

## امکانات منبع بیوماس

## و فرآیند تبدیل آن

## به سوخت ها و مواد شیمیایی

تغذیه

نویسنده: آیهان همزبان

مترجم: بابک محقق زاهد

منابع بیوماس عبارتند از: چوب و ضایعات چوب، محصولات کشاورزی و محصولات جانبی اتلاف شده آنها، ضایعات جامد شهری، فضولات حیوانی، ضایعات حاصل از فرآوری مواد غذایی و گیاهان آبی و جلبک ها. از بیوماس برای تولید انواع و اقسام انرژی استفاده می شود؛ از جمله تولید برق، سوخت های خانگی، تأمین سوخت و وسائل نقلیه و تجهیزات صنعتی. فن آوری های تبدیل بیوماس به چهار گروه اصلی تقسیم می شود: فرآیندهای احتراق مستقیم، فرآیندهای گرمایشیمیایی، فرآیندهای بیوشیمیایی و فرآیندهای کشاورزی شیمیایی.

فرآیندهای تبدیل گرمایشیمیایی به زیر گروه هایی همچون گازی کردن، پیرولیز، استخراج سیال ابر بحرانی (Supercritical fluid extraction) و میعان تقسیم می شود. پیرولیز، فرآیندی گرمایشیمیایی است که بیوماس را به مایع، زغال چوب و گاز های چگالش ناپذیر، اسید استیک، استون، متانول تبدیل می کند. این فرآیند بدون وجود اکسیژن و در معرض حرارت قرار گرفتن بیوماس در دمایی حدود ۷۵۰ درجه کلوین صورت می گیرد. اگر هدف ما از پیرولیز بیوماس به حداکثر رساندن تولید محصولات مایع باشد، باید دما را پایین آورده و سرعت گرمایش را بالا ببریم و فرآیند مدت زمان بقا گاز را کوتاه کنیم. بهترین راه تولید حداکثر زغال سنگ، دمای پایین و سرعت پایین گرمایش است. اگر هم بخواهیم به حداکثر میزان سوخت گازی حاصل از پیرولیز برسیم، بهترین راه دمای بالا، سرعت پایین گرمایش و فرآیند طولانی مدت بقا گاز است.

ناشی از احتراق بیوماس مشابه فرآیندهای طبیعی است. در نتیجه، انرژی حاصل از بیوماس نوعی انرژی تجدیدپذیر است و در واقع کاربرد این نوع انرژی به عکس سوخت های فسیلی موجب افزوده شدن دی اکسید کربن به محیط زیست نمی شود [۱]. از میان کلیه منابع تجدید پذیر، انرژی بیوماس از این جهت بی همتاست که در اصل همان انرژی خورشیدی ذخیره شده است. به علاوه، بیوماس تنها منبع تجدیدپذیر کربن است که می توان آن را به سوخت های مفید جامد، مایع و گاز تبدیل کرد [۲].

بیوماس را می توان به شکل مستقیم (مانند سوختن چوب برای تولید گرما و پخت غذا) یا غیر مستقیم به سوخت مایع یا گازی (مانند الکل از مواد قندی یا بیوگاز از فضولات حیوانی) تبدیل کرد. انرژی خالصی که از احتراق بیوماس به دست می آید از ۸ مگاژول بر کیلوگرم برای چوب سبز تا ۲۰ مگاژول بر کیلوگرم برای ماده گیاه خشک (۱۵٫۴) و ۵۵ مگاژول بر کیلوگرم برای متان در قیاس با ۲۷ مگاژول بر کیلوگرم برای زغال سنگ [۲] در نوسان است.

بسیاری از ژنراتورهای برق که سوختشان از بیوماس تأمین می شود از ضایعاتی مانند کاه

شده ماده گیاهی هستند. به بیان دقیق تر بیوماس اصطلاحی است ساده برای نامیدن کلیه مواد آلی که از گیاهان (شامل جلبک ها) درختان جنگل های طبیعی، ضایعات کشاورزی و فرآیندهای جنگل کاری، ضایعات صنعتی، زباله های انسانی و فضولات حیوانی به دست می آید.

گیاهان، انرژی خورشیدی را جذب خود کرده و به کمک آن فرآیند فتوسنتز را انجام می دهند تا به کمک آن ادامه حیات دهند. انرژی بیوماس که از ماده گیاهی حاصل شده، در اصل همان انرژی خورشیدی است که در فرآیند فتوسنتز شرکت دارد. این انرژی که در گیاهان و جانوران (که از گیاهان و دیگر جانوران تجزیه می کنند) یا فضولاتی که تولید می کنند ذخیره شده، انرژی بیوماس نام دارد. با سوزاندن بیوماس به عنوان منبع سوخت، دوباره می توان به این انرژی دست یافت. بیوماس در حال احتراق گرما و دی اکسید کربن را که گیاهان در حال رشد جذب خود کرده اند را آزاد می کند. در اصل کاربرد بیوماس در جهت عکس فتوسنتز است. آیا انرژی بیوماس گونه ای از انرژی شیمیایی است؟ در نهایت بیوماس با آزاد شدن گرما به مولکول های تشکیل دهنده اش تجزیه می شود. آزاد شدن انرژی

به شیوه های مختلفی می توانیم منابع سرشار از انرژی پیرامون خود را ذخیره، تبدیل و افزایش دهیم تا از آنها بهره ببریم. منابع انرژی، نقشی اساسی در جهان آینده ما خواهند داشت. منابع انرژی به سه گروه تقسیم می شوند: سوخت های فسیلی، منابع تجدیدپذیر و منابع هسته ای. زغال سنگ، نفت و گاز های طبیعی سوخت های فسیلی هستند. اکنون زمانی است که هزینه تولید انرژی حاصل از سوخت های فسیلی گرانتر از سوخت های بیوماسی است. از چند استثناء که بگذریم، هزینه انرژی حاصل از سوخت های فسیلی بالاتر از تولید همان مقدار انرژی از تبدیل بیوماس است. بیوماس کلمه ای است برای توصیف کلیه موادی که به شیوه بیولوژیکی تولید شده اند. تولید جهانی بیوماس به ۱۴۶ میلیارد تن در سال می رسد که عمده آن گیاهان خودرو هستند [۱]. منابع انرژی تجدیدپذیر، انرژی های خورشیدی، باد، برقی (هیدروالکتریک)، بیوماس و زمین گرمایی (ژئوترمال) هستند.

بیوماس، نامی است که به کلیه مواد زنده کره زمین اطلاق می شود و اصطلاحی است عمومی برای مواد حاصل از گیاهان در حال رشد یا کودهای حیوانی (که عمدتاً به شکل فرآوری

یا زیاده‌های خانگی استفاده می‌کنند. برای تولید بیوماس از روش‌های دیگری مانند کشت انواع محصولات استفاده می‌شود که در نهایت از بیوماس تولید شده به عنوان سوخت استفاده می‌شود.

