

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دانشکده فنی

گروه مهندسی نساجی

گرایش شیمی نساجی و علوم الیاف

امکان سنجی الکتروریسی بدون سوزن نانوالیاف سلولزی

استخراج شده از کاه برنج

از:

ایمان اسماعیل زاده

اساتید راهنما:

دکتر وحید متقی طلب

دکتر اکبر خداپرست حقی

اسفند

تقدیم به پدر بزرگوار و مادر مهربانم

تقدیر و تشکر

از اساتید ارجمند، جناب آقای دکتر وحید متقی طلب و جناب آقای دکتر اکبر خداپرست حقی به خاطر راهنمایی‌های باارزش و دلسوزی‌های بی‌وقفه‌شان در انجام این پروژه قدردانی می‌کنم.

از مسئولین محترم پارک علم و فناوری استان گیلان برای همکاری‌های بی‌شائبه و خدمات آزمایشگاهی نهایت تشکر را دارم.

از مسئولین محترم آزمایشگاه‌های گروه مهندسی نساجی سرکار خانم مهندس طهماسبی، سرکار خانم مهندس غمگسار و سرکار خانم امام قلی‌پور سپاسگزارم.

و از حمایت و زحمات بی‌دریغ پدر و مادر مهربانم کمال تشکر را دارم.

خ	فهرست شکل‌ها
ر	فهرست جدول‌ها
ز	فهرست معادله‌ها
س	چکیده فارسی
ش	چکیده انگلیسی

فصل اول: مقدمه و مروری بر منابع

۲	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- ضایعات کشاورزی
۳	۳-۱- سلولز
۵	۱-۳-۱- سلولز حاصل از منابع تجدید پذیر و گیاهان علفی
۸	۲-۳-۱- کاه برنج، سومین پسماند کشاورزی جهان
۸	۳-۳-۱- استخراج سلولز از کاه برنج
۹	۴-۱- نانو ساختار های سلولزی
۱۰	۵-۱- حلال های متداول سلولز
۱۰	۶-۱- حلال زیست سازگار سلولز
۱۱	۱-۶-۱- انحلال سلولز در محلول های یونی
۱۱	۲-۶-۱- انحلال سلولز در محلول های آبی
۱۲	۷-۱- به کار گیری حلال زیست سازگار
۱۲	۸-۱- انواع کاربرد های نانوالیاف سلولزی تهیه شده به روش الکتروریسی
۱۳	۹-۱- اهمیت استفاده از فیلتر

- ۱۰-۱- کاربرد نانوالیاف در فیلتر ۱۳
- ۱۱-۱- اثر قطر نانوالیاف در فیلتراسیون ۱۵
- ۱۲-۱- اثر تخلخل نانوالیاف الکترورسی شده در فیلتراسیون ۱۷
- ۱۳-۱- شرکت های تولیدکننده تجاری فیلترهای نانو لیفی ۱۷
- ۱۴-۱- تشریح کلی بخش های پایان نامه ۱۹

فصل دوم: الکترورسی بدون سوزن

- ۱-۲- الکترورسی ۲۱
- ۲-۲- الکترورسی سوزنی ۲۱
- ۳-۲- استفاده از نانوالیاف در مقیاس صنعتی ۲۴
- ۱-۳-۲- تاریخچه الکترورسی بدون سوزن ۲۵
- ۴-۲- الکترورسی بدون سوزن ۲۶
- ۵-۲- اسپینرت ها برای الکترورسی بدون سوزن ۲۷
- ۱-۵-۲- اسپینرت های چرخشی ۲۷
- ۱-۱-۵-۲- اسپینرت های سیلندری، توپی و دیسکی ۲۸
- ۲-۱-۵-۲- اسپینرت حلقه ی مارپیچ ۲۹
- ۳-۱-۵-۲- اسپینرت زنجیره مهره دار ۳۰
- ۴-۱-۵-۲- اسپینرت غلتک چرخشی در الکترورسی رو به پایین ۳۱
- ۵-۱-۵-۲- اسپینرت مخروطی ۳۲
- ۲-۵-۲- اسپینرت های ثابت (ساکن) ۳۳
- ۱-۲-۵-۲- استفاده از سیال مغناطیسی به عنوان اسپینرت ۳۴
- ۲-۲-۵-۲- استفاده از دمش گاز به عنوان اسپینرت ۳۶
- ۳-۲-۵-۲- اسپینرت حلقه ی سیم پیچ مخروطی ۳۷

