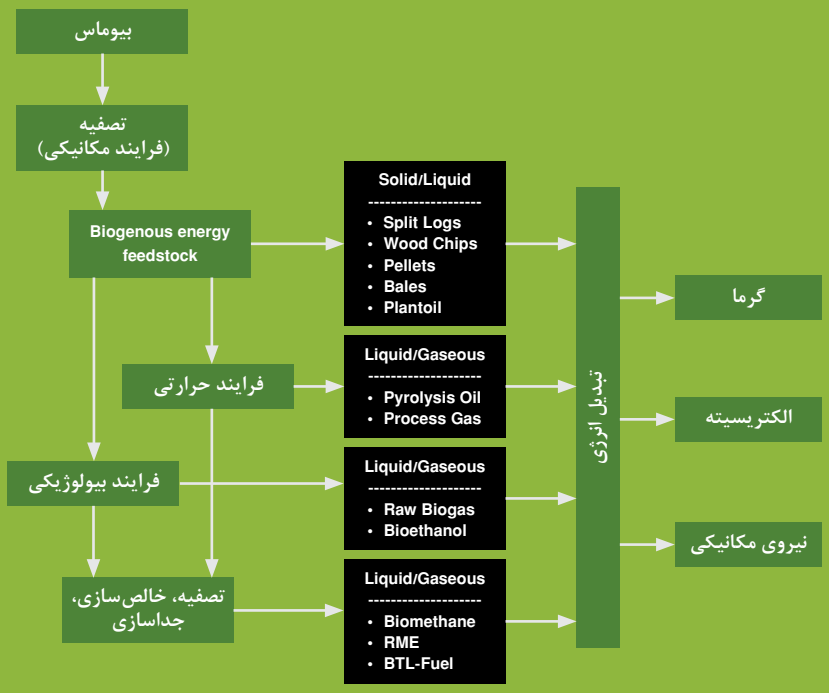
شکل۶ این روش‌ها را نشان می‌دهد. به غیر از روش سوختن، تقریباً در سایر روش‌ها می‌توان به محصولات مشابهی دست یافت. البته این محصولات و فرایند تولید آن‌ها با یکدیگر تفاوت دارد و هزینه تولید محصول از هرکدام از آن‌ها با دیگری تفاوت دارد. در مجموع می توان گفت که زیست‌توده در بخش تولید سوخت‌های رقابتی با سوخت‌های فسیلی، دارای انعطاف کافی می‌باشد. اما برای اینکه بتواند به صورت جدی وارد این رقابت شود باید از یک طرف در بخش توسعه و تحقیق تمرکز بیشتری صورت پذیرد و از طرف دیگر از طرف دولت‌ها و همچنین صنایع مرتبط به صورت جدی حمایت شود. به هرحال سوخت تولید شده در سیستم زیست‌توده باید به عنوان رقیب در خودروهای بنزینی، دیزلی یا گازسوز مورد استفاده قرارگیرد. این امر مستلزم تولید خودروهای دوگانه‌سوزی می‌باشد که به خوبی برای استفاده از سوخت زیستی بهینه‌سازی شده باشند.



شکل ۶: فرایندهای بالادستی زیست‌توده

۳ محصولات سوختی زیست‌توده

از زیست‌توده محصولات متعددی می‌توان بدست آورد. برخی از آنها نظیر کمپوست (Compost) به بحث فعلی ما ارتباطی ندارد. در این مقاله فقط به محصولات سوختی زیست‌توده توجه می‌شود. زیست‌توده می‌تواند به سوخت‌های جامد، مایع و گاز تبدیل شود. سوخت‌های جامد از قدیم کاربرد داشته‌اند و درسال‌های اخیر آلایندگی سوختن آن‌ها کم شده است. اما باید توجه داشت که تولید سوخت‌های گازی و مایع از توجیه بیشتری برخوردار است. شکل ۷ تولید محصولات مختلف زیست‌توده را نشان می‌دهد. این محصولات از یک فناوری یا مجموعه‌ای از فناوری‌هایی که در قسمت قبل توضیح داده شد استفاده می‌کنند. شکل ۸ نیز بکارگیری سوخت‌های زیستی در یک فرایند سیکل ترکیبی را در یک سیستم موتوراحتراقی و توربوژنراتور نشان می‌دهد. در ادامه این قسمت به صورت مختصر محصولات سوختی زیست‌توده را بررسی خواهیم کرد:



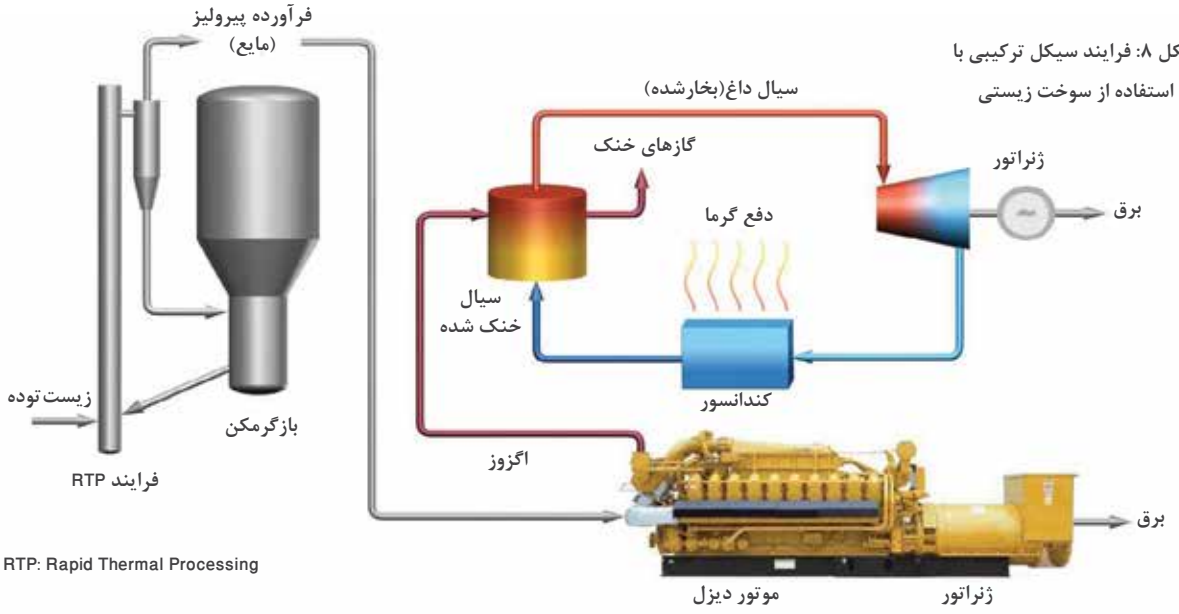
شکل ۷: محصولات مختلف زیست‌توده

» محصولات گازی

بیوگاز، گازسنتز و هیدروژن را می‌توان محصولات مهم زیست‌توده در بخش محصولات گازی دانست. همان‌گونه که قبلاً اشاره شد، بیوگاز از محصولات قدیمی زیست‌توده می‌باشد و قبل از گازطبیعی کاربرد داشته است. البته به دلیل میزان زیاد دی‌اکسیدکربن به همراه آن، استفاده از این گاز مشکلات زیست‌محیطی به همراه دارد. از میان محصولات اشاره شده گازسنتز به عنوان حلقه واسط زیست‌توده و محصولات سوختی یا شیمیایی و بیوهیدروژن نیز به عنوان سوخت در آینده تاثیر زیادی در بازار سوخت‌ها خواهند داشت.

