

ارزیابی تولید انرژی حرارتی و کربن فعال از پیت باگاس

فاطمه جدیدیان^۱، محمد طلایی پور^۲، سعید مهدوی^{۳*} و امیرهومن حمصی^۲

^۱ - فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

^۲ - دانشیار گروه تخصصی صنایع چوب و کاغذ، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^{۳*} - نویسنده مسئول، دانشیار، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، پست الکترونیک: smahdavi@rifr-ac.ir

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۴

چکیده

این مطالعه، به منظور استفاده از پیت باگاس برای تولید انرژی حرارتی و کربن فعال انجام شده است. برای ارزیابی تولید انرژی، درصد رطوبت، خاکستر، مواد فرار، کربن ثابت، لیگنین، عناصر، دانسیته حجمی، نقطه ذوب و ارزش حرارتی پیت اندازه گیری شد. میانگین خاکستر پیت باگاس ۳۰/۲۳ درصد و مواد فرار آن ۶۷/۱۴ درصد اندازه گیری شد. میانگین دانسیته حجمی پیت با مش ۸۰ برابر ۰/۱۵ گرم بر سانتیمتر مکعب تعیین شد. میانگین لیگنین و نقطه ذوب این پسماند به ترتیب ۲۳/۱ درصد و ۱۰۵۰°C تعیین شد. درصد گوگرد که به لحاظ آلاینده گی محیط زیست اهمیت دارد، برای پیت باگاس ۰/۳ درصد تعیین شد. مقدار ارزش حرارتی ناخالص اندازه گیری شده با بمب کالری متری ۱۰/۳ MJ/kg به دست آمد که نسبت به باگاس و چوب کمتر می باشد. کربن فعال تهیه شده از پیت باگاس به روش شیمیایی با کلرید روی فعال شد. میانگین سطح آزاد (BET) ۴۷۸ مترمربع بر گرم و قطر منافذ ۷/۴۵ نانومتر بوده که بر این اساس، کربن فعال به دست آمده برای جذب مایعات مناسب تر است. آزمون دیومتری نشان داد که میانگین عدد یدی کربن فعال تهیه شده ۵۰۴ میلی گرم بر گرم می باشد.

واژه های کلیدی: پیت باگاس، تولید انرژی، ارزش حرارتی، کربن فعال.

مقدمه

دارای نقش ویژه ای هستند. یکی از منابع مهم سوخت های پاک، انرژی حاصل از زیست توده^۱ می باشد (SANA, 2013). زیست توده یکی از منابع قابل توجه در میان انواع منابع تولید انرژی های نو می باشد. استفاده از زیست توده به عنوان یک منبع انرژی، نه تنها به دلایل اقتصادی، بلکه به دلیل توسعه اقتصادی و زیست محیطی نیز جذاب است.

مصرف روزافزون انرژی حاصل از سوخت های فسیلی، اگرچه رشد سریع اقتصادی جوامع مختلف را به همراه داشته است، اما به واسطه انتشار آلاینده های حاصل از احتراق آنها و افزایش CO₂ و انتشار بیش از حد گازهای گلخانه ای در اتمسفر و پیامدهای ناشی از آن، موجب گرمایش تدریجی زمین و تغییرات آب و هوا شده است. در برنامه ها و سیاست های جهانی توسعه پایدار، منابع تجدیدپذیر انرژی

انجمن بیوانرژی نیوزلند (BANZ) (۲۰۱۰) پنج عامل را در تولید انرژی از چوب حائز اهمیت می‌داند که عبارتند از: اندازه، رطوبت، خاکستر، دانسیته حجمی و دانسیته انرژی^۴.

مصرف انرژی جهان هر سال رو به افزایش است. پایان پذیر بودن انرژی‌های فسیلی و آلودگی‌زا بودن آنها بشر را به سمت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر سوق داده است. انرژی نهفته در پسماندها به‌عنوان یک منبع مناسب، ارزان و قابل دسترس مطرح می‌باشد که علاوه بر تأمین بخشی از انرژی مورد نیاز بشر و صرفه‌جویی در منابع فسیلی موجود، به کاهش مشکلات بهداشتی و زیست‌محیطی ناشی از تولید پسماند و مصرف سوخت‌های فسیلی نیز کمک می‌کند (Lashgarblooki & Lotfi Neiestanak, 2012; SANA, 2013).

انتخاب و طراحی هر سیستمی که از زیست‌توده به‌عنوان سوخت استفاده می‌کند به ویژگی‌های زیست‌توده، محدودیت‌های زیست‌محیطی، هزینه تجهیزات و ظرفیت کارخانه بستگی دارد. کاهش آلودگی‌ها و افزایش بهره‌وری از جمله اهداف اصلی در تولید انرژی هستند (Bauen *et al.*, 2004).

صنعت نیشکر کشور بعد از صنایع نفت و گاز، به‌عنوان بزرگ‌ترین مجموعه تولیدی کشور است که به دلیل نیاز کشور به شکر، به صورت هفت واحد تابعه (امام خمینی، امیرکبیر، دعبل خزایی، میرزا کوچک خان، سلمان فارسی، فارابی و دهخدا) در استان خوزستان احداث شده است. در جنوب کشور، جداسازی پیت باگاس در صنایع تولید فراورده‌های مرکب چوبی (توپان و MDF) و کاغذ انجام می‌شود. این ماده در حال حاضر کاربردی نداشته و پس از خروج از این کارخانه‌ها در بیابان‌ها سوزانده می‌شود (Goodarzi *et al.*, 2008).

استفاده از باگاس برای تولید انرژی تلفیقی حرارت و برق به جای استفاده از سوخت فسیلی، سال‌هاست که در صنایع تولید محصولات مختلف از نیشکر متداول است. مقدار پیت و باگاس

امروزه شاهد افزایش چشم‌گیر فعالیت‌ها و بودجه دولت‌ها و شرکت‌ها در امر تحقیق، توسعه و عرضه سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر هستیم و این فعالیت‌ها همراه با صرف بودجه‌های کلان در این زمینه در نهایت موجب کاهش قیمت تمام شده انرژی‌های تجدیدپذیر^۱ و رقابت پذیری این فناوری با سیستم‌های انرژی سنتی موجود می‌گردد. منابع اصلی انرژی‌های تجدیدپذیر شامل زیست توده، آب، باد، خورشید، دریا و حرارت مرکز زمین^۲ هستند که تمیز و پایان‌ناپذیر هستند (Demirbas, 2010; Faaij *et al.*, 2002).

منابع زیست‌توده سلولزی خود به هفت نوع تقسیم می‌شود که شامل: ۱- جنگل‌های طبیعی، ۲- جنگل‌های دست کاشت، ۳- گیاهان زراعی صنعتی، ۴- منابع چوبی غیرجنگلی، ۵- محصولات کشاورزی، ۶- زائدات کشاورزی و ۷- پسماندهای فرایند شده مثل باگاس یا خاک‌اره است (SANA, 2013).

