احتراق در زیست‌توده‌های لیگنوسلولزی؛ خواص و کاربردها

سینا شریفی*[1]، محسن سلیمانی[2]

۱. دانشجوی دکتری مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز (si.na636@yahoo.com)
۲. عضو هیئت‌علمی گروه مهندسی بیوسیستم کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز (mohsensoleymanig@gmail.com)

چکیده

با توجه به روبه اتمام بودن سوخت‌های فسیلی و نیز مشکلات عدیده‌ی زیست‌محیطی توجه بیش‌ازپیش به‌سوی سوخت‌های زیستی لازم است. در این مطالعه سعی بر این بود که منابع انرژی زیست‌توده در ایران با تأکید بر فرآیند احتراق مرور شود. فرآیند احتراق، علاوه بر کاهش حجم زباله، استفاده از منابع جایگزین انرژی را نیز با خود به همراه دارد. امّا اجرا، بهره‌برداری، عملکرد و نگهداری واحدهای زباله‌سوزی با توجه به پیامدهای زیست‌محیطی واحد بایستی کاملاً اصولی باشد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی که در احتراق زیست‌توده نقش مهمی دارند عبارت‌اند از رطوبت، خاکستر و چگالی که در فرآیندهای تولید انرژی حرارتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. فلزات قلیایی مانند سدیم، پتاسیم و منیزیم موجود در قسمت‌های مختلف زیست‌توده‌های لیگنوسلولزی با کاهش نقطه ذوب زیست‌توده‌ها منشأ آلودگی هوا گازهای خروجی از دودکش کوره‌هایند. هر چه رطوبت کمتر و چگالی بیشتر باشد، ارزش حرارتی بالاتر خواهد بود. برای داشتن ارزش حرارتی بالاتر بایستی تمام کربن‌های موجود در زیست‌توده به دی‌اکسیدکربن و تمام هیدروژن به بخارآب و تمام گوگرد به دی‌اکسید گوگرد تبدیل شوند. همین‌طور با توجه به کاربردهای گسترده خاکستر، سعی شد به مواردی اشاره شود. در انتها تحقیق، با توجه به‌ضرورت استفاده از ضایعات جنگلی در صنعت به برآورد میزان تراشه‌های چوب موردنیاز برای استفاده در یک بویلر پرداخت شد و مشخص شد که حدود ۷۰ تن تراشه چوبی با رطوبت ۳۰ درصد بر پایه وزن خشک و ارزش حرارتی ۳/۴ کیلووات ساعت بر کیلوگرم، ۸۶ /۱۵۶کیلووات ظرفیت تولید بخار را در یک ساعت خواهد داشت.