۳۹	..... ۲-۵-۴- اسپینرت صفحه‌ی زاویه‌دار
۴۰	..... ۲-۵-۵- اسپینرت سیلندری ثابت
۴۲	..... ۲-۶- مقایسه کلی اسپینرت‌های چرخشی و ثابت
۴۴	..... ۲-۷- مقایسه بین اسپینرت سیلندری و دیسکی
۴۵	..... ۲-۷-۱- آنالیز میدان الکتریکی اسپینرت‌های سیلندری و دیسکی
۴۶	..... ۲-۷-۲- مقایسه‌ی بازدهی اسپینرت‌های دیسکی و سیلندری در تولید نانوالیاف PVA
۴۷	..... ۲-۸- بررسی نحوه تولید نانوالیاف با استفاده از اسپینرت حلقه‌ای مارپیچ
۴۸	..... ۲-۹- مقایسه‌ی بازدهی و قطر نانوالیاف PAN برای اسپینرت‌های حلقه‌ای، سیلندری، دیسکی و سوزنی

فصل سوم: تشریح روش های آزمایشگاهی

۵۱	..... ۳-۱- مقدمه
۵۲	..... ۳-۲- تهیه محلول ریسندگی سلولز / آب
۵۲	..... ۳-۳- تعیین مشخصه‌های محلول ریسندگی
۵۲	..... ۳-۳-۱- کشش سطحی محلول پلیمری
۵۳	..... ۳-۳-۲- هدایت الکتریکی محلول‌های پلیمری
۵۴	..... ۳-۳-۳- ویسکوزیته ی محلول‌های پلیمری
۵۴	..... ۳-۴- استفاده از نمک لیتیم کلراید
۵۴	..... ۳-۵- استفاده از دترجنت آنیونیک
۵۵	..... ۳-۶- استفاده از گلیسرین
۵۵	..... ۳-۷- استفاده از پلیمر کمکی پلی وینیل الکل
۵۵	..... ۳-۷-۱- تهیه محلول بهینه سلولز / آب و بررسی افزودن پلیمر کمکی پلی وینیل الکل
۵۶	..... ۳-۸- فرایند الکترورسی
۵۷	..... ۳-۸-۱-۱- دستگاه الکترورسی بدون سوزن

- ۳-۸-۲- الکترورسی محلول‌های پلیمری ۶۱
- ۳-۹-۹- تشخیص تشکیل و بهینه‌سازی نانوالیاف..... ۶۴
- ۳-۹-۱- تشخیص تشکیل نانوالیاف با استفاده از میکروسکوپ نوری..... ۶۴
- ۳-۹-۲- تشخیص مورفولوژی نانوالیاف با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی ۶۴
- ۳-۹-۳- طیفسنجی مادون قرمز کامپوزیت نانوالیاف تولیدی ۶۴
- ۳-۱۰-۱- تکنیک‌های مورد استفاده در تعیین مشخصه‌های وب نانو لیفی برای کاربرد در فیلتر ۶۴
- ۳-۱۰-۱- اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری هوا ۶۴
- ۳-۱۰-۲- اندازه‌گیری قطر و تخلخل نانوالیاف ۶۵

فصل چهارم: نتایج و بحث

- ۴-۱-۱- بررسی پارامترهای محلول‌های سلولز..... ۶۸
- ۴-۱-۱- افزایش نمک لیتیم کلراید به محلول سلولز / آب ۶۹
- ۴-۱-۲- افزایش دترجنت آنیونیک به محلول سلولز / آب..... ۷۰
- ۴-۲-۲- بررسی پارامترهای ریسندگی در تولید نانوالیاف سلولزی از محلول سلولز/آب با DXY..... ۷۱
- ۴-۲-۱- بررسی اثرات هر یک از عامل‌ها در فراوانی نانوالیاف با نمودار اثرات اصلی..... ۷۷
- ۴-۲-۲- بررسی اثرات متقابل عوامل در فراوانی نانوالیاف ۷۸
- ۴-۲-۳- بهینه کردن آزمایش ۶۸
- ۴-۲-۴- نتیجه‌گیری ۸۲
- ۴-۳- استفاده از گلیسرین به عنوان یک نرم‌کننده..... ۸۳
- ۴-۴- استفاده از پلیمر کمکی پلی وینیل الکل..... ۸۴
- ۴-۴-۱- افزودن پلی وینیل الکل به محلول ۰/۶۳٪ سلولز حاوی ۱۰ سی سی دترجنت و ۱٪ نمک لیتیم کلراید..... ۸۴
- ۴-۵- نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی روبشی..... ۸۶
- ۴-۶- میزان بازدهی دستگاه الکترورسی بدون سوزن..... ۹۱

۷-۴- طیف‌سنج مادون قرمز کامپوزیت نانوالیاف ۶۰٪ سلولز و پلیمر کمکی پلی وینیل الکل..... ۹۲