### بیوماس تا چه اندازه اهمیت دارد؟

بیوماس، بویژه به شکل چوب، قدیمی‌ترین منابع انرژی بشر بوده است. از قدیم، بیوماس از طریق احتراق مستقیم به مصرف رسیده و این رویه هنوز هم در بسیاری از نقاط دنیا مورد استفاده اکثر مردم است. سابقه نشان می‌دهد که بیوماس نوعی منبع انرژی پراکنده، کاربر و زمین‌بر بوده است. در نتیجه با افزایش فعالیت‌های صنعتی در کشورها منابع انرژی متمرکز و سهل‌الوصول‌تر جایگزین بیوماس شده‌اند.

اکنون سهم بیوماس از کشورهای صنعتی تنها ۳ درصد است [۶]. البته اکثریت جمعیت شهری ساکن در کشورهای در حال توسعه که ۵۰ درصد جمعیت جهان را تشکیل می‌دهند به استفاده از بیوماس برای سوخت بویژه به صورت چوب تمایل دارند. بیوماس، بالغ بر ۳۵ درصد مصرف انرژی اصلی کشورهای در حال توسعه را تشکیل می‌دهد که این عدد، مصرف کل انرژی اصلی در دنیا را به ۱۴ درصد می‌رساند [۶].

انرژی جایگزین بیوماس طبیعی زمین، سالانه حدود ۳ هزار ژول (۲۱ × ۱۰<sup>۲۱</sup> ژول) است که از این مقدار اکنون کمتر از ۲ درصد به عنوان سوخت استفاده می‌شود. البته این امکان هم وجود ندارد که بتوان از کل تولید یکساله بیوماس به شکل معقول استفاده کرد. یکی از تحقیقات کنفرانس سازمان ملل در زمینه محیط زیست و توسعه (UNCED) نشان می‌دهد که بیوماس در سال ۲۰۵۰ به شکل بالقوه قادر به تأمین حدود نیمی از مصرف انرژی جهان در وضعیت کنونی است [۶].

بیوماس هم برای کشورهای غنی و هم برای کشورهای فقیر از منابع بسیار مناسب انرژی تجدیدپذیر است. بیوماسی که به عنوان سوخت استفاده می‌شود هنوز در مرحله آزمایش قرار دارد و تأمین کننده تنها ۲۵ درصد از کل ظرفیت تولید برق در انگلستان است. البته این رقم به چند دلیل احتمالاً افزایش می‌یابد؛ یک علت این امر این است که قوانین کشورهای اروپایی و انگلستان مشوق روش‌هایی برای دفع ضایعات هستند که کمتر آلوده کننده باشند و یکی از راه‌های آن سوزاندن ضایعات برای تولید انرژی است. دلیل دیگر این است که استفاده از بیوماس در شبکه‌های برق همگام با پیشرفت تکنولوژی، به صرفه‌تر خواهند بود.

به همین شیوه می‌توان از بیوماس برای تولید سوخت فسیلی استفاده کرد. به این ترتیب که بیوماس را در دمای ثابت در کوره بخار می‌سوزانند تا آب را گرم کرده و بخار تولید کند. لوله‌ها مجدداً بخار را در کوره به گردش در می‌آورند تا دما و فشار آن افزایش

یابد. سپس بخار از تیغه‌های توربین عبور می‌کند و محور را می‌چرخاند. محور توربین، محرک ژنراتور الکتریکی و تولید کننده جریان متناوب برای استفاده محلی یا تأمین کننده شبکه برق سراسری است.

از بیوسوخت‌هایی مانند گندم، نیشکر، ریشه گیاهان، روغن کلزا و آفتابگردان اکنون در برخی کشورهای عضو اتحادیه اروپا مانند اتریش، بلژیک، فرانسه، آلمان، ایتالیا و استرالیا استفاده می‌شود [۷].

سوخت‌های حاصل از ضایعات که در نیروگاه‌های برق استفاده می‌شود را باید در مکان‌های دفع زیاده یا به شکل دیگر از بین برد. اگر آنها به درستی سوزانده شوند هم با حجم نسبتاً کم به خاکستر تبدیل می‌شوند و هم تولید برق و انرژی گرمایی می‌کنند. افزایش کاشت بیوماس گیاهی بویژه برای استفاده به عنوان سوخت مزایای بالقوه‌ای هم دارد. اگر محصولات مناسبی برای کاشت انتخاب شوند می‌توان از زمین‌های فقیری که مناسب کاشت گیاهان خوارکی نیستند، بهره برد.

سوزاندن بیوماس موجب تولید مواد آلاینده می‌شود، مانند گرد و غبار و گازهای تولیدکننده باران اسیدی شامل دی‌اکسید گوگرد و اکسیدهای نیتروژن. سوزاندن چوب نسبت به زغال سنگ ۹۰ درصد گوگرد کمتر تولید می‌کند. این میزان تولید گوگرد را می‌توان پیش از آزاد کردن گازهای سوختی در جو کاهش داد. هم اکنون آمار آلاینده‌های ناشی از بیوماس در قیاس با دیگر منابع آلوده کننده رقم بسیار کمتری را نشان می‌دهد؛ اما اگر استفاده از بیوماس افزایش یابد به این نکته هم باید توجه کافی مبذول داشت. در ضمن، دی‌اکسید کربن که گاز گلخانه‌ای است آزاد می‌شود. البته چون این عامل ناشی از گیاهان برداشت شده و فرآوری شده‌ای است که در وهله اول این گاز را از جو زمین جذب می‌کنند، چیزی به میزان آلاینده‌های افزوده نمی‌شود.

### انرژی بیوماس

انرژی بیوماس از نخستین منابع انرژی انسان است. از بیوماس می‌توان برای تولید انواع انرژی از جمله برق، گرم کردن خانه‌ها، سوخت وسایل نقلیه و همچنین تأمین حرارت فرآیندی برای کارخانه‌های صنعتی استفاده کرد. منابع بالقوه بیوماس عبارتند از: چوب، فضولات حیوانی و ضایعات گیاهی بیوماس تنها ماده آلی جایگزین نفت محسوب می‌شود که تجدیدپذیر است. کلمه بیوماس در ارتباط با جنگل کاری، محصولات کشاورزی که به این منظور کاشته شده باشند، درختان، گیاهان، ضایعات آلی، کشاورزی، کشاورزی صنعتی و خانگی (ضایعات شهری و جامد) به کار می‌رود [۸]. بیوماس نامی است که به ماده گیاهی حاصل از فتوسنتز اطلاق می‌شود که انرژی خورشیدی در این ماده گیاهی آب و دی‌اکسید کربن را به ماده آلی تبدیل می‌کند. به این ترتیب منابع بیوماس به شکل مستقیم و غیرمستقیم حاصل رشد گیاهان هستند. این منابع

شامل کشتزارهای هیزم، ضایعات کشاورزی، ضایعات جنگل کاری، فضولات حیوانی و غیره هستند. سوخت‌های فسیلی هم به نوعی بیوماس هستند چرا که آنها در واقع پسمانده فسیل شده گیاهانی هستند که میلیون‌ها سال قبل روئیده‌اند.