آمارهای SANA (سازمان انرژی‌های نو ایران) (۲۰۱۳) نشان می‌دهد که جرم تولید سالانه زائدات کشاورزی و جنگلی کشور حدود ۲۳ میلیون تن می‌باشد.

پارامترهای مهم برای استفاده از زیست‌توده در تولید انرژی شامل: اندازه ذرات و جرم مخصوص، مقدار خاکستر، مقدار رطوبت، مقدار مواد استخراجی، مقدار عناصر (کربن، هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن) و مقدار ترکیب‌های شیمیایی (سلولز، همی سلولز و لیگنین) هستند. ترکیب شیمیایی و ویژگی‌های زیست‌توده برای سوزاندن، با توجه به گونه زراعی و زادگاه آن تفاوت‌های زیادی دارد. همچنین ترکیب شیمیایی درون‌چوب، پوست، شاخه و برگ با هم تفاوت زیادی دارد. البته زیست‌توده نسبت به زغال‌سنگ دارای دانسیته کمتر ولی ضریب شکل^۳ بیشتری است (Rosendahl, 2013; Demirbas, 2010).

1- Renewable energy

2- Geothermal

3- Aspect ratio

4- Energy density

5- Combined heat and power (CHP)

غیرچوبی دارای نقطه ذوب کمتر از 1000°C هستند، بنابراین باید برای سوزاندن آنها از تجهیزات خاص استفاده کرد (Franciscato *et al.*, 2008).

پیت دارای ارزش حرارتی کمتری نسبت به باگاس می باشد، در نتیجه بر عملکرد سوختن آن تأثیر می گذارد. با کوچک کردن اندازه پیت و سطح ویژه آن، می توان سرعت گرم شدن ذرات و در نتیجه عملکرد سوختن آن را بهبود بخشید. باگاس پیت زدایی شده دارای ارزش حرارتی بیشتر اما میانگین اندازه ذرات کوچک تری نسبت به باگاس می باشد. استفاده از پیت خالص باگاس برای سوزاندن در یک دیگ بخار صنعتی ۳، کارایی پایین تولید انرژی و نیز افزایش در مصرف سوخت را نشان داد. بر اساس مدل ارائه شده، استفاده از ۸۸/۷ درصد مخلوط باگاس و ۱۱/۳ درصد پیت، بیشترین عملکرد برای دیگ بخار گزارش شد (Man & O'Hara, 2012).

کربن یا ذغال فعال^۴ به عنوان یک جاذب دارای کاربردهای مهم و حیاتی است. این ماده از پیرولیز مواد گیاهی حاوی کربن تهیه می شود و توسط اسیدها تحت عملیات فعال سازی قرار می گیرد. با توجه به نوع مواد خام مصرفی، کربن های فعال دارای منافذی با اندازه و شکل های متفاوت هستند که با توجه به این دو فاکتور تأثیرگذار در جذب مایعات یا گازها، دارای کاربردهای گسترده و ویژه ای می باشند (Dorani, 2011).

تعدادی از محققان، بررسی را در مورد تولید کربن فعال از سه ماده سلولزی (پوسته میوه نخل روغنی، ساقه بامبو و پوسته نارگیل) با روش فعال سازی شیمیایی توسط پتاس انجام دادند. آنان تولید کربن فعال از این سه ماده را با پتاس در دمای 800°C درجه سانتی گراد و با عبور گاز نیتروژن انجام دادند. تأثیر درجه حرارت و نوع ماده سلولزی بر مساحت سطح و شکل منافذ کربن های فعال تولید شده مورد بررسی قرار گرفت. کربن فعال تولید شده از ساقه بامبو دارای بیشترین مساحت سطح (1212 مترمربع بر گرم) بود و درصد منافذ میکرو در پوسته نخل و نارگیل در محدوده کربن فعال تجاری بود (Abdul Khalil, 2013).

تولیدی به طور متوسط حدود 34 تن در هکتار با رطوبت 55 درصد است. به عبارت دیگر، به ازای هر تن نیشکر، حدود 340 کیلوگرم پیت و باگاس تولید می شود که از این مقدار حدود 20 تا 30 درصد پیت و بقیه باگاس است. پیت مشابه باگاس دارای سلولز بوده ولی ساختار لیفی ندارد. پیت زدایی موجب کاهش وزن خشک باگاس از 20 تا 25 درصد می شود (Kole *et al.*, 2012; Najafi Anari *et al.*, 2008).

ارزش حرارتی ناخالص^۱ مواد لیگنوسلولزی با افزایش درصد لیگنین در آن افزایش می یابد و با آن همبستگی زیادی دارد. ارتباط بین مقدار لیگنین و ارزش حرارتی زیست توده را می توان به صورت زیر بیان کرد. لازم به یادآوری است که این محاسبه برای زیست توده عاری از مواد استخراجی و خاکستر است (Demirbas, 2010).

ارزش حرارتی ناخالص = $0.889 \times (\text{درصد لیگنین}) + 16/8218$

بررسی مبسوطی بر روی ویژگی های چند زیست توده (زائدات کشاورزی و چوب های بید و صنوبر) برای تولید انرژی انجام شده است. به طوری که کمترین مقدار ارزش حرارتی ناخالص مربوط به پوسته برنج با $15/09$ مگاژول بر کیلوگرم و بیشترین مربوط به چوب بید با $19/59$ مگاژول بر کیلوگرم گزارش شد. ارزش حرارتی ناخالص باگاس $18/99$ مگاژول بر کیلوگرم گزارش شد (Jenkins *et al.*, 1998).

محققین مذکور محدوده ارزش حرارتی خالص چوب خشک گونه های مختلف را $18/5$ تا 19 مگاژول بر کیلوگرم ذکر کرده و ارزش حرارتی چوب سوزنی برگان را 2 درصد بیشتر می دانند. علت این تفاوت، مقدار لیگنین، رزین، موم^۲ و مواد روغنی بیشتر در سوزنی برگان گزارش شده است. همچنین برخی تفاوت ها در ارزش حرارتی گونه ها، به مقدار هیدروژن و نیز خاکستر آنها ارتباط داده شده است.

در بین مواد سلولزی مختلف، چوب و پوست دارای بیشترین نقطه ذوب (بین 1300°C تا 1400°C) و گیاهان

3- Industrial boiler

4- Activated Carbon

1- High Heating Value (HHV)

2- Wax

$$100 \times [(W_i - W_f) / (W_i - W_c)] = \text{مقدار رطوبت (\%)}$$

که در آن:

$$W_i = \text{وزن اولیه نمونه (گرم)} \quad W_f = \text{وزن خشک نمونه (گرم)}$$

$$W_c = \text{وزن ظرف (گرم)}$$

برای اندازه‌گیری دانسیته حجمی^۱ پیت از استاندارد ASTM E873 - 82 (۲۰۱۳) با ۵ تکرار استفاده شد.

اندازه‌گیری خاکستر بر مبنای استاندارد ASTM E1755-01 (۲۰۰۷) انجام شد. ۲ گرم نمونه با ۵ تکرار در کوره الکتریکی با دمای $25 \pm 575^\circ\text{C}$ به مدت ۳ ساعت قرار گرفته و با تقسیم وزن خاکستر به وزن اولیه پیت، درصد خاکستر آن محاسبه شد.