۸-۴- تخلخل..... ۹۳

۹-۴- بررسی نفوذپذیری هوا بر روی نمونه‌ها..... ۹۹

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱-۵- نتیجه‌گیری..... ۱۰۳

۲-۵- پیشنهادات..... ۱۰۴

فهرست مراجع..... ۱۰۶

پیوست ها..... ۱۱۲

فصل اول : مقدمه و مروری بر منابع

- شکل ۱-۱- ساختار شیمیایی زنجیر سلولزی ۴
- شکل ۲-۱- تصویر شماتیکی از پیوندهای هیدروژنی ساختار سلولز ۵
- شکل ۳-۱- طبقه‌بندی منابع سلولز ۶
- شکل ۴-۱- ساختار شیمیایی سلولز -۴- پلیکواترنیوم ۱۲
- شکل ۵-۱- افزایش کارایی فیلتر با کاهش در قطر الیاف ۱۴
- شکل ۶-۱- اثر قطر الیاف در مساحت سطحی وب لیفی ۱۶

فصل دوم : الکتروریسی بدون سوزن

- شکل ۱-۲: تصویر مرکزی یک دستگاه متداول الکتروریسی با سوزن، و تصاویر بیرونی تصاویر نانوالیاف با مورفولوژی مختلف را نشان می‌دهد. (a) الیاف بید دار یا مهره‌دار (b) الیاف مدور (c) الیاف با سطح متخلخل (d) الیاف شیاردار (e) روبانی (f) الیاف چند کاناله (g) الیاف سایید بای سایید (پهلوه به پهلو) (h) الیاف مجعد (i) الیاف هالو(توخالی) (j) الیاف هسته پوسته (a ~ f) با دستگاه الکتروریسی سوزنی گزارش شده است، (j ~ a) عمدتاً بوسیله اسپینرت سوزنی مخصوص الکتروریسی شده‌اند. ۲۲
- شکل ۲-۲: نقشه کاربرد نانوالیاف الکتروریسی شده ۲۴
- شکل ۳-۲: خلاصه‌ای شماتیک از اسپینرت‌های چرخشی بدون سوزن ۲۸
- شکل ۴-۲: تصاویر فرایند الکتروریسی سیلندری، دیسکی و توپی ۲۹
- شکل ۵-۲: (a) تصویری از اسپینرت حلقه‌ای ماریچ و فرایند الکتروریسی، (b) تصویری از پوشش نانوالیاف پلی‌اکریلونیتریل (PAN) تولیدشده به وسیله الکتروریسی حلقه‌ای و (c) تصویر SEM از نانوالیاف PAN الکتروریسی شده با اسپینرت حلقه‌ای (طول مقیاس: ۱۰ μm) ۳۰
- شکل ۶-۲: طرح شماتیک از دستگاه الکتروریسی بدون سوزن روبه پایین با استفاده از غلتک چرخشی به عنوان اسپینرت ۳۱
- شکل ۷-۲: (a) طرح شماتیک از دستگاه الکتروریسی با مخروط چرخشی (تصاویر SEM از نانوالیاف PVP جمع شده، سرعت چرخش مخروط = ۱۰۰ rpm، ولتاژ = ۳۰ kV، فاصله کالکتور = ۲۰ cm، خروجی محلول = ۱۰ g/min) (b) توزیع قطر الیاف الکتروریسی شده سوزنی (c) توزیع قطر الیاف الکتروریسی شده با مخروط چرخشی ۳۳
- شکل ۸-۲: خلاصه‌ای شماتیک از اسپینرت‌های بدون سوزن ثابت (جهت الکتروریسی در جهت خط قرمز کشیده شده است) ۳۴
- شکل ۹-۲: تصاویر جوانب مختلف از وجود محلول پلیمری بر روی سیال مغناطیسی و تشکیل مخروط های تیلور اولیه ۳۵
- شکل ۱۰-۲: نمای شماتیک از دستگاه الکتروریسی مورد استفاده توسط یارین و زوسمان (a) لایه مایع مغناطیسی (b) لایه محلول پلیمری (c) الکتروود معکوس که در فاصله H از سطح پلیمر قرار دارد (d) الکتروود غوطه‌ور شده در سیال مغناطیسی (e) منبع ولتاژ بالا (f) ۳۶

