



اثر پیش تیمار ترکیبی هیدروترمال - شیمیایی بر افزایش میزان لیگنین زدایی پسماندهای جنگلی جهت استحصال بیوگاز

فاطمه رحیمی اجدادی^{۱*}، معصومه اسمعیلی^۲

۱. استادیار گروه مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان (rahimi_a@guilan.ac.ir)

۲. گروه شیمی فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان (esmaili_23@yahoo.com)

چکیده

کاهش منابع سوخت‌های فسیلی و گران بودن آن‌ها از یکسو، انتشار گازهای گلخانه‌ای و مخاطرات زیست‌محیطی از سوی دیگر، سبب گرایش جدی بسیاری از کشورهای جهان در چند دهه اخیر به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر گردیده است. در این میان، استفاده از زیست-توده‌ها، بخصوص زیست توده‌های لیگنوسلولزی به دلیل خواصشان، مورد توجه بیشتری می‌باشد. بیوگاز استحصالی از مواد لیگنوسلولزی به شرطی که از طریق هضم بی‌هوازی تولید شود، قابلیت دستیابی به انرژی پایدار، بدون آلوده‌سازی محیط زیست را دارا می‌باشد. با این وجود، به دلیل طبیعت سخت این گونه مواد، همواره فاز تجزیه‌پذیری آن‌ها با مشکل مواجه می‌باشد. در پژوهش حاضر، از پیش تیمارهای هیدروترمال-شیمیایی با هدف افزایش فرآیند لیگنین زدایی استفاده شد. فنول، سود، اسیدفسفریک، فنول + سود و اسیدفسفریک + فنول به عنوان پیش تیمارهای شیمیایی برای تسریع فرآیند تجزیه‌پذیری پیش ماده چوب صنوبر استفاده گردیدند. از آزمون HPLC جهت بررسی تأثیر پیش تیمار بر ترکیب پیش ماده و FTIR برای سنجش تغییر ساختار پیش ماده بهره گرفته شد. نتایج نشان داد که با استفاده از پیش تیمارهای به کار برده شده در این پژوهش، مقادیر لیگنین کاهش می‌یابد. اما میزان حذف لیگنین در محلول‌های اسیدفسفریک و فنول + اسید فسفریک دارای کمترین مقدار است که به ترتیب مقدار لیگنین نامحلول در آن به میزان ۲۴/۹۰٪ و ۲۶/۴۱٪ بدست آمد. اما بیشترین تغییرات ساختاری چوب صنوبر مربوط به تأثیر محلول فنول بود. بنابراین با کاربرد پیش تیمار هیدروترمال-شیمیایی می‌توان سهم بسزایی در حذف لیگنین ترکیبات لیگنوسلولزی و در نهایت استحصال بیوگاز داشت.

کلمات کلیدی: انرژی‌های تجدیدپذیر، پسماندهای چوب، لیگنین زدایی، پیش تیمار هیدروترمال، پیش تیمار شیمیایی.

*نویسنده مسئول: rahimi_a@guilan.ac.ir

تاثیر پیش تیمار ترکیبی هیدروترمال - شیمیایی بر افزایش میزان لیگنین زدایی پسماندهای جنگلی جهت استحصال بیوگاز

