

الله أكبر



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گیلان

دانشکده مهندسی چوب و کاغذ

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته
صنایع خمیر و کاغذ

تولید و ارزیابی خمیر حل شونده از پوست کنف با استفاده از فرآیند سودا-آنتراکینون

پژوهش و نگارش:

محمد حسین اسماعیلی

استاد راهنما:

دکتر احمدرضا سرائیان

اساتید مشاور:

دکتر حسین رسالتی

دکتر محمدرضا دهقانی فیروزآبادی

تابستان ۱۳۹۳

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه انجام فعالیت‌های پایان‌نامه‌های تحصیلی با بهره‌گیری از حمایت‌های علمی، مالی و پشتیبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان صورت می‌پذیرد، به منظور رعایت حقوق دانشگاه، نسبت به رعایت موارد زیر متعهد می‌شوم:

۱. این گزارش حاصل فعالیت‌های علمی- پژوهشی و دانش و آگاهی نگارنده است

مگر آنکه در متن به نویسنده یا پدید آورنده اثر ارجاع داده شده باشد.

۲. چاپ هر تعداد نسخه از پایان‌نامه با کسب اجازه کتبی از مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه خواهد بود.

۳. انتشار نتایج پایان‌نامه به هر شکل (از قبیل کتاب، مقاله و همایش) با اطلاع و کسب اجازه کتبی از استاد راهنما خواهد بود. نام کامل دانشگاه:

به فارسی: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

و به انگلیسی: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

در بخش آدرس‌دهی درج خواهد شد.

۴. در انتشار نتایج پایان‌نامه در قالب اختراع، اکتشاف و موارد مشابه، نام کامل دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به عنوان عضو حقوقی در انتهای فهرست اسامی درج گردد.

۵. تعیین ترتیب اسامی نویسندگان در انتشار نتایج مستخرج از پایان‌نامه و هر گونه تفاوت احتمالی در آن با فهرست مصوب اسامی هیات راهبری پایان‌نامه با تایید استاد راهنمای اول خواهد بود.

اینجانب محمد حسین اسماعیلی دانشجوی رشته صنایع خمیر و کاغذ مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی و امضاء

تقدیم بہ

پدرم، بلند تکیہ گاہم، کہ ہموارہ چتر مجتہش بر سرم است
بزرگواری کہ الفبای زندگی را از او آموختم.

مادرم، دلسوزم، کہ دامن پر مهرش یگانہ بناہم است
مہربانی کہ عشق ورزیدن را از او آموختم.

سکرو قدردانی

حمو پاس از آن خداوندیست که انسان را به زیور دانش آراست تا با نذیشدن و تامل راه درست زیستن را بیاموزد. و طیفه خودی دانم صمیمانه ترین مراتب قدردانی را تقدیم محضر یکایک عزیزانی نمایم که به نحوی در تکمیل این پیمان نامه مرایاری نمودند.

از پدر و مادر عزیزم...

این دو معلم بزرگوارم... که همواره بر کوتاهی و درستی من، قلم عنو کشیده و گریانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاور بی چشم داشت برای من بوده اند؛

از استاد با کمالت و ساینه؛ جناب آقای دکتر احمد رضا سمرانیان که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از بیچ گلی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این پیمان نامه را بر عهده گرفتند؛

از اساتید صبور و باتقوا؛ جناب آقایان دکتر حسین رسالتی و دکتر محمد رضا دهقانی فیروز آبادی که زحمت مشاوره این پیمان نامه را متقبل شدند و بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوبی نمی رسید؛ و از استاد فرزانه و دلسوز؛ جناب آقایان دکتر علی قاسمیان و دکتر ایاس افرا که زحمت داوری این پیمان نامه را متقبل شدند؛ کمال سکرو قدردانی را دارم. باشد که این خردترین، نحشی از زحمات آنان را پاس گوید.