- آهنربای قوی ۳۶
- شکل ۱۱-۲: تصویری از فرایند الکتروریسی حبابی ۳۷
- شکل ۱۲-۲(الف): طرح شماتیک از دستگاه الکتروریسی سیم‌پیچی مخروطی (ب) تصویر فرایند الکتروریسی (ج) نحوه تشکیل جت در سطح مخروط ۳۸
- شکل ۱۳-۲: مقایسه بین الکتروریسی سوزنی با الکتروریسی سیم‌پیچ مخروطی ۳۸
- شکل ۱۴-۲: تصویر شماتیک از الکتروریسی با صفحه‌ی لبه‌ای ۳۹
- شکل ۱۵-۲: نحوه تشکیل جت‌های اولیه محلول پلیمری پلی‌اتیلن اکساید در الکتروریسی با صفحه‌ی لبه‌ای ۴۰
- شکل ۱۶-۲(الف): طرح شماتیک دستگاه الکتروریسی با سیلندر ثابت (ب) شبیه‌سازی میدان الکتریکی در سطح سیلندر ثابت ۴۱
- شکل ۱۷-۲: تشکیل جت در سطح سیلندر ثابت ۴۱
- شکل ۱۸-۲: دستگاه الکتروریسی برای اسپینرت دیسکی و سیلندری و تصاویری از دو فرایند الکتروریسی ۴۴
- شکل ۱۹-۲: منحنی میدان الکتریکی در اطراف (a) نازل سیلندری (b) نازل دیسکی ۴۵
- شکل ۲۰-۲: بازدهی نانوالیاف در شرایط مختلف (a) ولتاژ اعمالی (PVA=۹ wt %) و (b) غلظت PVA (ولتاژ = ۵۷ kV) ۴۶
- شکل ۲۱-۲: (a) طرح شماتیک دستگاه الکتروریسی حلقه‌ای مارپیچ (b) بزرگنمایی تصویر حلقه، تصاویری از فرایند الکتروریسی حلقه‌ای مارپیچ (c) تصویر جلو (d) تصویر کناری ۴۷
- شکل ۲۲-۲: منحنی شدت میدان الکتریکی اسپینرت حلقه‌ای ۴۸
- شکل ۲۳-۲: قطر های الیاف الکتروریسی شده PAN و بازدهی ۴۸

فصل سوم : تشریح روش های آزمایشگاهی

- شکل ۱-۳: تصویر تجهیزات بکار رفته برای اندازه‌گیری و مقایسه کشش سطحی محلولهای ریسندگی ۵۳
- شکل ۲-۳: نمای کلی دستگاه الکتروریسی نیمه‌صنعتی بدون سوزن ۵۶
- شکل ۳-۳: نمای داخلی از دستگاه الکتروریسی بدون سوزن ۵۷
- شکل ۴-۳: حمام نگهداری محلول ریسندگی در دستگاه الکتروریسی بدون سوزن ۵۸
- شکل ۵-۳: اسپینرت سیلندری و دیسکی استفاده‌شده در این پروژه ۵۹
- شکل ۶-۳: منحنی شدت میدان الکتریکی اسپینرت‌های سیلندری، دیسکی ۵۹
- شکل ۷-۳: کنترل پنل دستگاه برای کنترل پارامترهای مختلف در حین الکتروریسی ۶۰
- شکل ۸-۳: نمای شماتیک از دستگاه الکتروریسی بدون سوزن استفاده‌شده در این تحقیق ۶۱
- شکل ۹-۳: A: تصویر اصلی، B، C و D به ترتیب لایه سطحی، میانی و عمقی ۶۵

فصل چهارم : بحث و نتایج

- شکل ۱-۴: تهیه محلول‌های شفاف سلولز ۶۸

- شکل ۲-۴: تصاویر میکروسکوپ نوری از نانوالیاف سلولزی ۷۳
- شکل ۳-۴: نمودار فرض نرمال در مقابل مقادیر باقیمانده ۷۵
- شکل ۴-۴: نمودار مقادیر پیش‌بینی‌شده در مقابل مقادیر واقعی ۷۵
- شکل ۵-۴: نمودار اثرات اصلی عامل‌ها ۷۸
- شکل ۶-۴: اثر متقابل سرعت و فاصله بر فراوانی نانوالیاف ۷۹
- شکل ۷-۴: نمودار اثر متقابل بین ولتاژ و فاصله بر فراوانی نانوالیاف ۸۰
- شکل ۸-۴: نمودار اثر متقابل بین ولتاژ و سرعت در فراوانی نانوالیاف ۸۱
- شکل ۹-۴: مقادیر بهینه سرعت، فاصله و ولتاژ برای بیش‌ترین تولید نانوالیاف ۸۲
- شکل ۱۰-۴: تصویر طیف مادون‌قرمز مربوط به نمونه ۹۲
- شکل ۱۱-۴: تصویر اصلی نمونه D۱ ۹۴
- شکل ۱۲-۴: هیستوگرام تصویر اصلی نمونه D۱ ۹۴
- شکل ۱۳-۴: حالت دوتایی بر اساس سطح آستانه ۱ با تخلخل ۷۹٪ ۹۶
- شکل ۱۴-۴: حالت دو تایی بر اساس سطح آستانه ۲ با تخلخل ۴۷٪ ۹۶
- شکل ۱۵-۴: حالت دوتایی بر اساس سطح آستانه ۳ با تخلخل ۱۴٪ ۹۷