مقدمه

در حال حاضر، بزرگ‌ترین منبع تأمین انرژی در جهان، سوخت‌های فسیلی هستند که دارای معایبی چون محدودیت منابع، روند افزایش قیمت و آلودگی محیط زیستی می‌باشند. بر همین اساس، تلاش‌های زیادی در جهان برای دسترسی به منابع انرژی جایگزین که دارای مزیت‌های اقتصادی و محیط زیستی باشند، انجام گرفته‌است [۱۶]. یکی از انواع انرژی‌های جایگزین، سوخت‌های زیستی حاصل از زیست‌توده‌ها هستند که جزو منابع مطمئن و قابل اتکاء انرژی بوده و به‌عنوان چهارمین منبع بزرگ انرژی در دنیا شناخته می‌شوند [۱۳]. تا کنون سه نسل از سوخت‌های زیستی در دنیا معرفی شده‌اند که شامل: قسمت‌های خوراکی گیاهان، بخش‌های غیرخوراکی گیاهان و میکروجلبک‌ها هستند. بین این سه نسل، نسل دوم بخصوص زیست‌توده‌های لیگنوسلولزی به‌دلیل عدم داشتن ارزش غذایی برای بشر، هزینه کم و فراوانی منابع، مورد توجه بیشتری می‌باشند. بعلاوه، با تبدیل این مواد به سوخت می‌توان حجم زیاد بقایای کشاورزی و جنگلی را که همه‌ساله تولید می‌شوند، مدیریت نمود. گفتنی است در بیشتر کشورهای در حال توسعه، چنین بقایایی توسط کشاورزان در سطح مزرعه به آتش کشیده می‌شود که خود سبب صدمات زیست محیطی بواسطه انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. مواد لیگنوسلولزی همچون ساقه‌ها و بقایای محصولات کشاورزی، بقایای جنگلی و محصولات انرژی از جمله مواد ارگانیک مرسوم هستند که پتانسیل عظیمی برای تولید بیوگاز دارند [۱۴ و ۱۵]. بیوگاز استحصالی از زیست‌توده‌های لیگنوسلولزی به‌شرطی که از طریق هضم بی‌هوازی تولید شوند و بطور صحیح بازیابی گردند، قابلیت دستیابی به عملکردهای انرژی پایدار را بدون آلوده‌سازی محیط زیست دارا می‌باشند [۳]. هضم بی‌هوازی یک فناوری دوستدار محیط زیست برای تولید و بازیابی پسماندهای ارگانیک قابل تجزیه است [۱۵]. اما یک محدودیت اصلی، در فاز تجزیه چنین موادی وجود دارد. ترکیب شیمیایی اولیه زیست‌توده‌های لیگنوسلولزی شامل سه نوع پلیمر به نام‌های سلولز، همی سلولز و لیگنین است. سلولز اصلی‌ترین جزء زیست‌توده‌هاست و بسیاری از خواص سلولز به خواص زنجیره کریستالی یا درجه پلیمریزاسیون آن بستگی دارد [۱۰]. همی سلولزها تقریباً در همه دیواره‌های سلول‌های گیاهی همراه با سلولزها وجود دارند [۱۲] که سبب اتصال بین فیبرهای لیگنین و سلولز می‌گردند. زنجیره‌های جانبی کوتاهی که شامل شکرهای مختلف است به‌راحتی قابل هیدرولیز شدن است [۱۱]. لیگنین بعد از سلولز و همی سلولز فراوان‌ترین پلیمر در طبیعت است [۷] و لایه مستحکم مکانیکی گیاهان را تشکیل می‌دهد [۴]. لیگنین دارای اتصال بسیار محکمی با سلولز و همی سلولز است و تجزیه آن بسیار دشوار است. هولوسلولزها (سلولز و همی سلولز) می‌توانند توسط میکروب‌های بی‌هوازی به متان تجزیه گردند [۲]، اما لیگنین، هیدروفوبیک است و در برابر حمله میکروب‌ها مقاوم بوده و بواسطه این خاصیت، دستیابی هولوسلولز به میکروب‌های بی‌هوازی را کاهش می‌دهد و از این رو نرخ تجزیه‌پذیری آن را محدود می‌کند [۱۳] و موجب عملکرد پایین‌تر بیوگاز می‌گردد.

