تأثیر اتصال‌دهنده ساب میکرون سلولزی بر ویژگی‌های بریکت‌های ساخته‌شده از باگاس و ساقه کلزا

سودا محمدزاده[۱*]
محمدآزادفلاح[۲]
علی ابیض[۳]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد صنایع چوب و فرآورده‌های سلولزی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۲] دانشیار، گروه علوم و مهندسی صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۳] دکتری علوم و صنایع چوب و کاغذ، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری خوزستان، خوزستان، ایران

مسئول مکاتبات:
Sevdaa.mohammadzadeh@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۴

چکیده

در این تحقیق ساخت بریکت‌های سوختی با استفاده دو نوع زیست‌توده کلزا و باگاس با ساب میکرون سلولزی به‌عنوان اتصال‌دهنده لیفی طبیعی با مقادیر ۶، ۹ و ۱۲ درصد موردبررسی قرار گرفت. بریکت‌های سوختی تحت شرایط ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد فشار ۱۰۰ مگا پاسکال تهیه شدند. به‌منظور ارزیابی عملکرد بریکت‌ها، دانسیته، مقاومت فشاری، مقاومت به خرد شدن و ارزش حرارتی نمونه‌ها اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که مقاومت فشاری در بریکت‌های باگاس آسیاب شده با اتصال‌دهنده سلولزی بیشتر از بریکت‌های باگاس خردشده با اتصال‌دهنده سلولزی می‌باشد. همچنین مقاومت فشاری بریکت‌های ساخته‌شده از زیست‌توده کلزا نشان داد که نمونه‌های ساخته‌شده با خرده کلزا در اغلب موارد، مقاومت فشاری بیشتری داشتند و با افزایش درصد اتصال‌دهنده، مقاومت فشاری نیز افزایش یافته است. مقاومت به خرد شدن نمونه‌های تهیه شده از حدود۵۰ درصد در نمونه شاهد به حدود ۹۹ درصد در نمونه‌های تهیه شده با با ۱۲ درصد اتصال‌دهنده افزایش پیدا کرد. همچنین نتایج مشابه در مورد بریکت‌های کلزا نیز حاصل شد.

واژگان کلیدی: بریکت سوختی، باگاس، کلزا، اتصال‌دهنده سلولزی، ساب میکرون.

مقدمه

میزان تقاضای انرژی در کشورهای در حال توسعه به دلیل عوامل مختلفی از جمله جمعیت و رشد تولید ناخالص جهانی به طور مداوم در حال افزایش است. آژانس بین المللی انرژی (IEA) تخمین می‌زند که افزایش مصرف جهانی انرژی بین سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۳۵ به حدود ۳۴ درصد خواهد رسید. انرژی غیر قابل تجدید متعارف (گاز، نفت، زغال سنگ) منبع اصلی انرژی در جهان است. نفت با ۳۴ درصد، درصد زغال سنگ۲۷، گاز طبیعی۲۴ درصد، آبی ۷ درصد، هسته‌ای با ۴ درصد و انرژی‌های تجدید پذیر (خورشیدی، بادی، زمین‌گرمایی، زیست‌توده و غیره) با ۴ درصد منابع تأمین انرژی مصرفی جهان را تشکیل می‌دهند [۱]. سوخت‌های فسیلی دارای منابع محدودی بوده و استخراج آن اثرات زیست‌محیطی مخربی بر گرمایش کره زمین و انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد. یکی از بهترین راهکارها استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر می‌باشد. زیست‌توده برای تولید انرژی به‌عنوان انرژی پاک، پایان‌ناپذیر و ارزان‌تر می‌تواند جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی باشد. در مقیاس جهانی، انرژی زیست‌توده همچنان یک جزء مهم انرژی تجدید پذیر است و بخش مهمی از ترکیب انرژی ملی برای کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه به‌منظور دستیابی به انرژی پایدار برای کاربردهای گرمایشی، کاهش اثرات زیست‌محیطی، ایجاد اقتصاد زیستی، کاهش وابستگی