فصل اول : مقدمه و مروری بر منابع

جدول ۱-۱- مقادیر سلولز، همی سلولز و لیگنین موجود در منابع لیگنوسلولزی ۷

جدول ۱-۲- مروری بر تهیه میکروالیاف و نانوالیاف سلولزی از کاه برنج ۹

فصل دوم: الکترورسی بدون سوزن

جدول ۱-۲: مقایسه کلی انواع مختلف از اسپینرت‌های الکترورسی بدون سوزن ۴۲

فصل سوم: تشریح روش های آزمایشگاهی

جدول ۱-۳: حدود پارامترهای الکترورسی تعریف شده برای نرم افزار DX۷ ۶۱

جدول ۲-۳: جدول آزمایش های طراحی شده با نرم افزار DX۷ ۶۳

فصل چهارم: نتایج و بحث

جدول ۱-۴: نتایج حاصل از کشش سطحی، رسانایی و ویسکوزیته محلول های سلولز ۶۸

جدول ۲-۴: نتایج حاصل از افزایش نمک لیتیم کلراید به محلول ۰/۶۳٪ سلولز در آب ۷۰

جدول ۳-۴: نتایج حاصل از اثر دترجنت آنیونیک بر پارامترهای محلول ۰/۶۳٪ سلولز ۷۰

جدول ۴-۴: متغیر های پاسخ و مقیاس آن ها در نرم افزار DX۷ ۷۱

جدول ۵-۴: نتایج حاصل از فراوانی الیاف بر روی اسلاید شیشه‌ای با بررسی تصاویر میکروسکوپ نوری ۷۲

جدول ۶-۴: نتایج آزمون نمونه های برازش یافته ۷۴

جدول ۷-۴: نتایج تجزیه و تحلیل واریانس ۷۶

جدول ۸-۴: اثر گلیسیرین بر پارامترهای رسانایی، کشش سطحی و ویسکوزیته محلول سلولز ۸۳

جدول ۹-۴: تأثیر افزایش دترجنت و گلیسیرین بر کشش سطحی، رسانایی و ویسکوزیته ی محلول سلولز ۰/۹٪ ۸۴

جدول ۱۰-۴: جدول الکترورسی نمونه سلولز / پلی وینیل الکل ۸۵

جدول ۱۱-۴: نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی روبشی ۸۷

جدول ۱۲-۴: میزان بازدهی دستگاه الکترورسی بدون سوزن و مقایسه آن با الکترورسی بدون سوزن ۹۱

جدول ۱۳-۴: مقادیر آستانه به دست آمده برای سه لایه ۹۵

جدول ۱۴-۴: درصد تخلخل نمونه D۱ ۹۷

جدول ۴-۱۵: درصد تخلخل سایر نمونه‌ها	۹۸
جدول ۴-۱۶: نام‌گذاری نمونه‌های الکتروریسی شده در دو بازه زمانی ۳۰ و ۶۰ دقیقه	۹۹
جدول ۴-۱۷: بیشینه و کمینه نفوذپذیری	۱۰۰