راه حل موجود، انتخاب و بکارگیری پیش تیمارهای مؤثر قبل از هضم بی‌هوازی برای شکست اتصال بین پلی‌ساکاریدها و لیگنین جهت دسترسی بیشتر سلولز و همی سلولزها به باکتری می‌باشد [۵]. روش‌های پیش تیماری مختلفی برای افزایش قابلیت هضم بی‌هوازی زیست‌توده لیگنوسلولزی شامل فیزیکی/مکانیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و ترکیبی معرفی شده‌اند. از آنجا که، میزان نسبی ترکیبات لیگنوسلولزی در انواع مختلف زیست‌توده‌های کشاورزی متفاوت می‌باشد، و از طرفی پیش‌ماده‌های قابل دسترس برای هضم بی‌هوازی خواص مختلفی را دارا می‌باشند، انتخاب پیش تیمار مناسب یکی از گام‌های فوق‌العاده مهم جهت افزایش قابلیت هضم و تولید بیوگاز برای یک نوع خاص پیش ماده می‌باشد [۱۵]. در نتیجه، اگر چه تحقیقات بسیاری بر روی دستیابی به پیش تیمارهای بهینه برای مواد لیگنوسلولزی صورت گرفته، هنوز پژوهش‌های بیشتری برای انواع مختلف این مواد و نیل به شرایط بهینه اعمال پیش تیمارهای مختلف در حال انجام است.



با توجه به مطالب گفته شده، در تحقیق حاضر به بررسی اثر پیش تیمارهای ترکیبی فیزیکی- شیمیایی و تأثیر مواد شیمیایی مختلف بر روی مقدار لیگنین زدایی پسماندهای لیگنوسلولزی پرداخته می‌شود. نظر به اینکه، ترکیب مواد شیمیایی مختلف نیز می‌تواند خواص جالب توجهی از خود نشان دهد، در این تحقیق ترکیب دو نوع ماده شیمیایی مختلف و اثر آن بر روی میزان لیگنین زدایی مواد لیگنوسلولزی نیز، مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

مواد و روش‌ها

چوب صنوبر مورد استفاده در این پژوهش از جنگل شفارود استان گیلان تهیه گردید. این چوبها از پس ماندهای آسیاب شده چوب‌های مصرفی در صنعت چوب، مربوط به کارخانه مزبور تهیه گردید. بنابراین، اولین تیمار بکار رفته بر روی این پیش ماده، تیمار مکانیکی آسیاب و کاهش اندازه بود که جهت یکسان‌سازی اندازه آنها از مش‌هایی با قطر ۲ میلی متر عبور داده شدند. اندازه‌گیری مقادیر لیگنین و کربوهیدرات چوب به روش استاندارد NREL انجام شد، که در آن از هیدرولیز اسیدی سلولز و همی سلولز برای شکسته شدن پلیمرهای قندی به واحدهای سازنده قند استفاده شد.

پیش تیمار

جهت انجام پیش تیمار ۱۰۰ ml از محلول‌های (V/V) ۱٪ فنول، سود، اسید فسفریک، فنول + سود و فنول + اسید فسفریک تهیه شد و مقدار ۲۰ g از خرده چوب به هر کدام از محلول‌ها اضافه گردید. مخلوط‌های آماده شده به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق نگه داشته شد، سپس به اتوکلاو منتقل گردید. دستگاه اتوکلاو مورد استفاده در این پژوهش که هم در قسمت پیش تیمار و هم در هیدرولیز اسیدی نمونه‌ها به جهت اندازه‌گیری مقادیر لیگنین و کربوهیدرات چوب مورد استفاده قرار گرفت Sano clav مدل AES 75 بود. اتوکلاو در دمای ۱۳۴ °C تنظیم شده و نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در آن قرار گرفت. پس از اتمام کار، نمونه‌ها از اتوکلاو خارج شدند و در دمای اتاق سرد شدند. پس از آن خرده چوب‌ها چند بار با آب مقطر شستشو داده شدند تا اسیدیته آن‌ها خنثی گردد. سپس در دمای ۱۰۵ °C به مدت ۲۴ ساعت در آون قرار داده شدند تا خشک گردند. خرده چوب‌ها در دمای ۴ °C در یخچال جهت آنالیزهای بعدی نگهداری شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