اندازه‌گیری مواد فرار^۲ با استفاده از استاندارد E872-72 ASTM- (۱۹۹۸) انجام شد. مقدار یک گرم پیت (بر مبنای وزن خشک) با ۵ تکرار در داخل کوره در دمای $20 \pm 950^\circ\text{C}$ به مدت ۷ دقیقه قرار داده شد. با کسر وزن خاکستر از عدد یک و تقسیم به وزن اولیه پسماند، درصد مواد فرار محاسبه شد.

اندازه‌گیری نقطه ذوب^۳ بر اساس استاندارد اروپا CEN/TS 15370 انجام شد. این روش مبتنی بر تغییر حالت و شکل نمونه با افزایش دما در کوره می‌باشد. این تغییرات طبق شکل ۱ به چهار مرحله تقسیم‌بندی می‌شوند که شامل دمای تغییر شکل اولیه^۴ (IT)، دمای نرم شدن^۵ (ST)، دمای شبه کروی شدن^۶ (HT) و دمای جاری شدن^۷ (FT) می‌باشد. ابتدا ۳ تا ۵ گرم نمونه را به صورت مخروطی شکل درآورده و تغییر شکل آن را با افزایش دما از دمای محیط تا دمای 1100°C مشاهده کرده و دمای شبه کروی شدن و جاری شدن نمونه توسط یک دوربین دیجیتال با قابلیت گرفتن عکس در فواصل مشخص زمانی، با ۳ تکرار ثبت شد.

در تحقیقی تولید کربن فعال از باگاس به منظور تصفیه آب‌های زیرزمینی انجام شد. ابتدا باگاس به منظور فعال‌سازی با اسید سولفوریک تیمار شده و بعد در دمای 500°C به مدت ۲ ساعت کربونیزه شد. کربن فعال تهیه شده از باگاس بودر شده با اندازه ۳۰۰-۶۳ میکرون دارای ویژگی‌های بهتری نسبت به نوع دانه‌ای (گرانول) برای تصفیه آب ارزیابی شد. نتایج این تحقیق، استفاده از روش فعال‌سازی شیمیایی را به دلیل استفاده از مدت زمان و دمای کمتر نسبت به روش فیزیکی برتر می‌داند (Tseng et al., 2007).

مطالعه‌ای بر روی جذب فلزات سنگین کادمیم و سرب توسط کربن فعال تهیه شده از پیت باگاس انجام شد. نتایج بدست آمده نشان داد که با افزایش pH تا ۸، مقدار جذب این عناصر توسط کربن فعال تولید شده افزایش یافته است (Ahmad Khan, 2004).

هدف از این بررسی، ارزیابی پیت باگاس به عنوان یک پسماند بدون استفاده، برای تولید انرژی و کربن فعال می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد شیمیایی مورد استفاده شامل اسید کلریدریک، ید، نشاسته، تیوسولفات سدیم از شرکت مرک آلمان تهیه شده و مورد استفاده قرار گرفت.

پیت باگاس از محل دپوی کارخانه تولید نئوپان کارون واقع در اطراف شوشتر تهیه شد. پیت پس از انتقال از کارخانه و هوا خشک کردن، توسط یک آسیاب آزمایشگاهی به پودر تبدیل شد. سپس از دو الک آزمایشگاهی با مش ۴۰ در بالا و ۸۰ در پایین، عبور داده شدند و نمونه روی الک مش ۸۰ برای انجام آزمون‌ها استفاده شد.

رطوبت اولیه و هواخشک‌شده پیت بر اساس استاندارد ASTM E871-82 (۱۹۹۸) اندازه‌گیری شد. ابتدا حدود ۱۰ کیلوگرم نمونه پیت به منظور عدم تبادل رطوبت، داخل پلاستیک پلی‌اتیلنی قرار داده شد و بعد با تعیین دقیق وزن اولیه و وزن خشک (پس از قرار دادن نمونه در داخل آون با دمای $1 \pm 103^\circ\text{C}$ به مدت ۱۶ ساعت) میانگین درصد رطوبت نمونه با ۵ تکرار بر اساس رابطه زیر اندازه‌گیری شد.

1- Bulk density

2- Volatile components

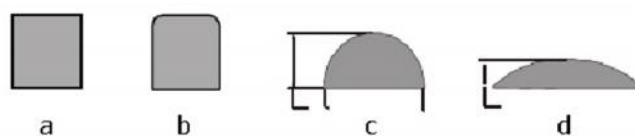
3- Melting point

4- Initial Deformation Temperature

5- Softening Temperature

6- Hemispherical Temperature

7- Flow Temperature



شکل ۱- چهار حالت زیست توده با افزایش دما

- a. دمای انقباض
b. دمای تغییر شکل
c. دمای نیم کره
d. دمای جاری شدن

منبع: Force technology, 2010

کربن ثابت^۳ شامل باقیمانده جامد قابل سوختن یک ماده پس از خارج شدن مواد فرار آن می‌باشد. این ویژگی با کسر مجموع درصدهای رطوبت، مواد فرار و خاکستر از صد، طبق رابطه ۲ محاسبه می‌شود. زیاد بودن کربن ثابت در یک ماده نشان‌دهنده نیاز به مدت بیشتری برای سوختن آن است.

رابطه (۲)

(درصد رطوبت + درصد خاکستر + درصد مواد فرار) - ۱۰۰ = ثابت کربن

ارزش حرارتی ناخالص بر مبنای استاندارد ASTM E711-87 و توسط بمب کالریمتری مدل PARR 1261 اندازه‌گیری شد. بمب کالریمتری برای تعیین دقیق ارزش حرارتی هیدروکربن‌های مایع و جامد و سایر سوخت‌ها به‌کار می‌رود. این دستگاه شامل بمب، محفظه کالریمتری، یک محفظه آب دوجداره خارجی، سیستم جرقه‌زنی، حس‌گر^۴ دما و یک واحد شارژ اکسیژن مجهز به درجه فشار می‌باشد. این روش به‌عنوان روش مستقیم و یا واقعی اندازه‌گیری ارزش حرارتی ناخالص مطرح است. برای محاسبه ارزش حرارتی ناخالص با استفاده از عناصر پیت، از روش غیرمستقیم یا تخمینی^۵ که توسط Boundy و همکاران (۲۰۱۱) که فقط برای زیست توده ارائه شده است، استفاده شد (رابطه ۳).