بیش‌ازحد به سوخت‌های فسیلی، بهبود کیفیت زندگی روستایی و شهری و برای تولید سوخت‌های زیستی مختلف می‌باشد [۲]. دانسیته کم، حجم زیاد و مقاومت کم از مهم‌ترین مشکلات و چالش‌های استفاده از زیست‌توده است. متراکم سازی به روش بریکت‌سازی می‌تواند راهکار مناسبی به‌منظور استفاده کارآمد از زیست‌توده برای تولید انرژی باشد. سوخت‌های زیست‌توده عمدتاً از ضایعات کشاورزی مانند کاه، پوسته بادام‌زمینی، پوسته برنج، باگاس و غیره، پسماندهای جنگلی (برگ‌های افتاده، شاخه‌ها) و خاکاره تولید می‌شوند [۳]. دانسیته ظاهری زیست‌توده فرآوری نشده و شکل و اندازه ذرات معمولاً کوچک و نامنظم آن در ذخیره‌سازی، حمل‌ونقل و جابجایی مشکل ایجاد می‌کند. این مشکلات معمولاً با متراکم سازی توسط فرآیندهای فشرده‌سازی در فشار و دمای زیاد برطرف می‌شود. به‌این‌ترتیب یک فرآورده مناسب با اندازه و شکل همگن، دانسیته بهبودیافته، کالری زیاد و انتشار کمتر ذرات و گازهای گلخانه‌ای تولید می‌شود [۴]. بریکت‌های سوختی در حال حاضر شکل اصلی استفاده از زیست‌توده به‌ویژه درزمینهٔ صنعتی می‌باشد. با توجه به تفاوت در مواد خام، سوخت بریکت زیست‌توده به انواع مختلفی تقسیم می‌شود که رفتارهای احتراق متفاوت و ویژگی‌های انتشار متفاوتی از خود نشان می‌دهند [۵]. در مقایسه با مواد خام زیست‌توده، سوخت‌های بریکت زیست‌توده دانسیته زیاد، ارزش حرارتی زیاد، حمل‌ونقل راحت‌تر و ۷۰ درصد بازده حرارتی بیشتری دارند [۶]. زیست‌توده لیگنوسلولزی به‌ویژه پسماندهای کشاورزی در فرآیند متراکم سازی به دلیل ماهیت و چگالی کم و قابلیت تبدیل به سوخت جامد مناسب را ندارند. یکی از محدودیت‌ها، عدم وجود مواد اتصال‌دهنده است که زیست‌توده متراکم شده با مقاومت مکانیکی ناکافی تولید می‌کند. در این موارد استفاده از چسب‌های آلیا معدنی برای بهبود کیفیت محصول نهایی موردنیاز است تا بریکت‌های سوختی با سختی و دوام کافی تولید شود. اتصال‌دهنده‌های مختلفی از جمله نشاسته، صمغ، ملاس، اتصال‌دهنده‌های لیفی خمیرکاغذ، سبوس برنج و الیاف نارگیل می‌توانند در تولید بریکت‌ها مورداستفاده قرار گیرند. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر اتصال‌دهنده لیفی سلولزی (ساب میکرون سلولزی) در تولید بریکت‌های سوختی از ضایعات کشاورزی باگاس و کلزا در درصدهای مختلف بر ویژگی‌های مقاومتی و حرارتی محصول نهایی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد

ساقه کلزا (*Brassica napus L , Var* oleifera) به‌عنوان یکی از مواد اولیه اصلی از مزرعه دانشگاه تهران تهیه شد و باگاس از شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان تهیه شد. باگاس و ساقه‌های کلزا بعد از تهیه در هوای آزاد تا رسیدن به رطوبت تعادل ۸ تا ۱۰ درصد نگهداری شدند. سپس نمونه‌ها از ناخالصی‌ها پاک‌سازی و تمیز شدند و در اندازه‌های سه تا چهار سانتی‌متر خرد شدند و مقداری از نمونه‌ها نیز با آسیاب چکشی Bauknecht (ساخت آلمان) آسیاب شدند. در پایان، نمونه‌ها به دو صورت خرده با اندازه ۳ میلی‌متر تا ۱ سانتی‌متر و نرمه با۴۰۰ میکرومتر (مش۴۰) آماده‌سازی شدند.

تهیه و آماده‌سازی اتصال‌دهنده

اتصال‌دهنده ساب میکرون سلولزی موردنیاز از شرکت نانو نوین پلیمر تهیه شد. این اتصال‌دهنده به‌صورت سوسپانسیون در محفظه‌های سربسته در محیط سرد نگهداری شد. مهم‌ترین مشخصات اتصال‌دهنده در جدول ۱ ارائه‌شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اتصال‌دهنده ساب میکرون سلولز

اتصال‌دهنده	ویژگی فیزیکی	ویژگی شیمیایی	اندازه ذرات
ساب میکرون سلولز	ساختار کریستالی آمورف، خواص مقاومتی و انعطاف‌پذیری زیاد، ضریب لاغری زیاد، سطح ویژه زیاد، حالت ژلی چسبناک	تراکم بسیار زیاد گروه‌های OH	200 nm< x< 1 µm

ساخت بریکت‌های سوختی

بریکت‌های سوختی در دو مرحله به شرح زیر ساخته شدند.