کلمات کلیدی: *احتراق؛ ارزش حرارتی؛ چگالی؛ لیگنوسلولزی.*

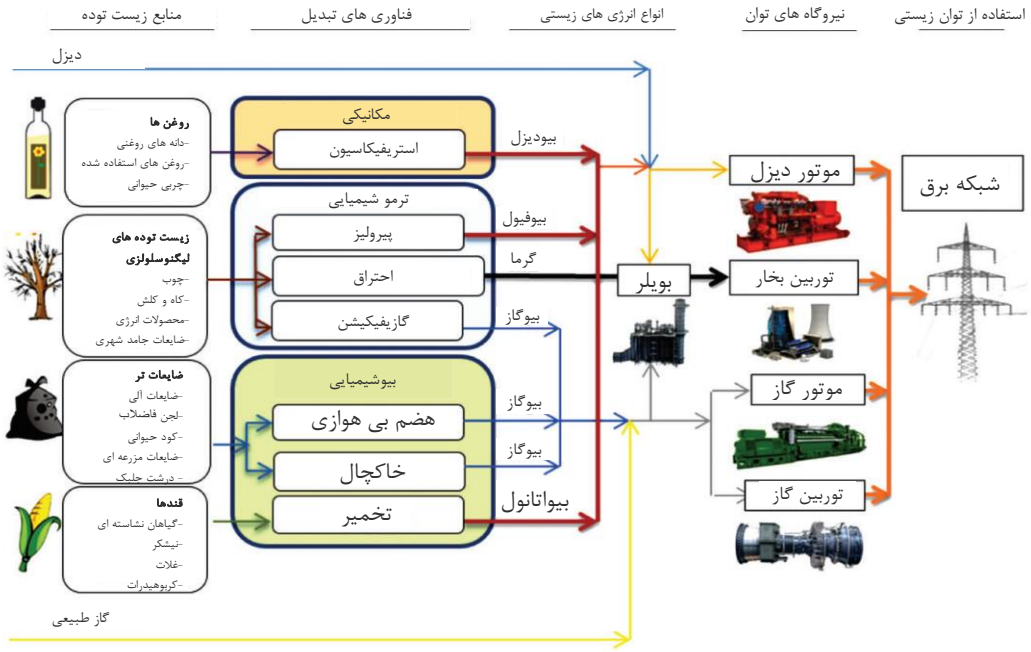
*نویسنده مسئول: si.na636@yahoo.com

احتراق در زیست‌توده‌های لیگنوسلولزی؛ خواص و کاربردها

مقدمه

امروزه دولت‌ها و شرکت‌ها در امر تحقیق و توسعه سیستم‌های انرژی‌های تجدیدپذیر رشدی چشم‌گیر فعالیتی و بودجه‌ای داشته‌اند که این امر درنهایت موجب کاهش قیمت تمام‌شده انرژی‌های تجدیدپذیر و رقابت‌پذیری این فناوری با سیستم‌های انرژی سنّتی موجود می‌گردد. منابع اصلی انرژی‌های تجدیدپذیر شامل آب، باد، خورشید، دریا، زمین‌گرمائی و زیست‌توده هستند که پاک و پایان‌ناپذیرند[۲۰].

سیستم‌هایی که برای استحصال انرژی از زائدات و زیست‌توده وجود دارند را می‌توان به ۳ گروه مکانیکی، ترموشیمیایی و بیوشیمیایی تقسیم‌بندی نمود(شکل ۱) که در برخی از این سیستم‌ها تولید انرژی اولویت اول را دارد و برخی دیگر امحا زباله را در اولویت می‌باشد.



شکل ۱. منابع انرژی زیست‌توده در ایران[۱۹].

در مورد زیست‌توده‌ها فاکتورهای اساسی به‌منظور استفاده از انرژی آن شامل: جرم مخصوص و اندازه ذرات، میزان خاکستر، میزان رطوبت، میزان عناصر(کربن، هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن)، میزان مواد استخراجی و میزان ترکیب‌های شیمیایی(لیگنین، سلولز و همی‌سلولز) می‌شود[۲۲]. در فرآیندهای ترموشیمیایی مانند پیرولیز، پلاسما، گازی‌سازی و احتراق مستقیم، به دلیل بهره‌گیری از دماهای بیشتر و سرعت بیشتر در انجام واکنش نسبت به فرآیندهای بیوشیمیایی مانند خاکچال، کمپوست و هضم بی‌هوازی، می‌توان انواع مختلفی از مواد زائد را به‌طور مؤثر مورداستفاده قرارداد[۳،۴]. در فرآیندهای ترموشیمیایی از مواد زائد با میزان رطوبت کم، به دلیل عملکرد بهتر استفاده می‌شود. درصورتی‌که در فرآیندهای بیوشیمیایی از زائدات تر (فسادپذیر) استفاده می‌شود. در فرآیندهای ترموشیمیایی از طریق حرارت دادن به زیست‌توده در

حضور یا عدم حضور عوامل کمکی، انرژی تولید می‌شود. انرژی تولیدشده می‌تواند به‌صورت انرژی گرمایی یا انرژی ثانویه باشد که از فرآورده‌های انرژی‌زا به‌دست می‌آید. مانند سوخت‌های جامد، مایع و گاز که می‌توانند به انرژی جنبشی یا الکتریسیته تبدیل شوند. عوامل کمکی در این فناوری‌ها می‌تواند بخار، اکسیژن و هیدروژن باشد.

فناوری پیرولیز، تجزیه حرارتی مواد آلی با استفاده غیرمستقیم از منابع خارجی برای تولید گرما در غیاب اکسیژن می‌باشد. این فرایند شبیه به گازی‌سازی است درجه حرارت در این فناوری بین ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سلسیوس می‌باشد. محصولات تولیدی در این روش گاز اکسیژن، منواکسید کربن، دی‌اکسید کربن، متان، هیدروکربن‌های پیچیده و کربن فعال می‌باشد [۹]. اغلب برای تولید سوخت مایع قابل‌استفاده به‌صورت مستقیم یا تصفیه‌شده در موتور، مواد شیمیایی، چسب و دیگر محصولات استفاده می‌شود [۳].