مقدار لیگنین غیرقابل حل در اسید پیت، با استفاده از آیین‌نامه TAPPI شماره T 222 om-02 با ۳ تکرار مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

عناصر کربن، هیدروژن و نیتروژن در پیت باگاس با استفاده از استاندارد BS EN 15104:2011 و به‌وسیله دستگاه CHN (مدل Perkin Elmer Series II 2400) براساس درصد وزنی با ۳ تکرار اندازه‌گیری شدند. برای این آزمون، یک گرم پودر پیت خشک در آشکارساز^۱ دستگاه قرار داده شد. این استاندارد برای انواع پسماندهای جامد زیست‌توده کاربرد دارد. عنصر گوگرد با استفاده از استاندارد ASTM- E775-87 (۲۰۰۴) اندازه‌گیری شد. طبق این استاندارد گوگرد می‌تواند با دو روش Eschka و بمب کالری متر^۲ اندازه‌گیری شود. گوگرد به صورت سولفات باریم طبق روش دوم در بمب کالری‌متری با جریان اکسیژن ته‌نشین شده و پس از شستشو با آب و مواد شیمیایی صاف شده، خاکستر شده و توزین می‌شود. محاسبه درصد اکسیژن پیت با استفاده از مجموع مقدار چهار عنصر بدست آمده و با کمک رابطه (۱) انجام شد:

رابطه (۱)

درصد گوگرد + درصد هیدروژن + درصد خاکستر - ۱۰۰ = درصد اکسیژن

(درصد کربن + درصد نیتروژن +

3- Fixed carbon

4- Sensor

5- High Heating Value Estimated (HHVE)

1- Detector

2- Bomb calorimeter

رابطه (۳)

$$HHV_E = 0/35 (\text{درصد کربن}) + 1/18 (\text{درصد هیدروژن}) + 0/1 (\text{درصد گوگرد}) - 0/1 (\text{درصد اکسیژن}) - 0/02 (\text{درصد ازن}) - 0/02 (\text{درصد خاکستر})$$

۷۷/۳ تحت اعمال خلأ (روش BET^۵) و با کمک منحنی-های هم‌دما انجام شد. این عمل توسط دستگاه ASAP 2000 ساخت کمپانی Micromeritics انجام شد. میانگین حجم منافذ کمتر از ۱۲۲ نانومتر و نیز قطر آنها توسط رایانه متصل به دستگاه اندازه‌گیری و محاسبه شد.

به مقدار ید جذب شده (بر حسب میلی‌گرم) توسط یک گرم کربن فعال طبق شرایط آزمون ارائه شده در استاندارد ASTM D 4607، عدد یدی^۶ می‌گویند. عدد یدی یک شاخص نسبی تخلخل برای کربن فعال می‌باشد و لزوماً معیاری برای قابلیت جذب اجزاء توسط کربن فعال نمی‌باشد. با کمک این آزمایش، مقدار فعالیت نسبی بر مبنای ید جذب از محیط، به دست می‌آید. مقدار ید جذب شده (بر حسب میلی‌گرم بر گرم) بر اساس هر گرم کربن، عدد یدی نام دارد. این آزمایش بر مبنای یک ایزوترم جذب سه نقطه‌ای است. عدد یدی با تغییر مواد اولیه، شرایط تولید و توزیع حجم منافذ تغییر می‌کند. در این آزمون، محلول استاندارد ید با سه وزن متفاوت با شرایط ویژه، وارد واکنش شده و بعد مخلوط‌های به دست آمده، از صافی عبور داده شدند. محلول ید باقی‌مانده در محلول صاف شده، با روش تیتراسیون با استفاده از تیوسولفات سدیم اندازه‌گیری شد. کربن فعال به دست آمده، به مدت ۲ تا ۳ ساعت در آون در دمای ۱۵۰°C خشک شده و بعد از تعیین مقدار کربن، ۱۰ ml محلول ۵٪ وزنی اسید کلریدریک به کمک پیست به ظرف حاوی کربن افزوده شد. مخلوط به مدت ۳۰ ثانیه در حرارت ملایم قرار گرفته و بعد مقدار ۱۰۰ ml محلول ید ۰/۱ نرمال با پیست به مخلوط فوق افزوده شده و درب ظرف را بسته و محتویات داخل آن به شدت تکان داده می‌شود. پس از پایان این مدت، مخلوط بدون تأخیر از میان کاغذ صافی عبور داده می‌شود و بعد ۵۰ ml از محلول صاف شده

اندازه‌گیری ارزش حرارتی خالص^۱: ارزش حرارتی خالص مستقیم (طبق رابطه ۴) و یا تخمینی (طبق رابطه ۵)، با استفاده از ارزش حرارتی ناخالص محاسبه شد (Boundy *et al.*, 2011).

$$\text{رابطه (۴)} \quad LHV = HHV (1-M) - 2/44 M$$

$$\text{رابطه (۵)} \quad LHV_E = HHV_E (1-M) - 2/44 M$$

برای ساخت کربن فعال از پیت، ابتدا به جرم معینی از ماده خام مورد آزمون، محلول غلیظ و جوشانی از کلرید روی (شرکت Aldrich با خلوص ۹۸٪) افزوده گردید. جرم کلرید روی موجود در این نمونه به گونه‌ای انتخاب شد که نسبت جرمی معینی (نسبت وزنی عامل فعال‌ساز به ماده خام ۱۰۰٪) در نظر گرفته شد) را با ماده خام داشته باشد. مخلوط فوق ضمن بهم خوردن به ملایمت حرارت داده شد تا به صورت ظاهری خشک شود، سپس این مخلوط در آون در دمای ۱۰۰°C ± ۱۴۰ برای مدت ۶ ساعت به طور کامل خشک شده و بعد به منظور انجام فعال‌سازی، در یک راکتور^۲ از جنس کوارتز با حجم ۲۰۰ ml قرار داده شد. این راکتور در یک کوره استوانه‌ای شکل تا دمای ۳۰۰°C داغ شده و برای مدت زمان ۲ ساعت در این دما نگهداری شد؛ سپس دما تا ۵۰۰°C افزایش یافته و نمونه‌ها در نهایت تا رسیدن به دمای محیط به ملایمت سرد شدند. در تمام عملیات فوق، گاز نیتروژن خالص با جریان حجمی ۲۰۰ ml/min در راکتور برای برقراری اتمسفر بی‌اثر جریان داشت. کربن‌های فعال حاصل در آون در دمای ۱۰۵°C ± ۳ به طور کامل خشک و در نهایت تا دمای اتاق سرد شدند.