آماده‌سازی بیوکامپوزیت بریکت‌های سوختی

برای تهیه بیوکامپوزیت اولیه موردنیاز ساخت بریکت، اختلاط مواد اولیه از کلزا و باگاس با دو کلاسه ابعادی نرمه و خرده در سطوح مصرف مختلف ۶، ۹ و ۱۲ درصد از اتصال‌دهنده‌های ساب میکرون سلولزی انجام شد. بعد از اختلاط کامل مواد باهم نمونه‌ها برای رسیدن به رطوبت تعادل مطلوب ۱۰ درصد برای مدت‌زمان یک هفته در اتاق کلیما تحت شرایط رطوبت نسبی ۶۰ درصد و دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس نمونه‌های آماده‌شده برای جلوگیری از نوسان رطوبتی در کیسه‌های پلاستیکی زیپ کیپ ریخته و کدگذاری شدند.

قالب‌گیری و متراکم سازی

برای ساخت بریکت از ماشین پرس بریکت ساز آزمایشگاهی مجهز به قالب مخصوص و سیستم تنظیم فشار و حرارت (واقع در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان) استفاده شد. دستگاه بریکت ساز قابلیت ایجاد فشار در حدود ۴۰ بار را دارا می‌باشد. برای تنظیم و اعمال فشار از دو عدد سنسور فشارشکن جهت کنترل فشار روغن هیدرولیک و فشار پیستون استفاده‌شده است و دستگاه بریکت ساز قادر به ایجاد حرارت از طریق سانسورهای حرارتی می‌باشد که در قسمت سیلندر دستگاه قرار دارد. برای این منظور در حدود ۵۰ گرم از نمونه در داخل مخزن سیلندری دستگاه ریخته شد و ضمن حرارت دهی در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد با حرکت پیستون و اعمال فشار MPa ۱۰۰ عمل فشرده‌سازی مواد انجام شد. در پایان، بریکت‌های تشکیل‌شده از قسمت پایین دستگاه خارج شدند.

اندازه‌گیری و تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی بریکت‌های تولیدشده

اندازه‌گیری دانسیته حجمی

تعیین دانسیته حجمی[1] نمونه‌ها بر اساس استاندارد ASTM D2395-17 و طبق رابطه زیر انجام شد.

$$\text{دانسیته} = \frac{\text{جرم بریکت}}{\text{حجم بریکت}} \qquad (۱)$$

اندازه‌گیری مقاومت فشاری

مقاومت فشاری بریکت‌ها مطابق با استاندارد ASTM D2166-85 با استفاده از آزمونگر قابل تنظیم (Instron Norwood، MA USA) با ظرفیت سلول بارگذاری[2] ۱۰۰ کیلو نیوتن تعیین شد. سرعت حرکت دهانه متحرک دستگاه ۰,۳۰۵ میلی‌متر در دقیقه بود. نمونه بریکت مورد آزمایش به‌صورت افقی در دهانه ثابت دستگاه آزمون فشار قرار داده شد و بارگذاری با سرعت ثابت ۰,۳۰۵ میلی‌متر در دقیقه اعمال شد تا زمانی که بریکت ترک برداشته و شکسته شود. سپس مقاومت فشاری (N/mm) در نقطه شکست به کمک رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{مقاومت فشاری} = \frac{۳\times F}{[l_1+l_2+l_3]} \qquad (۲)$$

در این رابطه F، بار نقطه شکست و l_3 ،l_2 ،l_1= طول اندازه‌گیری شده در سه‌نقطه مختلف بریکت است.

تعیین مقاومت به خرد شدن

تعیین مقاومت به خرد شدن[3] بریکت‌ها مطابق با روش Saidur و همکاران [۷] و Sengar و همکاران [۸] و انجام شد. طبق این روش نمونه‌ها از ارتفاع ۱ متری به مدت ۱۰ مرتبه بر روی کف بتنی رها شدند. سپس مقاومت به خرد شدن بریکت‌ها با استفاده از روابط زیر محاسبه شد. برای این منظور وزن بریکت‌ها قبل (W_1) و بعد (W_2) از خرد شدن ثبت شد و مقاومت در برابر خرد شدن و شکست بریکت‌ها برحسب درصد گزارش شد.

$$\text{کاهش وزن (\%)} = \frac{W_1-W_2}{W_1}\times ۱۰۰ \qquad (۳)$$

[1] Bulk density
[2] Load cell
[3] Shatter resistance

(۴) (٪) کاهش وزن -۱۰۰٪ = (٪) مقاومت به خرد شدن

مطالعات میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

از تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) برای بررسی دقیق سطح مواد و نقاط شکست بین الیاف و نقش پل‌های جامد در مقاومت بریکت‌ها و مکانیسم پیوندی‌اشی بین ذرات و نقش انتقال شیشه‌ای لیگنین و اثرات فشار و دما در فرآیند متراکم سازی استفاده شد. این تصاویر به کمک دستگاه SEM مدل LEO-1455 VP با بزرگ‌نمایی ۱۰۰-۳۰۰ تهیه شدند. برای آماده‌سازی، نمونه‌های تهیه شده از محل شکست آزمون مقاومت به فشار با لایه‌ای از طلا پوشش داده شدند.