» محصولات جامد

انواع تراشه‌های آماده چوبی و زغال و بسته‌های کوچک زیست‌توده فرآوری شده برای کاربردهای خانگی، عمومی و صنعتی محصولات جامد بیوماس محسوب می‌گردند. در کشورهای توسعه یافته عموماً آب گرم شهری در مراکزی تولید و توزیع می‌گردد که سوخت آنها زیست‌توده جامد است. علاوه بر گرما، از زیست‌توده جامد برای تولید برق به صورت معمول یا CHP استفاده می‌گردد. این مراکز تولید برق مشابه مراکز تولیدبرق با سوخت زغال‌سنگ از نوع مجتمع IGCC[Integrated Gasification Combined Cycle] می‌باشند که ضمن داشتن بازده بالا از آلایندگی کمی هم برخوردار هستند. شکل ۹ یک واحد تولید سوخت‌جامد از زیست‌توده را نشان می‌دهد. کک پیرولیز فرآورده‌ای است که در این فرایند تولید می‌شود. فرآورده سوختی تولید شده در این واحد هم می‌تواند در یک واحد تولید برق یا تولید آب گرم متمرکز استفاده شود و هم می‌توان از آن به عنوان سوخت در خانه‌ها استفاده نمود. امروزه با توجه به امکان کاهش آلاینده‌ها در مرحله تولید سوخت‌های جامد استفاده از این نوع فناوری در حال گسترش می‌باشد.



شکل ۸: فرایند سیکل ترکیبی با استفاده از سوخت زیستی

RTP: Rapid Thermal Processing

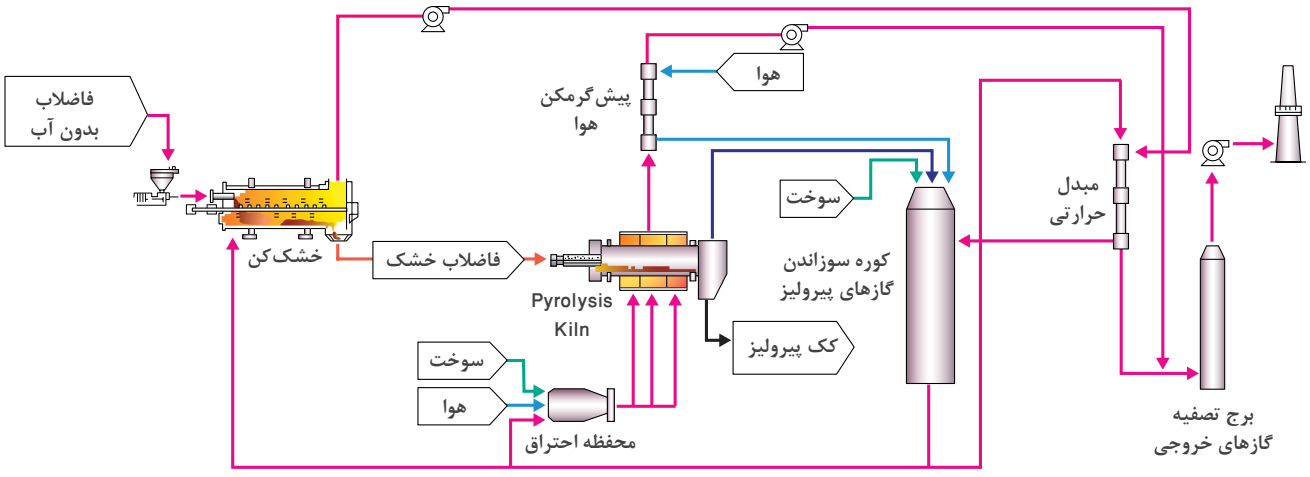
۲» محصولات مایع

بیواتانول، بیودیزل و HVO انواع متداول سوخت‌های مایع می‌باشند که در آمارهای جهانی جایگاه دارند. یکی از محصولات مهمی که از زیست‌توده به‌دست می‌آید گازسنتز می‌باشد. از گازسنتز و با کمک فرایند فیشر-تروپش تقریباً هر محصول گازی یا مایع موردنیاز را می‌توان تهیه نمود. در اینجا هزینه تولید محصول است که تعیین می‌کند که تولید چه محصولی در این فرایند بهتر است. البته در تولید سوخت‌های مایع، هزینه تولید و هزینه انتقال از یک‌طرف و ازطرف دیگر وضعیت خودرویی که باید سوخت را مصرف کند اهمیت دارد. شکل ۱۰ در صفحه بعد انواع فرایندهای تولید انرژی و محصولات زیستی را نشان می‌دهد. درحالی که برخی از روش‌ها تجاری‌سازی شده‌اند برخی دیگر در مرحله تحقیق و توسعه می‌باشند. تعداد محصولات، حامل‌های انرژی و سوخت‌ها (شکل ۱۰ و شکل ۱۸ در انتهای مقاله) نشان می‌دهند که موضوع سوخت‌های زیستی در حال حاضر به اندازه کافی برای بخش‌های مختلف صنعت، دانشگاه‌ها و موسسات تحقیقاتی و پژوهشی جذابیت دارد.

سوخت زیستی مجموعه گسترده‌ای از سوخت‌های جامد، مایع و گاز را می‌تواند دربرگیرد. سوخت زیستی جامد از گذشته بسیار دور به صورت هیزم یا فضولات حیوانات استفاده می‌شد. این سوخت به شکل گازمتان نیز از قدمت زیادی برخوردار بوده و به صورت رسمی در سال ۱۷۷۶ میلادی به‌وسیله فیزیکدان ایتالیایی الکساندرولتا شناخته شد. استفاده از سوخت‌های زیستی مایع نیز به اوایل قرن ۲۰ میلادی بر می‌گردد. در آن زمان مخترع آلمانی Rudolf Diesel از بیودیزل مشتق از دانه‌های روغنی و بعد از آن مخترع آمریکایی Henry Ford از بیواتانول به عنوان سوخت استفاده نمودند. استفاده از این سوخت‌ها به دلیل ارزان بودن سوخت‌های فسیلی و عدم وجود روش اقتصادی تولید سوخت‌های زیستی کنار گذاشته شد. با بروز بحران نفتی سال‌های ۱۹۷۳ و ۱۹۷۹ میلادی، توجه کشورهای توسعه یافته به انرژی‌های تجدیدپذیر جلب گردید. در این دوره کشورهای برزیل و آمریکا و سپس کشورهای اروپایی به تولید بیواتانول و بیودیزل روی آوردند و این سوخت‌های مایع را در خودروها استفاده نمودند.