فتوسنتز منبع انرژی تجدیدپذیری است که انسان از بدو پیدایش آتش به آن متکی بوده است. فتوسنتز فرآیندی است که طی آن انرژی خورشیدی تبدیل به انرژی می‌شود که غنی کننده بیوماس است. در این فرآیند، انرژی خورشیدی که جذب بافت‌های گیاه سبزی می‌شود در واقع تأمین کننده انرژی برای کاهش دی‌اکسید کربن و تولید کربوهیدرات‌هایی است که بعداً به عنوان منابع انرژی و مواد خام برای انجام دیگر واکنش‌های سنتزی در گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته این فتوسنتز تنها بخش اندکی از انرژی خورشیدی را جذب می‌کند تا میزان ۲۰۰ میلیارد تن کربن موجود در بیوماس زمینی و آبی را با انرژی معادل ۳ هزار میلیارد گیگاژول در سال ثابت نگاه دارد. تنها یک دهم انرژی بیوماس دنیا به مصرف می‌رسد و باقی مانده آن بلا استفاده باقی می‌ماند [۹]. گیاهان هر ساله ۱۰ برابر مقدار انرژی مصرفی سالانه را در خود ذخیره می‌کنند. این حجم انرژی فراوان نه تنها تأمین کننده منابع انرژی کشور است بلکه از آن می‌توان برای فراهم آوردن انواع و اقسام مواد خام شیمیایی برای صنایع آلی بهره برد که به این ترتیب در مصرف محصولات نفتی غیر تجدیدپذیر که بسیار هم ارزشمند است، صرفه جویی می‌شود. بعلاوه بیوماس برای محیط‌زیست مضر نیست و باعث عدم توازن زیست محیطی نمی‌شود. از انرژی ذخیره شده گیاهان می‌توان با سوزاندن آن به شکل مستقیم یا اعمال فرآیندهای گوناگون برای استحصال سوخت‌های بالقوه مانند اتانول، متان و غیره استفاده کرد.

بیوماس جنگلی بخشی از انرژی جنگلی است که اکنون در صنایع محصولات سنتی جنگلی جای ندارد. در واقع این بدان معناست که پس از برداشت از جنگل، بقایای جنگل بلا استفاده باقی می‌ماند؛ از جمله درختان باقی مانده، بوته‌زارها و مناطق جنگلی در حال بهره‌برداری [۱۰].

قابلیت ترکیب سوخت‌های چوبی با ضایعات مزایای زیست محیطی بالقوه بسیاری دارد. البته در حال حاضر اثبات توجیه اقتصادی مجتمع‌های کشت و صنعت سوخت‌های چوبی، کار دشواری است؛ اما با توجه به تخمین کل، هزینه‌های عوامل خارجی تأثیرگذار از جمله گازهای دی‌اکسید کربن - که باید در آینده مدنظر قرار گیرند - آنگاه دوره بازگشت سرمایه عملیات تبدیل دیگ بخار، امکانات حمل و نقل و انبارداری قابل قبول خواهد بود.

### منابع بیوماس

منابع بیوماس عبارتند از: چوب

وضایعات چوبی، محصولات کشاورزی و ضایعات محصولات جانبی آنها، ضایعات جامد بستری، ضایعات حاصل از فرآوری غذایی به علاوه گیاهان آبرزی و جلبک‌ها. به طور متوسط چوب وضایعات چوبی ۶۴ درصد، ضایعات جامد بستری ۲۴ درصد، ضایعات کشاورزی ۵ درصد و گازهای حاصل از دفن زباله‌ها ۵ درصد، انرژی بیوماس را تشکیل می‌دهند [۱۷].

بیوماس، قدیمی ترین منبع شناخته انرژی است و از منابع تجدیدپذیر به شمار می رود تنها ۴ درصد انرژی کشورهای صنعتی را تشکیل می دهد. انرژی بیوماس از سوختن ماده آلی حاصل می شود و با سوزاندن ضایعات خاص در نیروگاه برق الکتریسیته تولید می شود. سوخت بیوماس از مکان های دفن زباله و ضایعات کشاورزی به دست می آید. در مکان های دفن زباله، گازی به نام متان برای تولید الکتریسیته در نیروگاه های برق حاصل می شود. انرژی حاصل از بیوماس گران تر از زغال سنگ است. سوزاندن ضایعات برای تولید انرژی حدود ۹۰-۶۰ درصد زباله های مکان های دفن زباله را کاهش می دهد که همین امر از هزینه های این کار خواهد کاست.

تفاوت بیوماس با دیگر منابع انرژی جایگزین این است که منابع استحصال آن متنوع است و با انجام بسیاری از فرایندهای تبدیل می توان آن را به انرژی تبدیل کرد. منابع بیوماس به سه گروه کلی تقسیم می شوند:

#### ۱- ضایعات

#### ۲- جنگل های بهره برداری شده

#### ۳- محصولات انرژی

منابع بیوماس قابل استفاده برای تولید انرژی، دامنه وسیعی از مواد را در بر می گیرند. انرژی بیوماس را می توان به دو گروه تقسیم کرد، یکی بیوماس مدرن و دیگری بیوماس سنتی. بیوماس مدرن کاربردها و اهداف وسیعی برای جایگزینی منابع کنونی و متعارف انرژی دارد و شامل ضایعات چوبی، کشاورزی، ضایعات شهری و بیوسوخت ها مانند بیوگاز و محصولات انرژی زا است. بیوماس سنتی تنها در کشورهای در حال توسعه کاربرد دارد و در واقع مصرف آن کم است. بیوماس صنعتی شامل چوب سوختی و زغال چوب برای مصارف خانگی، سوس برنج و دیگر ضایعات گیاهی و همچنین فضولات حیوانی است. چند نمونه از منابع انرژی بیوماس عبارتند از:

#### ضایعات

ضایعات محصولات کشاورزی

ضایعات فرآورده های کشاورزی

پسمانده محصولات

ضایعات کارخانه های چوب بری

ضایعات جامد شهری

ضایعات مواد آلی شهری

#### محصولات جنگلی

چوب پسمانده های درختان قطع شده درختان، درختچه ها و دیگر پسمانده های چوبی

خاک اره، پوست درخت و غیره

#### محصولات انرژی زا

- محصولات چوبی با دوره گردش کوتاه

- محصولات چوبی گیاهی

- علف ها

- محصولات نشاسته ای (ذرت، گندم و جو)

- محصولات قندی (نیشکر و چغندر)

- محصولات قندی (نیشکر و چغندر)

- محصولات علوفه ای (علف ها، یونجه و

شبر)

- دانه های روغنی (سویا، آفتابگردان،

زعفران)