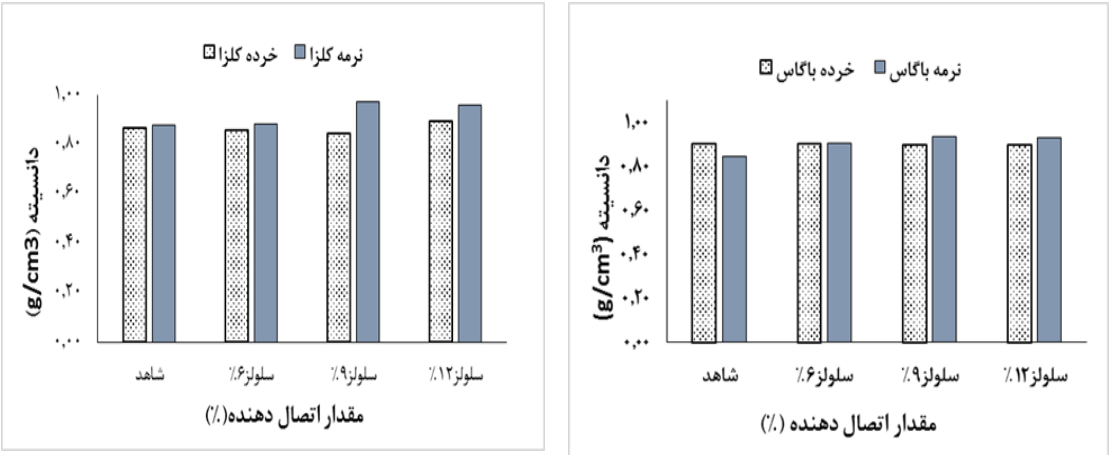
اندازه‌گیری ارزش حرارتی ناخالص

اندازه‌گیری ارزش حرارتی نمونه‌های بریکت ساخته‌شده بر طبق استاندارد ASTM E711-87 توسط دستگاه بمب کالری متری موجود در آزمایشگاه موسسه تحقیقات علوم دامی کشور انجام شد. این دستگاه شامل بمب، محفظه کالری متری، یک محفظه آب، سیستم جرقه‌زنی و حسگر دما و یک واحد شارژ اکسیژن مجهز به درجه فشار می‌باشد.

نتایج و بحث

دانسیته

یکی از عوامل مهم و مؤثر بر تراکم و دانسیته بریکت، برگشت‌ناپذیری ابعاد بریکت پس از برداشتن فشار در مرحله قالب‌گیری و متراکم سازی می‌باشد [۹]. مقدار دانسیته به‌شدت تحت تأثیر اندازه ذرات و ماده اتصال‌دهنده مورداستفاده در ساخت بریکت است. با توجه به اینکه دانسیته بریکت همگنی نمونه را در مواد بریکت توصیف می‌کند، می‌توان فرض کرد که اندازه ذرات کوچک‌تر مواد اولیه همراه با با افزایش مواد اتصال‌دهنده، به تولید نمونه بریکت‌هایی منجر می‌شود که دانسیته بیشتری دارند. شکل ۱ تأثیر اندازه ذرات مختلف باگاس و کلزا و همچنین مقدار اتصال‌دهنده را بر دانسیته بریکت-های ساخته‌شده نشان می‌دهد.



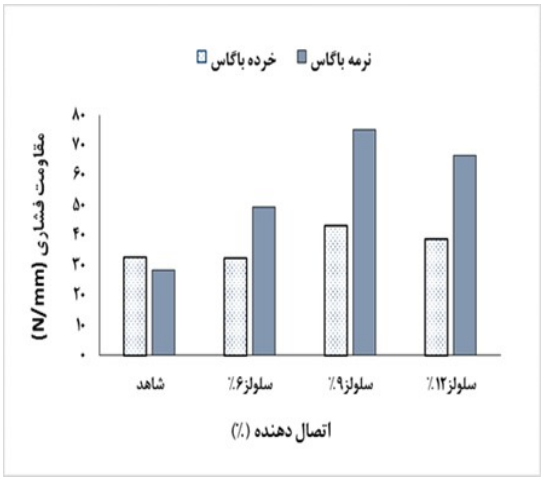
شکل ۱- دانسیته بریکت‌های ساخته‌شده از نرمه و خرده‌های باگاس و کلزا با استفاده از مقادیر متفاوت اتصال‌دهنده ساب میکرون سلولز