گازی‌سازی یک فرایند ترموشیمیایی است که بر تبدیل مواد جامد یا مایع کربنی به‌وسیله حرارت داخلی تولیدی توسط اکسیداسیون جزئی با استفاده از تزریق گاز اکسیژن یا هوا برای تولید سوخت‌های گازی مانند گاز سنتزی و گاز تولیدکننده دلالت دارد. کربن در رابطه با بخار و دی‌اکسید کربن، هیدروژن و مونواکسید کربن تولید می‌کند. این فرآیند شامل چهار مرحله‌ای است که شامل مراحل رطوبت‌زدایی از زباله، پیرولیز، احتراق و احیا می‌باشد. سوخت گازی تولیدشده توسط این تکنولوژی در نیروگاه‌های برق پیل‌های سوختی و موتورهای احتراق داخلی و خارجی کاربرد دارند[۲۴،۳].

پلاسما حالت ماده یا گاز یونیزه شده متشکل از مخلوطی از الکترون‌ها و یون‌ها و ذرات خنثی می‌باشد، که ازنظر الکتریکی در حالت کلی خنثی است. مهم‌ترین بخش پلاسما، قسمت ایجاد گاز می‌باشد که می‌تواند یک یا چند مشعل قوسی پلاسما را در خود جای دهد. در قسمت گازساز پلاسما میزان اکسیژن کم بوده و بنابراین هیچ‌گونه احتراقی صورت نمی‌گیرد[۱۰،۱۵]، ازاین‌رو گازساز پلاسما یک زباله‌سوز یا سیستم احتراقی نیست. در فرآیند پلاسما، مجموعه‌ای از یون‌ها و الکترون‌های آزاد با اعمال ولتاژ بالا (قوس الکتریکی بین الکترود و راکتور) در فشار پایین ایجاد می‌شوند. برای استفاده در تبدیل زباله شهری، گرمای شدید ایجادشده ساختار مولکولی مواد آلی را برای تولید مولکول‌های ساده مانند کربن دی‌اکسید و هیدروژن و کربن منواکسید می‌شکند. عمده‌ترین اشکال تکنولوژی پلاسما در این است که کسر زیادی از برق تولیدشده، برای تأمین انرژی مشعل پلاسما استفاده می‌شود[۳]

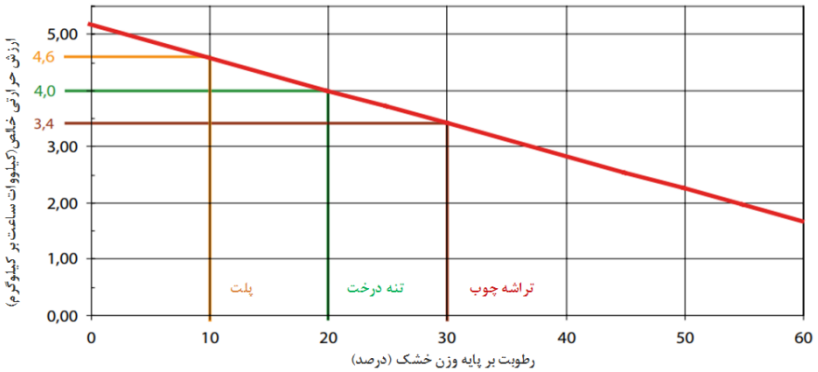
مرسوم‌ترین شکل استحصال انرژی از زیست‌توده، احتراق آن و مهار انرژی حرارتی تولیدی آن است[۹]. این عمل علاوه بر کاهش حجم زباله، استفاده از منابع جایگزین انرژی را نیز با خود به همراه دارد. در صورت طراحی غیراصولی و یا بهره‌برداری نامناسب، این واحدها می‌توانند منشأ گازهای خطرناکی باشند که با انتشار، هوا را آلوده می‌سازند. ازآنجایی‌که اجرا، بهره‌برداری و نگهداری واحدهای زباله‌سوزی بسیار هزینه‌بر بوده، طراحی و بهره‌برداری نامناسب آن‌ها می‌تواند اثرات غیرقابل جبرانی را بر محیط‌زیست و نیز سلامتی انسان و سایر موجودات زنده به همراه داشته باشد. در احتراق مستقیم، منابع جامد مانند زائدات جنگلی و کشاورزی (مواد لیگنوسلولزی)، زائدات صنایع غذایی و زباله‌های جامد شهری مستقیماً در بویلرهای خاصی سوزانده شده و از حرارت حاصل برای تولید برق، حرارت و یا ترکیبی از هر دو استفاده می‌شود. مهم‌ترین تکنولوژی تولید برق در این گروه زباله سوزهااند[۱۲].