دستگاه HPLC، مجهز به دتکتور RI و ستون آمینی بوده و برای اندازه‌گیری مقادیر قند استفاده شد. مقدار لیگنین نامحلول در اسید از تغییرات وزن آن قبل و بعد از هیدرولیز اسیدی تعیین گردید. مقدار لیگنین محلول در اسید نیز به وسیله اسپکتروسکوپی UV-Vis و شدت جذب آن در ۲۰۵ nm محاسبه شد. مقادیر فاز کریستالی پیش ماده به وسیله دستگاه اسپکترومتر FTIR مدل JASCO 4700 تعیین گردید. در این روش، طیف جذبی چوب پیش تیمار شده و پیش تیمار نشده در ناحیه 500 cm^{-1} تا 4000 cm^{-1} مورد بررسی قرار گرفت و مقادیر تغییرات شدت جذب در 1427 cm^{-1} و 898 cm^{-1} در چوب پیش تیمار شده و پیش تیمار نشده، جهت تعیین شاخص کریستالی چوب محاسبه شد [۹ و ۶].

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق از پیش تیمار ترکیبی هیدروترمال-شیمیایی استفاده شد، تا مقادیر حذف لیگنین افزایش یابد و فرآیند هضم قندها و تولید بیوگاز که به وسیله میکروارگانیسم‌ها انجام می‌شود، تسریع شود. محلول‌های شیمیایی مورد استفاده، محلول‌های سود، اسید فسفریک، فنول، فنول + سود و فنول + اسید فسفریک بوده، که اثر این شرایط بر ساختار و ترکیب شیمیایی خرده چوب مورد بررسی قرار گرفت. هدف از

انجام این تحقیق تعیین بهترین پیش تیمار جهت لیگنین زدایی چوب به منظور مورد استفاده قرار گرفتن در سیستم‌های تولید بیوگاز است. به همین جهت از روش‌های مختلفی برای انجام این بررسی استفاده گردید.

تأثیر پیش تیمارها بر ترکیب چوب صنوبر

تأثیر پیش تیمار بر مقادیر سلولز و لیگنین در جدول ۱ گردآوری شده است. همان‌طور که مشخص است مقدار اصلی لیگنین موجود در چوب صنوبر مربوط به لیگنین نامحلول در اسید به میزان ۳۰/۳۷٪ است. با استفاده از پیش تیمارهای مختلف مقادیر لیگنین نامحلول در اسید کاهش یافت، که این میزان در محلول‌های اسید فسفریک و فنول + اسید فسفریک دارای کمترین مقدار بود که به ترتیب مقدار لیگنین نامحلول در این چوب‌ها به میزان ۲۴/۹۰٪ و ۲۶/۴۱٪ بدست آمد. تأثیر پیش تیمار بر میزان لیگنین محلول در اسید زیاد نبود، اما مقدار آزادسازی آن در فرایند هیدرولیز اسیدی برای دو محلول اسید فسفریک و فنول + اسید فسفریک بیشتر از سایر موارد بود که به ترتیب مقدار لیگنین نامحلول در این چوب‌ها به میزان ۰/۵۶٪ و ۰/۵۵٪ بدست آمد. به منظور درک درست‌تر از میزان تأثیر هر یک از پیش تیمارها بر روی مقدار حذف لیگنین، میزان حذف لیگنین به وسیله هر محلول محاسبه شد (جدول ۱). داده‌های جدول نشان می‌دهد که با اعمال پیش تیمار، میزان لیگنین به میزان ۱۹/۹۸ - ۶/۷۰٪ از بین می‌رود، که نشان‌دهنده تأثیر خوب پیش تیمارهای انتخاب‌شده بر حذف مقدار لیگنین چوب صنوبر است.

