اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵

ساز و کار تبدیل پسماند صنایع تبدیلی (زیست توده‌ی لیگنوسلولزی) به عنوان منبع تجدیدپذیر و پایدار انرژی پاک به "هیدروژن سبز" به روش پیرولیز

سیده طاهره موسوی میرکلائی[۱] ، سید مهدی موسوی میرکلائی[۲]، سید علی موسوی میرکلائی[۳]

۱- دانش‌آموخته‌ی دکتری تخصصی فرآورده‌های لیگنوسلولزی- دانشگاه تربیت مدرس
۲- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد تبدیل انرژی، سرمهندس کشتی نفتکش- شرکت ملی نفتکش جمهوری اسلامی ایران
۳- دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد جنگلداری- اداره‌ی منابع طبیعی و آبخیزداری نوشهر
ایمیل نویسنده مسئول: St.musavi@modares.ac.ir

شماره مقاله EFAB015831115

چکیده

برای جامعه‌ی امروزی، انرژی پاک و تجدیدپذیر با بهبود مدیریت پسماند و سایر منابع، فرصت‌هایی را برای توسعه اجتماعی و اقتصادی فراهم می‌کند. سهم انرژی پاک و تجدیدپذیر از نظر حفظ سلامت اجتماعی، اقتصادی و هم‌چنین زیست‌محیطی و تضمین امنیت انرژی قابل توجه است. به دلیل شرایط اضطراری زیست‌محیطی ایجاد شده در اثر فعالیت‌های روزافزون صنایع وابسته به سوخت‌های فسیلی و مواد پتروشیمی، صنایع و کارخانه‌های مختلف بر آن شدند تا به دنبال گزینه‌ی جایگزین برای سوخت‌های فسیلی و مواد پتروشیمی باشند. در سال‌های آینده، حمل و نقل مبتنی بر هیدروژن می‌تواند سبب تغییرات اساسی هم در سطح فعالیت‌های حمل و نقل (هم مسافر و هم بار) و هم در خود وسایل نقلیه حمل و نقل رخ دهد. ساز و کار تبدیل پسماند صنایع تبدیلی (زیست توده‌ی لیگنوسلولزی) به عنوان منبع تجدیدپذیر و پایدار انرژی پاک به "هیدروژن سبز" به روش پیرولیز از موضوع‌هایی است که برای دستیابی به انرژی پاک بدون ردپای کربن مانند هیدروژن قابل بررسی و مطالعه است. چالش اصلی فناوری‌های روش پیرولیز تبدیل زیست‌توده به انرژی، اقتصادی است که به طور مستقیم با کاتالیزور گران‌قیمت، هزینه جداسازی، بازده کمتر و افزایش مقیاس مرتبط است. ترکیب، پایداری و بازسازی کاتالیزور مورد استفاده در این فرآیند از عوامل کلیدی مؤثر بر بازده و هزینه محصول هستند که نیاز به بررسی بیشتر و گسترده دارد. هم‌چنین، آزمایش برخی از مواد ارزان مانند خاکستر زیست‌توده و زغال‌سنگ می‌تواند هزینه کاتالیزور را همان‌طور که در فرآیند گازسازی آزمایش شده است، کاهش دهد و چالش فنی مهم در این‌جا، راه‌حل‌های ذخیره‌سازی هیدورژن تولید شده است.

کلیدواژه‌ها: هیدروژن، پیرولیز، روغن زیستی، انرژی تجدیدپذیر، ذخیره‌سازی، انرژی پاک.

مقدمه

مقدمه

انرژی نقش حیاتی در توسعه پایدار کشورها ایفا می‌کند. تمام فعالیت‌های اجتماعی، فیزیکی و اقتصادی زندگی بشر توسط انرژی تامین می‌شوند. کشف سوخت‌های فسیلی مانند زغال سنگ، نفت و گاز و اختراع موتور بخار، انقلابی در صنعت و فناوری ایجاد کرد. با صنعتی شدن سریع، انتشار دی‌اکسیدکربن به دلیل استفاده بیش از حد از سوخت‌های فسیلی به ۱.۸۳ تریلیون تن رسید که زیست‌بوم (اکوسیستم) جهان را مختل می‌کند. زیست‌توده به دلیل دسترسی فراوان، خنثی بودن کربن، تجدیدپذیری در طبیعت و تضمین ثبات اکوسیستم جهان، یک جایگزین امیدوارکننده است [۱]. تامین مداوم انرژی مورد نیاز برای افزایش تقاضای جهانی، چالش قابل توجهی را برای جوامع ما ایجاد می‌کند. طبق گزارش مرجع سازمان بین المللی انرژی انتظار می‌رود نیاز انرژی جهان از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۵۰، ۵۰ درصد افزایش یابد. این نیاز انرژی، به طور عمده با بهره‌برداری از سوخت‌های فسیلی عظیم برآورده شده است [۲]. استفاده از زیست‌توده‌ی پسماند کشاورزی و مواد لیگنوسلولزی با بکارگیری فناوری پالایش زیستی به عنوان یک روش نوین و کارآمد برای دستیابی به این هدف بزرگ و دوست‌دار (سازگار با) محیط‌زیست در زمینه‌های مختلف تولید است [۳]. در واقع این هم‌گرایی علم و فناوری با الگوبرداری از طبیعت، تحت عنوان زیست‌الگو است که می‌تواند نجات‌دهنده‌ی محیط‌زیست و همه‌ی بشر با حفظ و پیشرفت دانش‌ها و فناوری‌های موجود باشد چرا که زیست‌الگو نقطه هم‌گرایی همه علوم است.