ویژگی‌های احتراق

احتراق کامل شامل تبدیل‌شدن تمام کربن‌های موجود در زیست‌توده به دی‌اکسیدکربن و تبدیل تمام هیدروژن به بخارآب و تبدیل تمام گوگرد به دی‌اکسید گوگرد می‌باشد؛ برای تولید انرژی از زیست‌توده، مقدار زیادتر کربن و هیدروژن ارجح‌تر و به‌عکس مقدار کمتر گوگرد و نیتروژن مناسب‌تر است[۲]. تمامی واکنش‌های احتراق در دمایی بالاتر از نقطه‌جوش آب رخ می‌دهند، لذا تمامی آب تولیدشده از واکنش سوختن کامل به حالت بخار درمی‌آید؛ در یک بمب کالری متری- وسیله‌ای برای اندازه‌گیری ارزش حرارتی سوخت‌ها- محفظه‌ای تعبیه‌شده است تا تمامی آب تولیدشده در دمای اتاق میعان شده و در این محفظه جمع گردد و از این طریق ارزش حرارتی تعیین می‌گردد؛ کل گرمای حاصل از احتراق کامل بر واحد جرم ماده‌ی سوختنی، ارزش حرارتی بالا[۱] (HHV) یا ارزش حرارتی ناخالص[۲] (GHV) نامیده می‌شود؛ ارزش گرمایی بالا شامل کل گرمای آزادشده از سوخت است و شامل گرمای نهان مقدار بخارآب موجود در محصولات احتراق نیز می‌شود[۱۴].

اگر بخار تولیدشده در حین سوختن، توسط دستگاه جوشاننده میعان نشود مقداری از گرمای تولیدشده به همراه بخار میعان نشده، هدر می‌رود. در این حالت فقط آب مایع تولیدشده در محفظه باقی می‌ماند که گرمای حاصل از این احتراق ارزش حرارتی پایین[۳] (LHV) یا ارزش حرارتی خالص[۴] (NHV) نامیده می‌شود. ارزش حرارتی پایین شامل گرمای خالص آزادشده از سوخت است و گرمای نهان آب موجود در سوخت را در برنمی‌گیرد. افزایش مقدار رطوبت در زیست‌توده، منجر به افزایش تفاوت بین ارزش حرارتی خالص و ناخالص آن می‌شود[۱۱].

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی زیست‌توده نقش مهّمی در احتراق آن دارد. رطوبت و خاکستر دو عامل مهّم در زیست‌توده‌های لیگنوسلولزی در فرآیندهای تولید انرژی حرارتی و یا تولید سوخت‌های زیستی از اهمیّت ویژه‌ای برخوردارند(جدول ۲ و ۳)؛ با افزایش رطوبت زیست‌توده، ارزش حرارتی آن کاهش می‌یابد (شکل ۲؛ جدول ۱ و ۲)، و تعدیل میزان رطوبت، از طریق افزایش سطح تماس ذرات با هوا و استفاده از سیستم عدل‌بندی[۵] می‌تواند محقّق شود[۲].



شکل ۲. میزان ارزش حرارتی خالص در رطوبت‌های مختلف حالات مختلف زیست‌توده‌های لیگوسلولزی[۷].

1 High Heating Value
2 Gross Heating Value
3 Low Heating Value
4 Net Heating Value and Net Calorific Value(NCV)
5 Baling

ازآنجایی‌که در سیستم‌های تولید انرژی حرارتی یا تلفیقی[1] (حرارت و برق) حجم راکتورها معمولاً ثابت است، استفاده از ضایعات با چگالی حجمی(توده‌ای) بیشتر، یک مزیت است[۵،۶]. یکی از مشکلات استفاده از ضایعات کشاورزی به‌منظور تولید انرژی و حرارت، کم بودن چگالی حجمی آنان برای عملیات انتقال، ذخیره و احتراق است که بایستی بدین منظور فشرده شوند[۲].