#### گیاهان آبرزی

- جلبک ها

- علف های هرز آبی

- جلبک ها

- علف های هرز آبی

- سنبل آبی

- آبسنگ و نی

هم زمان با رشد تصاعدی جمعیت جهان، تقاضا برای انرژی به شکل تصاعدی افزایش پیدا کرده است. این امر همراه با کاهش استفاده از سوخت های فسیلی و افزایش تدریجی آگاهی نسبت به تخریب محیط زیست حاکی از این است که در آینده ذخایر انرژی باید از منابع تجدیدپذیر تأمین شود. آمار نشان می دهد با وجود اینکه کل انرژی های تجدیدپذیر در مجموع حدود ۱۸ درصد ذخیره انرژی در جهان را تشکیل می دهند، بیش از ۵۵ درصد انرژی جهان از طریق بیوماس سنتی و حدود ۳۰ درصد هم از طریق آبی تأمین می شود. انرژی خورشیدی، باد، بیوماس مدرن، زمین گرمایی، آبی کوچک (کمتر از ۱۰ مگاوات) و اقیانوس روی هم رفته تنها ۱۲ درصد کل انرژی های تجدیدپذیر را تشکیل می دهند. انرژی های تجدیدپذیر جدید تنها ۲ درصد کل انرژی جهان را تأمین می کنند.

بیوماس حدود ۱۲ درصد ذخیره انرژی اصلی جهان را تشکیل می دهد، در حالی که این رقم در کشورهای در حال توسعه به ۴۰ تا ۵۰ درصد می رسد [۱۸].

هر ساله ۱۴۶ میلیارد تن بیوماس در جهان تولید می شود که عمده آن گیاهان خودرو هستند، برخی محصولات کشاورزی و درختان می توانند سالانه در هر آکر (هر آکر برابر با ۰۴۰۷ متر مربع) ۲۰ تن بیوماس تولید کنند و برخی از انواع علف ها

و جلبک ها نیز قادر به تولید ۵۰ تن بیوماس در هر سال هستند [۱۹].

مؤسسه تحقیقات استاندارد (SRI) در تحقیقاتی که به سفارش دپارتمان انرژی آمریکا در ۱۹۷۹ انجام داد و پنج ماده بیوماس را برای تحقیق در مورد قابلیت تبدیل آن به انرژی انجام داد که عبارت بودند از: گیاهان چوبی، گیاهان علفی (که ماده چوبی دائمی تولید نمی کنند)، گیاهان آبرزی و کود. گیاهان علفی خود به دو دسته تقسیم شدند: گیاهان علفی با رطوبت کم و رطوبت زیاد [۱۷].

#### انرژی حاصل از بیوماس

بیوماس منبع مناسبی برای تولید سوخت نیست. میزان حرارتی که بر مبنای جرم خشک محاسبه می شود باید برای متعادل کردن میزان آب طبیعی اصلاح شود که همین مقدار، حرارت خالص موجود را در عملیات سوخت تا ۲۰ درصد کاهش می دهد.

عمل گازی کردن نیز برای کاهش گاز حرارتی از میزان انرژی خالص کاسته و عملیات تبدیل به گاز بستر طبیعی و سوخت های مایع نیز به جای خود میزان انرژی خالص را احتمالاً تا ۳۰ درصد میزان حرارت اولیه کاهش خواهد داد [۱۱].

فتوسنتز فرآیندی است که بر اثر آن گیاهان با استفاده از انرژی خورشیدی، انرژی اندک دی اکسید کربن را به ترکیبات آلی غنی از انرژی منتقل می کنند.

چوب همچنان از منابع اصلی سوخت در بسیاری از کشورهای در حال توسعه استوایی غیر عضو اوپک است، و تا ۴۰، ۵۰ سال آینده هم این وضعیت پایدار خواهد بود.

چوب به همراه انرژی های سبک مانند انرژی خورشیدی و باد از رقبای سرسخت سوخت های فسیلی محسوب می شوند؛ زیرا تجدیدپذیرند به علاوه چوب ظرفیت ذخیره انرژی قابل توجهی دارد. همچنین در بخش های خانگی (آشپزی و گرم کردن آب)، تجاری (گرم کردن آب) و صنعتی (گرم کردن آب و حرارت فرآیند) و همچنین در صنایع روستایی مانند کوره های آجرپزی، کارگاه های سفالگری و غیره کاربرد دارد.

ترکیبات تشکیل دهنده چوب عبارتند از سلولز، لیگنین، همی سلولز (به ترتیب ۴۳ درصد، ۳۶ درصد و ۲۲ درصد). از تجزیه چوب خشک معمولاً کربن (۵۲ درصد)، هیدروژن (۶۰۳ درصد)، اکسیژن (۵۰۴ درصد) و نیتروژن (۰/۴ درصد) به دست می آید. تجزیه مستقیم چوب نشان دهنده ترکیبات زیر است [۱۷].

چوب: مواد مختلف (۸۰ درصد)، کربن ثابت (۱۹/۴ درصد) و خاکستر (۰/۶ درصد)  
پوست درخت: مواد مختلف (۷۴/۷ درصد)، کربن ثابت (۰/۲۴ درصد) و خاکستر (۱/۳ درصد)  
میزان انرژی مواد موجود در مواد مختلف

گیاهی، تعیین‌کننده ارزش گرمایی آنهاست. این ارزش گرمایی بستگی دارد به درصد کربن و هیدروژن که از عوامل اصلی ارزش انرژی گرمایی ماده بیوماس محسوب می‌شوند.

خواص سوخت چوبی هم نشان می‌دهد که وزن مخصوص (چگالی) چوب‌ها بین ۴۰۰ تا ۹۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب و میزان انرژی (کیلوکالری برای کیلوگرم) از ۴۲۰۰ تا ۵۴۰۰ در نوسان است.

برای به دست آوردن حداکثر انرژی، مواد گیاهی باید در مجاورت هوا خشک شوند چرا که میزان انرژی گیاه بسته به میزان رطوبت موجود در آن تفاوت خواهد کرد. اگر برای فرآیند بازیافت انرژی به مواد قابل احتراق نیاز باشد، مقدار آب موجود در ماده گیاهی بر انرژی قابل بازیافت تأثیر خواهد گذاشت. تفاوت های موجود در ارزش گرمایی چوب‌ها در هند نشان می‌دهد که با افزایش میزان رطوبت ارزش گرمایی به شکل خطی کاهش خواهد یافت (۹). پنج راه به دست آوردن انرژی از بیوماس عبارتند از:

تولید محصولاتی که ثمره آنها نشاسته، قند، سلولز و روغن است

ضایعات جامد که قابل سوزاندن است هضم کننده‌های بی‌هوازی که بیوگاز تولید می‌کنند و با آن می‌توان گرما/الکتریسیته تولید کرد

دفن زیاله‌ها برای به دست آوردن متان تولید بیوسوخت شامل اتانول، متانول، بیودیزل و مشتقات آنها

اتانول با بنزین به نسبت ۱ به ۹ ترکیب می‌شود تا سوخت گازول (gasohol) تولید کند. اتانول را می‌توان در پیل‌های سوختی مورد استفاده قرار داد. تولید بیودیزل نیز از ۱۱ هزار تن در ۱۹۹۱ تا ۱۲۶۸ هزار تن در ۱۹۹۷ افزایش یافته است. مواد خام را روغن‌های حاصل از کلزا ۸۴ درصد، آفتابگردان ۱۳ درصد، سویا یک درصد، هسته خرما یک درصد و بقیه یک درصد تشکیل می‌دهند.