بچنین از جناب آقای مهندس علی خلیلی بر پاس همه زحمات بیدر نشان در تمامی مراحل اجرایی این پیمان نامه نهایت سکرو دارم.

از همه مسئولین و کارکنان آزمایشگاه چوب و کاغذ دانشگاه کرگان به ویژه سرکار خانم مهندس حسین خانی به خاطر همه راهنمایی ها و زحماتشان سپاسگزارم.

از همه دوستان و خویم به ویژه آقای سعیدی پور و خانم بهادری و گرمی به خاطر دوست بودنشان و خوب بودنشان قدر دانم و از خداوند متان برایشان

آرزوی توفیق و سربلندی دارم.

چکیده

در این تحقیق، خرده‌های پوست کنف به عنوان ماده خام غیر چوبی برای تولید خمیر حل شونده مورد استفاده قرار گرفت. مرحله پیش استخراج خرده‌ها با آب، در دمای ۱۶۰ درجه سانتیگراد و در سه زمان ماند متفاوت ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دقیقه انجام گرفت. با توجه به بازده، زمان ماند ۳۰ دقیقه به عنوان زمان مناسب پیش استخراج انتخاب شد. به منظور رسیدن به شرایط بهینه خمیرسازی، پخت‌هایی با فرایند سودا آنتراکینون در دو سطح قلیایی ۱۸ و ۲۰ درصد در دمای ۱۶۰ درجه سانتیگراد و سه سطح زمان ماند ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه انجام گرفت. برای رسیدن به درجه روشنی و خلوص بیشتر، خمیر تهیه شده در شرایط ۲۰ درصد قلیا و ۹۰ دقیقه زمان پخت با توالی ADEpDP و با استفاده از فاکتور کاپاهای مختلف (۰/۴، ۰/۳ و ۰/۴۵) رنگ‌بری شد. نتایج نشان داد که با افزایش فاکتور کاپا ویسکوزیته و درجه روشنی خمیر افزایش یافت. همچنین بیشترین میزان آلفا سلولز (۹۶/۲۳٪) و کمترین مقدار خاکستر (۰/۷۱٪) در سطح فاکتور کاپای ۰/۴۵ به دست آمد. بنابراین خرده‌های پوست کنف را می‌توان به عنوان یک ماده اولیه غیر چوبی مناسب برای تولید خمیر حل شونده در نظر گرفت.

واژه‌های کلیدی: پوست کنف، پیش استخراج، سودا-آنتراکینون، خمیر حل شونده، آلفا-سلولز

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول / مقدمه و کلیات

۲	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- کلیات
۳	۱-۲-۱- سلولز
۳	۱-۲-۱-۱- ساختار سلولز در سطوح مختلف
۵	۲-۱-۲-۱- قابلیت واکنش و در دسترس بودن سلولز
۷	۲-۲-۱- خمیرهای حل شونده
۸	۱-۲-۲-۱- مراحل تولید خمیر حل شونده
۹	۱-۲-۲-۱-۱- مرحله پیش استخراج
۱۰	۲-۲-۲-۱-۱- مرحله پخت
۱۱	۲-۲-۲-۱-۲-۱- مرحله رنگبری
۱۲	۲-۲-۲-۱-۳-۱- مواد شیمیایی رنگبری
۱۵	۲-۲-۲-۱-۳-۱-۱- تاثیر اسید هگزانورونیک در رنگبری خمیر کاغذ
۱۶	۲-۲-۳-۱- ماده اولیه برای تولید خمیر حل شونده
۱۷	۲-۲-۳-۱-۱- کف، ماده لیگنوسلوزی مناسب برای صنایع خمیر و کاغذ
۱۹	۲-۲-۴-۱- فرضیات تحقیق
۲۰	۲-۲-۵-۱- اهداف تحقیق