در دهه ۱۹۷۰ میلادی در برزیل از سوخت‌های زیستی مایع برای تولید برق استفاده شد. برزیلی‌ها از بقایای نیشکر اتانول تهیه نموده و در کنار بنزین از آن به عنوان سوخت کمکی استفاده نمودند. امروزه بخش قابل توجهی از سوخت مصرفی برزیل دارای منشا گیاهی بوده و این کشور توانسته است وابستگی خود به سوخت‌های فسیلی را کاهش دهد. در اروپا کشت گیاهان برای تهیه سوخت زیستی در دهه ۱۹۸۰ به عنوان گزینه‌ای برای تهیه بخشی از سوخت مورد نیاز معمول شد. بعدها نگرانی روز افزون جهانی از تاثیرات مخرب سوخت‌های فسیلی بر وضعیت محیط زیست باعث شد که سوخت زیستی به عنوان (سوخت سبز) مورد توجه کشورهای اروپایی قرار گیرد. امروزه تقاضا برای استفاده از سوخت‌های زیستی در کشورهای در حال توسعه تحت عنوان اقدامی جهت مدرنیزه نمودن صنایع، رو به افزایش است. از سوخت زیستی برای دستیابی به سوخت مایع و پاک برای تامین امنیت انرژی و جلوگیری از گرمایش زمین استفاده می‌شود. در این نوشتار سعی بر آن است تا تکنولوژی‌های تولید این سوخت‌ها مورد بررسی قرار بگیرد.

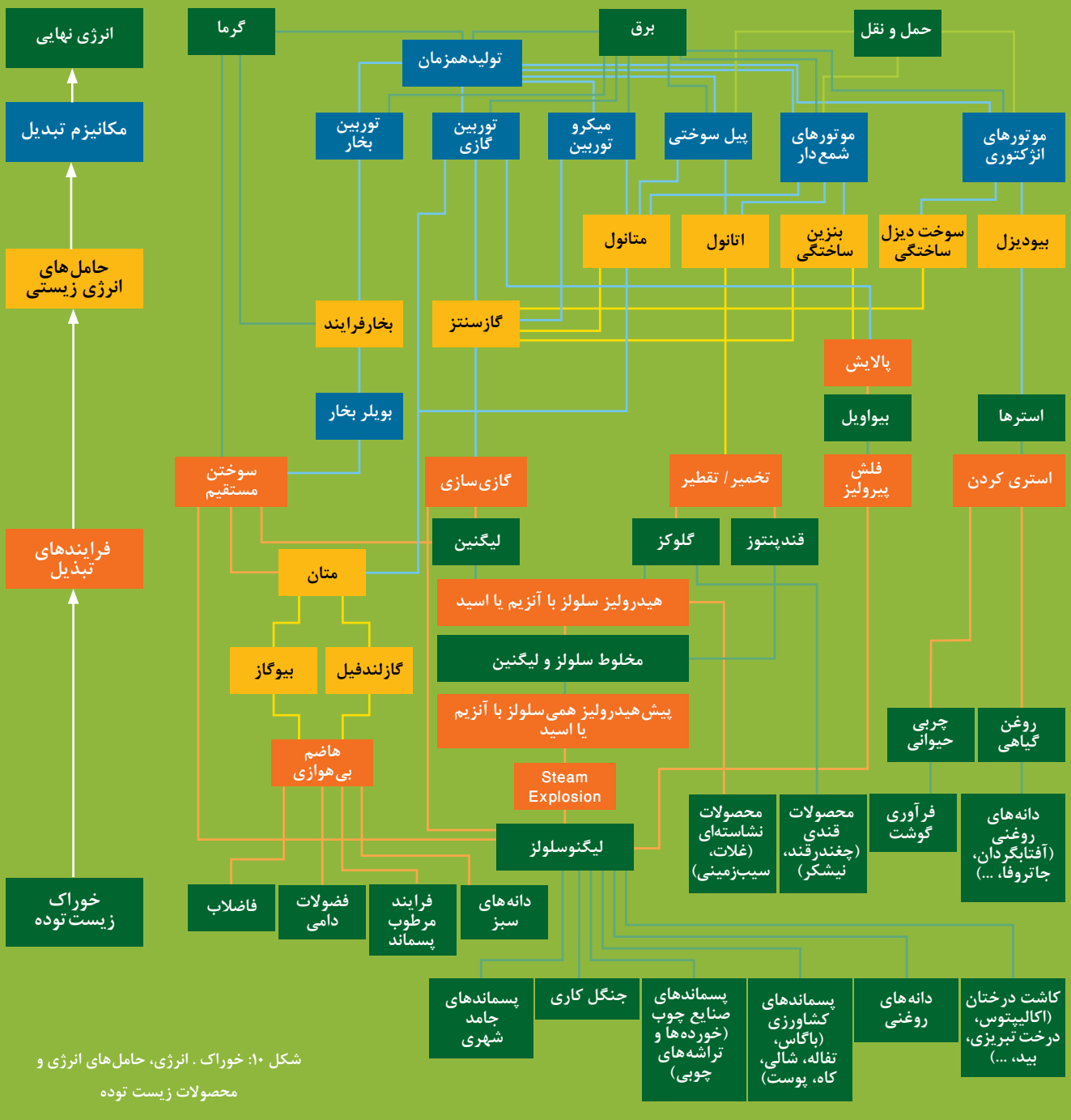
کلمه سوخت زیستی در حقیقت بعنوان جایگزینی برای هر سوخت مایع استحصال شده از گیاهان و نباتات استفاده می‌گردد. یکی از پرکاربردترین سوخت‌های زیستی اتانول است که از نیشکر یا دانه سویا بدست می‌آید. سوخت‌های دیگر همانند دی‌متیل‌اتر DME[DiMethyl Ether] و یا سوخت‌های مایع از نوع FTL[Fischer Tropsch Liquids] از Lingocellulosic بدست می‌آیند. اخیرا دو دسته‌بندی برای سوخت‌های زیستی ارایه شده است که عبارتند از: سوخت‌های نسل اول و سوخت‌های نسل دوم. بین این دو نسل تفاوت چندانی از نظر فناوری تولید وجود ندارد و تنها تفاوت مربوط به مواد اولیه تولید این محصولات است. سوخت‌های زیستی نسل اول اساساً از دانه، بذر، شکر و غیره تولید می‌شود و این در حالی است که نسل دوم سوخت‌های زیستی از مواد اولیه غیر خوراکی مبتنی بر سلولز یا پسماند غیرخوراکی دانه‌های خوراکی(مانند غلاف دانه‌های ذرت یا برنج) و همچنین چربی‌های زائد و پسماند بدست می‌آید. از سوخت‌های هر دو نسل می‌توان به عنوان سوخت خودروها استفاده نمود. سوخت الکل می‌تواند جایگزین بنزین در موتورهای درون‌سوز انفجاری شود، در حالی که بیودیزل، دیزل سبز و DME مناسب برای استفاده در موتورهای احتراق تراکمی می‌باشند. فرآیند فیشر تروپش، می‌تواند برای تولید انواع سوخت های هیدروکربنی مختلف، مانند دیزل برای موتورهای احتراق تراکمی مورد استفاده قرار بگیرد. در حالی که توجه زیادی به سوخت‌های زیستی در بخش حمل و نقل وجود دارد، استفاده از سوخت های زیستی برای پخت و پز، یک کاربرد بالقوه در ارتباط با این سوخت‌ها در سطح جهان(به‌ویژه در مناطق روستایی کشورهای در حال توسعه) است.