چگالی توده‌ای از مهم‌ترین ویژگی فیزیکی سوخت‌های زیست‌توده‌ای است[۵] (جدول ۲ و ۳). معمولاً سوخت‌های زیست‌توده جامد، چگالی توده‌ای پایینی دارند؛ چگالی حجمی زیست‌توده لیگنوسلولزی زمانی اهمیّت خود را نشان می‌دهد که برخی از معایب مربوط به پایین بودن چگالی توده‌ای شامل، ارزش حرارتی نسبتاً پایین به ازای واحد حجم، مشکلاتی مانند کنترل فرآیند و خوراک‌دهی، نیاز به فضای انبار بزرگ‌تر، حمل‌ونقل گران و محدودیت‌های کاربرد فناوری (همانند انسداد و گرفتگی در بسترهای سیالی) پدید می‌آید. متراکم‌سازی[2] فرآیندی جهت غلبه بر معایب ذکر شده است که فضاهای خالی بین و درون ذرات را حذف می‌کند. سه روش متداول جهت متراکم‌سازی شامل متعادل‌سازی[3]، بریکت[4] و پلت‌کردن[5] است (جدول ۱)، که باعث افزایش هزینه، انرژی مصرفی و پیچیدگی تجهیزات می‌شوند[۱]. از مهم‌ترین مزایای پلت و بریکت، قابلیّت استفاده برای طیف وسیعی از مواد با درصد رطوبت مختلف در کنار دارا بودن ارزش حرارتی بسیار بالاتر نسبت به زیست‌توده لیگنوسلولزی پردازش نشده است.

جدول ۱. ویژگی‌های حرارتی و توده‌ای در روش‌های مختلف متراکم‌سازی[۱]

روش	چگالی توده ای($kg.m^{-3}$)	ارزش حرارتی($Mj.m^{-3}$)
متعادل‌سازی	۹۰-۷۰	۱۳۰۰-۹۷۰
بریکت و پلت	۶۵۰-۴۵۰	۱۰۰۸۰-۶۴۸۰

مقدار نسبتاً زیاد خاکستر در یک زیست‌توده از مطلوبیت آن برای احتراق کاسته و انباشت مقادیر نسبتاً زیاد خاکستر در کوره یا بویلر، باعث کاهش میزان کارایی سیستم‌های تولید انرژی حرارتی خواهد شد[۲] (جدول ۲ و ۳). ذرات سبک و ریز موجود در دوده‌های خاکستر قبل از رسیدن به محیط توسط ته‌نشین‌های الکترواستاتیکی جمع گردیده که آن را خاکستر فرآر می‌نامند[۱۸]. از طرفی دیگر برخی از خاکسترهای ذوب‌شده بر روی دیواره کوره جمع شده و به آن خاکستر جمع شده در انتهای کوره می‌گویند؛ خاکستر فرآر می‌تواند به‌صورت گسترده به‌عنوان بخشی از سیمان و خاکستر مذاب نیز به‌عنوان سیمان و سنگدانه در بتن و همچنین در صنعت راه‌سازی نیز به‌عنوان مواد اساس و زیر اساس استفاده نمود[۱]. مقدار زیاد مواد فرار موجود در ضایعات کشاورزی و لزوم سوزاندن این مواد پایین‌تر از نقطه ذوب، ازجمله مشکلات استفاده از آن‌ها برای تولید انرژی در بویلر است. عناصر و ترکیبات قلیایی حاوی سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و سیلیس به دلیل دارا بودن شاخص قلیاییت زیاد و قرار گرفتن جزو نمک‌های پیچیده اتکتیکی و ایجاد رسوب در بویلرها به دلیل پایین آوردن نقطه ذوب زیست‌توده‌ها و به تبع آن کاهش ظرفیت انتقال گرما و بروز خوردگی در تجهیزات و نیز به‌عنوان معضل زیست‌محیطی برای خاکستر زیست‌توده موجود در کوره‌ها مطرح هستند[۲،۱۲]. همچنین هرچه بیشتر عناصر فلزی در

1 Combined Heat and Power
2 Densification
3 Bituminous
4 Briquette
5 pelleting process

زیست‌توده‌های لیگنوسلولزی وجود داشته باشد، خوردگی در کوره‌ها بیشتر وجود خواهد داشت[۱۳،۱۲]. نقطه ذوب پایین زیست‌توده منجر به چسبندگی خاکستر فرار به سطوح انتقال حرارت شده و افزایش هزینه تمیز سازی کوره و دیگ بخار را باعث خواهد شد. عناصر فلزی موجب آلودگی آب‌های زیرزمینی، سطحی و درنتیجه موجب اختلال در زندگی ارگانیسم‌ها می‌شوند[۲۵،۲۳،۲،۱۲].

