

استخراج سلولز و بررسی تولید کربوکسی متیل سلولز از چند منبع ضایعاتی کشاورزی

حسین امانی*⁺، امیر حسن خواه، فرید طالب‌نیا

بابل، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، دانشکده مهندسی شیمی، گروه بیوتکنولوژی

چکیده: در این پژوهش پنج منبع سلولزی ضایعاتی شامل باگاس نیشکر، کاه گندم، کاه برنج، خاک اره و برگ درخت خرما برای تولید فراورده‌ی ارزشمند کربوکسی‌متیل سلولز (CMC) ارزیابی شدند. همچنین تأثیر غلظت سدیم هیدروکسید روی این منابع در مرحله تشکیل آلکالی سلولز برای رسیدگی به بالاترین DS (درجه استخلاف) بررسی شد. نتیجه‌های این پژوهش نشان داد بالاترین مقدار DS به ترتیب برابر ۰٫۷۱، ۰٫۵۸، ۰٫۴۱، ۰٫۶۷ و ۰٫۵۴ برای باگاس نیشکر، کاه گندم، کاه برنج، خاک اره و برگ درخت خرما می باشد. همچنین گرانیوی محلول ۱٪ وزنی فراورده‌های CMC در حالت بالاترین DS به ترتیب برابر ۶۸۴، ۱۰۸، ۴۹۷، ۴۰۸ و ۷۷۱ سانتی پواز برای باگاس نیشکر، کاه گندم، کاه برنج، خاک اره و برگ درخت خرما به دست آمد. برای اثبات تولید CMC ها، پرتوسنجی FT-IR انجام گرفت و با CMC خالص تجاری مقایسه شد. با توجه به این نتیجه‌های به دست آمده می‌توان گفت که ضایعات سلولزی کشاورزی می‌توانند به عنوان منابع مناسبی جهت تولید CMC در انواع صنایع استفاده شوند.

واژه‌های کلیدی: ضایعات کشاورزی؛ استخراج سلولز؛ کربوکسی متیل سلولز؛ گرانیوی.

KEYWORDS: Agricultural waste; Cellulose extraction; Carboxymethyl cellulose; Viscosity.

مقدمه

پلیمر طبیعی موجود بر روی کره زمین به حساب می‌آید که از حلقه‌های گلوکزی متصل به هم تشکیل شده است. این پلیمر به دلیل وجود گروه‌های عاملی هیدروکسیلی و ویژگی‌های ساختاری‌اش، در آب و بیش‌تر حلال‌های آلی نامحلول است، از این‌رو میزان دامنه کاربردهایش محدود شده است [۴]. یکی از روش‌های افزایش کاربرد این پلیمر، جایگزینی گروه‌های عاملی هیدروکسیلی ساختارش با دیگر گروه‌های عاملی و تولید مشتق‌های سلولزی مانند کربوکسی متیل سلولز (CMC)^(۱)، متیل سلولز، اتیل سلولز و ... می‌باشد که این جایگزینی‌ها ویژگی‌های نوعی را

در ایران سالیانه پسماندهای گوناگون سلولزی مانند باگاس نیشکر، کاه گندم، کاه برنج، خاک اره و برگ درخت خرما در حجم بزرگ تولید می‌شوند که در برخی موردها قسمتی از آن‌ها به عنوان خوراک دام استفاده می‌شود ولی عمده آن‌ها بدون استفاده مانده و یا برای تولید گرما به عنوان سوخت سوزانده می‌شوند. اما این نوع ضایعات دارای چندین نوع پلیمر پر کاربرد از جمله سلولز، لیگنین و همی سلولز می‌باشند. سلولز و همی سلولز به‌طور عمده در تولید کاغذ استفاده می‌شوند [۱، ۲] و لیگنین نیز امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته و آینده روشنی برای کاربردهای آن پیش‌بینی می‌شود [۳]. سلولز فراوان‌ترین

*عهدہ دار مکاتبات

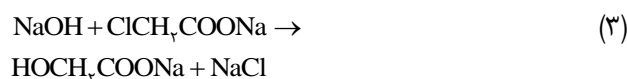
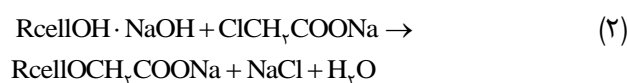
+E-mail: hamani@nit.ac.ir