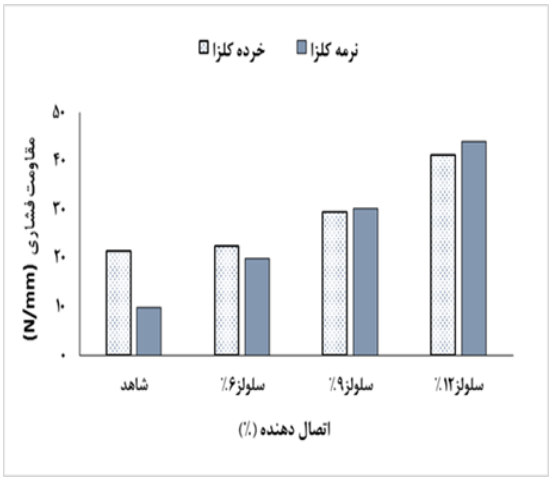
افزایش مواد اتصال‌دهنده، به تولید نمونه بریکت‌هایی منجر می‌شود که دانسیته بیشتری دارند. بریکت‌های ساخته‌شده از باگاس و ساقه کلزا در حالت نرمه با استفاده از اتصال‌دهنده لیفی سلولزی در مقایسه با بریکت‌های ساخته‌شده از باگاس و ساقه خردشده کلزا با اتصال‌دهنده مشابه در اغلب نمونه‌ها دارای دانسیته بیشتری هستند.

باگاس و کلزا آسیاب شده (نرمه) به‌واسطه سطح ویژه بیشتر نسبت به باگاس و کلزای خردشده موجب پیوند بهتر اتصال‌دهنده و ماده اولیه شده و درنهایت منجر به ساخت بریکت‌هایی با تراکم و دانسیته بیشتر شده است.

مقاومت فشاری

مقاومت فشاری درواقع حداکثر نیرویی است که بریکت‌ها تا لحظه قبل از شکست (ترک خوردن یا شکستن) تحمل می‌کنند. از مقاومت فشاری به‌منظور اندازه‌گیری تحمل مقدار نیروی وارده در طول حمل‌ونقل و ذخیره‌سازی بریکت‌ها در سیلوها یا جعبه‌ها استفاده می‌شود، در حقیقت جایی که بریکت‌ها یا گلوله‌ها روی‌هم انباشته می‌شوند. بنابراین می‌توان گفت هر چه مقاومت فشاری بریکت‌ها بیشتر باشد کیفیت آن برای نگهداری و حمل‌ونقل بهتر است [۱۰].





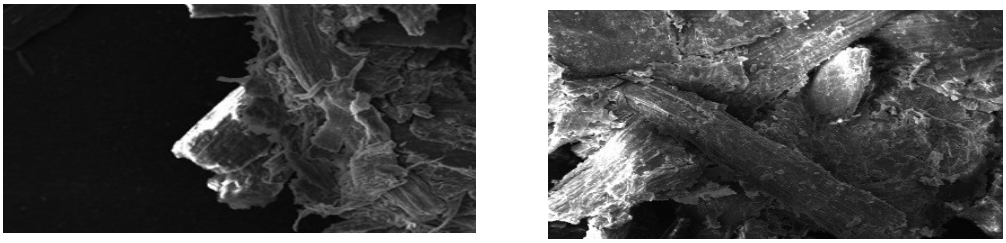
شکل ۲- مقاومت فشاری بریکت‌های ساخته‌شده از نرمه و خرده‌های باگاس و کلزا با استفاده از مقادیر متفاوت