کاربردهای خاکستر

- خاکستر چوب به مدت طولانی به‌عنوان کود آلی استفاده‌شده است. کود آلی حاوی پتاسیم، کلسیم، سدیم و منیزیم، و همچنین سایر مواد مفید برای رشد و توسعه گیاهان است.
- استفاده از خاکستر چوب در باغ این اجازه را می‌دهد که رشد بیش‌ازحد گیاه را که به دلیل وجود بیش‌ازحد نیتروژن ایجادشده است، جلوگیری شود تا مانع از رسیدن خیلی زود میوه شود. پتاسیم به‌طور فعّال در فتوسنتز و تشکیل رنگ‌دانه سبز در ساقه و برگ دخالت دارد.
- با پاشش کمی خاکستر روی رد رنگ نقاشی ساختمان روی زمین بتنی و سابیدن، رد رنگ از بین می‌رود.
- با پاشیدن کمی خاکستر به کمپوست قبل از قرارداد گیاه در محیط ریشه‌ای، مواد مغذی کمپوست افزایش می‌یابد. البته مقدار زیاد خاکستر کمپوست را خراب می‌کند.
- با پخش یکدست خاکستر روی کف باغ، حلزون‌ها دور می‌شوند.
- خاکستر را می‌توان در مسیر یخزده پاشید تا یخ‌ها بدون صدمه دیدن خاک و یا بتن مسیر، ذوب شوند.
- خاکستر موجب افزوده شدن پتاسیم کافی برای رشد سایر گیاهان آبی و رقابت آن‌ها در برابر جلبک می‌شود و

جدول ۳. ویژگی‌های حرارتی چند چوب در شرایط مختلف[۱۶]

ویژگی	بادام زمینی	پوسته برنج	باگاس نیشکر
ارزش حرارتی ناخالص(کیلوکالری بر کیلوگرم)	۴۰۰۸	۳۷۲۹	۴۵۴۷
خاکستر(درصد)	۲/۸	۱۶/۴	۲/۴
محتوای رطوبتی(درصد)	۱۰/۱	۷/۲	۴/۵

درنتیجه سرعت رشد جلبک را کاهش می‌دهد

برآورد میزان تراشه‌های چوب موردنیاز برای استفاده در یک بویلر

با احتساب میزان ۲۳۵۰۰ لیتر در سال نفت مصرفی در یک بویلر که ۱۵۰۰ ساعت در سال دارای ظرفیت کاری است و اینکه ارزش حرارتی خالص نفت ۱۰کیلووات ساعت بر لیتر است با بازده بویلر ۰/۸۵، برق تولیدی در سال برای بویلر ۱۹۹۷۵۰ کیلووات ساعت در سال خواهد بود، که با احتساب ظرفیت کاری تقریبی بویلر ۱۵۰۰ ساعت در سال و بازده ۸۵ درصد بویلر مقدار آبی که در یک ساعت دستگاه به بخار تبدیل می‌کند برابر با ۸۶ /۱۵۶کیلووات خواهد بود.

جدول ۲. ویژگی‌های حرارتی چند چوب در شرایط مختلف

ویژگی	بلوط[۲۱]	کهور[۱۷]	بادام درختی[۸]	پرتقال[۸]	زیتون[۸]	ساقه پنبه[۱]
ارزش حرارتی بالا(مگاژول بر کیلوگرم)	۱۷/۴۹-۱۷/۹۹	۲۱/۷۷-۱۶/۳	۱۷/۴۵-۱۳/۷۷	۱۴/۱-۱۰/۷۸	۱۶/۸۶-۱۳/۳۵	۱۹/۴۹
چگالی(گرم بر سانتی متر مکعب)	۰/۶۳-۰/۷۸	۰/۹-۰/۵۸	_	_	_	_
خاکستر(درصد)	۴/۷۳-۲/۱۹	۴/۳-۱/۳	_	_	_	۳/۸۵
محتوای رطوبتی(درصد)	_	۶۰/۹-۴۴	۳۰/۳۱-۱۲/۲۹	۴۱/۰۹-۲۶/۷۷	۴۶/۰۷-۱۸/۴۹	۴/۸۸

حال با فرض در نظر گرفتن ارزش حرارتی ۳/۴ کیلووات ساعت بر کیلوگرم برای تراشه‌های چوبی در رطوبت ۳۰ درصد بر پایه وزن‌تر و بازده بویلر ۸۵ درصد به ۶۹۱۱۷ کیلوگرم مقدار تراشه چوبی خواهیم رسید.