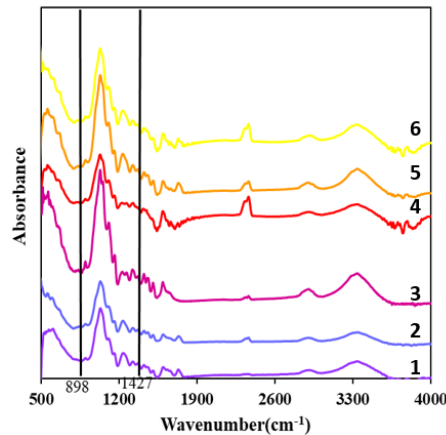
جدول ۱. مقادیر لیگنین برای چوب صنوبر پیش تیمار شده و پیش تیمار نشده

نوع محلول	لیگنین محلول در اسید لیگنین نامحلول در اسید (%)	حذف لیگنین (%)
فنول	۰/۴۸	۶/۷۰
سود	۰/۴۹	۹/۳۵
فنول + سود	۰/۴۸	۱۱/۴۶
اسید فسفریک	۰/۵۶	۱۹/۹۸
فنول + اسید فسفریک	۰/۵۵	۱۵/۵۹
پیش تیمار نشده	۰/۵۳	-

همان‌طور که از داده‌های جدول قابل استنتاج است، تأثیر محلول‌های سود و فنول هر کدام به تنهایی بر حذف لیگنین زیاد نبوده است. اما با ترکیب این دو محلول با یکدیگر (فنول + سود) تأثیر آنها بر حذف لیگنین افزایش می‌یابد، که تأثیر موثر این مخلوط برای حذف لیگنین ترکیبات لیگنوسلولوزی را نشان می‌دهد. اما با افزایش فنول به محلول اسید فسفریک به طور جزئی میزان حذف لیگنین کاهش می‌یابد که می‌توان آن را به کاهش خاصیت اسیدی اسید فسفریک نسبت داد. به طور کل می‌توان گفت که تأثیر پیش تیمار اسیدی (اسید فسفریک) بر حذف لیگنین موثرتر از بقیه موارد بوده است.

تغییر ساختار چوب به وسیله پیش تیمار

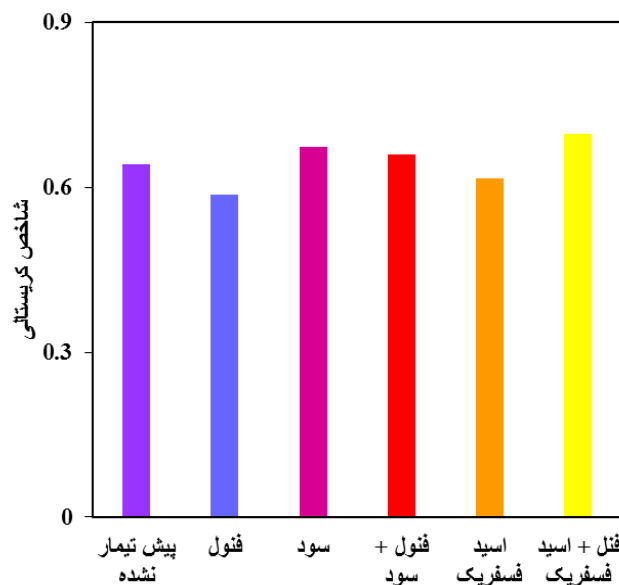
با استفاده از تکنیک اسپکتروسکوپی FTIR تغییرات بلورینگی چوب صنوبر پیش تیمار شده و پیش تیمار نشده مورد بررسی قرار گرفت. طیف FTIR مربوط به چوب صنوبر پیش تیمار شده و پیش تیمار نشده در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱. طیف FTIR چوب صنوبر پیش تیمار نشده (1-) و پیش تیمار شده با فنول (2-)، سود (3-)، فنول + سود (4-)، اسید فسفریک (5-) و اسید فسفریک + فنول (6-).

از تکنیک FTIR برای بررسی بلورینگی سلولز استفاده می‌شود، زیرا تغییرات فاز کریستالی یکی از خواص بسیار مهم در ترکیبات لیگنوسلولزی است. شدت جذب در 1427 و 898 cm^{-1} به ترتیب نشان‌دهنده سلولز (I) و سلولز (II) متبلور بوده که برای بررسی تغییرات ساختار چوب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مقادیر شاخص کریستالی از نسبت A_{1427}/A_{829} بدست آمد [۸ و ۹]، که در شکل (۲) برای انواع پیش تیمارها نشان داده شده است. مقادیر شاخص کریستالی برای چوب صنوبر پیش تیمار نشده ۰/۶۴ می‌باشد که نشان‌دهنده ساختار کریستالی بالای صنوبر است. پیش- تیمارهای بکار رفته در این تحقیق ساختار کریستالی چوب را کاهش می‌دهد، که بهترین تغییرات مشاهده شده مربوط به تأثیر محلول فنول بوده که شاخص کریستالی را به ۰/۵۹ کاهش می‌دهد. بنابراین می‌توان گفت که تأثیر محلول فنول بر ساختار کریستالی چوب صنوبر از بقیه موارد بیشتر بوده است.