لیگنین به عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای تشکیل دهنده‌ی مواد لیگنوسلولزی برای تولید مواد اولیه زیستی، مواد شیمیایی زیستی و سوخت های زیستی می تواند با استفاده از پالایش زیستی استخراج شود و مورد استفاده قرار بگیرد. لیگنین به عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای تشکیل دهنده‌ی مواد لیگنوسلولزی برای تولید مواد اولیه زیستی، مواد شیمیایی زیستی و سوخت های زیستی می تواند با استفاده از پالایش زیستی استخراج شود و مورد استفاده قرار بگیرد [۴]. **" هیدروژن سبز"** به عنوان یک حامل انرژی پاک و کارآمد، از جمله فرآورده‌های مهمی است که از لیگنین قابل استخراج است و به عنوان یک سوخت جایگزین امیدوارکننده در دوران مدرن تبدیل شده است زیرا می‌توان آن را از منابع پاک و سبز به دست آورد و مورد استفاده قرار داد.

مواد و روش‌ها

در این نوشته، سعی شد یک بیان جامع بر اساس نوشته‌های منتشر شده در نشریه‌های معتبر ، پیرامون تولید هیدروژن از زیست‌توده- ی لیگنوسلولزی به عنوان یک منبع تجدیدپذیر و پایدار و روش‌های دستیابی، ذخیره‌سازی و استانداردهای مرتبط، به عنوان یک انرژی پایدار و پاک ارایه شود تا به اندازه‌ای، یک چشم‌انداز یکپارچه برای بکارگیری آن ایجاد شود.

تولید هیدروژن از زیست توده لیگنوسلولزی

مسیرهای ترموشیمیایی مانند پیرولیز، بخار و گازی‌سازی به طور گسترده توسط دانشمندان مورد بررسی قرار گرفتند. در میان این فرآیندها، پیرولیز یک مسیر امیدوارکننده برای تولید هیدروژن است. مقدار دی‌اکسیدکربن منتشر شده در طول فرآیند پیرولیز برابر با مقدار دی‌اکسیدکربن جذب شده توسط گیاه در طول عمر آن است. استفاده از فرآیند پیرولیز برای تولید سوخت از زیست‌توده در اواخر دهه ۷۰ میلادی دنبال شده است. نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد در بین انواع روش‌های پیرولیز، پیرولیز سریع به همراه یک کاتالیزور به صرفه‌ی فنی و اقتصادی بهترین و پربازده‌ترین روش برای تولید هیدروژن سبز است. در این‌جا بیان این نکته مهم است که یافته‌ها نشان می‌دهد؛ نوع زیست‌توده (برای مثال: پوسته برنج، کاه گندم، پوسته زیتون، پوسته آفتابگردان و چوب درت، پوسته زیتون، ضایعات چای و پوسته پیله پنبه) در بازده هیدروژن تولیدی موثر است [۵]. بریج واتر و پیکاک (۲۰۰۰) فعالیت‌هایی را در ۲۰ سال گذشته در زمینه پیرولیز سریع، با تمرکز بر ساز و کار، پارامترها و بازده روغن زیستی و وضعیت کلی فرآیند پیرولیز سریع انجام دادند و گزارش‌های آن را منتشر کردند[۶]. هم‌چنین پژوهش‌های مربوط به تولید هیدروژن و سوخت‌های مایع از روغن پیرولیز توسط پژوهشگران بررسی شده است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که موانع نهفته‌ی (بالقوه) توسعه‌ی تبدیل زیست‌توده به هیدروژن عبارتند از: بلوغ فناوری، پالایش پس از تولید، سیاست‌های مبتنی بر انگیزه و رقابت‌پذیری فناوری. ذخیره‌سازی هیدروژن نیز یک فناوری کلیدی برای پیشرفت فناوری‌های هیدروژن و پیل سوختی در کاربردهایی از جمله برق ثابت، برق قابل حمل و سامانه‌ی حمل و نقل است .سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی، مانند باتری‌ها، یک بازوی حیاتی برای حفظ عرضه مداوم از منابع تجدیدپذیر هستند. برای کشورهایی که به دنبال اقتصاد بدون کربن هستند، ذخیره‌سازی انرژی اولویت اصلی اعلام شده است.