تعیین میانگین سطح آزاد^۳، حجم^۴ و قطر منافذ کربن فعال به دست آمده با آزمون جذب نیتروژن در دمای °K

1- Low Heating Value (LHV)

2- Reactor

3- Surface Area

4- Pore Volume

5- Brunauer-Emmett-Teller (BET)

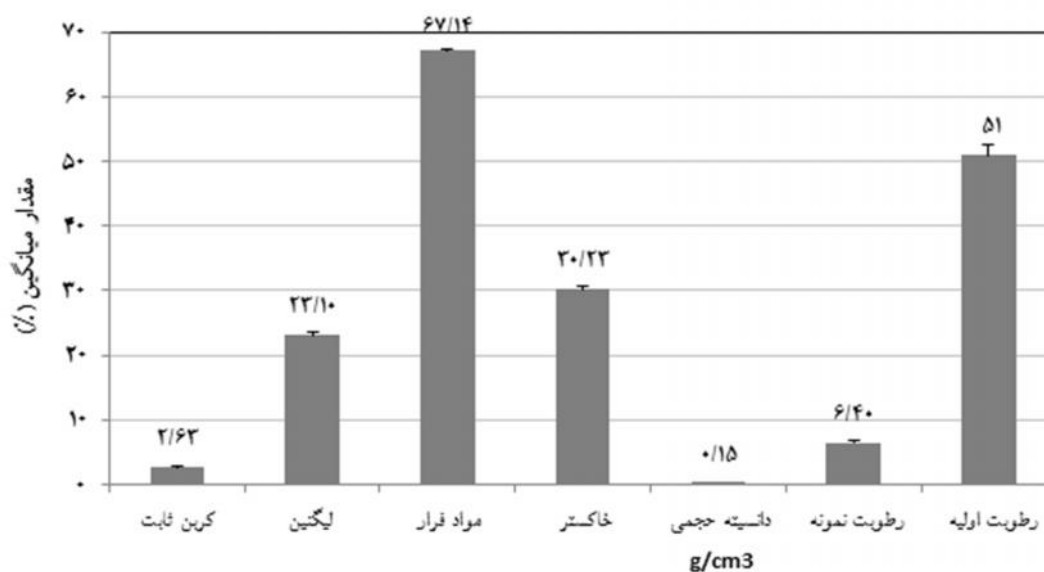
6- Iodine Number

به لزوم قرار داشتن داده‌های مورد اندازه‌گیری هر آزمون در محدوده قابل قبول تکرارپذیری، از نرم‌افزار SPSS برای محاسبه میانگین، انحراف از معیار و نرمال‌سازی داده‌ها استفاده شد.

نتایج

نتایج مربوط به اندازه‌گیری رطوبت اولیه، دانسیته حجمی، خاکستر، مواد فرار و لیگنین پیت با ۵ تکرار اندازه‌گیری شد (شکل ۲). مقدار کربن ثابت طبق رابطه ۲ و با استفاده از مقدار رطوبت، خاکستر و مواد فرار محاسبه شد. مقادیر میانگین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده، در بالای هر ستون آورده شده است.

با محلول استاندارد تیوسولفات سدیم ۰/۱ نرمال تا پیدایش رنگ زرد تیتیر می‌شود؛ سپس چند قطره محلول معرف نشاسته به مخلوط افزوده شده و تیتراسیون تا بی‌رنگ شدن محلول ادامه می‌یابد و حجم تیوسولفات سدیم مصرفی برای هر نمونه یادداشت می‌شود. البته ظرفیت کربن برای جذب هر ماده جذب‌شونده به غلظت آن ماده بستگی دارد. البته غلظت محلول استاندارد ید و صاف شده باید مشخص و معلوم باشد. برای این کار باید اوزان متناسبی از کربن را به گونه‌ای انتخاب کنیم که ایجاد غلظت نهایی متناسب با تعریف عدد یدی باشد. وزن نمونه کربن مورد استفاده در اندازه‌گیری‌ها، تحت تأثیر فعالیت کربن است. اگر نرمالیت مایع صاف شده در محدوده ۰/۰۴ تا ۰/۰۸ نرمال نباشد، آزمایش را با مقادیر متفاوت کربن باید تکرار کرد. با توجه

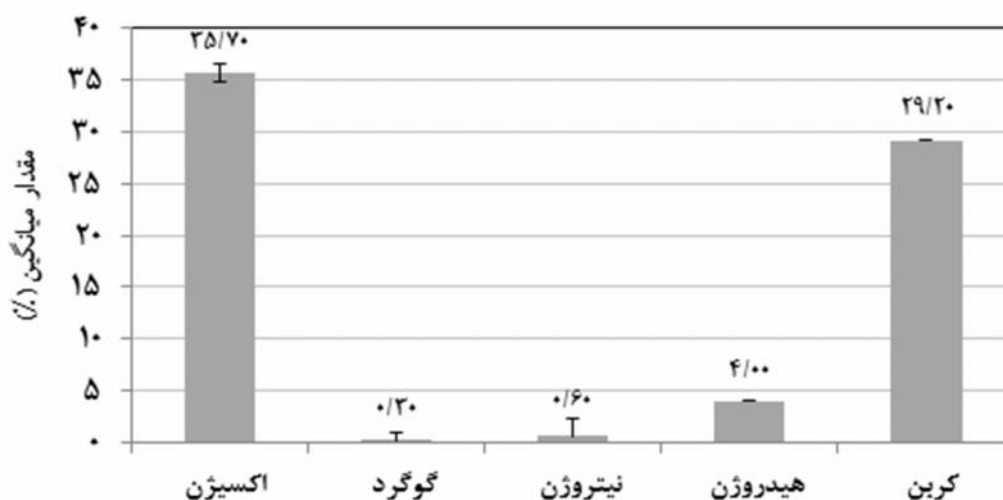


شکل ۲- میانگین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده پیت باگاس

استفاده از تفاضل مجموع درصد چهار عنصر اندازه‌گیری شده و خاکستر از عدد صد محاسبه شد. میانگین سطح آزاد (روش BET)، حجم و قطر منافذ به وجود آمده و همچنین عدد یدی کربن فعال تهیه شده از پیت باگاس در جدول ۱ قابل مشاهده است.

نقطه ذوب پیت در دو مرحله دمای شبه کروی شدن و دمای جاری شدن ثبت و میانگین ۳ تکرار آن به ترتیب 87°C و 105°C به دست آمد.

نتایج مربوط به اندازه‌گیری مقدار میانگین عناصر پنج‌گانه، در شکل ۳ قابل مشاهده است. مقدار اکسیژن با



شکل ۳- میانگین درصد عناصر اندازه گیری شده پیت باگاس

جدول ۱- سطح آزاد، حجم و قطر منافذ کربن فعال تولید شده از پیت باگاس

نوع نمونه	سطح آزاد (BET) (m ² /g)	حجم منافذ ^۱ (cm ³ /g)	قطر منافذ (nm)	عدد یدی (mg/g)
پیت باگاس	۴۷۸/۱	۰/۶۸	۷/۴۵	۵۰۴
	(۰/۲۲)	(۰/۰۲۱)	(۰/۲۰)	(۳۳/۸) ^۲

۱- منافذ با قطر کمتر از ۱۲۲ نانومتر ۲- اعداد داخل پرانتز معرف انحراف از معیار هستند.

بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی زیست‌توده نقش مهمی در سوختن آن دارد. رطوبت و خاکستر به عنوان دو جزء مهم زیست‌توده مواد لیگنوسلولزی در فرایندهای تولید انرژی حرارتی و یا تولید سوخت‌های زیستی^۱ از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. رطوبت در زیست‌توده در داخل سلول‌های مرده و بین دیواره سلولی قرار دارد. میانگین میزان رطوبت اولیه پیت باگاس ۵۱ درصد تعیین شد. افزایش رطوبت زیست‌توده، موجب کاهش ارزش حرارتی آن می‌شود و تعدیل آن از طریق افزایش سطح تماس نمونه‌ها با هوا و نیز استفاده از سیستم عدل‌بندی^۲ می‌تواند محقق شود. افزایش مقدار رطوبت در زیست‌توده، منجر به افزایش تفاوت بین

ارزش حرارتی خالص و ناخالص آن می‌شود (Boundy *et al.*, 2011). مقدار رطوبت زیست‌توده به دلیل تأثیر بر ارزش حرارتی آن، به عنوان عامل محدودکننده است. حداکثر مقدار رطوبت قابل قبول زیست‌توده ۶۵ درصد بوده و مقدار بیشتر از آن به دلیل افزایش انرژی لازم برای تبخیر آب و در نتیجه تولید بخار، مضر می‌باشد (Jenkins *et al.*, 1998). پیت از ساختمان اسفنجی شکل و متخلخلی برخوردار است که این موضوع موجب کاهش قابل توجه دانسیته حجمی آن در یک اندازه مشخص ذرات (مش) می‌شود. از آنجایی که در سیستم‌های تولید انرژی حرارتی یا تلفیقی (حرارت و برق) حجم راکتورها معمولاً ثابت است، از این رو استفاده از پسماندهای با دانسیته حجمی بیشتر از اولویت بیشتری برخوردار است. یکی از مشکلات استفاده از پسماندهای کشاورزی برای تولید انرژی، کم بودن دانسیته

1- Biofuel
2- Baling

سوزاندن این پسماندها زیر نقطه ذوب، ازجمله مشکلات استفاده از آنها برای تولید انرژی در دیگ بخار است. البته درصد زیاد مواد فرار در زیست توده (۷۰ تا ۸۵ درصد در برابر ۳۰ درصد برای ذغال سنگ) برای گازی سازی^۲، مطلوب تر است (Roy, 2005).

مقدار کربن ثابت در فرایندهای گازی سازی اهمیت زیادی دارد. به طوری که هرچه مقدار کربن ثابت زیست توده بیشتر باشد، مقدار قیر^۳ تولید شده کمتر و مقدار ذغال بیشتر خواهد بود. مقدار کربن ثابت باگاس به ترتیب ۱۱/۹۵ و ۶/۶۶ درصد گزارش شده است (Jenkin et al., 1998; Sugumaran & Seshadri, 2009) که از مقدار به دست آمده در این تحقیق بیشتر است.

مقدار لیگنین کلاسون برای باگاس پیت زدایی شده و پیت آن به ترتیب ۱۷/۷ و ۱۶/۱ درصد گزارش شده است (Sunjuan et al., 2001). افزایش ارزش حرارتی ناخالص مواد لیگنوسلولزی با افزایش درصد لیگنین گزارش شده و همبستگی مستقیم خوبی بین این دو ویژگی وجود دارد (Demirbas, 2010).

دمای شبه کروی شدن پیت باگاس، بیشتر از پسماند ذرت دانه ای و کاه گندم و کمتر از چوب که توسط Toscano و Corinaldesi (2010) و Franciscato و همکاران (۲۰۰۴) گزارش شده، می باشد. آنان محدوده این دما را برای زیست توده های مختلف بین ۸۰۰°C تا ۱۵۰۰°C گزارش کرده اند و نمونه مورد بررسی در این تحقیق، طبق استاندارد CEN/TS 14961 در زمره مواد دارای دمای تغییر شکل پایین (۱۰۰۰°C <) قرار می گیرد. مقدار زیاد فلزات قلیایی مثل سدیم، پتاسیم و منیزیم را علت پایین بودن نقطه ذوب زیست توده ها می دانند. نقطه ذوب پایین زیست توده منجر به چسبندگی خاکستر بادی^۴ به سطوح انتقال حرارت شده و افزایش هزینه تمیز سازی کوره و دیگ

حجمی آنها به منظور عملیات انتقال، ذخیره و سوزاندن است که لزوماً باید به این منظور فشرده شوند (Roy, 2005). افزایش دانسیته حجمی زیست توده ها از ۰/۰۴ تا ۰/۲ به ۰/۶ تا ۱/۲ گرم بر سانتیمتر مکعب با فشردن امکان پذیر است. همچنین از روش های تولید سوخت های قالبی مثل بریکت یا حبه^۱ نیز می توان استفاده کرد. مقدار دانسیته حجمی باگاس حدود ۰/۲ گرم بر سانتیمتر مکعب گزارش شده (Sugumaran & Seshadri, 2009) که از پیت باگاس در این تحقیق بیشتر است.

مقدار نسبتاً زیاد خاکستر در یک زیست توده از مطلوبیت آن برای سوزاندن کاسته و انباشت مقادیر نسبتاً زیاد خاکستر در کوره یا دیگ بخار، باعث کاهش میزان کارایی سیستم های تولید انرژی حرارتی خواهد شد (Demirbas, 2010). بر اساس طبقه بندی انجام شده (Toscano & Corinaldesi, 2010) و طبق استاندارد CEN/TS 14961 پیت باگاس از نظر میزان خاکستر، در آخرین گروه یعنی $A > 10$ قرار می گیرد که از درصد خاکستر باگاس (۲/۴۴ درصد) اعلام شده توسط Jenkin و همکاران (۱۹۹۸) خیلی بیشتر است. Roy (۲۰۰۵) در مقاله ای به نقش کلیدی خاکستر و ترکیبات آن (K, Si, Mg, Ca) به دلیل دارا بودن شاخص قلیاییت زیاد و ایجاد رسوب در دیگ بخار می پردازد. وی کاهش ظرفیت انتقال گرما و بروز خوردگی در تجهیزات را به عنوان معضلی برای زیست توده با خاکستر زیاد می داند.

مواد فرار غیر آلی که طی فرایند سوختن زیست توده آزاد می شوند، عمدتاً شامل ترکیب های فلزات قلیایی سدیم و پتاسیم هستند. عناصر فرار می توانند موجب آزاد شدن گرد و غبار و آلودگی هوا شوند. میانگین درصد مواد فرار در پیت باگاس از مقدار مواد فرار باگاس گزارش شده توسط Jenkins و همکاران (۱۹۹۸) (۸۵/۶۱ درصد) و نیز Sugumaran و Seshadri (۸۵/۰۶ درصد) کمتر می باشد. مقدار زیاد مواد فرار در پسماندهای کشاورزی و لزوم

2- Gasification

3 -Tar

4- Fly ash

1- Bricket or granule

برای کربن فعال تهیه شده از پسماند فورفورال^۱ بیشتر است. البته هرچه حجم منافذ در کربن فعال کمتر باشد، بعکس سطح آزاد آن بیشتر است. تنظیم ابعاد حفره‌ها و چگونگی توزیع آنها در فرایند تولید کربن فعال نقش عمده ای دارد، زیرا این امر موارد مصرف محصول نهایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کربن فعال با حفره‌های ریز که ابعاد کوچکتر از ۲ nm دارد برای جذب از مرحله گاز مناسب بوده، در حالی که نمونه‌ای با تجمع زیاد از حفره‌های متوسط که محدوده ابعاد بین ۲ تا ۵۰ nm باشد، برای جذب از مرحله مایع مناسب‌تر است (Abedinzadegan Abdi *et al.*, 2002). بنابراین، کربن فعال تهیه شده در این تحقیق برای جذب مایعات مناسب‌تر است. البته هرچه عدد یدی کربن فعال بیشتر باشد، میزان فعالیت یا قابلیت جذب کربن فعال بیشتر است. این ویژگی شاخصی برای منافذ میکرو (بین صفر تا ۲ نانومتر) می‌باشد و دامنه معمول آن بین ۵۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌گرم بر گرم است. به‌هرحال میانگین عدد یدی بدست‌آمده برای کربن فعال تهیه شده، در محدوده گزارش Krishnan و Anirudhan (۲۰۰۳) و کمتر از نتایج Abedinzadegan و همکاران (۲۰۰۲) و Yang & Li (۲۰۱۰) است. البته استفاده از دمای نسبتاً کم فعال‌سازی (۵۰۰ درجه سانتی‌گراد)، می‌تواند از جمله دلایل احتمالی این موضوع باشد.