شکل ۲. مقادیر شاخص کریستالی چوب صنوبر پیش تیمار نشده و پیش تیمار شده به وسیله انواع مختلفی از محلول‌های شیمیایی.

مقدار لیگنین در چوب صنوبر بالا بوده و فرایند هضم بی‌هوازی آن توسط میکروارگانیسم‌ها مشکل بوده و بر میزان بیوگاز تولیدی تأثیر مستقیم دارد. در این تحقیق، از پیش تیمار ترکیبی هیدروترومال-شیمیایی به منظور دستیابی به سیستم حذف لیگنین کارآمد استفاده شد و محلول‌های شیمیایی مختلفی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که کلیه محلول‌های (V/V) ۱٪: فنول، سود، اسید فسفریک، فنول + سود و فنول + اسید فسفریک ساختار چوب را تغییر داده و آن‌ها را برای فرایند هضم آماده می‌کند. اما تأثیر محلول فنول بر ساختار کریستالی چوب صنوبر بیشتر از سایر موارد بوده است. همچنین مقادیر حذف لیگنین به وسیله انواع پیش تیمارها نشان داد که به طور کل مقادیر قابل توجهی از لیگنین به وسیله محلول‌های مختلف حذف می‌شود اما تأثیر محلول اسید فسفریک بیشتر از بقیه موارد است. نتایج این تحقیق در سیستم‌های تولید بیوگاز حائز اهمیت فراوانی است.

مراجع:

1. Celiktas, M.S., Kirsch, C., and Smirnova, I. 2014. Cascade processing of wheat bran through a biorefinery approach. *Energy Conversion and Management*, 84: 633-639.
2. Chen, X., Gu, Y., Zhou, X., and Zhang, Y. 2014. Asparagus stem as a new lignocellulosic biomass feedstock for anaerobic digestion: Increasing hydrolysis rate, methane production and biodegradability by alkaline pretreatment. *Bioresource Technology*, 164: 78-85.
3. Chojnacka, A., Szczesny, P., Blaszczyk, M.K., Zielenkiewicz, U., Detman, A., Salamon, A., and Sikora, A. 2015. Noteworthy facts about a methane-producing microbial community processing acidic effluent from sugar beet molasses fermentation. *PLoS One*, 10(5): e0128008.
4. Dollhofer, V., Dandikas, V., Dorn-In, S., Bauer, C., Lebuhn, M., and Bauer, J. 2018. Accelerated biogas production from lignocellulosic biomass after pre-treatment with *Neocallimastix frontalis*. *Bioresource Technology*, 264: 219-227.
5. He, Y., Pang, Y., Liu, Y., Li, X., and Wang, K. 2008. Physicochemical characterization of rice straw pretreated with sodium hydroxide in the solid state for enhancing biogas production. *Energy & Fuels*, 22(4): 2775-2781.
6. Khedkar, M. A., Nimbalkar, P. R., Kamble, S. P., Gaikwad, S. G., Chavan, P. V., & Bankar, S. B. 2018. Process intensification strategies for enhanced holocellulose solubilization: Beneficiation of pineapple peel waste for cleaner butanol production. *Journal of Cleaner Production*, 199: 937-947.
7. Liqian, W. 2011. Different pretreatments to enhance biogas production, a comparison of thermal, chemical and ultrasonic methods. MSc Thesis, Halmstad University.
8. Mirahmadi, K., Kabir, M. M., Jeihanipour, A., Karimi, K., & Taherzadeh, M. (2010). Alkaline pretreatment of spruce and birch to improve bioethanol and biogas production. *BioResources*, 5(2): 928-938.
9. Mohsenzadeh, A., Jeihanipour, A., Karimi, K., & Taherzadeh, M. J. 2012. Alkali pretreatment of softwood spruce and hardwood birch by NaOH/thiourea, NaOH/urea, NaOH/urea/thiourea, and NaOH/PEG to improve ethanol and biogas production. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 87(8): 1209-1214.
10. Monlau, F., Barakat, A., Trably, E., Dumas, C., Steyer, J.P., and Carrère, H. 2013. Lignocellulosic materials into biohydrogen and biomethane: impact of structural features and pretreatment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 43(3): 260-322.
11. Nimz, H.H. 1984. Wood-chemistry, ultrastructure, reactions. *European Journal of Wood and Wood Products*, 42(8): 314-314.