فهرست معادله‌ها

صفحه

عنوان

فصل اول : مقدمه و مروری بر منابع

معادله ۲-۱	۲۶
------------------	----

فصل سوم: تشریح روش های آزمایشگاهی

معادله ۳-۱	۵۳
------------------	----

فصل چهارم: نتایج و بحث

معادله ۴-۱	۹۳
------------------	----

امکان سنجی الکتروریسی بدون سوزن نانوالیاف سلولزی استخراج شده از کاه برنج

ایمان اسماعیل زاده

امروزه استفاده از نانوالیاف سلولزی، با توجه به دسترس بودن منابع آن، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. نانوالیاف سلولزی با توجه به هزینه تولید پایین، استحکام، مدول و میزان جذب بالا دارای ویژگی های مناسب برای استفاده در فیلتر می باشند. در این تحقیق از سلولز استخراج شده از کاه برنج که منبع تجدید پذیر، فراوان و ارزان است به عنوان پلیمر و برای تولید نانوالیاف سلولزی از دستگاه الکتروریسی بدون سوزن استفاده شده است. سیستم الکتروریسی تک سوزنه بهره وری خیلی کمی دارد (به ازای هر سوزن کمتر از 300 mg/h) و برای تهیه فیلتر مناسب نخواهد بود. برای استفاده از نانوالیاف در مقیاس نیمه صنعتی و تولید فیلتر باید وب در مقیاس بزرگ تر از فاز آزمایشگاهی تهیه شود. به همین منظور از الکتروریسی بدون سوزن استفاده می شود. در ابتدا با بررسی کشش سطحی، ویسکوزیته و هدایت الکتریکی محلول های سلولز، نمونه ای را که دارای کشش سطحی پایین تر، هدایت الکتریکی و ویسکوزیته ی مناسب تر بود، برای الکتروریسی انتخاب شد. برای بررسی پارامترهای الکتروریسی روی محلول انتخابی، الکتروریسی با دستگاه الکتروریسی بدون سوزن با توجه به آزمایش های طراحی شده با نرم افزار DXV انجام شد. در ادامه برای تسهیل در تولید نانوالیاف سلولزی و بررسی کاربرد آن برای فیلتر از پلیمر کمکی، پلی وینیل الکل استفاده شد. پلی وینیل الکل به عنوان یک پلیمر زیست سازگار با قابلیت انحلال در آب مورد استفاده قرار گرفت. برای الکتروریسی از محلول 0.63% درصد وزنی/ حجمی با نسبت 60 به 40 سلولز به پلی وینیل الکل استفاده شد. نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داد که نمونه $D1$ با سرعت 9 دور بر دقیقه، ولتاژ 55KV ، دما 41 درجه سانتیگراد و فاصله 10 سانتی متر دارای میانگین قطری $89/4$ نانومتر است که نسبت به سایر نمونه ها دارای میانگین قطری کمتر است. به منظور بررسی کاربرد کامپوزیت نانوالیاف تولیدی در فیلتر، تخلخل تمام نمونه های الکتروریسی اندازه گیری شد. تست نفوذپذیری با توجه به استحکام ضعیف وب نانوالیاف تولید شده، تنها بر روی نمونه $D1$ انجام گرفت و این نمونه در دو مدت زمان الکتروریسی، 30 و 60 دقیقه، نفوذپذیری مناسبی را نشان داد. نتایج طیف سنجی مادون قرمز نیز حاکی از وجود گروه های مشخصه سلولز در کامپوزیت نانوالیاف تولیدی بود.

کلمات کلیدی: الکتروریسی بدون سوزن، کاه برنج، نانوالیاف سلولزی، فیلتر

Abstract

Needle less electrospinning of cellulose nanofiber from rice straw in a semi- industrial scale: A feasibility study

Iman esmaeilzade

Nowadays the use of cellulose nanofibers due to the availability of resources, it is of interest to many. Cellulose nanofibers due to the low production cost, high strength, high modulus and absorption features are suitable for use in filtering. The study of cellulose, which is extracted from rice straw as source of renewable, abundant and inexpensive as the polymer and for the production of cellulose nanofibers is used from needle less electrospinning device. Single needle electrospinning system efficiency is very low (less than 0.5 g/hr per needle) and to provide filtering will be unsuitable. To use the semi-industrial scale of nanofibers and production of filter, web should be prepared on a larger scale in phase laboratory. For this purpose, are used the needleless electrospinning. In the first, study of surface tension, viscosity and electrical conductivity of aqueous solutions of cellulose, a sample that has a lower surface tension, electrical conductivity and viscosity was more suitable for electrospinning selected. For of studying electrospinning parameters on the selected solution, electrospinning with needle less electrospinning device, according to design experiments with the software DXV were performed. Continue to facilitate the production of cellulose nanofibers and investigate its application to the filter aid polymer, polyvinyl alcohol was used. Polyvinyl alcohol was used as a bio-compatible polymer solubility in water. For electrospinning were used of solution 0.5 wt% with ratio of 10 to 10 cellulose to polyvinyl alcohol. Scanning electron microscopy results showed that the sample D1 with 9rpm, voltage 0.5kv, 10°C temperature and 10 cm distance is have an average diameter of 100nm who compared to the other samples is lower than the average diameter. To evaluate the use of composite nanofibers produced in filter, porosity was measured in all samples. Penetration testing due to the weak strength of the Web nanofibers only on sample of D1 was performed and the samples 30 and 60 minutes in duration electrospinning showed good permeability. The results infrared spectroscopy also suggest the existence of groups characterized of cellulose in composite nanofibers produced.