در برخی از کشورهای توسعه یافته (مانند سوئد)، که نسبت به جمعیتشان زمین وسیعی در اختیار دارند و صنعت جنگل‌داری شان بسیار فعال است، هنوز هم به میزان وسیعی از ضایعات بهره‌برداری می‌شود. این میزان همچنان رو به افزایش است در حالی که هزینه این کار سخت کاهش یافته و همین امر ۱۵-۱۸ درصد بر میزان انرژی موجود در این کشورها افزوده است. پیش‌بینی‌ها حاکی از آن است که با وجود انرژی‌های بیوماس، آبی و باد در کشوری همچون نیوزیلند این کشور تا ۲۶ سال آینده کاملاً متکی به انرژی‌های تجدیدپذیر خواهد بود، البته به شرطی که کمک‌های مالی لازم به این امر اختصاص یابد. گزارش‌های رسیده از آمریکا، انگلستان، سوئد، نیوزیلند و کشورهای عضو اتحادیه اروپا نشان می‌دهد که

تلاش‌های موفق این کشورها برای تثبیت بیوماس به عنوان منبع دائمی انرژی، آن هم به شکل پایدار و قابل قبول از نظر مسائل زیست‌محیطی، حاصل سیاستی مؤثر در قبال اقدامات مالی و قانونی بوده است [۷].

هزینه بالای تولید بیوماس هنوز هم از دغدغه‌های اصلی است. از اهداف مورد نظر می‌توان به افزایش استفاده از پسماندها همراه با کاهش هزینه‌های تولید بیوماس (و افزایش بازده)، بهبود کارایی تبدیل و بهبود شرایط اقتصادی (قابلیت رقابت با سوخت‌های فسیلی) اشاره کرد.

### سوخت‌های چوبی

سوخت‌های چوبی سوخت‌هایی حاصل از جنگل‌های طبیعی، درختستان‌های طبیعی و مجتمع‌های کشت و صنعت جنگلداری هستند که از جمله می‌توان به هیزم و زغال‌چوب اشاره کرد. این سوخت‌ها شامل خاک‌اره و دیگر پسماندهای حاصل از عملیات جنگلداری و فرآیند چوب هستند.

سوخت چوبی از منابع مهم انرژی صنایع سبک مناطق روستایی کشورهای در حال توسعه به شمار می‌رود. بخش اعظم این سوخت چوبی در بازار تجارت جایی ندارد، اما در عوض استفاده از سوخت چوبی افزایش یافته که با توجه به رشد سریع جمعیت و برای رفع نیاز انرژی در آینده باید برنامه‌های وسیعی برای کشت مجدد جنگل‌ها در نظر گرفت.

مهم‌ترین سوخت‌های چوبی که در بخش‌های صنعتی کشورهای صنعتی به کار می‌روند محصولات صنایع فرآوری چوب هستند. بهره‌برداری از این منبع انرژی در خود محل یا در نزدیکی آن هزینه‌های سنگین حمل و نقل را کاهش می‌دهد. سوخت‌های چوبی داخلی منابعی هستند که عمدتاً از عملیات پاک‌سازی زمین‌ها و پسماندهای درختان تأمین می‌شوند.

### پسماندهای کشاورزی

حجم عظیمی از پسماندهای گیاهی هر ساله در سرتاسر جهان تولید می‌شود که بخش اعظم آن بلااستفاده باقی می‌ماند. مهم‌ترین ضایعات کشاورزی سبوس برنج است که ۲۵ درصد حجم برنج را تشکیل می‌دهد. دیگر ضایعات گیاهی عبارتند از: لیاف نیشکر (که به تفاله نیشکر معروف است)، سبوس‌ها و پوست‌های نارگیل، پوست‌بادام زمینی و کاه، ضایعاتی مانند کود حیوانی (گوساله، جوجه، خوک) را هم می‌توان جزو پسماندهای کشاورزی به حساب آورد. کود حیوانی در کشورهای در حال توسعه کاربرد بسیاری دارد و گاهی در کشورهای توسعه یافته از آن برای تولید گرما و گاز استفاده می‌شود.

### محصولات انرژی‌زا

محصولات انرژی‌زا محصولاتاتی هستند که صرفاً برای تولید انرژی پرورش می‌یابند.

این محصولات عبارتند از: درختان کشت شده در مجتمع‌های کشت صنعت که دوره گردش کوتاهی دارند مانند اوکالیپتوس، بید و صنوبر؛ محصولات علفی مانند چائیر، نیشکر و کنگر فرنگی، و روغن نباتی و گیاهانی مانند سویا، آفتابگردان، پنبه و کلزا. اهمیت روغن‌های گیاهی به خاطر ذخیره فراوان انرژی‌شان است. عملیات روغن‌کشی و کشت این گیاهان ساده بوده و آنها بسیار مقاوم هستند.

### ضایعات شهری

ضایعات شهری تشکیل شده است از ضایعات جامد شهری که عامل تولید آن مصارف خانگی و صنعتی هستند، ضایعات مایع و فاضلاب، البته رفع این ضایعات به معضل جهانی تبدیل شده است. بخش عظیمی از این ضایعات را با سوزاندن آنها و دیگر فرآیندها می‌توان به انرژی تبدیل کرد. هم‌اکنون ژاپن بیش از ۸۰ درصد ضایعات جامد شهری خود را می‌سوزاند [۸]. همچنین می‌توان با استفاده از گاز متان قابل استحصال در مکان دفع زیاله تولید انرژی کرد.

### سوخت بیوماس زیاله‌ای

بیوماس از مواد آلی است که منبع تولید آن گیاهان، جانوران و موجودات ذره‌بینی هستند و با سوزاندن مستقیم آنها می‌توان گرما تولید کرد یا آنها را به سوخت‌های گازی یا مایع تبدیل کرد.

سوخت حاصل از زیاله‌ها (RDF) ماده‌ای است قابل احتراق که از زیاله‌های خانگی و صنعتی به دست می‌آید. این سوخت عمدتاً از ماده گیاهی تشکیل شده اما ممکن است در آن پلاستیک هم یافت شود. از سوخت حاصل از زیاله می‌توان به شکل خام و فرآوری شده، نیمه فرآوری شده و کاملاً فرآوری شده و به صورت پالت استفاده کرد. این سوخت‌ها بسیار خوب می‌سوزند و گازهای خطرناک کمتری هم تولید می‌کنند.