(۱) Carboxymethyl cellulose

میزان آبدوستی پلیمر نیز افزایش می‌یابد و پلیمر تندتر حل می‌شود [۶]. از دیگر عامل‌های تأثیرگذار، میزان گرانیروی محلول آن در آب می‌باشد که این عامل افزون بر درجه استخلاف به درجه پلیمری سلولز ابتدایی و همچنین عدد بلورینگی آن وابسته است که این عامل‌ها نیز به نوبه خود وابسته به نوع منبع سلولزی می‌باشند [۶]. میزان درجه پلیمری سلولز استخراجی از منبع سلولزی رابطه مستقیمی با میزان گرانیروی فرآورده‌ی CMC دارد. از آنجایی که سلولز به وسیله پلیمرهای همی‌سلولز و لیگنین احاطه شده است، در نتیجه جداسازی آن مشکل شده است به‌ویژه پلیمر لیگنین که در مقابل هیدرولیز اسیدی و حملات میکروبی نیز استحکام بالایی را نشان می‌دهد ولی در هر صورت می‌توان گفت که سلولز مستحکم‌ترین و مقاوم‌ترین پلیمر در ساختار منابع سلولزی می‌باشد [۷]. برای تولید مشتق‌های سلولزی با کیفیت و خلوص بالا نیاز به روشی سریع با کم‌ترین تخریب ساختاری و بالاترین خلوص برای استخراج سلولز از منبع سلولزی می‌باشد. در گزارش سان و همکاران^(۲) [۷] سه روش استخراج سلولز از باگاس نیشکر بررسی شده است که نشان دهنده نتیجه‌های دلخواه استخراج سلولز با خلوص بالا از باگاس با روش سریع استفاده از سامانه ترکیبی نیتریک اسید - استیک اسید می‌باشد.

CMC به دلیل ویژگی‌هایی مانند زیاد کردن گرانیروی محلول‌های آبی، توانایی تشکیل فیلم، رفتاری عالی به عنوان کلونید محافظ، چسبندگی و ... روز به روز بر کاربردهایش افزوده می‌شود و امروزه در صنایع بهداشتی، آرایشی، داروسازی، غذایی، شوینده و ... مورد توجه قرار گرفته است [۸]. امروزه بیش‌تر تولید CMC در جهان مربوط به خمیر سفید شده کرافت و سولفیت می‌باشد [۶] که از چوب درختان استفاده می‌کنند و با توجه به اثرهای محیط زیستی و دوره رشد به نسبت طولانی درختان، این کار منطقی و مناسب به نظر نمی‌رسد. از دیگر سو، پنبه سلولزی بلند زنجیر با خلوص بالا می‌باشد [۹] که بسیار مورد توجه می‌باشد ولی هر روز بر کاربردهای این منبع نیز افزوده می‌شود و قیمت آن بالا رفته است. با توجه به این توضیحات، جایگزینی این منابع با منابعی با مصرف کم‌تر از جمله ضایعات کشاورزی ضروری به نظر می‌رسد. در جدول ۱ مقادیرهای سلولز موجود در منابع ضایعاتی آورده شده است. با توجه به اینکه میزان سلولز در چوب درختان گوناگون بین ۴۵ تا ۶۰ درصد می‌باشد، می‌توان گفت که مقادیرهای سلولز موجود در منابع ضایعاتی قابل رقابت با مقادیرهای آن

به این پلیمر منتقل می‌کند و در نتیجه دامنه کاربردهای آن افزایش چشمگیری می‌یابد. کربوکسی متیل سلولز از مهم‌ترین و پرکاربردترین مشتق‌های سلولزی محسوب می‌شود که از جایگزینی گروه‌های عاملی هیدروکسیلی ساختار سلولز اولیه با گروه‌های عاملی کربوکسی‌متیلی به دست می‌آید [۴]. مهم‌ترین برتری این ماده نسبت به سلولز اولیه، ویژگی آبدوستی آن می‌باشد که این ویژگی نیز به درجه استخلاف (DS)^(۱) فرآورده‌ی CMC تولیدی باز می‌گردد. تولید CMC از سلولز اولیه، با تضعیف گروه‌های عاملی هیدروکسیلی ساختار آن با قلیای سدیم هیدروکسید و سپس جایگزینی گروه‌های عاملی کربوکسی‌متیلی با استفاده از ماده منوکلرو استیک اسید یا نمک آن می‌باشد. البته برای انجام این جایگزینی به یک حلال محیطی برای انتقال و توزیع جایگزینی در امتداد پلیمر سلولز، نیاز است که بر طبق پژوهش‌های پیشین ایزوپروپیل الکل با توجه به میزان قطبیت پایین آن نسبت به دیگر حلال‌های آلی، مناسب‌تر به نظر می‌رسد [۵]. واکنش‌هایی که در طی جایگزینی و تولید CMC از سلولز انجام می‌گیرد به قرار زیر است:



واکنش (۱) مربوط به تشکیل آلكالی سلولز است، واکنش (۲) تولید CMC و انجام جایگزینی را نشان می‌دهد و واکنش (۳) نیز واکنش تولید فرآورده‌ی جانبی را بیان می‌کند. باید یادآور شد که درجه استخلاف یک مشتق سلولزی از میانگین تعداد گروه‌های هیدروکسیل واکنش داده به یک واحد گلوکز بی آب یا به عبارتی دیگر تعداد مکان‌های جانشین شده در یک واحد گلوکز بی آب توسط یک ترکیب جانشین شونده به دست می‌آید. مقدار قلیای NaOH مصرفی برای تضعیف گروه‌های عاملی هیدروکسیلی بر روی میزان درجه استخلاف CMC دارای درصد تأثیر بالایی است [۴]. DS مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر میزان کاربردهای CMC می‌باشد که تأثیر زیادی بر میزان حلالیت CMC در آب دارد به طوری که فرآورده‌ی CMC با درجه استخلاف بالاتر از ۰.۴ به راحتی در آب گرم و سرد محلول است و هرچه این عدد بالاتر رود،

(۱) Degree of substitutions

(۲) Sun et al 2004

جدول ۱- مقادیرهای مربوط به ترکیب درصد اجزای تشکیل دهنده چند منبع ضایعاتی سلولزی [۱۴-۱۵].