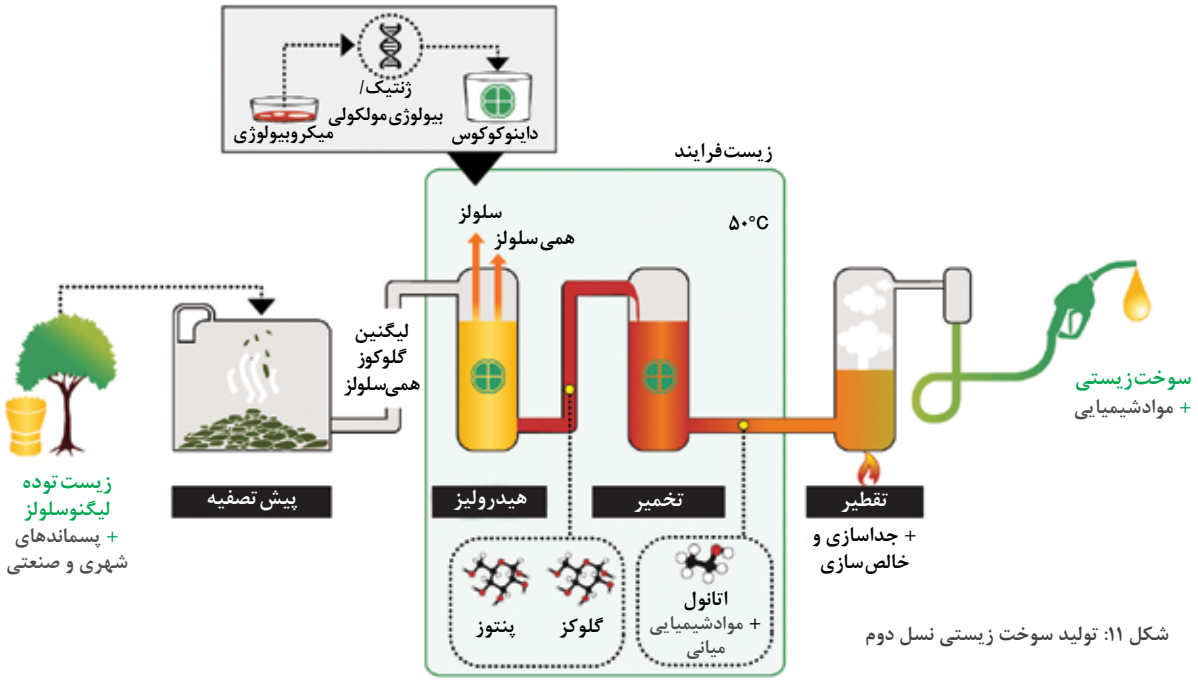
شکل ۹: تولید سوخت جامد از زیست‌توده

در همه موارد، احتراق سوخت‌های زیستی برای پخت و پز، انتشار آلاینده و گازهای گلخانه ای کمتری نسبت به سوخت‌های فسیلی دارد. بنابراین، سوخت های زیستی می توانند نقش مهمی در بهبود سلامت میلیاردها نفر از مردم بازی کنند. بسیاری از کشورهای صنعتی به دنبال توسعه سوخت‌های زیستی برای گسترش و یا ایجاد صنایع جدید در بخش حمل و نقل هستند. همچنین علاقه رو به رشد برای استفاده از این سوخت‌ها در بسیاری از کشورهای در حال توسعه نیز وجود دارد. استفاده از این سوخت‌ها در بسیاری از کشورهای در حال توسعه دارای منافع خاص است. آب و هوای بسیاری از کشورها نیز، شرایط برای تولید زیست توده را مناسب کرده است. تولید زیست توده مستلزم استفاده از زمین‌های کشاورزی در مناطق روستایی و نیروی انسانی زیاد بوده و در نتیجه دارای چشم‌انداز آینده شغلی مناسبی در این مناطق می‌باشد. پتانسیل تولید درآمد روستایی با تولید محصولات با ارزش بالا (مانند سوخت‌های مایع) نیز جذاب است. علاوه بر این، پتانسیل بالقوه برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و همچنین امکان کسب درآمد از عدم تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای با ارایه مشوق‌هایی چون اختصاص اعتبارات مکانیسم توسعه پاک(CDM) میسر است.

در عین حال توسعه، تولید و استفاده از سوخت‌های زیستی برخی از نگرانی‌ها را نیز تشدید می کند. از مهم‌ترین این موارد می‌توان به رقابت با استفاده از زمین‌های حاصل‌خیز برای تولید مواد غذایی و فیبر و همچنین عدم حفاظت از تنوع زیستی و تشدید مشکل کمبود منابع آب اشاره کرد. در ادامه، سوخت‌های زیستی مایع بررسی می‌شوند و برای درک بیشتر روش‌های مورد استفاده جهت توسعه تولید سوخت‌های زیستی مورد بررسی قرار می گیرند. همچنین به صورت مختصر نسل اول دوم این سوخت‌ها بررسی می‌شوند.