اتصال‌دهنده‌های ساب میکرون سلولزی

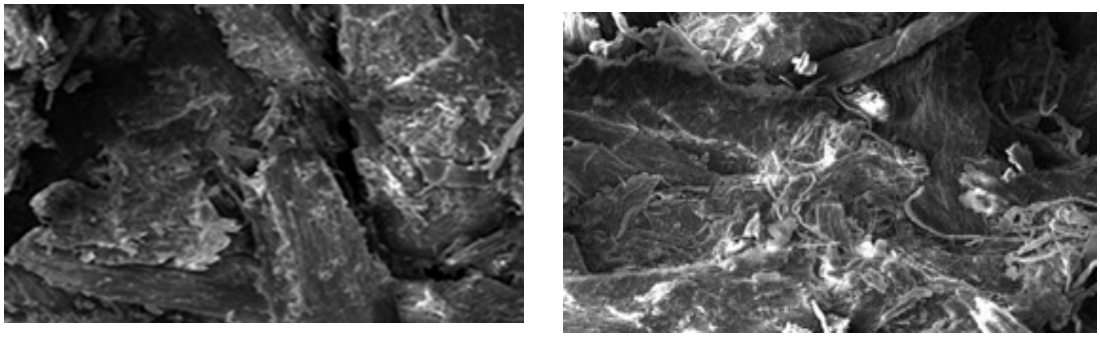
با توجه به نتایج می‌توان بیان کرد که در نمونه‌های شاهد مقاومت فشاری بریکت‌های تولیدشده با ذرات خردشده در هردو ماده اولیه باگاس و کلزا بیشتر از نمونه‌های ساخته‌شده با ذرات نرمه و آسیاب شده می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر از ذرات با اندازه خرده بدون استفاده از اتصال‌دهنده می‌توان بریکت‌هایی با مقاومت فشاری بیشتر با ساختاری به نسبت مستحکم تولید کرد. زیرا درهم‌رفتگی مکانیکی ذرات زیست‌توده و نیروی چسبندگی بین این ذرات می‌توانند از عوامل اصلی کمک‌کننده به تشکیل پیوند در حین فرآیند فشرده‌سازی باشند. برخی از پژوهشگران معتقدند که افزایش طول الیاف ماده اولیه زیست‌توده ناشی از افزایش اندازه ذرات می‌تواند منجر به درهم تنیدگی مکانیکی الیاف نسبتاً بلند و درنتیجه تشکیل پیوند قوی‌تر و افزایش مقاومت فشاری شود [۱۱]. مقادیر به‌دست‌آمده از نتایج مقاومت فشاری بریکت‌های باگاس در شکل ۲ نشان می‌دهد که با افزایش مقدار اتصال‌دهنده تا ۹ درصد مقاومت فشاری افزایش می‌یابد. در نمونه‌های بریکت کلزا نیز با افزایش مقدار اتصال‌دهنده، میزان مقاومت فشاری افزایش پیدا می‌کند.

آنالیز تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

از بررسی تصاویر SEM ارائه‌شده در شکل ۳ و ۴ می‌توان مشاهده کرد که در نمونه‌های شاهد فضای خالی بین ذرات به میزان بیشتری وجود دارد درحالی‌که این فضا در نمونه‌های ساخته‌شده با اتصال‌دهنده‌ها خیلی کمتر بوده و فشردگی ذرات با یکدیگر بیشتر است و می‌توان این وضعیت را به ضعیف بودن اتصالات در نمونه‌های شاهد نسبت داد. همچنین همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، در نمونه‌های دارای اتصال‌دهنده، ذرات با لایه‌ای از اتصال‌دهنده لیفی پوشانده شده‌اند.



شکل ۳- تصاویر SEM بریکت‌های ساخته‌شده با ذرات باگاس: الف) نمونه شاهد و ب) بریکت تقویت‌شده با اتصال‌دهنده ساب میکرون سلولزی



شکل ۴_ تصاویر SEM بریکت‌های ساخته‌شده با ذرات کلزا: الف) نمونه شاهد و ب) بریکت تقویت‌شده با اتصال‌دهنده ساب میکرون سلولزی

ارزش حرارتی

ارزش حرارتی یکی از مهم‌ترین خواص زیست‌توده است، به‌ویژه زمانی که به‌عنوان منبع انرژی در نظر گرفته شود [۱۲]. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۲)، ارزش حرارتی نمونه‌های بریکت شاهد باگاس بیشتر از کلزا می‌باشد و البته در مقایسه با چوب ارزش حرارتی این بریکت‌های ساخته‌شده از پسماندهای کشاورزی کم‌تر است. ارزش حرارتی نمونه‌های بریکت باگاس در محدوده ۱۵/۱۷-۱۳/۵۹ MJ/Kg و ارزش حرارتی نمونه‌های بریکت کلزا در محدوده ۱۲/۶۲_۱۵/۹۵ MJ/Kg تعیین‌شده است.

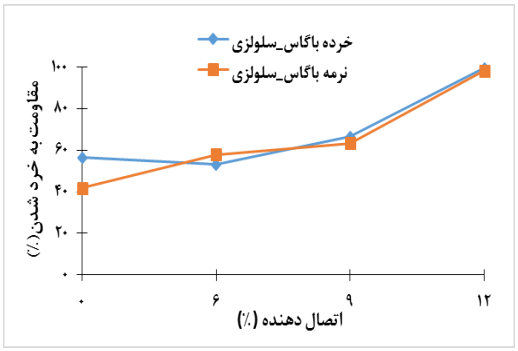
ارزش حرارتی بریکت‌های تولیدشده با استفاده از اتصال‌دهنده‌ها نسبت به ارزش حرارتی نمونه شاهد افزایش یافته است و بیشترین مقدار ارزش حرارتی مربوط به نمونه باگاس با ۹ درصد اتصال‌دهنده سلولزی با مقدار MJ/Kg ۱۷/۵۹ می‌باشد. در هر دو نوع بریکت ساخته‌شده با ماده اولیه متفاوت، ارزش حرارتی نمونه دارای ۹ درصد اتصال‌دهنده بیشتر از نمونه با ۱۲ درصد اتصال‌دهنده است. این نتایج نشان می‌دهد که این نوع اتصال‌دهنده‌ها تا حد معینی می‌توانند باعث افزایش ارزش حرارتی شوند.