ماده اولیه	سلولز (%)	لیگنین (%)	همی سلولز (%)	دیگر اجزا (%)
کاه گندم	۲۸ - ۳۲	۱۲ - ۱۸	۴۵ - ۵۰	۴ - ۷
کاه برنج	۳۰ - ۳۵	۱۵ - ۲۵	۳۰ - ۴۰	۵ - ۱۰
باگاس نیشکر	۴۰ - ۴۵	۲۰ - ۲۵	۲۵ - ۳۰	۵ - ۱۰
برگ درخت خرما	۲۰ - ۳۰	۳۰ - ۴۰	۲۵ - ۳۰	۴ - ۸
خاک اره	۳۵ - ۴۵	۲۵ - ۳۵	۲۵ - ۳۵	۵ - ۱۰

تعیین DS و خلوص فراورده‌های CMC با استفاده از آزمون استاندارد ASTM D1439^(۱) انجام گرفت [۱۶]. اندازه‌گیری گرانیروی محلول‌ها با استفاده از ویسکومتر استوالد انجام گرفت. بازده تولید CMC از تقسیم وزن خشک CMC بر وزن خشک سلولز اولیه ضرب در ۱۰۰ به دست آمد. همه روش‌ها و آنالیزها در این مرحله در سه مرتبه تکرار انجام گرفت و میانگین آن‌ها گزارش شده است.

استخراج سلولز

ابتدا ۲۰ گرم از هر کدام از منابع سلولزی شامل: باگاس نیشکر، کاه گندم، کاه برنج، برگ درخت خرما و خاک اره عبوری از مش ۶۰ و باقی‌مانده بر روی مش ۸۰ به طور کامل خشک، تهیه شد و در درون ارلن با ۴۰۰ میلی‌لیتر محلول ۱٪ سدیم هیدروکسید به مدت ۱ ساعت جوشانده شد و پس از صاف کردن و شست و شو با آب مقطر، در داخل ارلن به همراه ۴۴۰ میلی‌لیتر مخلوط استیک اسید ۸۰٪ - نیتریک اسید ۶۷٪ (۱۰ به ۱) به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۲۰ °C جوشانده شد. پس از پایان زمان واکنش و سرد شدن نسبی مخلوط، به مخلوط واکنش ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر سرد افزوده شد. سپس خمیرهای سلولزی به دست آمده صاف شده و تا خنثی‌سازی کامل با آب مقطر شست و شو داده شدند و در درون اون و در دمای ۷۰ °C و به مدت ۲۴ ساعت، به طور کامل خشک شدند.

تولید CMC

دو گرم از هر کدام از نمونه‌های سلولزی در داخل ۶۰ میلی‌لیتر حلال آلی ایزوپروپانول قرار گرفتند و با مگنت به مدت ۱۰ دقیقه هم‌زده شدند و سپس ۸ میلی‌لیتر محلول NaOH با غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد، به آرامی به مخلوط در حال اختلاط،

در چوب درختان می‌باشد. در پژوهش‌های دیگر پژوهشگران تولید CMC از چندین منبع گوناگون ضایعاتی سلولزی از جمله باگاس چغندر قند [۱۰]، چوب سرشاخه موز [۱۱]، پوست پرتقال [۱۲]، هسته خرما [۱۳] و ... گزارش داده اند و نتیجه‌های متفاوتی با توجه به نوع منبع سلولزی، از کار آن‌ها گزارش شده است.

هدف از این پژوهش استخراج سلولز از چندین منبع سلولزی ضایعاتی با روش سریع و پیشنهادی سان و همکاران [۷] یعنی استفاده از سامانه ترکیبی نیتریک اسید- استیک اسید و سپس تبدیل سلولزهای استخراجی به فراورده‌ی ارزشمند CMC می‌باشد. در واقع این پژوهش در راستای یک پژوهش کاربردی به منظور کاهش ضایعات و رسیدن به یک ماده مفید در چارچوب ارایه یک مدل بومی در کشور می‌باشد که امید است مور استفاده پژوهشگران این رشته قرار گیرد. هم‌چنین با توجه به اینکه انحلال‌پذیری CMC در آب، وابسته به DS می‌باشد، در نتیجه نسبت به این عامل بهینه‌سازی انجام می‌شود و ویژگی‌های فراورده‌ها تعیین می‌شود. در نهایت برای تأیید جایگزینی و تولید CMC، از پرتوسنجی FT-IR^(۱) استفاده می‌شود.