مدفوع حیوانات از مدت‌ها پیش در کشورهای فقیر منبع سوخت برای آشپزی و گرم کردن بوده است. کود بستر طیور تشکیل شده است از مدفوع پرندگان تخم‌گذاری که در قفس نگهداری می‌شوند یا ترکیبی از مدفوع و تراشه‌های چوبی که پرندگان بر روی آن آزادانه حرکت می‌کنند.

گاهی که از غلات و دیگر محصولات مشابه کلزا به جا می‌ماند از منابع دائمی بیوماس بوده است. از انواع روش‌های احتراق می‌توان به قطعه‌قطعه کردن، کاه و ترکیب آن با زغال چوب یا فشرده کردن آن به صورت بسته‌بسته و در نهایت یک جا سوزاندن آنها اشاره کرد. از دیگر منابع امیدوارکننده بیوماس، چوب تکثیر شده است. این چوب‌ها که از انواع چوب‌هایی که سریع رشد می‌کنند و چرخه ۳ تا ۵ ساله دارند در زمین‌های بایر یا دیگر زمین‌های کشاورزی کشت می‌شوند. چوب‌های کشت شده را خرد می‌کنند تا بهتر سوزانده شوند.

## مزایای بیوماس

بیوماس منبع انرژی تجدیدپذیری است که به طور بالقوه پایدار بوده و از نظر ظرفیت زیست محیطی نسبتاً شرایط مطلوبی دارد. اگر بیوماس بر مبنای مشخص و پایداری رشد یافته و از آن بهره برداری شود عاری از دی اکسید کربن خواهد بود. به این ترتیب با حذف کردن سوخت های فسیلی و جایگزین کردن بیوماس برای تولید انرژی از میزان گازهای کاسته شده و یک منبع غیر تجدیدپذیر از چرخه منابع تولید انرژی خارج می شود. بسیاری از تولیدکنندگان برق در کشورهای صنعتی بیوماس را وسیله ای برای کاهش گازهای گلخانه ای می دانند.

از تجزیه طبیعی بیوماس، گاز متان حاصل می شود که از گازهای گلخانه ای است و حدود ۲۰ برابر فعال تر از دی اکسید کربن است [۷]. به این ترتیب به جای تولید دی اکسید کربن، از سوزاندن بیوگاز گاز استحصالی (land fill gas) و پسمانده های بیوماس گاز گلخانه ای متصاعد می شود که مزایای بیشتری دارد.

میزان گوگرد موجود در بیوماس ناچیز است که همین امر باعث می شود، بیوماس هیچ نقشی در تولید گازهای دی اکسید گوگرد نداشته باشد. دی اکسید گوگرد موجب بارش باران های اسیدی می شود. بیوماس پس از سوخت، خاکستر کمتری نسبت به زغال سنگ به جا می گذارد و حتی از خاکستر به جا مانده می توان در زمین های کشاورزی استفاده کرد.

سوزاندن پسمانده های کشاورزی و جنگلی و همچنین ضایعات جامد شهری برای تولید انرژی از راه های استفاده مؤثر از ضایعات است که معضل دفع زیاله ها بویژه در مناطق شهری را کاهش می دهد.

بیوماس منبعی است خانگی که تحت تأثیر نوسانات قیمت یا بی ثباتی های سوختی وارداتی قرار نمی گیرد. استفاده از بیوسوخت های مایع مانند بیودیزل و اتانول بویژه در کشورهای در حال توسعه فشار اقتصادی ناشی از واردات محصولات نفتی را کاهش می دهد. محصولات انرژی زای دائمی (علف ها و درخت ها) نسبت به محصولات معمول کشاورزی اثرات مخرب زیست محیطی کمتری دارند.

## ۱- مزایای انرژی بیوماس

بیوماس منبع انرژی پاک و تجدیدپذیری است که می تواند تأثیر بسیار مثبتی بر وضعیت محیط زیست، اقتصاد و امنیت انرژی بگذارد. انرژی بیوماس در قیاس با سوخت های فسیلی گازهای خطرناک کمتری تولید کرده و از میزان ضایعاتی که روانه مکان های زیاله می شود، می کاهد. بیوماس همچنین وابستگی ما را به وزارت نفت کمتر کرده و هزاران شغل ایجاد می کند و نقش مؤثرتری در رونق بخشیدن به وضعیت زندگی در جوامع روستایی

دارد.

## ۲- اثرات زیست محیطی انرژی بیوماس

روش های مختلف تولید انرژی بیوماس مانند انواع دیگر تولیدات انرژی پای برخی مسائل زیست محیطی را به میان می کشد. در جریان پیاده سازی پروژه های بیوماس، مسائلی همچون آلودگی هوا، اثرات بیوماس و جنگل ها و آثار ناشی از کشت محصولات باید یک به یک مورد بررسی قرار گیرند.

انرژی بیوماس برخلاف انواع دیگر انرژی های غیر تجدیدپذیر به شکل دائمی و پایدار قابل تولید و مصرف است و این نوع انرژی نقشی در تولید دی اکسید کربن و در نتیجه گرم شدن جهانی ندارد. یک نمونه، نوعی سیستم چرخه بسته است که طی آن دی اکسید کربن با همان سرعتی که از بیوماس برداشت شده و در حال مصرف آزاد می شود جذب گیاهی می شود که تازه کاشته شده است. این محصولات بیوانرژی به عنوان گاز گلخانه ای تأثیر اندکی در تولید دی اکسید کربن دارند یا حتی می توان گفت هیچ گونه تأثیر خاصی ندارند. از سوی دیگر با سوختن سوخت های فسیلی، کربنی، آزاد می شود که میلیون ها سال در زیر زمین ذخیره شده و به این ترتیب نقش بسیاری در تولید گازهای گلخانه ای در جو زمین دارد. از این رو، اگر از انرژی بیوماس به درستی بهره برداری شود در مقایسه با سوخت های فسیلی مزایای زیست محیطی قابل توجهی دارد. همچنین اگر از انرژی بیوماس به میزان مناسب استفاده کنیم بی تردید این انرژی نسبت به انرژی هایی که اکنون از آنها بهره می جویم اثرات مخرب زیست محیطی کمتری خواهد داشت.

## ۳- محدودیت های استفاده از بیوماس

بیوماس در طبیعت یافت نمی شود و باید آن را جا به جا کرد که همین امر هزینه ها را بالا برده و از میزان انرژی خالص می کاهد. کم بودن جرم حجمی بیوماس حمل و نقل و بهره برداری از آن را دشوار و پرهزینه می سازد. کلید غلبه بر این مشکل، انجام دادن فرآیند تبدیل انرژی در نزدیکی منبع تمرکز بیوماس، مانند کارخانه چوب بری است.