نتیجه‌گیری

- رطوبت اولیه نسبتاً زیاد (۵۱ درصد) پیت باگاس، استفاده از روش‌هایی مثل عدل‌بندی برای افزایش سطح تماس ماده با هوا و تعدیل رطوبت آن به‌منظور بهبود کارایی سیستم‌های تولید انرژی را توصیه می‌کند.
- درصد خاکستر زیاد و اندازه ذرات نسبتاً کم پیت باگاس به‌ترتیب به‌عنوان دو عامل منفی و مثبت (عامل کاهش‌دهنده بهره‌وری تولید انرژی و نیز مصرف سوخت) در دیگ بخار مطرح هستند.

بخار را باعث خواهد شد (Llorente Fernandez & Garcia Garrasco, 2005).

برای تولید انرژی از زیست‌توده، مقدار زیادتر کربن و هیدروژن ارجح‌تر و بعکس مقدار کمتر گوگرد و نیتروژن مناسب‌تر است. درصد گوگرد پیت باگاس در مقایسه با سایر زیست‌توده‌های گزارش شده توسط سایر محققان (Jenkin *et al.*, 1998; Werklin *et al.*, 2005) گوگرد پسماند از نظر تولید آلاینده‌های گوگرددار مثل گاز SO₂ از محل گازهای خروجی دیگ بخار یا کوره اهمیت دارد. امروزه استفاده از فیلترهای مختلف، از جمله فیلترهای حاوی کربن فعال، می‌توانند درصد قابل توجهی از آلاینده‌های خروجی را کاهش دهند (Cai, 1992). از آنجایی که در عمل، رطوبت جزء غیرقابل حذف زیست‌توده است، اما تعیین ارزش حرارتی ناخالص (HHV) برای زیست‌توده اهمیت بیشتری نسبت به ارزش حرارتی خالص (LHV) دارد. میانگین ارزش حرارتی ناخالص تخمینی (HHV_E) و ارزش حرارتی ناخالص مستقیم (اندازه‌گیری شده توسط بمب کالری‌متری) به‌ترتیب ۱۰/۷۶ MJ/kg و ۱۰/۳۰ MJ/kg تعیین شد. ارزش حرارتی ناخالص پیت باگاس کمتر از باگاس (Jenkin *et al.*, 1998) می‌باشد که طبق توصیه O'Hara و Man (2012) با توجه به نوع کوره یا دیگ بخار می‌توان از اختلاط پیت باگاس و باگاس با یک نسبت مشخص به این منظور استفاده کرد. ارزش حرارتی مستقیم و محاسباتی پیت باگاس نزدیک به هم می‌باشد و از ارزش حرارتی تعیین شده برای پسماندهای مختلف که به وسیله Jenkin و همکاران (۱۹۹۸) و نیز Franciscato و همکاران (۲۰۰۴) گزارش شده، کمتر می‌باشد.

میانگین سطح آزاد تعیین شده برای کربن فعال تهیه شده از پیت باگاس کمتر از نتایج برخی از محققان (Abdul Khalil, 2013) برای کربن فعال تهیه شده از بامبو و پوسته نارگیل است. در حالی که از نتایج Li & Yang (۲۰۰۴)

- با توجه به اینکه دامنه قطر منافذ کربن فعال تولید شده (۷/۴۵ نانومتر) در محدوده ابعاد بین ۲ تا ۵۰ نانومتر می‌باشد، برای جذب از مرحله مایع مناسب‌تر است.

منابع مورد استفاده

- Abedinzadegan Abdi, M., Mahdyarfar, M., Rashidi, A.M., and Ahmadpour, A., 2002. Preparation of activated carbon by chemical activation from walnut shell, *Engineering university journal*, 1: 21-28.
- Abdul Khalil, H. P. S., Jawaid, M., Firoozian, P., Rashid, U., Islam, A., and Md. Akil, H., 2013. Activated Carbon from Various Agricultural Wastes by Chemical Activation with KOH: Preparation and Characterization, *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, 7: 1-7.
- Ahmad Khan, N., 2004. Elimination of Heavy Metals from Wastewater Using Agricultural Wastes as Adsorbents. Review paper for *Malaysian Journal of Science*, 23(2): 43 - 51.
- Bauen, A., Woods, J., Hailes, R., 2004. Bioelectricity vision: Achieving 15% of electricity from biomass in OECD countries by 2020, WWF, Brussels, Belgium, 28p.
- Bioenergy Association of New Zealand, 2010. Wood Fuel Classification Guidelines, Version 5, New Zealand, 31p.
- Boundy, B., Diegel, S. W., Wright, L., Davis, S. C., 2011. Biomass Energy Data Book, Office of the biomass program energy efficiency and renewable energy U.S. department of energy, Roltek, Inc., USA, 254 p., <http://cta.ornl.gov/bedb>.
- Cai, G. Y., 1992. Activated Carbon Prodn. By Making Use of Residue of Furfural and the Recovery of Sulfur Dioxide in Flue Gas China, CNI066255 (A), 3: 11-18.
- Demirbas, A., 2010. Biorefineries for biomass upgrading facility, Springer-verlag, Germany, 244 p.
- Dorani, A., 2011. Nano porous activated carbon from waste bark of walnuts, *Agricultural new technology report news*, 5: 24-29.
- Faaij, A., Schlamadinger, B., Solantausta Y. and Wagener M., 2002. Large Scale International Bio-Energy Trade. In: *Proceeding of 12th European Conf. and Technology Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Change Protection*, 17-21 June, Amsterdam.
- Force technology, 2010. Test your solid biofuel for ash melting behavior, A report, Denmark , <http://www.forcetechnology.com>.

- درصد مواد فرار کم در پیت نسبت به باگاس، از نظر مشکل استفاده از دماهای پایین‌تر برای سوزاندن زیست‌توده‌های با درصد مواد فرار زیاد، به‌عنوان یک مزیت و از نظر کاهش تولید انرژی حرارتی در فرایند گازی‌سازی به‌عنوان یک نقص مطرح است.