بخش تجربی

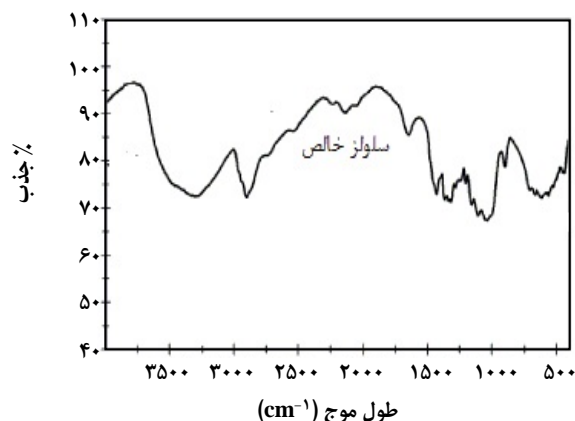
مواد و آنالیزها

مواد اولیه ضایعاتی از داخل ایران تهیه شد و پس از چند مرحله شست و شو با آب مقطر در دمای ۵۰ °C درون اون به مدت ۴۸ ساعت به‌طور کامل خشک شد و سپس نمونه‌های خشک شده با استفاده از آسیاب خرد شده و مش‌بندی شدند.

سدیم هیدروکسید، استیک اسید، ایزوپروپانول و متانول از شرکت مرک آلمان، نیتریک اسید از شرکت سیگما آلد ریچ، اتانول از پارس شیمی و منوکلرواستیک اسید از شرکت دایجونگ کره جنوبی تهیه شدند.

(1) Fourier Transform Infrared Spectroscopy

(۲) American Society for Testing and Materials



شکل ۱- پرتوی FT-IR مربوط به سلولز خالص [۱۷].

که در آن:

A: میلی اکی‌والان اسید مصرفی به ازای هر گرم نمونه

B: مقدار میلی‌لیتر محلول سدیم هیدروکسید افزوده شده

C: مولاریته محلول سدیم هیدروکسید مصرفی

D: مقدار میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید مصرفی برای تیتراسیون

سدیم هیدروکسید اضافی

E: مولاریته محلول هیدروکلریک اسید

F: مقدار گرم مصرفی کربوکسی‌متیل سلولز اسید

نتیجه‌ها و بحث

استخراج سلولز

خمیرهای سلولزی به دست آمده پس از خشک کردن و رطوبت‌گیری توزین شدند که نتیجه‌های آن‌ها نشان دهنده از باقی‌ماندن مقدارهای ۴۶، ۳۷، ۴۴، ۴۰ و ۳۱ درصد وزن اولیه منابع بود که این مقادیر به ترتیب مربوط به باگاس نیشکر، کاه گندم، کاه برنج، خاک اره و برگ درخت خرما می باشد که با توجه به مقادیرهای اولیه سلولز می‌توان گفت با استفاده از این روش عمده سلولز منابع مورد استفاده بازیابی شده است.

پرتوسنجی FT-IR

برای اثبات انجام جایگزینی گروه‌های کربوکسی‌متیلی بر روی سلولز منابع گوناگون و تولید CMC، از پرتوسنجی FT-IR استفاده شد و با پرتو FT-IR سلولز خالص مقایسه شد. شکل ۱ پرتو FT-IR مربوط به سلولز خالص را نشان می‌دهد. آنالیز FT-IR انجام شده بر روی سلولز استخراج شده از مواد اولیه گوناگون