Keyword: Cellulose nanofiber, needle less electro spinning, rice straw, filter

فصل اول

مقدمه و مروری بر منابع

۱-۱- مقدمه

افزایش مصرف مواد بر پایه سوخت های فسیلی باعث نابودی محیط زیست و نگرانی جهانی به عنوان یک تهدید برای نسل بشر شده است. تولید کامپوزیت ها و پلاستیک ها از مواد خام زیست تجزیه پذیر به عنوان یک ماده جدید برای جایگزینی پلیمرهای مصنوعی و کاهش وابستگی جهانی به سوخت های فسیلی مورد توجه قرار گرفته است. در حال حاضر سلولز با تولید سالیانته نزدیک به $10^{12} \times 1/5$ تن در طبیعت، از فراوان ترین پلیمرهای موجود در سرتاسر جهان بشمار می رود. سلولز به عنوان یک پلیمر با پتانسیل بالا به منظور جایگزینی پلیمرهای بر مبنای بنزین مطرح است و این به واسطه خواص بی نظیر آن مثل زیست تجزیه پذیری^۱، زیست سازگاری^۲ و تجدید پذیری^۳ است. گیاه و چوب از مهم ترین منابع الیاف سلولزی به شمار می روند. از این بین، نانوالیاف سلولزی تهیه شده از گیاه با توجه به فراوانی و تجدید پذیری منبع ماده اولیه از اهمیت بسزایی برخوردار است. نانوالیاف سلولزی با دارا بودن ویژگی های برتر همچون نسبت سطح به حجم بالا، استحکام کششی، سختی و انعطاف پذیری بالا به همراه پایداری حرارتی و الکتریکی مناسب با سایر الیاف تجاری قابل مقایسه است [۱-۴]. نانوالیاف سلولز بر پایه منابع طبیعی دارای پتانسیل کاربرد زیادی در تهیه کامپوزیت های بهبوددهنده، لایه های نازک زیست تجزیه پذیر، جذب کننده ها، فیلترها و غیره دارند. الکتروریسی یکی از راه های تولید الیاف در مقیاس نانو است. روش الکتروریسی در سال های اخیر به واسطه تنوع و پتانسیل کاربرد در حوزه های مختلف رشد سریعی پیدا کرده است. با این حال تهیه غشاهای لیفی^۴ سلولز به غیر از مشتقاتش از راه الکتروریسی سخت است چون سلولز را نمی توان به همین راحتی در حلال های معمول به واسطه بلورینگی^۵ بالا که وابسته به شبکه گسترده پیوندهای هیدروژنی آن است، حل کرد [۵-۷]. تاکنون چندین سیستم حلال مستقیم بدین منظور کشف و بهینه سازی شده اند و این در حالی است که قیمت و سمی بودن حلال، نیاز به دمای بالا برای انحلال و نیاز به حمام انعقاد از مشکلات پیش رو در الکتروریسی مستقیم سلولز است. از این رو در سال های اخیر با توجه به کاربردهای متنوع نانوالیاف سلولزی در فیلتراسیون، زیست پزشکی و کامپوزیت های نانو لیفی معرفی حلال مستقیم و زیست سازگار، ارزان، در دسترس، با فرایند انحلال و ریسندگی آسان برای تولید نانوالیاف سلولزی به روش الکتروریسی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است.

^۱. biodegradable

^۲. biocompatible

^۳. renewable

^۴. fiber membranes

^۵. crystallinity

۱-۲- ضایعات کشاورزی

با وجود اینکه بیش از ۵۰٪ از ۷۰ میلیون تن الیاف مصرفی سالیانه در جهان از منابع نفتی است، تلاش‌های اندکی برای یافتن منابع جایگزین جدید انجام شده است. هزینه و میزان در دسترس بودن الیاف در کاربردهای متداول تعیین‌کننده می‌باشند. برای مثال قیمت پلی‌استر که متداول‌ترین لیف مصنوعی است در دهه اخیر به بیش از دو برابر افزایش یافته است و در آینده انتظار داریم به بیش از این میزان نیز برسد. کشت الیاف طبیعی مانند پنبه نیز در حال کاهش است زیرا کشاورزان کشت محصولاتی مانند ذرت و سویا که بازده اقتصادی بهتری نسبت به محصولات لیفی دارند را ترجیح می‌دهند. این محدودیت‌ها ما را ناگزیر به یافتن منابع جدیدی برای تولید الیاف در آینده نزدیک می‌کند [۸].