- نقطه ذوب کم در زیست‌توده، منجر به تولید خاکستر بادی^۱ در سیستم‌های تولید انرژی حرارتی و کاهش ظرفیت این سیستم‌ها می‌شود که می‌توان با افزودن اکسیدهای فلزی نقطه ذوب را افزایش داد.

- دانسیته حجمی بیشتر زیست‌توده، حکایت از کاهش هزینه‌های نگهداری، جابجایی، فشرده‌سازی و بهره‌وری تولید انرژی دارد. از این نظر، پیت باگاس با دانسیته حجمی کمتر از باگاس، از اولویت کمتری برخوردار است.

- درصد نسبتاً زیاد خاکستر پیت منجر به کاهش درصد کربن و در نتیجه کاهش ارزش حرارتی آن می‌شود. البته مقدار بیشتر گوگرد در پیت باگاس نسبت به باگاس به‌عنوان یک نقص محسوب می‌شود.

- مقدار نسبتاً کم کربن ثابت در پیت باگاس می‌تواند باعث کاهش بازده تولید کربن فعال شود.

- ارزش حرارتی مستقیم و محاسباتی پیت باگاس نزدیک به هم تعیین شد. پایین بودن این ویژگی باعث کاهش عملکرد دیگ بخار و بهره‌وری تولید انرژی می‌شود. برای بهبود این ویژگی می‌توان از اختلاط پیت و باگاس استفاده کرد.

- ویژگی‌های کربن فعال تولید شده نشان داد که احتمالاً به دلیل استفاده از دمای فعال‌سازی نسبتاً کم، عدد یدی به‌دست آمده نسبت به سایر زیست‌توده‌ها پایین‌تر است. یادآوری می‌شود که افزایش این دما موجب کاهش بازده تولید کربن خواهد شد.

- material for concrete, Third international congress of recycling and the use of renewable sources of organic agriculture, 14-15 May, 7p.
- New energies organization (SANA), 2013. Power ministrations, Latest status of installed capacities. <http://www.sun.org.ir>.
 - Roy, P. 2005. Characterization of biomass as a feedstock of alternate fuels, University of Guelph, Ontario, Canada.
 - Rosendahl, 2013. Biomass combustion science, technology and engineering, Woodhead Publishing Series in Energy: Number 40, 315 p.
 - Sanaei Moghadam, Aghel, H., Aghkhani, M.H., and Khodaparast, M.H., 2012. Investigation on different factors for biogas production improvement in biogas sites. In: Proceeding of sixth national and the first international waste management, 12 p.
- Sugumaran, P. and Seshadri, S., 2009. Evaluation of selected biomass for charcoal production, Journal of scientific & Industrial Research, 68(8): 719-723.
- Sunjuan, R., Anzaldo, J., Vargas, J., and Patt, R., 2001. Morphological and chemical composition of pith and fibers from Mexican sugarcane bagasse, Springer-Verlag, Holz als Roh. Und Werkstoff, 59: 447-450.
 - Toscano, G., Corinaldesi, F., 2010. Ash fusibility characteristics of some biomass feedstocks and examination of the effects of inorganic additives, J. of Ag. Eng. - Riv. di Ing. Agr., 2: 13-19.
 - Tseng, L.Y., Wu, S.C., Lin, H.C., 2007. Mutagenic Evaluation and Physical Absorption Properties of Corn Cob, Bagasse Pith and Mushroom Stalk Activated Carbon, J.Agric.For. (NCYU), 2: 17-24.
 - Werklin, J., Skrifvars, B.J., Hupa M., 2005. Ash-forming elements in four Scandinavian wood species, Part, Summer harvest, Biomass and Bioenergy, 29: 451-456.
 - (Francescato, V., Antonini, E., and Bergomi, L.Z., 2008. Wood fuels handbook, Italian agroforestry energy association, 83 p.
 - Goodarzi, M., Jafarzadeh, N, A., Haghhighifard, A., takdastan, A., and hamidavi, M., 2012. Classification and organization of Dabal Khazaei company residue from production. In: Proceeding of sixth national and the first international waste management, 9 p.
 - Jenkins, B.M., Baxter, L.L., Miles, Jr., T.R., C, Miles, T.R., 1998. Combustion properties of biomass, Fuel Processing Technology 54: 17-46.
 - Kole, C., Joshi, C.P., and Shonnard, D.R. 2012. Handbook of bioenergy crop plants, CRC Press, Taylor & Francis Group, 825 p.
 - Krishnan, K.N. and Anirudhan, T.S., 2003. Removal of cadmium (II) from aqueous solutions by steamactivated sulphurised carbon prepared from sugar-cane bagasse pith: Kinetics and equilibrium studies, Water SA. 29(2): 147-156.
 - Lashgarblooki, M.J. and Lotfi Neiestanak, A.A., 2012. Evaluation of different methods for destroying of municipal solid waste of Sary: Sanitary landfill and waste burning. In: Proceeding of sixth national and the first international waste management, 9 p.
 - Li, G.B., and Yang, M.P., 2004. Study on the Production of Granular Activated Carbon from Furfural residue, Coal chemical industry, 3: 36-38.
 - Lorente Fernandez M.J., and Garcia Garrasco J.E., 2005. Comparing methods for predicting the sintering of biomass ash in combustion, Fuel, 84: 1893-1900.
 - Mann, A. and O'Hara, I.M., 2012. Predicting the effects of bagasse depithing operations on boiler combustion performance, Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists, Australian Society of Sugar Cane Technologists Ltd, 12p.
 - Najafi Anari, S., Zakiee, J. Ghader, A., 2008. Evaluation of bagasse ash as a supplementary

Evaluation of thermal energy and activated carbon production from bagasse pith

F. Jadidian¹, M. Talaeipoor², S. Mahdavi^{3*} and A.H. Hamassi²

¹ -M.Sc. graduated, Department of Wood and Paper Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

² -Associate Professor, Department of Wood and Paper Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

^{3*} - Corresponding author, Associate Prof., Wood and forest products division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, Email: smahdavi@rifr-ac.ir

Received: March., 2015

Accepted: July, 2016

Abstract

The purpose of this study is the evaluation of bagasse pith for thermal energy and activated carbon production. To assess the energy production, bulk density, melting point, and heating value were measured. Furthermore, moisture content, ash, volatile compounds, fixed carbon, lignin, and element contents were determined. The average ash and volatile content were measured at 30.23% and 67.14%, respectively. The bulk density of the pith powder with 80 meshe particles was determined at 0.15 g/cm³. Lignin content and melting point of pith is measured as 23.1%, and 1050 °C, respectively. Sulfur content as an important term of environmental pollution was determined as 0.3%. Gross heating value was measured directly by calorimeter bomb as 10.30 MJ/kg that is lower than bagasse and wood. The activated carbon produced from pyrolysis of bagasse pith was chemically activated with zinc chloride. The chemically activated carbons were characterized by measuring iodine of 504 mg/g, specific surface (BET) of 478 m²/g, and pore diameter of 7.45 nm. This active carbon is suitable for liquid absorption according to the pore size.

Key words: Bagasse pith, thermal energy, heating value, activated carbon.