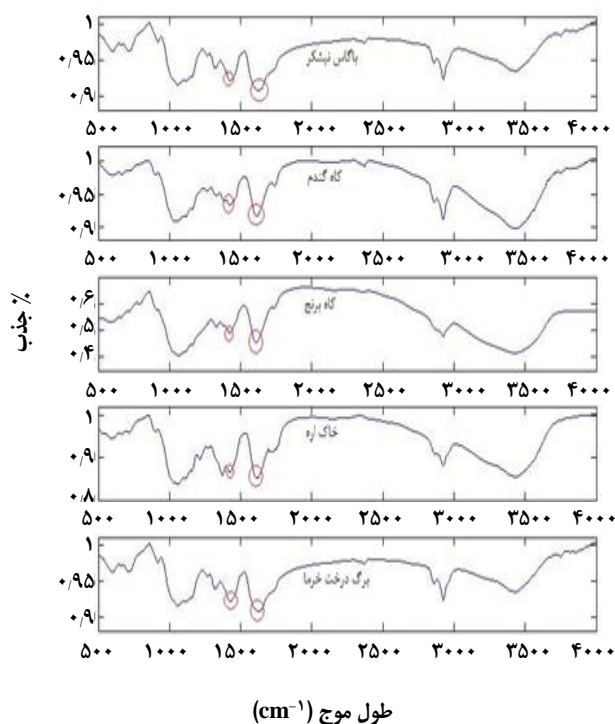
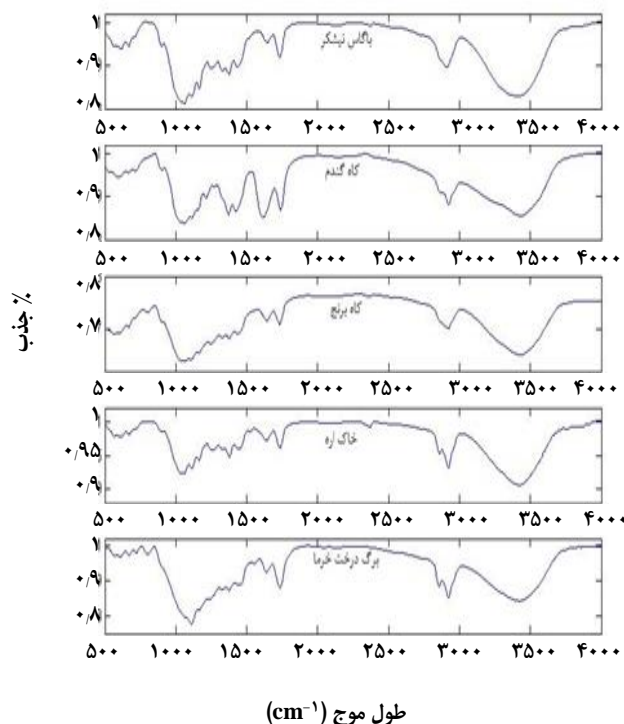
افزوده شد و به مدت ۱ ساعت دیگر در دمای 30°C ، نگه داشته شد تا آلکالی سلولز به دست آید. سپس $2/5$ گرم MCA جامد به آرامی به آلکالی سلولز افزوده شد و دمای محیط در 50°C تنظیم شد و به مدت $1/5$ ساعت در حالت اختلاط، نگه داشته شد. سپس مخلوط با استفاده از استیک اسید خالص، خنثی شد و چهار مرتبه با 50 میلی‌لیتر اتانول برای حذف ناخالصی‌ها و فرآورده‌های جانبی و در نهایت با 50 میلی‌لیتر متانول خالص شست‌وشو داده شد. CMCها در دمای 70°C درون آون به مدت 24 ساعت به طور کامل خشک شدند و در دسیکاتور تا دمای محیط و بدون جذب رطوبت، سرد شده و سپس توزین شدند.

تعیین درجه استخلاف

جهت تعیین درجه استخلاف از آزمون ASTM D-1439 استفاده شد [۱۵]. ابتدا مقدار 2 گرم CMC با 75 میلی‌لیتر اتانول 96% مخلوط شد و سپس مخلوط به دست آمده به مدت 5 دقیقه هم‌زده شد، آن‌گاه $2/5$ میلی‌لیتر نیتریک اسید 67% به مخلوط در حال اختلاط به صورت قطره قطره، افزوده شد و اختلاط به مدت 5 دقیقه دیگر ادامه یافت. به دوغاب به دست آمده گرما داده شده و به مدت 5 دقیقه جوشانده شد و پس از آن، مخلوط به مدت 15 دقیقه دیگر هم‌زده شد. سرانجام مخلوط صاف شده و جزء جامد آن به درون 50 میلی‌لیتر اتانول 96% انتقال داده شد و 5 دقیقه هم‌زده شد و سپس دوباره صاف شده و با اتانول 80% دارای دمای 60 درجه سلسیوس برای 4 مرتبه و هر بار با 20 میلی‌لیتر، برای حذف اسید باقی‌مانده، شست‌وشو داده شد. سپس جامد به دست آمده (کربوکسی‌متیل سلولز اسید)، در درون آون و در دمای 105 درجه سلسیوس به مدت 3 ساعت، کاملاً خشک شد. $0/5$ گرم از این جامد در داخل یک ارلن مایر 250 میلی‌لیتری ریخته شد و سپس 50 میلی‌لیتر آب مقطر و $12/5$ میلی‌لیتر محلول سدیم هیدروکسید $0/5$ مولار به آن افزوده شد و مخلوط به دست آمده به مدت 10 دقیقه با استفاده از مگنت هم‌زده شد و سپس به مدت 20 دقیقه جوشانده شد. پس از این مدت به مخلوط داغ، 2 قطره فنل‌فتالین با استفاده از قطره‌چکان افزوده شد که در این مرحله رنگ محلول به دست آمده ارغوانی بود. محلول ارغوانی گرم در حال اختلاط با استفاده از محلول $0/5$ مولار هیدروکلریک اسید تیتراسیون شد و تا زمانی که رنگ محلول از ارغوانی به بی‌رنگ متمایل شد، تیتراسیون ادامه یافت. سپس حجم هیدروکلریک اسید مصرفی یادداشت شده و با استفاده از فرمول زیر درجه استخلاف تعیین شد:

$$A=(BC-DE)/F$$

$$DS=(0.162A)/(1-0.058A)$$

طول موج (cm⁻¹)طول موج (cm⁻¹)

شکل ۳- نتیجه‌های پرتوسنجی مربوط به CMC تولید شده از منابع ضایعاتی گوناگون در این مطالعه.