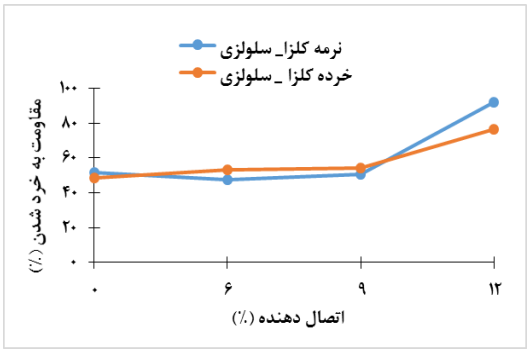
جدول ۲-ارزش حرارتی بریکت‌های سوختی باگاس و کلزای ساخته‌شده با اتصال‌دهنده ساب میکرون سلولزی

نمونه	ارزش حرارتی (MJ/kg)	نمونه	ارزش حرارتی (MJ/kg)
شاهد باگاس	۱۵/۱۳	شاهد کلزا	۱۴/۶۹
باگاس+ ۹٪ سلولزی	۱۷/۵۹	کلزا + ۹٪ سلولزی	۱۵/۹۵
باگاس + ۱۲٪ سلولزی	۱۶/۹۳	کلزا +۱۲٪ سلولزی	۱۲/۶۲
چوب	۱۹-۱۸ [۱۳]		

مقاومت به خرد شدن یا ضربه (دوام بریکت‌ها)

آزمون مقاومت در برابر خرد شدن (مقاومت در برابر سقوط یا مقاومت در برابر ضربه)، نیروهای وارده به محصولات متراکم شده در خلال تخلیه از کامیون را می‌توانند شبیه‌سازی کند. نتایج اندازه‌گیری مقاومت به ضربه یا خرد شدن برای بریکت‌های تولیدشده از زیست‌توده باگاس و کلزا در شکل ۵ گزارش‌شده است.





شکل ۵- مقاومت به خرد شدن بریکت‌های ساخته‌شده از باگاس و کلزا با استفاده از مقادیر متفاوت اتصال‌دهنده ساب میکرون سلولزی

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان استنباط کرد که افزایش مقدار اتصال‌دهنده باعث افزایش میزان مقاومت به خرد شدن می‌شود و این افزایش در مقادیر بیشتر اتصال‌دهنده قابل‌توجه است. برای هر دو نمونه بریکت تولیدشده این مقدار از ۵۰ درصد در نمونه شاهد به حدود ۹۹ در صد در مقدار اتصال‌دهنده ۱۲ درصد می‌رسد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، بریکت‌های سوختی با استفاده از زیست‌توده باگاس و کلزا به کمک الیاف ساب میکرون سلولزی به‌عنوان اتصال‌دهنده با موفقیت ساخته شدند. بریکت‌های تولیدشده از این مواد اولیه به‌صورت نرمه و آسیاب شده دانسیته بهتری داشتند که درواقع اهمیت اندازه ذرات در ساخت سوخت‌های جامد متراکم را بیشتر نمایان می‌کند. انرژی حرارتی بریکت‌های تولیدشده در حضور اتصال‌دهنده نسبت به نمونه شاهد بهبود یافت و در نمونه بریکت باگاس تهیه شده با ۹ درصد اتصال‌دهنده سلولزی با ۱۷/۵۹ MJ/kg بیشترین مقدار به دست آمد. ارزش حرارتی باگاس و کلزا در مقایسه با چوب باارزش حرارتی ۱۸ -۱۹MJ/kg قابل‌قبول بوده و ازاین‌جهت استفاده از این دو زیست‌توده به‌عنوان ضایعات کشاورزی ارزان و فراوان برای تولید بریکت‌های سوختی توصیه می‌شود. مقاومت به خرد شدن بریکت‌ها با افزایش اتصال‌دهنده تا ۹۹ درصد بهبود یافت و صرف‌نظر از شیوه ارزیابی در مقایسه با مقادیر گزارش‌شده در سایر منابع از شرایط قابل‌قبولی برخوردار هستند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از آنالیز مواد اولیه و بررسی عملکرد بریکت‌های تولیدشده می‌توان استنباط کرد که از دو زیست‌توده باگاس و کلزا به‌عنوان زیست‌توده قابل‌دسترس با اتصال‌دهنده‌های لیفی ساب میکرون سلولزی می‌توان بریکت‌های مطلوب و قابل‌قبول به‌عنوان سوخت‌های جامد تولید کرد که به‌عنوان منبع انرژی زیستی خوب و ارزان‌قیمت و دوست دار محیط‌زیست قادرند مصرف سوخت‌های آلاینده و فسیلی را به حداقل برسانند.