احتراق ناقص سوخت چوب باعث تولید مواد ریز آلی، مونوکسید کربن و دیگر گازهای آلی می شود. احتراق با دمای بالا موجب آزاد شدن نیتروژن خواهد شد. اثرات مخرب آلودگی هوا بر سلامتی انسان در داخل ساختمان ها از مصلحات اساسی کشورهای در حال توسعه است، چرا که در این کشورها برای آشپزی و گرم کردن خانه از سوخت چوبی استفاده می شود که در آن آتش به شکل آزاد و ناقص می سوزد.

اکنون در کشورهای در حال توسعه ای

همچون نپال، بخش هایی از هند و مناطق پایین تر از صحرای آفریقا تمایل بالقوه ای نسبت به استفاده وسیع از جنگل های طبیعی وجود دارد که این امر باعث جنگل زدایی و کمبود سوخت چوبی محلی شده و پیامدهای زیست محیطی و اجتماعی نامطلوبی به بار خواهد آورد. البته اکنون دیگر تقریباً همه پذیرفته اند که تبدیل جنگل به مرتع و مناطق شهری از عوامل اصلی جنگل زدایی به شمار می رود. بعلاوه در بسیاری از کشورهای آسیایی، بخش اعظم سوخت چوبی از مناطق غیر جنگلی تأمین می شود.

در این بین اختلاف بالقوه ای هم بر سر استفاده از منابع زمینی آبی برای استحصال انرژی بیوماس و دیگر منابع مانند غذا وجود دارد. در حال حاضر برخی از کاربردهای بیوماس هنوز جنبه رقابتی پیدا نکرده است. مثلاً رقیب جدی بیوماس در تولید برق، گازی است جدید با بازدهی بالا که توربین های گازی را به حرکت در می آورد. البته امکانات مالی تولید انرژی بیوماس در حال افزایش است و نگرانی های روزافزونی نسبت به گازهای گلخانه ای به وجود آمده که بر طرفداران این انرژی افزوده است.

صرف انرژی فراوان برای تولید و فرآوری بیوماس، توازن انرژی را در هنگام استفاده از بیوماس برهم می زند. از این میان می توان به سوختی که در ماشین های کشاورزی به منظور تولید کود به کار می رود، اشاره کرد. برای فرآوری بیوماس باید شدت انرژی و سوخت فسیلی را به حداقل رساند و در مقابل حداکثر استفاده را از ضایعات و بازیافت انرژی برد.

در این بین باید به موانع سیاسی و سازمانی هم اشاره کرد. موانعی همچون برخی سیاست گذاری های خاص، و همچنین مالیات ها و یارانه ها که موجب گرایش بیشتر به سمت سوخت های فسیلی می شود. هزینه بالای تولید منابع انرژی تجدیدپذیر اغلب مزایای زیست محیطی این نوع انرژی ها را تحت الشعاع قرار می دهد.

## ۴- کاربردهای صنعتی و خانگی

صنعت چوب و خانه ها بیشترین مصرف کننده انرژی بیوماس هستند. صنایع چوب و کاغذ برای تولید ۶۰ درصد انرژی کارخانه های خود، ضایعات چوبی شان را در کوره ها و دیگ های بخار می سوزانند. ما نیز برای گرم کردن خانه و پختن غذا از چوب استفاده می کنیم.

برای تولید بخار، بیوماس در معرض احتراق مستقیم قرار می گیرد، بخار توربین را به چرخش درآورده و توربین هم ژنراتور را به کار می اندازد تا برق تولید شود. از آنجایی که بر اثر این احتراق خاکستر تولید می شود (که در کار دیگ های بخار خلل ایجاد کرده

و ضمن کاهش کارایی هزینه ها را افزایش می دهد) فقط از انواع خاصی از بیوماس برای احتراق مستقیم استفاده می شود. برای تبدیل بیوماس به گاز قابل احتراق (بیوگاز) از گازی فایرها (gasifier) استفاده می شود. بیوگاز تولید شده سپس برای به حرکت انداختن توربین گازی به کار می رود. این توربین ها کارایی بسیار بالایی دارند.

برای تبدیل شیمیایی بیوماس به نفت پیرولیز شده از حرارت استفاده می شود. این نوع نفت که در مقایسه با ماده جامد بیوماس به راحتی قابل نگهداری و حمل و نقل است، درست مثل نفت خام می سوزد و برق تولید می کند. پیرولیز همچنین بیوماس را به نفت فنول تبدیل می کند. این نوع ماده شیمیایی در ساخت چسب چوب، پلاستیک تزریقی و عایق فوم به کار می رود. از چسب چوب برای چسباندن تخته های چندلا و دیگر محصولات چوبی ترکیبی استفاده می شود.

سلولزی که برای ساخت پلیمر مورد استفاده قرار می گیرد گران است. در گذشته تولید مواد پتروشیمی که جانشین پلیمر بودند ارزان تر تمام می شد و بازار از موادی همچون پلاستیک سلولزی و فیبرها بیشتر استقبال می کرد. حال اینکه آیا بار دیگر بازار مواد سلولزی پر رونق می شود یا نه، بستگی به یافتن محصولی مقرون به صرفه دارد که به عنوان منبع سلولزی کشت می شود و هم اینکه دانشمندان زمینه پلیمر سلولزی با یافتن خواصی جدید محصولاتی جدید تولید کنند؛ از منابع مهم تولید سلولز چوب کاغذسازی است. صنعت کاغذ با افزایش تقاضای چوب هزینه آن را هم بالا برده است. از این رو برخی تولیدکنندگان مواد شیمیایی در پی محصولات جانشین هستند.

خالص بودن سلولز از عوامل اصلی ساختن پلیمرهای سلولزی با کیفیت از جمله دیون است. در طی این سال ها روش های مؤثرتری برای تفکیک سلولز خالص از کمپلکس لیگنوسلولز که از منابع بیوماس خام به شمار می رود به وجود آمده است. یکی از این روش ها انفجار بخار نام دارد که تولیدکننده سلولز، هیدرولیزات ناقص همی سلولز (هیدرولیزات یا محصول هیدرولیز ماده ای است که بر اثر کنش آب یا نوعی اسید به وجود می آید)، و لیگنینی است که وزن مولکولی پایینی دارد.

سلولز را می توان با هضم اسید به گلوکز تبدیل کرد. با انجام عمل اکسایش بر روی گلوکز اسیدلاکتیک به دست می آید. هر موقع که صنعت شیمیایی بیوماس قادر به تأمین مواد خام شود، اسید لاکتیک ارزان قیمت را می توان رقیبی برای جانشینی مستقیم مواد پتروشیمی در نظر گرفت و از خواص بی نظیر آن بهره برد. از اسید لاکتیک، لاکتید به وجود می آید و از لاکتید پلیمر.

از این پلیمرهای لاکتیدی می توان فیلم های شفاف و الیاف قوی ساخت؛ ضمن این که پلیمرهای لاکتیدی قابل تجزیه هم نیستند. ادامه تحقیق و پیشرفت در زمینه پلیمرهای لاکتیدی موجب تولید محصولات جدیدی خواهد شد که در عین رقابت با پلیمرهای پتروشیمی، نیازهای خاصی را نیز برطرف خواهد کرد.