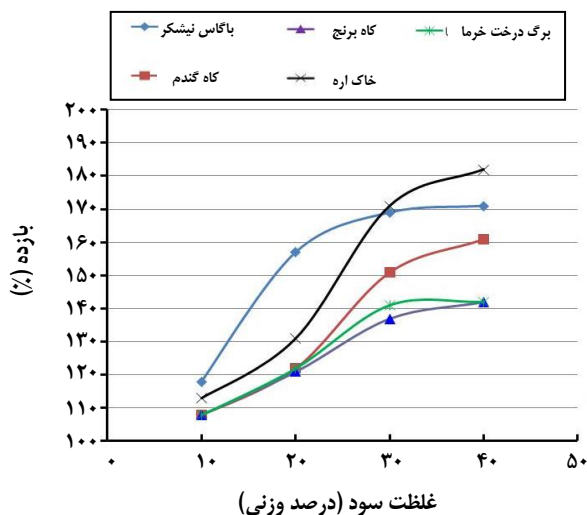
تشکیل آلکالی سلولز، ارتباط مستقیم دارد، در نتیجه تغییر DS نسبت به تغییر این عامل برای همه سلولزهای استخراج شده از منابع گوناگون بررسی شد که نتیجه‌های به دست آمده از کار آنها در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌گونه که از نتیجه‌ها نشان داده شده در این شکل پیداست با افزایش غلظت NaOH، مقدار DS افزایش می‌یابد که این مسئله به فعال‌سازی مناسب‌تر گروه‌های عاملی هیدروکسیلی ساختار سلولز بای جایگزینی مربوط می‌شود. با افزایش غلظت NaOH از مقدار ۱۰٪ به مقدار ۳۰٪ مقدارهای مربوط به DS در همه منابع افزایش چشمگیری را نشان داد در حالی که با افزایش غلظت NaOH از مقدار ۳۰٪ به ۴۰٪ برای سلولز منابع کاه گندم، کاه برنج و خاک اره تغییر DS بسیار ناچیز بوده است و این روند برای سلولز باگاس نیشکر و برگ درخت خرما روند کاهشی را نشان داده است که دلیل این اثر را می‌توان به واکنش تشکیل فرآورده‌ی جانبی سدیم گلیکولایت مربوط دانست. با افزایش غلظت NaOH از مقدار ۳۰٪ به مقدار ۴۰٪، مقداری NaOH واکنش نداده در محیط باقی می‌ماند که به محض افزودن منوکلوآستیک اسید

شکل ۲- نتیجه‌های پرتوسنجی FT-IR مربوط به سلولز استخراج شده از منابع سلولزی.

و CMC تولید شده از آنها در شکل‌های ۲ و ۳ آورده شده است. با بررسی نمودارها به‌خوبی قابل دیدن است که در بیش‌تر طول موج‌ها دو نمودار باهم همخوانی قابل قبولی دارند که از جمله آنها می‌توان به همخوانی در عدد موج‌های ۱۰۶۰ و ۱۳۲۵ و ۱۴۲۳ و ۳۴۳۲ بر سانتی‌متر اشاره کرد که به ترتیب بیانگر وجود گروه‌های C-O-C، هیدروکسیل متصل به کربوکسیل، متیل و هیدرواکسیل آزاد هستند. تنها تفاوت مشهودی که در نمودارها مربوط به سلولز و کربوکسی متیل سلولز منابع گوناگون وجود دارد در عدد موج ۱۶۰۶ بر سانتی‌متر می‌باشد. در این عدد موج پیک بسیار روشن و بزرگی در آنالیز CMC وجود دارد که در آنالیز سلولز مربوط به آن وجود ندارد. با توجه به اینکه عدد موج ۱۶۰۲-۱۶۲۰ بر سانتی‌متر، مربوط به گروه کربوکسیلی است می‌توان نتیجه گرفت که این گروه به‌طور چشمگیری در CMC تولید شده حضور دارد [۱۱].

بررسی تولید CMC

DS مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر حلالیت CMC می‌باشد که مقدار این عامل با تغییر غلظت سدیم هیدروکسید در مرحله



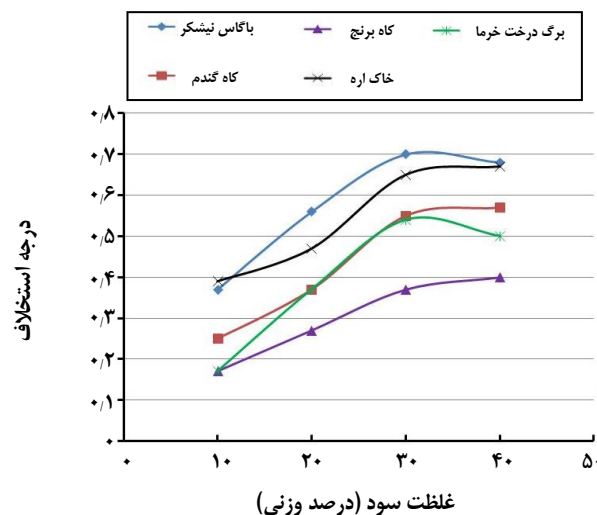
شکل ۵ - تأثیر غلظت NaOH روی بازده تولید CMC از سلولز منابع گوناگون ضایعاتی.