فصل دوم / سابقه تحقیق

۲۲	۲- سابقه تحقیق
----	----------------

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل سوم / مواد و روش‌ها

۲۶	۱-۳- نمونه برداری.....
۲۶	۱-۱-۳- محل نمونه برداری.....
۲۷	۲-۳- تعیین میزان رطوبت.....
۲۷	۳-۳- پیش استخراج.....
۲۸	۴-۳- تهیه خمیر حل شونده.....
۲۸	۱-۴-۳- شرایط خمیرسازی.....
۲۸	۲-۴-۳- تعیین درصد رطوبت و بازده خمیرها.....
۲۹	۵-۳- تعیین عدد کاپا.....
۲۹	۶-۳- رنگ‌بری.....
۳۱	۱-۶-۳- نحوه انجام فرایند رنگ‌بری.....
۳۱	۷-۳- آنالیز خمیر حل شونده.....
۳۱	۱-۷-۳- تعیین درصد آلفا-سلولز.....
۳۳	۲-۷-۳- تعیین درجه پلیمریزاسیون.....
۳۴	۳-۷-۳- تعیین درجه روشنی.....
۳۴	۴-۷-۳- تعیین مقدار خاکستر.....
۳۵	۵-۸-۳- روش تجزیه و تحلیل آماری.....

فصل چهارم / نتایج و بحث

۳۸	۱-۴- پیش استخراج.....
۳۹	۲-۴- پخت سودا آنتراکینون.....
۴۰	۳-۴- رنگ‌بری.....

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۴۳	۴-۴- ویزگی های خمیر حل شونده.....
۴۳	۴-۴-۱- آلفا-سلولز.....
۴۵	۴-۴-۲- ویسکوزیته.....
۴۸	۴-۴-۳- درجه پلی مریزاسیون.....
۵۱	۴-۴-۴- درجه روشنی.....
۵۳	۴-۴-۵- خاکستر.....
	فصل پنجم / نتیجه گیری
۵۶	۵-۱- نتیجه گیری نهایی.....
۵۷	۵-۲- پیشنهادات.....
	منابع
۶۰	فهرست منابع.....

فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

- جدول ۱-۱- مزایا و معایب مواد شیمیایی رنگ‌بری ۱۴
- جدول ۲-۱- طول فیبر و درصد ترکیبات شیمیایی الیاف پوست و مغز گیاه کنف ۱۹
- جدول ۱-۳- شرایط پیش استخراج پوست کنف ۲۷
- جدول ۲-۳- شرایط خمیرسازی سودا-آنتراکینون خرده‌های پوست کنف ۲۸
- جدول ۳-۳- شرایط رنگ‌بری شیمیایی خمیر سودا آنتراکینون پوست کنف ۳۰
- جدول ۱-۴- نتایج حاصل از پیش استخراج پوست کنف ۳۸
- جدول ۲-۴- نتایج حاصل از خمیرسازی سودا-آنتراکینون خرده‌های پوست کنف ۳۹
- جدول ۳-۴- تاثیر توالی‌های مختلف رنگ‌بری بر درجه روشنی خمیر حل‌شونده پوست کنف ۴۲
- جدول ۴-۴- مقدار آلفا سلولز خمیرهای سودا- آنتراکینون پیش استخراج شده پوست کنف ۴۳
- جدول ۵-۴- تجزیه واریانس آلفا-سلولز خمیرهای حل‌شونده پوست کنف ۴۳
- جدول ۶-۴- مقایسه مقدار آلفا سلولز خمیرهای سودا آنتراکینون پیش استخراج شده پوست کنف با سایر منابع ۴۵
- جدول ۷-۴- مقدار ویسکوزیته خمیرهای سودا- آنتراکینون پیش استخراج شده پوست کنف ۴۶
- جدول ۸-۴- تجزیه واریانس ویسکوزیته خمیرهای سودا- آنتراکینون پیش استخراج شده پوست کنف ۴۶
- جدول ۹-۴- مقایسه مقدار ویسکوزیته خمیرهای سودا آنتراکینون پیش استخراج شده پوست کنف با سایر منابع ۴۸
- جدول ۱۰-۴- درجه پلیمریزاسیون خمیرهای سودا- آنتراکینون پیش استخراج شده پوست کنف ۴۸
- جدول ۱۱-۴- تجزیه واریانس درجه پلیمریزاسیون خمیرهای سودا- آنتراکینون پیش استخراج شده پوست کنف ۴۹

فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

جدول ۴-۱۲- مقایسه مقدار درجه پلیمریزاسیون خمیرهای سودا- آنتراکینون پیش استخراج شده پوست کف با سایر منابع.....	۵۰
جدول ۴-۱۳- مقادیر درجه روشنی خمیرهای سودا- آنتراکینون پیش استخراج شده پوست کف.....	۵۱
جدول ۴-۱۴- تجزیه واریانس درجه روشنی خمیرهای سودا- آنتراکینون پیش استخراج شده پوست کف.....	۵۱
جدول ۴-۱۵- مقایسه مقدار درجه روشنی خمیرهای سودا- آنتراکینون پیش استخراج شده پوست کف با سایر منابع.....	۵۳
جدول ۴-۱۶- مقادیر خاکستر خمیرهای سودا- آنتراکینون پیش استخراج شده پوست کف.....	۵۴
جدول ۴-۱۷- مقایسه مقدار خاکستر خمیرهای سودا- آنتراکینون پیش استخراج شده پوست کف با سایر منابع.....	۵۴

فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

- شکل ۱-۱- میزان مصرف جهانی خمیر حل‌شونده..... ۳
- شکل ۲-۱- ساختار سلولز در سطح مولکولی..... ۴
- شکل ۳-۱- ساختار سلولز در سطح سوپرامولکولی..... ۵
- شکل ۴-۱: تعدادی از کاربردهای مختلف مشتقات حاصل از خمیر حل‌شونده..... ۸
- شکل ۵-۱: مراحل تولید خمیر حل‌شونده..... ۸
- شکل ۶-۱: پیش‌هیدرولیز همی‌سلولزها جهت جداسازی آن‌ها..... ۹
- شکل ۷-۱: ساختار اسید هگزنورونیک..... ۱۵
- شکل ۸-۱: روش تخریب اسیدی گروه‌های اسید هگزنورونیک متصل به همی‌سلولز زایلان..... ۱۶
- شکل ۱-۳: مراحل رشد و آماده‌سازی کنف..... ۲۶
- شکل ۲-۳: دستگاه حمام آب گرم..... ۲۹
- شکل ۱-۴: تاثیر تغییرات شرایط پخت بر عدد کاپا خمیر سودا-آنتراکینون پوست کنف..... ۴۰
- شکل ۲-۴: مراحل تهیه خمیر حل‌شونده از پوست کنف..... ۴۲
- شکل ۳-۴: میانگین تغییرات آلفا- سلولز خمیرهای سودا-آنتراکینون پیش استخراج شده پوست کنف..... ۴۴
- شکل ۴-۴: میانگین تغییرات ویسکوزیته خمیرهای سودا- آنتراکینون پیش استخراج شده پوست کنف..... ۴۷
- شکل ۵-۴: میانگین تغییرات درجه پلیمریزاسیون خمیرهای سودا-آنتراکینون پیش استخراج شده پوست کنف..... ۴۹
- شکل ۶-۴- میانگین تغییرات درجه روشنی خمیرهای سودا- آنتراکینون پیش استخراج شده پوست کنف..... ۵۲