نتیجه‌گیری

- در فناوری‌های تبدیل انرژی زیستی، اولویت اول در فرآیندهای ترموشیمیایی بر تولید انرژی است.
- در این نوع فرآیندها، مرسوم‌ترین شکل استحصال انرژی از زیست‌توده، احتراق آن و مهار انرژی حرارتی تولیدی آن است.
- از فاکتورهای اساسی در زیست‌توده به‌منظور استحصال انرژی آن می‌توان به جرم مخصوص و اندازه ذرات، میزان خاکستر، میزان رطوبت، میزان عناصر(کربن، هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن) اشاره کرد.
- افزایش مقدار رطوبت در زیست‌توده، منجر به افزایش تفاوت بین ارزش حرارتی خالص و ناخالص آن می‌شود.
- به دلیل حجم معمولاً ثابت راکتورهای سیستم‌های تولید انرژی حرارتی یا تلفیقی (حرارت و برق)، استفاده از ضایعات با چگالی حجمی(توده‌ای) بیشتر، در اولویت بالاتری هستند.
- از مهم‌ترین مزایای پلت‌کردن، علاوه بر چگال‌تر شدن ضایعات لیگنوسلولزی، قابلیت استفاده از دامنه‌ی گسترده‌تری از مواد با درصد رطوبت مختلف می‌باشد.
- مقدار نسبتاً بالای خاکستر در زیست‌توده لیگنوسلولزی از مطلوبیت آن برای احتراق کاسته و تجمع مقادیر نسبتاً زیاد خاکستر در کوره و یا بویلر، باعث کاهش میزان کارایی سیستم‌های تولید انرژی حرارتی خواهد شد.

- بنابراین با توجه به کاربردهای مختلف در صنعت راه‌سازی و کشاورزی و نیز مشکلات زیست‌محیطی و نیز کاهش راندمان سیستم‌های تولید انرژی، لزوم جمع‌آوری مرتّب خاکسترهای کف کوره بسیار وجود دارد.

منابع:

۱. امیری، م.، و نجفی، الف. ۱۳۹۵. نیروگاه برق با سوخت جامد زیست‌توده و تعیین کیفیت نمونه ساقه پنبه. نشریه انرژی ایران . ۱۹(۲):۱۶۸-۱۵۵.

۲. جدیدیان، ف.، طلایی پور، م.، مهدوی، س. و حمصی ا.ه. ۱۳۹۵. ارزیابی تولید انرژی حرارتی و کربن فعال از پیت باگاس. فصلنامه علمی -پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران.۳۱(۲): ۱۹۳-۱۸۱.

۳. صفائی، ع.، شریفی بارفروشی، س.، و پایدار، م.م. ۱۳۹۵. انتخاب تکنولوژی تولید انرژی از زباله شهری. سیزدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع. دانشگاه علوم و فنون مازندران. ۴و۵ اسفند ۱۳۹۵.

4. Abdelmalik M. Shakorfow. 2016. Biomass. Incineration, Pyrolysis, Combustion and Gasification. International Journal of Science and Research (IJSR), 5(7):13-25.
5. Amiri, Sh. 2013. Economic and Environmental Benefits of CHP-based District Heating Systems in Sweden. M.Sc. Dissertation. Linköping Studies in Science and Technology. Department of Management and Engineering. Linköping, Sweden.
6. DemİRbaŞ, A. 2003. Relationships between heating value and lignin, fixed carbon, and volatile material contents of shells from biomass products. Energy Sources, 25(7), 629-635. doi:10.1080/00908310390212336
7. Francescato, V., and Antonini E. 2009. Wood fuels handbook. Italian agriforestry energy association. legnaro, Italy pp: 83.
8. Huseyin Ozturk H. and Ali Bascetincelik 2006. Energy Exploitation of Agricultural Biomass Potential in Turkey. ENERGY EXPLORATION & EXPLOITATION, 24, 313-330
9. Jouhara, H., Ahmad, D., van den Boogaert, I., Katsou, E. Simons, S., and Spencer, N. 2017. Pyrolysis of domestic based feedstock at temperatures up to 300°C, Thermal Science and Engineering, Progress, doi: 10.1016/j.tsep.2017.11.007.
10. Klaus Thuneke. Renewable Energy Systems. 2013. Springer New York.
11. Lee J.S. 2015. Calorific value of wood pellets. M.Sc. Dissertation. University of British Columbia, Vancouver (BC), USA
12. Matsakas, L., Gao, Q., Jansson, S., Rova, U., and Christakopoulos, P. 2017. Green conversion of municipal solid wastes into fuels and chemicals. Electronic Journal of Biotechnology, 26, 69-83. doi:10.1016/j.ejbt.2017.01.004.
13. Melissar, B. 2014. Ash related problems with high alkalii biomass and its mitigation - experimental evaluation. University of the Republic of Uruguay.
14. Obernberger I, Thek G. The pellet handbook: the production and thermal utilisation of biomass pellets. London, UK: Earthscan; 2010.
15. Pang, Y., Bahr, L., Fendt, P., Zigan, L., Will, S., Hammer, T., and Karl, J. 2018. Plasma-assisted biomass gasification with focus on carbon conversion and reaction kinetics compared to thermal gasification. Energies, 11(5): 1302-26. doi:10.3390/en11051302.
16. Patel B., and Gami, B. 2012. Biomass characterization and its use as solid fuel for combustion. Iranica Journal of Energy & Environment, 3(2): 123-128.