عامل‌های تأثیرگذار بر دامنه کاربردهای آن‌ها می‌باشد به همین منظور پس از انتخاب CMC با بیشترین DS به دست آمده از هر منبع، گرانروی محلول‌های ۱٪ وزنی CMC از منابع گوناگون اندازه‌گیری شدند که نتیجه‌های به دست آمده در جدول ۲ آورده شده است.

همان‌گونه که از نتیجه‌های نشان داده شده پیداست، بالاترین خلوص و گرانروی به ترتیب مربوط به کاه برنج و کاه گندم می‌باشد که به ترتیب مقادیر ۷۴/۲٪ و ۱۰/۸ سانتی پواز به دست آمده است. دلیل اختلاف مربوط به نتیجه‌های گرانروی CMC منابع گوناگون به درجه بلورینگی سلولز آن و همچنین درجه پلیمریزاسیون سلولز منابع بر می‌شود که این اختلاف نتیجه‌ها در کارهای دیگر پژوهشگران نیز به فراوانی دیده شده است [۶] و از نتیجه‌های مربوط به CMC می‌توان به کیفیت سلولز آن‌ها تا حدی پی برد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به طور موفقیت آمیزی سلولز از منابع پسماند با استفاده از سیستم ترکیبی نیتریک اسید - استیک اسید استخراج شد و سلولزهای استخراجی با استفاده از قلیایی کردن با NaOH و سپس اتری کردن با MCA تبدیل به CMC شدند و بهینه‌سازی فرایند کربوکسی‌متیلاسیون در مرحله قلیایی کردن نسبت به غلظت NaOH جهت حصول بالاترین DS انجام گرفت که نتیجه‌های بهینه‌سازی مقدار DS بین ۰/۴۱ تا ۰/۶۷ را نشان داد.



شکل ۴ - تغییر DS فرآورده‌های CMC منابع گوناگون ضایعاتی با تغییر غلظت NaOH.

برای انجام جایگزینی، با آن واکنش داده و سدیم گلیکولایت تشکیل می‌شود. بنابراین میزان MCA در محیط واکنش کاهش می‌یابد که در نتیجه این امر DS کاهش می‌یابد. به دلیل وزن مولکولی بالاتر گروه‌های کربوکسی‌متیلی جایگزین شده به جای گروه‌های هیدروکسیلی اولیه ساختار سلولز، در طی واکنش کربوکسی‌متیلاسیون افزایش وزنی داریم در نتیجه می‌توان گفت که هرچه DS افزایش یابد، بازده تولید CMC نیز افزایش می‌یابد. نتیجه‌های مربوط به بازده تولید CMC در شکل ۵ نشان داده شده است. این شکل نشان از افزایش بازده با افزایش DS را برای همه منابع سلولزی نشان می‌دهد و تنها نکته قابل بحث راجع به باگاس نیشکر و برگ درخت خرما باقی می‌ماند که با کاهش DS آن‌ها با تغییر غلظت NaOH از مقدار ۳۰٪ به مقدار ۴۰٪ بازده افزایش یافته است که می‌توان دلیل این افزایش بازده را در نتیجه تولید مقدار بالاتر فرآورده‌ی جانبی سدیم گلیکولایت در غلظت بالاتر NaOH و در نتیجه افزایش ناخالصی در آن مربوط دانست که افزایش بازده کاذبی را نتیجه می‌دهد که پس از خالص‌سازی این تغییرها از بین می‌رود.

همچنین از شکل ۵ قابل دیدن است که برای باگاس نیشکر بازده در غلظت بین ۱۰ تا ۲۰ درصد با شیب زیاد افزایش یافته است و برای سایر نمونه‌ها این افزایش در غلظت ۲۰ تا ۳۰ درصد بوده است.

گرانروی و درجه خلوص فرآورده‌های CMC از مهم‌ترین

جدول ۲- گرانروی و خلوص CMC تولید شده از منابع سلولزی گوناگون.

منبع سلولزی تولید CMC	خلوص (%)	ویسکوزیته محلول ۱٪ (سانتی پواز)
باگاس نیشکر	۶۱٫۳	۶٫۸۴
کاه گندم	۷۳٫۲	۱۰٫۸
کاه برنج	۷۴٫۲	۴٫۹۷
خاک اره	۵۸٫۴	۴٫۰۸
برگ درخت خرما	۵۳٫۷	۷٫۷۱

می‌توان گفت که ضایعات سلولزی می‌توانند به عنوان منبع قابل اتکایی برای تولید CMC با گرانروی کم مدنظر قرار گیرند و در انواع صنایع استفاده شوند.