شکل ۱۰: خوراک . انرژی، حامل‌های انرژی و محصولات زیست توده



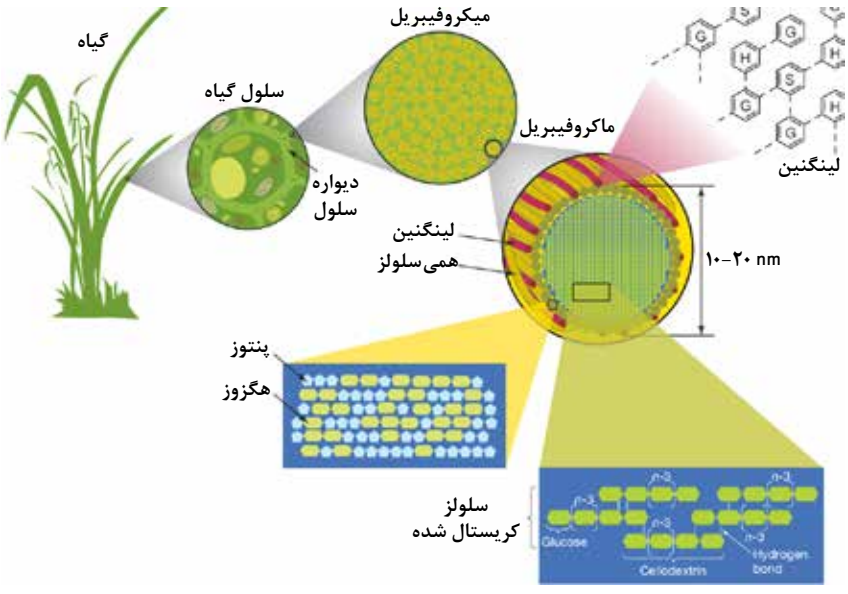
شکل ۱۱: تولید سوخت زیستی نسل دوم

» سوخت‌های زیستی نسل اول

شناخته‌شده‌ترین سوخت زیستی نسل اول اتانول می‌باشد که می‌تواند از تخمیر قند استخراج شده از نیشکر یا چغندر قند و قند استخراج شده از نشاسته موجود در دانه ذرت و یا دیگر محصولات نشاسته‌ای تولید شود. همچنین در فرایندی مشابه، اما با استفاده از ارگانیسم‌های تخمیر متفاوت، می‌تواند به تولید یکی دیگر از انواع الکل‌ها به نام بوتانول نیز منجر شود. تلاش‌های تجاری برای تولید بوتانول در حال انجام است، در حالی که فرآیند تولید اتانول در حال حاضر به خوبی در صنعت تثبیت شده است. تولید جهانی اتانول در سال ۲۰۱۳ میلادی ۸۷/۲ میلیارد لیتر و تولید بیودیزل در همین سال بالغ بر ۲۶/۳ میلیارد لیتر بوده است. همانگونه که در شکل ۴ مشاهده نمودید در سال‌های گذشته همواره روند تولید سوخت‌های زیستی رو به رشد بوده است به‌صورتی که در ۱۰ سال گذشته تولید این سوخت‌ها ۵ برابر شده است. اما در همین حین به دلیل مشترک بودن خوراک دام و محصولات زراعی با خوراک واحدهای تولید سوخت زیستی، تنش‌ها و چالش‌هایی میان صنایع غذایی و صنایع انرژی در کشور آمریکا به‌وجود آمده است. این موارد باعث گردید که شرکت‌های انرژی به دنبال یک روش جایگزین در تامین خوراک برای واحدهای تولید سوخت‌های زیستی مایع باشند. جایگزین نمودن سلولز به جای محصولات زراعی و همچنین استفاده از پسماندها راه‌حل مناسبی است که این شرکت‌ها در حال توسعه آن می‌باشند.

» نسل دوم سوخت‌های زیستی

سوخت های زیستی نسل دوم از سلولز و پسماندهای طبیعی و صنایع و همچنین چربی‌های زائد صنایع غذایی بدست می‌آیند. استفاده از شیوه‌های کم هزینه تولید، استفاده از مواد اولیه غیر خوراکی، در نتیجه محدود کردن استفاده از مواد غذایی به طور مستقیم از ویژگی‌های مهم این نوع از سوخت‌هاست. بیوشیمیایی و ترموشیمیایی از روش‌های مورد استفاده در تولید سوخت‌های زیستی می‌باشند. اتانول یا بوتانول نسل دوم از طریق فرایندهای بیوشیمیایی ساخته می‌شوند. از سوی دیگر مراحل تولید برخی از این سوخت‌ها به طور ویژه برای تولید نوع مشخصی از سوخت‌های زیستی استفاده می‌شود. شکل ۱۱ فرایند تولید سوخت‌زیستی نسل دوم را نشان می‌دهد. شکل ۱۲ سلولز به عنوان پرکاربردترین خوراک واحدهای تولید سوخت‌های زیستی مایع نسل دوم را نشان می‌دهد. همانگونه که در این شکل مشاهده می‌نمایید در این فرایند پس از پیش تصفیه، عملیات هیدرولیز به کمک آنزیم‌های ویژه‌ای انجام می‌شود. در ادامه همانند روش تولید در نسل اول عملیات تخمیر و تقطیر انجام می‌شود.