12. Per, A. 1993. Composition and structure of cell wall polysaccharides in forages. Forage Cell Wall Structure and Digestibility, pp.183-199.
13. Rajput, A.A., and Visvanathan, C. 2018. Effect of thermal pretreatment on chemical composition, physical structure and biogas production kinetics of wheat straw. Journal of Environmental Management, 221: 45-52.
14. Taherdanak, M., Zilouei, H., and Karimi, K. 2016. The influence of dilute sulfuric acid pretreatment on biogas production from wheat plant. International Journal of Green Energy, 13(11): 1129-1134.
15. Venturin, B., Bonatto, C., Damaceno, F.M., Mulinari, J., Fongaro, G., and Treichel, H. 2019. Physical, chemical, and biological substrate pretreatments to enhance biogas yield. Improving Biogas Production. Springer Nature, pp. 25-44.
16. Zilouei, H., and Taherdanak, M. 2015. Biohydrogen from lignocellulosic wastes. Karimi, K. (ed.), Lignocellulose-Based Bioproducts. Springer International Publishing. pp. 253-288.



The Effect of Combined Chemical-Hydrothermal Pretreatments on Enhancing Lignin Removal of Forest Waste to Biogas Production

Fatemeh Rahimi Ajdadi^{1*} and Masoomeh Esmaili²

1. Department of Agricultural Mechanization Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan
2. Laboratory of Physical Chemistry, Department of Chemistry, Faculty of Sciences, University of Guilan

Abstract

In recent decades, many countries in the world tend to renewable energy due to decreasing in fossil fuel resources and their costs together with greenhouse gas emissions and environmental hazards. Biomass, specially lignocellulose biomass has more acceptable due to their properties. Biogas from lignocellulose biomass provided that they are produced through anaerobic digestion, can achieve sustainable energy without contaminating the environment. However, due to the severe nature of such materials, their biodegradability is always difficult. In the present study, hydrothermal-chemical pretreatments were used to further effect on lignin removal. Phenol, NaOH, Phosphoric acid, Phenol + NaOH and Phosphoric acid + Phenol as chemical pretreatments were used to accelerate the degradation process of spruce wood substrate. The HPLC test was used to evaluate the effect of pretreatments on the substrate and FTIR test measured the change in structure of the substrate. The results showed that the lignin content was reduced by using the parameters used in this study. The results showed that the pretreatments used in this study reduced lignin content. However, the amount of lignin removal in phosphoric acid and phenol + phosphoric acid solutions was the lowest, with insoluble lignin content of 24.90% and 26.41%, respectively. The most changes in the substrate structure were due to the effect of phenol solution. Therefore, it is recommended to use hydrothermal-chemical pretreatment can have a significant role in lignin removal of lignocellulose compounds and eventually biogas extraction. Thus, the mentioned hydrothermal-chemical pretreatments specially phenol can play a significant role in lignin removal of lignocellulose substrates and consequently biogas production.

Key words: Renewable energy, wood waste, lignin removal, Hydrothermal pretreatments, chemical pretreatments.

*Corresponding author

E-mail: rahimi_a@guilan.ac.ir