منابع

[1] Bot, B. V., Axaopoulos, P. J., Sakellariou, E. I., Sosso, O. T., and Tamba, J. G. 2022. Energetic and economic analysis of biomass briquettes production from agricultural residues. Applied Energy, 321, 119430.

[2] Obi, O. F., Pecenka, R., and Clifford, M. J. 2022. A review of biomass briquette binders and quality parameters. Energies, 15(7), 2426.

[3] Wan, X., Kawamura, K., Ram, K., Kang, S., Loewen, M., GAO, S. and Cong, Z. 2019. Aromatic acids as biomass-burning tracers in atmospheric aerosols and ice cores: A review. Environmental Pollution, 247, 216-228.

[4] Espuelas, S., Marcelino, S., Echeverría, A. M., Del Castillo, J. M., and Seco, A. 2020. Low energy spent coffee grounds briquetting with organic binders for biomass fuel manufacturing. Fuel, 278, 118310.

[5] Huang, H., GAO, Y., Chen, H., Wu, Y., Wang, J., Yu, C, and Zou, C. 2022. Biomass briquette fuel, boiler types and pollutant emissions of industrial biomass boiler: A review. Particuology.

[6] Saidur, R., Abdelaziz, E. A., Demirbas, A., Hossain, M. S., and Mekhilef, S. 2011. A review on biomass as a fuel for boilers. Renewable and sustainable energy reviews, 15(5), 2262-2289.

[7] Sengar, S. H., Mohod, A. G., Khandetod, Y. P., Patil, S. S., and Chendake, A. D. 2012. Performance of briquetting machine for briquette fuel. International Journal of Energy Engineering, 2(1), 28-34.

[8] Birwatkar, V. R., Khandetod, Y. P., Mohod, A. G., Dhande, K. G., Source, O. E., Dapoli, T., and Dapoli, T. 2014. Physical and thermal properties of biomass briquetted fuel. Ind. J. Sci. Res. Tech, 2(4), 55-62.

[9] Ujjinappa, S., and Sreepathi, L. K. 2018. Production and quality testing of fuel briquettes made from pongamia and tamarind shell. Sādhanā, 43, 1-7.

[10] Marreiro, H. M., Peruchi, R. S., Lopes, R. M., Andersen, S. L., Eliziário, S. A., and Rotella Junior, P. 2021. Empirical studies on biomass briquette production: A literature review. Energies, 14(24), 8320.

[11] Mitchual, S. J., Frimpong-Mensah, K., and Darkwa, N. A. 2013. Effect of species, particle size and compacting pressure on relaxed density and compressive strength of fuel briquettes. International Journal of Energy and Environmental Engineering, 4(1), 1-6.

[12] Huang, Y. F., and Lo, S. L. 2020. Predicting heating value of lignocellulosic biomass based on elemental analysis. Energy, 191, 116501.

[13] Subramanian, P. M. 2000. Plastics recycling and waste management in the US. Resources, Conservation and Recycling, 28(3-): 253-263.

The effect of submicron cellulose binder on the properties of briquettes made from bagasse and rapeseed stem

Abstract

In this research, the fabrication of fuel briquettes using two types of rapeseed and bagasse biomass with submicron cellulose as a natural fibrous binder with 6, 9, and 12% has been investigated. Then, fuel briquettes were prepared under conditions included 150 °C and 100 MPa pressure. In order to evaluate the performance of briquettes, the density, compressive strength, crushing resistance and calorific value of the prepared samples were measured. The amount of compressive strength in milled bagasse briquettes with cellulose binder was higher than that of crushed bagasse briquettes with cellulose binder. The briquettes made from rapeseed chips also showed more compressive strength in most cases and it was enhanced with the increase of binder usage. Regarding the resistance to crushing, its value increased from about 50% in the control sample to about 99% in the briquettes made with 12% binder. Similar results were obtained in the case of rapeseed briquettes.

Keywords: Briquette, Bagasse, Rapeseed, Fibrous binders, Sub-micron cellulose.

S. Mohammadzadeh[1*]
M. Azadfallah[2]
A. Abyaz[3]

[1] MSc, Wood and Paper Science and Technology Department, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Karaj, Iran

[2] Associate Professor , Wood and Paper Science and Technology Department, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Karaj, Iran

[3] Ph.D, Natural Resources and Watershed Office of Khuzestan, Khuzestan, Iran

Corresponding author:
sevdaa.mohammadzadeh@gmail.com

Received: 2023/05/16
Accepted: 2023/09/15