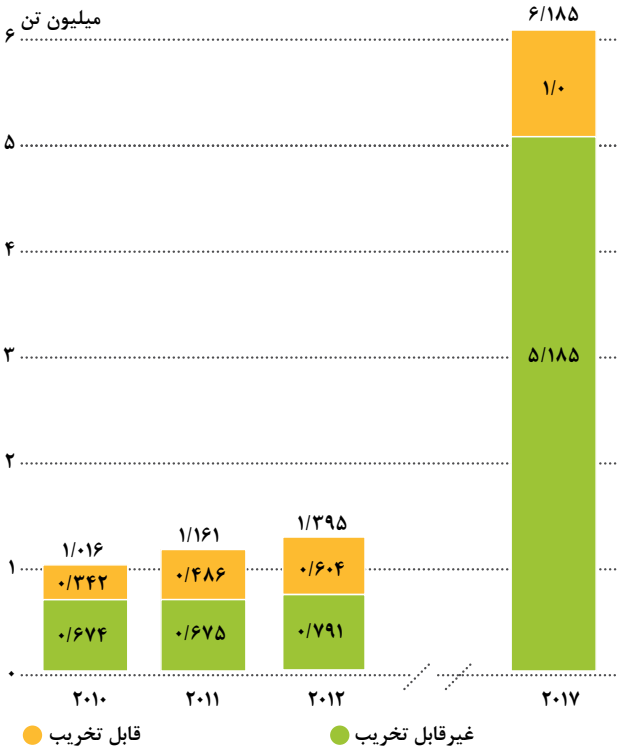


شکل ۱۲: سلولز، پایه نسل دوم سوخت‌های زیستی

۴ محصولات شیمیایی زیست‌توده

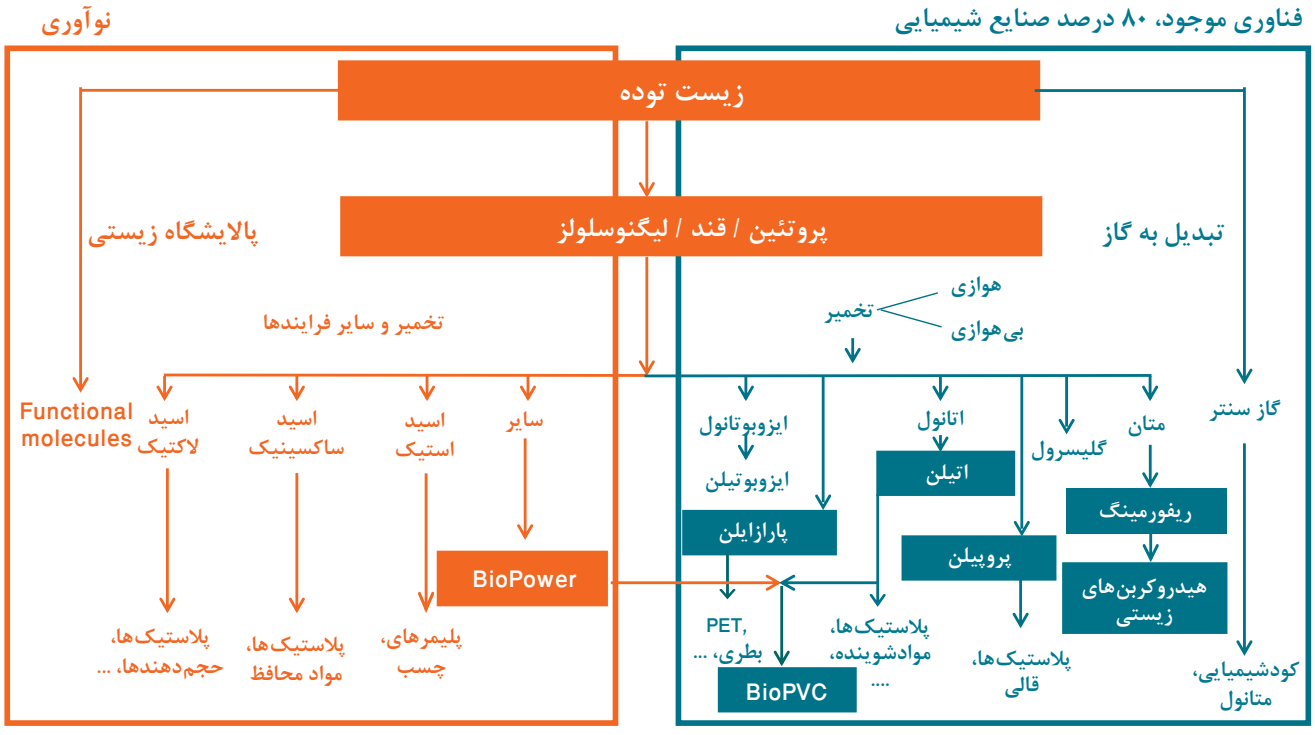
هم زمان با کاربردهای سوختی، استفاده از کودهای دامی و گیاهی کاربرد داشته است. در حال حاضر از زیست‌توده به صورت کمپوست به عنوان یک کود آلی در کشاورزی استفاده می‌شود. از گذشته برخی از البسه و ظروف از موادکشاورزی ساخته می‌شدند. پنبه و کتان در حال حاضر نیز کاربرد گسترده‌ای دارد. از سوی دیگر استفاده از چوب و پسماندهای صنایع چوب در ساخت موادی نظیر فیبر و نئوپان از گذشته شناخته‌شده بوده است. اما کاربرد نوین زیست‌توده در بخش تولید مواد مصرفی بسیار جالب توجه می‌باشد. در این کاربرد از زیست‌توده مواد پایه یا میانی تولید پلیمر و موادشیمیایی بدست می‌آید و با استفاده از این مواد همانند پلیمرهای مشتق از نفت و گاز می‌توان انواع پلیمر و مواد شیمیایی را تولید نمود. همچنین از زیست‌توده می‌توان اتیلن یا بوتیلن بدست آورد که این دو ماده نیز در فرایندهایی مشابه فرایندهای مجتمع‌های پتروشیمی می‌توانند به انواع مواد شیمیایی دیگر تبدیل شوند.

تفاوت اساسی این مواد با موادشیمیایی نفتی این است که این مواد تجدیدپذیر و قابل بازیافت می‌باشند و در حین تولید یا مصرف نیز آلایندگی کمتری دارند. شکل ۱۴ تولید پلاستیک زیستی در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲ میلادی و پیش‌بینی تولید در سال ۲۰۱۷ میلادی را نشان می‌دهد. با توجه به محدود بودن منابع فسیلی و معدنی به نظر می‌رسد در آینده بازار محصولات زیستی کاملاً توسعه یابد. البته باید توجه کرد که بخشی از خوراک این صنایع، محصولات کشاورزی می‌باشند که با توجه به مشکلات خشکسالی نباید چندان به توسعه در تولید محصولات صنعتی به عنوان خوراک واحدهای تولید بیوپلاستیک خوشبین بود. اما بخش دیگری از خوراک واحدهای تولیدی این محصولات از بازیافت خود آنها و از پسماندهای شهری و صنعتی بدست می‌آید، که علاوه بر تولیدی سبز، راه‌حلی مناسب برای مشکلات فاضلاب و زباله‌های شهری می‌باشد.

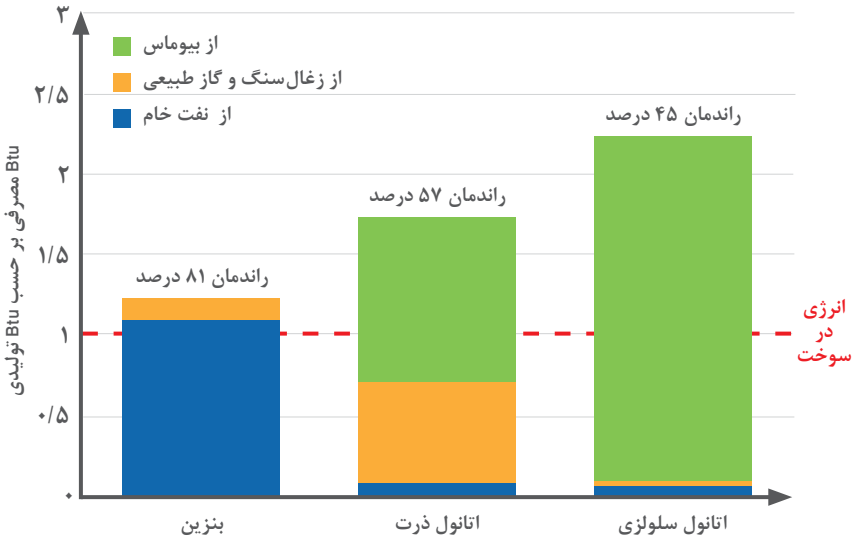


شکل ۱۴: تولید BioPET

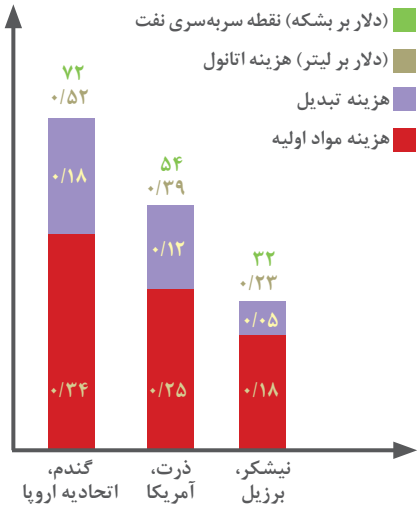
شکل ۱۳ تبدیل زیست‌توده را در دو بخش مختلف نشان می‌دهد. در بخش سمت راست توسعه استفاده از زیست‌توده بر مبنای صنایع شیمیایی موجود را نشان می‌دهد و بخش سمت چپ این توسعه را برحسب نوآوری و تحقیق و توسعه صنایع جدید نشان می‌دهد. به هرحال در کشورهایی که از منابع فسیلی کمی برخوردار می‌باشند (نظیر برخی از کشورهای اروپایی) در کنار کاربردهای سوختی زیست‌توده به استفاده از آن به عنوان خوراک صنایع شیمیایی نیز توجه شده است.