از آنجایی که که فراورده‌ی CMC با مقادیرهای بالاتر از ۰٫۴ در آب محلول است در نتیجه کلیه CMC های نقطه بهینه دلخواه به نظر می‌رسند. پس از خالص‌سازی CMC های بهینه، مقدار گرانروی محلول آبی ۱٪ وزنی آنها تعیین شد که بالاترین گرانروی متعلق به کاه گندم به دست آمد. با توجه به این نتیجه‌ها

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴، ۵/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵، ۱/۳۰

مراجع

- [۱] خواجوی ر، مفتاحی ا، اصفهانی ا.ج، ستاری م، سنتز سلولز میکروبی از سویه بومی و بررسی شبکه نانو الیافی به دست آمده از ساکاریدهای گوناگون، نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران، (۳) ۳۱، ص. ۷۹ (۱۳۹۱).
- [۲] امانی ح، بررسی تولید رامنولپید درون راکتورهای زیستی به عنوان یک مدل توسط گونه *Pseudomonas aeruginosa* NP2، نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران، (۱) ۳۲، ص. ۶۱ (۱۳۹۲).
- [3] Stewart D., Lignin as a Base Material for Materials Applications: Chemistry, Application and Economics, *Ind. Crops Prod.*, **27**(2): 202–207 (2008).
- [4] Varshney V. K., Gupta P. K, Naithani S., Khullar R., Bhatt A., Soni P. L., Carboxymethylation of α -Cellulose Isolated from Lantana Camara with Respect to Degree of Substitution and Rheological Behavior, *Carbohydr. Polym.*, **63**: 40–45 (2006).
- [5] Barai B. K., Singhal R. S., Kulkarni P. R., Optimization of a Process for Preparing Carboxymethyl Cellulose from Water Hyacinth (*Eichornia Crassipes*), *Carbohydr. Polym.*, **32**(96): 229–231 (1997).
- [6] Barba C., Montané D., Rinaudo M., Farriol X., Synthesis and Characterization of Carboxymethylcelluloses (CMC) from Non-Wood Fibers I. Accessibility of Cellulose Fibers and CMC Synthesis, *Cellulose*, **9**(Cmc): 319–326 (2002).
- [7] Sun J. X., Sun X. F., Zhao H., Sun R. C., Isolation and Characterization of Cellulose from Sugarcane Bagasse, *Polym. Degrad. Stab.*, **84**: 331–339 (2004).
- [8] Melia C. D., Hydrophilic Matrix Sustained Release Systems Based on Polysaccharide Carriers., *Crit. Rev. Ther. Drug Carrier Syst.*, **8**(4): 395–421 (1990).

- [9] Heydarzadeh H. D., Najafpour G. D., [Catalyst-Free Conversion of Alkali Cellulose to Fine Carboxymethyl Cellulose at Mild Conditions](#), *World Appl. Sci. J.*, **6**(4): 564–569 (2009).
- [10] Toğrul H., Arslan N., [Production of Carboxymethyl Cellulose from Sugar Beet Pulp Cellulose and Rheological Behaviour of Carboxymethyl Cellulose](#), *Carbohydr. Polym.*, **54**(1): 73–82 (2003).
- [11] Adinugraha M.P., Marseno D.W., [Synthesis and Characterization of Sodium Carboxymethylcellulose from Cavendish Banana Pseudo Stem \(Musa Cavendishii LAMBERT\)](#), *Carbohydr. Polym.*, **62**(2): 164-169 (2005).
- [12] Arslan N., [Flow Properties of Cellulose and Carboxymethyl Cellulose from Orange Peel](#), **81**: 187–199 (2007).
- [13] Bono A., Ying P.H., Yan F.Y., Muei C.L., Sarbatly R., Krishnaiah D., [Synthesis and Characterization of Carboxymethyl Cellulose from Palm Kernel Cake](#), *Adv. Nat. Appl. Sci.*, **3**(1): 5-11 (2009).
- [14] Mandal A., Chakrabarty D., [Isolation of Nanocellulose from Waste Sugarcane Bagasse \(SCB\) and its Characterization](#), *Carbohydr. Polym.*, **86**(3): 1291-1299 (2011).
- [15] Aguilar Vega M., Cruz Ramos C.A., [Properties of Henequen Cellulosic Fibers](#), *J. Appl. Polym. Sci.*, **56**(10): 1245-1252 (1995).
- [16] EYLER R.W., KLUG E.D., DIEPHUIS F., [Determination of Degree of Substitution of Sodium Carboxymethylcellulose](#), *Anal. Chem.*, **19**(1):, 24-27 (1947).
- [17] de Castro G. R., de Alcântara I. L., dos Roldan P., de Bozano D., Padilha M., Florentino O., Rocha J.C., [Synthesis, Characterization and Determination of the Metal Ions Adsorption Capacity of Cellulose Modified with p-Aminobenzoic Groups](#), *Mater. Res.*, **7**(2): 329-334 (2004).