برای تولید محصولی جدید از لیگنین های با وزن مولکولی پایین (LMW) به تحقیقات بیشتری نیاز داریم. این نوع لیگنین ها، برخلاف لیگنین هایی که اکنون در بازار موجود است، در حلال های آلی محمولی حل پذیر است. درست مثل اتانول و استون. ضمن این که این لیگنین ها باعث تشکیل تغییرات ساختاری می شوند. مواد واسط اصلی که محصول لیگنین های LMW هستند باید ارزان قیمت باشند، زیرا بخش اعظم هزینه تولید آنها با قیمت بالایی که سلولز خالص و همی سلولزها دارند، جبران می شود.

از لیگنین LMW می توان فنول و بنزن ساخت تا جانشین مستقیم فرآیندهای پتروشیمی شوند، یا اینکه از آن فنولیکها یا اپوکسی هایی تولید کرد که جانشینان غیرمستقیم این فرآیندها شوند. [۱۲] در رزین های فنول فورمالدهید (PE) هر ساله ۷۲ میلیارد پوند (واحد وزن) فنول وارد بازارهای آمریکا می کنند [۱۳] از فنول های با درجه خلوص پایین می توان برای ساخت رزین های PE بهره برد، چرا که این رزین ها در شکل نهایی خود کاملاً تشکیل اتصال عرضی می دهند، بعلاوه جساسیت چندانی به ناخالصی ها ندارند.

برای تولید فراوان نفت پیرولیزی مایع از روش پیرولیز سریع و آبی استفاده می شود که بیوماس جامد را تبدیل به این ماده می کند. در این واکنش روند شکل گیری زغال و گازهای دائمی به حداقل می رسد. سپس نفت پیرولیزی مایع در معرض فرآیند استخراج با حلال قرار می گیرد تا جزء جدا شده مواد خنثی و فنولیک ها (PN) که غنی از فنول هستند، بازیافت می شود.

با توجه به ذخیره مواد خام بیوماس، ممکن است ۱۸ تا ۲۰ درصد وزن بیوماس اولیه در جزء PN بازیافت شود. سپس این جزء PN را می توان در رزین های PF که مانند چسب چوب ها و پلاستیک های تزریقی مفید هستند، فرمول بندی کرد. با وجود PN می توان تا ۵۰ درصد فنول موجود در رزین PF معمولی را جایگزین کرد، بدون این که کاهش قابل توجهی در خواص فیزیکی چسب چوب ها یا پلاستیک های تزریقی به وجود آید. برای تولید PN می توان از چندین منبع بیوماس استفاده کرد که نوعی ماده خام هستند؛ مانند چوب های سخت، چوب های نرم، علف های یک ساله و پوست درختان. منبع انتخاب شده

نمی تواند بر کیفیت رزین ها و پلاستیک ها تأثیرگذار باشد که از این میان درختان نرم و علف ها بیشتر مورد توجه قرار گرفته اند.

منبع:

- [1] cuf F Dj, Young Wj. US energy atlas. New York: Free Press/ McMillan; 1980.
- [2] Twidell j. Biomass energy. Renew Energy World 1998; 3:38-9.
- [3] World Energy Council 1994. New renewable energy resources. Kogan Page, London 1994.
- [4] Demirbas A. fuel properties and calculation of higher heating values of vegetable oils. Fuel 1998;77: 117-1120
- [5] Demirbas A. Determination of combustion heat of fuels by using non- calorimetric experimental data. energy Edu Sci Technol 198; 1:7-12.
- [6] Ramage j, Scurlock j. Biomass. Renewable energy -power for a sustainable future. In: Boyle G, editor. Oxford: oxford University Press; 1996.
- [7] Demirbas A. Biomass resources for energy and chemical industry. Energy Edu Sci Technol 2000;5: 21-45.
- [8] Garg HP, Datta G. Global status on Renewable Energy. International Workshop, Iran University of Science and Tecnology. 19-20 May 1998.
- [9] Reddy BS. Biomass energy for India: an overview. Energy Convers Mgmt 1994;35:341-61.
- [10] Kaygusuz K. Rural energy resources: application and consumption in Turkey. Energy Sourc 1996; 19:549-57.
- [11] Goldstein IS. Organic chemical from biomass. Boca Raton, FLORIDA, USA: CRC press; 1981. p.46.
- [12] jain RK, Singh B. Fuelwood characteristics of selected indigenous tree species from central India. Bioresource Technol 1999;68:305-8.
- [13] Parkhurst jr HJ, Huibers DTA, Jones MW. Production of phenol from lignin. ACS Div pet chem 1980;25:657-67.
- [14] van den HE. Energy conversion routes for biomass. Biomass Technology Group, University of Twente, Enschede, 1994.
- [15] Broek R, Faaij A, Wijk A. Biomass combustion power generation technologies. Biomass Bioenergy 1996; 11:271-81.
- [16] Overend RP. Biomass gasification: a growing business. Renew Energy World 1998; 1:59-63.
- [17] EUREC Agency. The future for renewable energy, Prospects and direction. London: James and James Science Publishers; 1996.
- [18] Demirbas A, Gullu D. Acetic acid, methanol and acetone from lignocelluloses by pyrolysis. Energy Edu Sci Technol 1998;2:111-5.
- [19] Demirbas A. Yields of oil products from thermochemical biomass conversion processes. Energy Convers Mgmt 1998;39:685-90.
- [20] Demirbas A. Properties of charcoal derived from hazelnut shell and the production of briquettes using pyrolytic oil. Energy 1999;29:141-50.
- [21] Rowell RM, Hokanson AE. Methanol from wood: a critical assessment, in Progress. In: Sarkanen KV, Tiltman DA, editors. Biomass conversion, Vol.1. New York: Academic Press; 1979.
- [22] Chum HL. Polymers from biobased materials. New Jersey, USA: Noyes Date Corporation; 1991.
- [23] Beaumont O. Flash Pyrolysis products from beech wood. Wood Fiber Sci 1985; 17:228-39.
- [24] Wenzl HJF editor. Further destructive processing of wood. The chemical technology of wood. New York: Academic Press; 1970 [chapter5].
- [25] Badin j, Kirschner j. Biomass greens US power production. Renew Energy World 1998; 1:40-5.
- [26] Kucuk MM, Tunc M. Supercritical fluid extraction of biomass. Energy Edu Sci Technol 1999;2: 1-5.
- [27] Demirbas A, Tuzen M, Ozdemir M. Supercritical fluid extraction of phenolic acids in snowdrop. Energy Edu Sci Technol 1999;2:47-52.
- [28] Akdeniz F, Kucuk MM, Demirbas A. Liquids from olive husk by using supercritical fluid extraction and thermochemical methods. Energy Edu Sci Technol 1998;1:17-22.