شکل ۱۳: فناوری‌های فعلی و فناوری‌های در حال توسعه



شکل ۱۵: مقایسه میزان مصرف انرژی برای تولید اتانول و بنزین



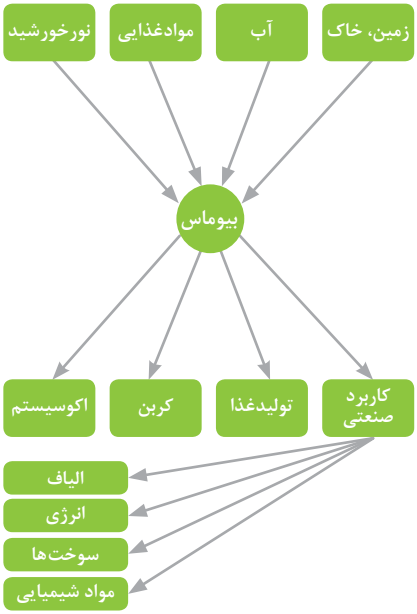
شکل ۱۶: هزینه‌مواداولیه و هزینه تولید اتانول و مقایسه هزینه کل با نقطه سربه‌سری نفت‌خام

۵ اقتصاد زیست توده

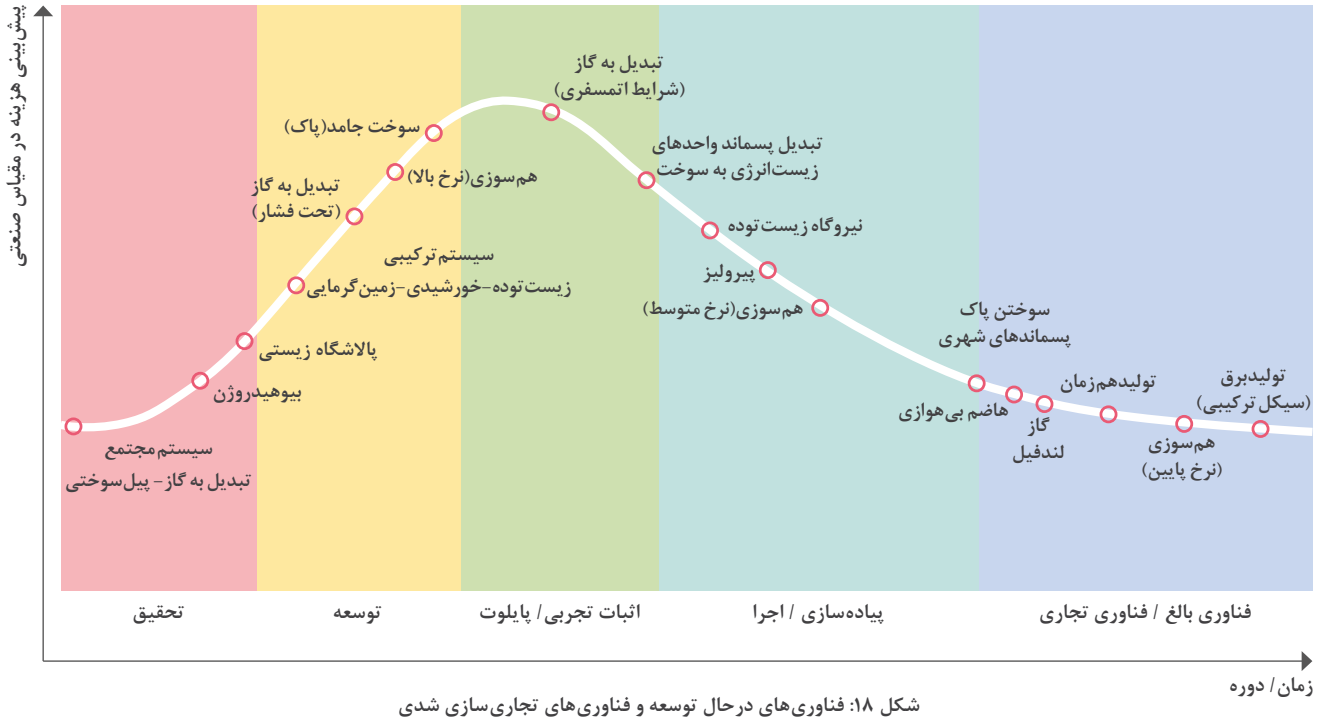
از گذشته مدیران شهری به منظور کاهش آثار زیست محیطی ناشی از زباله و فاضلاب در جستجوی راه‌هایی بوده‌اند که تبدیل این مواد زائد و مضر را به انرژی یا مواد قابل مصرف تبدیل کنند. در یک طرح اقتصادی هزینه‌های سرمایه‌ای و جاری دربرگیرنده هزینه تامین مواد اولیه، مواد کمکی فرایند، ماشین‌آلات، زمین، نیروی انسانی و انرژی مصرفی می‌باشند. در بحث زیست‌توده و به‌ویژه تبدیل زباله و فاضلاب از سوی نهادهای شهری یا دولتی، بخشی از هزینه به صورت یارانه یا کمک‌های مالیاتی تامین می‌گردد. ضمن آنکه در بخش تبدیل زباله‌های شهری، بحث خرید خوراک ورودی نیز مطرح نمی‌باشد. از سوی دیگر در بخش تبدیل محصولات صنعتی به سوخت‌های زیستی، سود این تجارت باید به حدی باشد که بتواند با کاربرد خوراکی این محصولات رقابت کند. شکل ۱۵ میزان مصرف انرژی برحسب Btu برای تولید اتانول درمقایسه با بنزین را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌نمایید درحال حاضر هزینه بیواتانول ذرت نسبت به بنزین حدود ۱/۴ و قیمت تمام شده اتانول سلولزی نزدیک به دو برابر بیشتر از بنزین می‌باشد. واضح است در صورت عدم حمایت نهادهای دولتی عملاً برای بخش خصوصی این تجارت توجیه نداشته و فرایند تحقیق و توسعه پیرامون آن نیز از شدت و سرعت کافی برخوردار نخواهد بود. در کشور آمریکا از اعتبار مالیاتی به عنوان یک مشوق برای کاهش هزینه‌های تولید استفاده می‌شود. در کشورهای دیگر نیز برنامه‌هایی برای تشویق بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در این بخش وجود دارد. شکل ۱۶ نیز نقطه سربه‌سری سوخت‌های زیستی در کشورهای آمریکا، برزیل و اروپا را در مقایسه با قیمت نفت خام نشان می‌دهد. به هرحال تحلیل آماری قیمت‌ها در سال‌های اخیر نشان می‌دهد درحالی‌که قیمت عرضه سوخت‌های فسیلی تغییر چندانی نداشته است، هزینه مواد اولیه و تولید سوخت‌های زیستی از کاهش چشمگیری برخوردار بوده است.