متن اصلی

نتیجه گیری

تولید هیدروژن سبز از روش پیرولیز سریع تحت تاثیر انتخاب دقیق پارامترهای عملیاتی مانند اندازه ذرات، دمای اصلاح (نرخ گرمایش)، نوع کاتالیزورها، عملکرد و فعالیت کاتالیزور تحت تاثیر پروتکل سنتز، دمای کلسیناسیون، انتخاب مناسب پیش‌برنده، بارگذاری بهینه پایه با فلزات فعال و پیکربندی‌های راکتور قرار می‌گیرد. رایج‌ترین پیکربندی‌های راکتور استفاده در پیرولیز و ریفرمینگ درون خطی عبارتند از: بستر ثابت، بستر سیال انتقالی، بستر سیال گردشی، بستر سیال حبابی، راکتور بستر فورانی، مخروط چرخان، راکتور سقوط آزاد، راکتور جریان پیوسته، راکتور فرسایشی، راکتور خلا، کوره پیچشی و راکتور مایکروویو. راکتورهای بستر ثابت ساده‌ترین در عمل و انعطاف‌پذیرترین در مدیریت زیست‌توده‌های مختلف است و راکتورهای بستر سیال نیز به دلیل تماس بیشتر گاز-جامد، که باعث بهبود انتقال حرارت و نرخ تبدیل می‌شود برای تولید هیدروژن بیشتر توسعه خوبی یافتند. چالش اصلی فناوری‌های پیرولیز، اقتصادی است که به طور مستقیم با کاتالیزور گران‌قیمت، هزینه جداسازی، بازده کمتر و افزایش مقیاس مرتبط است. ترکیب، پایداری و بازسازی کاتالیزور از عوامل کلیدی مؤثر بر بازده و هزینه محصول هستند که نیاز به بررسی بیشتر و گسترده دارد. هم‌چنین، آزمایش برخی از مواد ارزان مانند خاکستر زیست‌توده و زغال‌سنگ می‌تواند هزینه کاتالیزور را همان‌طور که در فرآیند گازسازی آزمایش شده است، کاهش دهد و چالش فنی مهم، راه‌حل‌های ذخیره‌سازی هیدورژن تولید شده است. شبکه‌سازی همه ذی‌نفعان (مشتریان نهایی، سرمایه‌گذاران، تولیدکنندگان، نهادهای دولتی و محققان) برای درک چالش‌ها از دیدگاه کاربر نهایی و سرمایه‌گذار، همراه با توانایی صنعت و دانشگاه برای حل این چالش‌ها ضروری است. همکاری نزدیک این ذینفعان نه تنها کیفیت محصول را افزایش می‌دهد، بلکه هزینه‌ها را نیز کاهش می‌دهد. محقق به حمایت مالی و لجستیکی از صنعت و دولت نیاز دارد و در عوض، آن‌ها می‌توانند فناوری را توسعه داده و ارتقا دهند و هزینه را به حداقل برسانند. یک زنجیره تامین کارآمد، تامین مواد اولیه و محصول نهایی را برای بخش متقاضی تضمین می‌کند. توسعه فناوری هیدروژن سبز و کاربرد موفقیت‌آمیز آن مبتنی بر همکاری نزدیک این ذی‌نفعان است.

نتیجه گیری

منابع و ماخذ

1. Chen, W.H. Farooq, W. Shahbaz, M. Naqvi S.R, Ali, I. Al-Ansari, T. Amin, N.A.S. (2021), “Current status of biohydrogen production from lignocellulosic biomass, technical challenges and commercial potential through pyrolysis process,” Energy, 226, pp. 1-15.
2. El Bari, H. H. Fanezoune, C.K, Dorneanu, B. Arellano-Garcia, H. Majozi, T. Elhenawy, Y. Bayssi, O. Hirt, A. Peixinho, J. Dhahak, A, et al. (2024), “Catalytic fast pyrolysis of lignocellulosic biomass: Recent advances and comprehensive overview,” Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 178, pp. 1-24.
3. Mujtaba, M. Fraceto, L.F, Fazeli, M. Mukherjee, S. Savassa, S.M. de Medeiros, G.A. Pereira, A.E.S. Mancini, S.D. Lipponen, J. Vilaplana, F. (2023), “Lignocellulosic biomass from agricultural waste to the circular economy: a review with focus on biofuels, biocomposites and bioplastics,” Journal of Cleaner Production, 402, pp. 1-23.
4. Borrero-López, A.M. Valencia, C. Franco, J.M. (2022), “Lignocellulosic Materials for the Production of Biofuels, Biochemicals and Biomaterials and Applications of Lignocellulose-Based Polyurethanes: A Review,” Polymers, 14, pp. 1-42.
5. Branca,C. Galgano A. (2024), “ Kinetic Modelling of Biomass Pyrolysis Processes,” Processes, 12, pp. 1-5.
6. Bridgwater, A.V. (2003), “Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass,” Chemical Engineering Journal, 91, pp. 87–102.

منابع