17. Puri, S., Singh, S., Bharat, B. 1994. Fuelwood value index in components of ten tree species of arid region in India. Industrial Crops and Products, 3, 69-74.
18. Rai, P., Gautam, N., & Chandra, H. (2018). Investigating electrostatic precipitator design parameters for efficient control of particulate matter in thermal power plant: A case study. Journal of The Institution of Engineers (India): Series A, 99(2), 303-310. doi:10.1007/s40030-018-0266-y
19. Renewable Energy and Energy Efficiency Organization. 2018. A Sustainable Power Supply System, Iran's Opportunities via Bioenergy. Accessed from http://www.satba.gov.ir/ (accessed December 2019).
20. Sathaye, J., O. Lucon, A. Rahman, J. Christensen, F. Denton, J. Fujino, G. Heath, S. Kadner, M. Mirza, H. Rudnick, A. Schlaepfer, A. Shmakin. 2011. Renewable Energy in the Context of Sustainable Energy. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation[O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
21. Shougrakpam B. M., Singh, E.J., and Kumar D.A. 2014. Fuel wood properties of some oak tree species of Manipur, India. Journal of Environmental Biology(JEB), 36, 1007-1010
22. Tanger, P., Field, J. L., Jahn, C. E., DeFoort, M. W., and Leach, J. E. 2013. Biomass for thermochemical conversion: targets and challenges. Frontiers in Plant Science, 4. doi:10.3389/fpls.2013.0021.
23. Yadav, I. C., and Devi, N. L. 2019. Biomass Burning, Regional Air Quality, and Climate Change Encyclopedia of Environmental Health: Elsevier. pp: 386-391.
24. Zheng, J.-L., Zhu, Y.-H., Zhu, M.-Q., Kang, K., and Sun, R.-C. 2019. A review of gasification of bio-oil for gas production. Sustainable Energy & Fuels, 3(7), 1600-1622. doi:10.1039/c8se00553b.
25. Zhu, Y., Niu, Y., Tan, H., and Wang, X. 2014. Short review on the origin and countermeasure of biomass slagging in grate furnace. Frontiers in Energy Research, 2. doi:10.3389/fenrg.2014.00007.

Combustion in lignocellulosic biomass; Properties and applications

Sina Sharifi[1*], Mohsen Soleymani[2]

1. Department of Biosystems Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz
2. Department of Biosystems Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz

Abstract

According to the ending of fossil fuels and the many environmental problems, more attention is needed to biofuels. In this study, we tried to review biomass energy sources in Iran with an emphasis on the combustion process. The combustion process, in addition to reducing the volume of waste, also involves the use of alternative energy sources. But implementation, application, operation maintenance of waste furnace units according to the environmental impacts of the unit, it should be completely principled. The physical and chemical properties that play an important role in biomass combustion include moisture, ash, and density, which are particularly important in thermal energy production processes. Alkaline metals such as sodium, potassium, and magnesium in different parts of the lignocellulosic biomass caused reduced biomass melting point is the source of air pollution from the furnace flue gases. The lower the humidity and the higher the density, the higher the thermal value. The lower of humidity and the higher of density, the heating value is higher. To have a most heating value, all the carbon in the biomass must be converted to carbon dioxide and all hydrogen to vapor and all sulfur to sulfur dioxide. Also, due to the extensive applications of ash, there have been attempts to mention some. At the end of the study, due to the necessity of using wood waste in the industry, it was estimated the amount of wood chips needed for use in a boiler and it was found that about 70 tonnes of wood chips with 30% moisture content based on dry weight and heating value of 3.4 kWh would have 156.86 kWh steam generation capacity.

Key words: Combustion, thermal value, density, lignocellulose.

*Corresponding author
E-mail: si.na636@yahoo.com