نوع انرژی	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳
انرژی خورشیدی	۱۲/۱	۱۶/۳	۲۱/۷	۳۸/۷	۵۹/۵	۶۲/۹	۱۰۰/۳	۱۵۷/۸	۱۴۲/۹	۱۱۳/۷
انرژی بادی	۱۴/۵	۲۵/۱	۳۲/۱	۵۶/۶	۶۹/۳	۷۳	۹۴/۸	۸۵/۹	۸۰/۹	۸۰/۱
انرژی برقابی	۱/۷	۴/۹	۵/۴	۵/۵	۷/۲	۵/۴	۴/۸	۶/۸	۶	۵/۱
انرژی زیست‌توده	۶/۲	۸	۱۰/۶	۱۳/۲	۱۴/۱	۱۳/۶	۱۴/۲	۱۵/۵	۱۱/۱	۸
سوخت‌های‌زیستی	۳/۷	۹/۲	۲۷/۶	۲۹/۳	۱۹/۲	۱۰/۴	۸/۹	۹/۴	۶/۶	۴/۹
انرژی زمین گرمایی	۱/۳	۱	۱/۴	۱/۹	۱/۸	۲/۷	۳/۵	۳/۷	۱/۸	۲/۵
انرژی اقیانوسی	۰	۰/۱	۰/۹	۰/۷	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۱
جمع کل	۳۹/۵	۶۴/۵	۹۹/۶	۱۴۵/۹	۱۷۱/۲	۱۶۸/۴	۲۲۶/۷	۲۷۹/۴	۲۴۹/۵	۲۱۴/۴

جدول ۴: سرمایه‌گذاری در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر برحسب میلیارددلار از سال ۲۰۰۶ تا سال ۲۰۱۴ میلادی؛ این جدول نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر در ۱۰ سال گذشته بیش از ۵ برابر شده است. در مورد سوخت‌های زیستی اگرچه در ۴ سال اول میزان سرمایه‌گذاری به بیش از ۷ برابر رسیده، اما در ادامه به تدریج این سرمایه‌گذاری کاهش یافته است. دلیل کاهش سرمایه‌گذاری بیشتر به علت چالش میان منابع این سوخت‌ها و منابع تغذیه انسان و دام و همچنین اقتصادی شدن تولید سوخت‌های غیرمتعارف می‌باشد.



شکل ۱۷: زیست‌توده در ارتباط میان مواداولیه، تولیدات و تاثیرگذاری بر اکوسیستم و محیط زیست

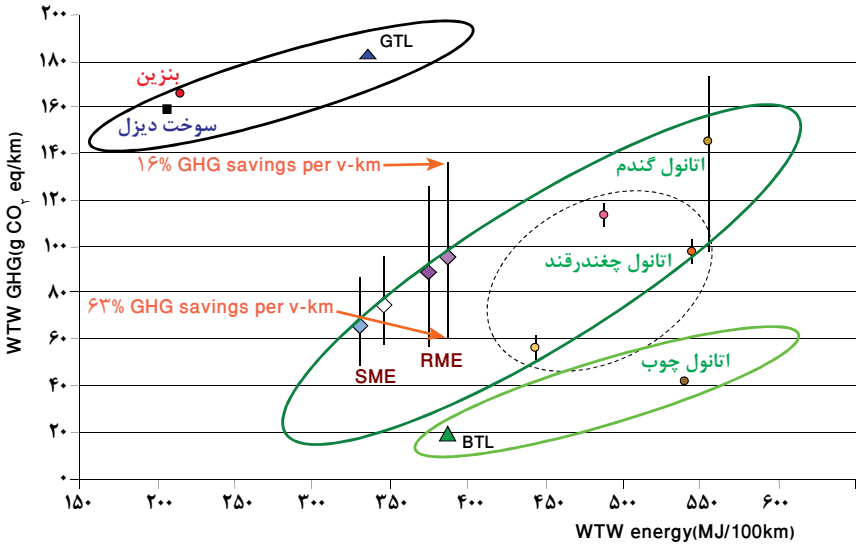


شکل ۱۸: فناوری‌های درحال توسعه و فناوری‌های تجاری‌سازی شدی

۶ توسعه فناوری

بسیاری از فناوری‌ها در یک دوره طولانی رشد نموده‌اند. نفت‌خام نیز در یک دوره ۱۵۰ ساله رشد نموده است. صنعت زیست‌توده اگرچه دارای یک قدمت طولانی در برخی بخش‌ها می‌باشد اما به صورت جدی و به شکل کنونی خود از دهه ۱۹۹۰ میلادی توسعه خود را شروع نموده است.

شکل ۱۸ لیستی از فناوری‌های در حال R&D اولیه، فعالیت‌های توسعه یافته و فعالیت‌های درحال تجاری‌سازی یا تجاری‌سازی شده را نشان می‌دهد. بررسی فعالیت‌های در حال توسعه نشان‌دهنده آینده روشن این صنعت می‌باشد. به عنوان مثال بازدهی محصولات صنعتی نظیر میکروجلبک‌ها چندین برابر دانه‌های روغنی فعلی می‌باشد. به هرحال با افزایش بازدهی محصولات صنعتی در بخش زیست‌توده، سطح زیر کشت بالا رفته و درنتیجه آن، قیمت خوراک واحدهای تولید سوخت زیستی نیز کاهش می‌یابد. ازسوی دیگر میکروجلبک‌ها نیاز به فرآوری کمتر و ارزانتری دارند که این موضوع نیز در هزینه تمام شده تاثیرگذار می‌باشد. شکل ۱۹ وضعیت سوخت‌های زیستی در مقایسه با بنزین و سوخت دیزل را از لحاظ انتشار گازهای گلخانه‌ای نشان می‌دهد. به هرحال آنچه که در رابطه با سوخت‌های زیستی اهمیت دارد آن است که وجود این سوخت‌ها از یک سو برای جبران کاهش میزان سوخت‌های فسیلی اهمیت دارد و از سوی دیگر موضوع کاهش آلایندگی و کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای است که دارای اهمیت می‌باشد و همچنین مهم است که این سوخت‌ها از منابعی به غیر از منابع خوراک انسان یا دام تامین گردند. شریف



شکل ۱۹: تاثیر سوخت‌های زیستی در کاهش گازهای گلخانه‌ای بر مبنای WTW[Well-to-wheels]

SME=: Soy Methyl Ester
RME=: Rapeseed Methyl Ester

منابع

1- Lignocellulosic Biorefineries, Jean-Luc Wertz and Olivier Bédué, 2013 EPFL Press

2 -Advances in Biofuel Production Algae and Aquatic Plants, Barnabas Gikonyo, PhD, 2014 Apple Academic Press, Inc.

3 -Good Practice Guidelines,IEA Publications

4- NSW Bioenergy Handbook, Jay Rutovitz and Robert Passey, MARK ELLIS & Associates

5- EU bioenergy potential from a resource-efficiency perspective, 2013 European Environment Agency

6- Renewables 2014 Global Status Report, Renewable Energy Policy Network for the 21th Century

7- www.eia.gov