اصلی‌ترین محصولات حبوبات در جهان ذرت، گندم، برنج و سویا هستند. این محصولات حدود ۲۲۰۰ میلیون تن محصولات جانبی مناسب را برای تولید الیاف در دسترس قرار می‌دهند. حتی با استفاده از ۱۰٪ این محصولات جانبی برای تولید الیاف و با این فرض که در حدود ۲۰٪ (درصد وزنی) الیاف تکنیکی با کارایی بالا از این محصولات جانبی قابل دستیابی است، در سال بیش از ۴۰ میلیون تن الیاف از این محصولات جانبی حاصل خواهند شد. تولید ۴۰ میلیون تن الیاف از این محصولات جانبی کم ارزش، ۵۷٪ از مصرف سالیانه الیاف در جهان (۷۰ میلیون تن) را به خود اختصاص می‌دهد که بسیار قابل توجه است. چهار محصول اشاره شده در بالا در همه جا موجود می‌باشند و محصولات جانبی آن‌ها در حال حاضر کاربرد خاصی ندارد، لذا استفاده از آن‌ها به عنوان منبع تولید الیاف موجب افزایش ارزش این محصولات گردیده و همچنین منبع ارزان، فراوان و تجدیدشونده برای تولید الیاف حاصل خواهد شد. البته باقی ماندن برخی از این محصولات جانبی روی زمین موجب حاصلخیزی خاک می‌شود. می‌توانیم ۳۰-۵۰٪ از این محصولات جانبی را از مزارع برطرف نماییم، بدون اینکه موجب فرسودگی خاک گردد و زمین را تحت تأثیر قرار دهد [۹، ۱۰].

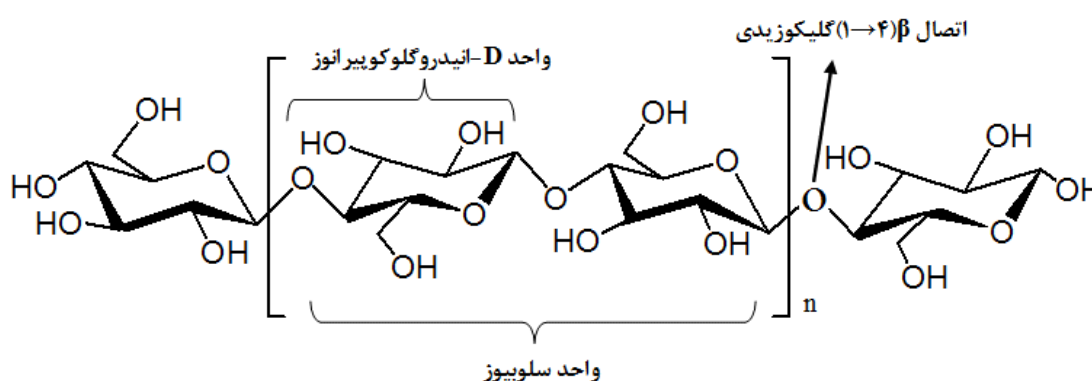
۱-۳- سلولز

سلولز یک جزء آلی موجود در بخش ساختاری دیواره سلولی بسیاری از گیاهان است که مولکول‌های سلولز در آن به صورت یک بدنه یا داربست^۱ قوی از توده‌ی کریستالی نانو مقیاس^۲ قرار دارد. این ساختار پایدار عمدتاً به وسیله پیوندهای هیدروژنی درون و بیرون مولکولی فراهم می‌شود. این مناطق بلورین خواص مکانیکی بسیار قوی را در جهت طولی یعنی مدول

۱. scaffold

۲. nano-scale

الاستیک^۱ ۱۳۸GPa و ضریب انبساط گرمایی^۲ $1/K \times 10^{-5} \times 0.6$ را ایجاد می‌کند [۱۱، ۱۲]. در صنعت از سلولز عمدتاً برای ساخت کاغذ و مقوا استفاده می‌شود اما اخیراً محققان علاقه بسیاری به آن پیدا کرده‌اند و این به واسطه‌ی بلورینگی بسیار بالای نانوالیاف سلولزی و فراوانی موجود در بدنه‌ی گیاهان طبیعی است. سلولز از لحاظ ساختاری یک هوموپلیمر سیندیوتاکتیک^۳ خطی و متشکل از پیوندهای β -(۱ \rightarrow ۴) - گلایکوزید متصل به واحدهای D- آن‌هیدرو گلوکوپیرانوز^۴ است. آلفا سلولز با ساختار فیبریله توأم با درصد بلوری بالا، نقش موثری را در تأمین استحکام مکانیکی دیواره سلولی گیاه ایفا می‌کند و از سوی دیگر وجود پیوندهای هیدروژنی درون مولکولی و بین مولکولی بر پایداری شیمیایی و مکانیکی آن افزوده است. سلولز با فرمول شیمیایی $C_6nH_{10n+2}O_{5n+1}$ (n درجه پلیمریزاسیون گلوکز) نشان داده می‌شود. [۱۳]. ساختار شیمیایی و پیوندهای هیدروژنی موجود در ساختار آن به ترتیب در شکل ۱-۱ و شکل ۲-۱ نشان داده شده است.



شکل ۱-۱- ساختار شیمیایی زنجیر سلولزی [۱۳]

۱. elastic modulus
۲. thermal expansion coefficient
۳. Syndiotactic
۴. D-anhydroglucopyranose