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

خمیر حل شونده خمیری رنگ‌بری شده و پالایش شده شیمیایی است که بیش از ۹۰٪ سلولز خالص دارد (جهان^۱ و همکاران، ۲۰۰۸). از خمیرهای حل‌شونده برای تولید مشتقات سلولز نظیر استات سلولز، نترات سلولز، ویسکوز، رایون، متیل سلولز، کربوکسی‌متیل سلولز^۲ و ... استفاده می‌شود. بازده الیاف خمیر حل‌شونده به بیش از ۳۵-۳۰٪ می‌رسد و در مقایسه با خمیر کاغذ هزینه‌های تولید آنها بسیار زیاد است. میزان همی سلولز خمیرهای حل‌شونده نسبتاً کم (۱ تا ۱۰٪) و همچنین لیگنین این دسته از خمیرهای شیمیایی نیز بسیار اندک (<۰/۰۵٪) می‌باشد (باتالها^۳ و همکاران، ۲۰۱۱).

خمیرهای حل‌شونده به طور معمول از لیتر پنبه و چوب به وسیله فرایندهای کرافت پیش هیدرولیز شده و همچنین سولفیت اسیدی تولید می‌شوند. خمیرهای تهیه شده از الیاف چوبی به خصوص آنهایی که از فرایند سولفیت به دست آمده‌اند نیاز به مرحله حذف همی سلولزها دارند، این عمل عمدتاً از طریق مرحله استخراج قلیایی سرد^۴ طی عملیات رنگ‌بری انجام می‌پذیرد (باتالها و همکاران، ۲۰۱۲).

در حال حاضر هزینه‌های زیاد استفاده از چوب و لیتر پنبه همراه با محدودیت‌های زیست‌محیطی در برابر رنگ‌بری استاندارد موجود (کلر و هیپوکلریت)، موجب افزایش قابل توجهی در میزان هزینه‌ها برای تولید خمیر حل‌شونده از این مواد خام شده است بنابراین زمان آن است که به بررسی منابع جدید از الیاف برای تولید خمیر حل‌شونده پرداخت. در دهه ۲۰۰۰ میلادی تقاضای خمیر حل‌شونده به طور چشمگیری افزایش یافته است، این امر متعاقباً منجر به افزایش قیمت آن در طی سالهای گذشته شده است. صنایع تولید خمیر حل‌شونده نیز برای دست یابی به بالاترین سود، به دنبال پیدا کردن یک جایگزین ارزان‌تر به عنوان ماده اولیه می‌باشند. این جایگزینی باید دارای شرایط خاصی مانند خلوص بالای سلولز، واکنش پذیری زیاد و همچنین درجه مناسب از پلیمریزاسیون^۵ باشد (پاتریک، ۲۰۱۱).

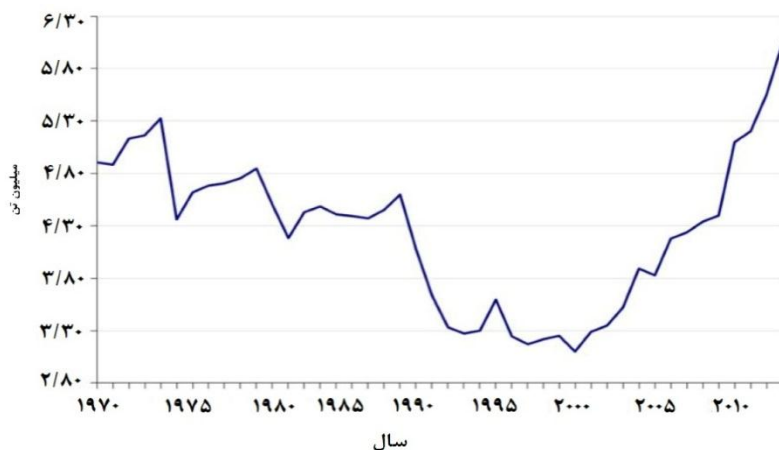
^۱ Jahan

^۲ Carboxymethyl cellulose

^۳ Batalha

^۴ Cold caustic extraction

^۵ degree of polymerization (DP)



شکل ۱-۱: میزان مصرف جهانی خمیر حل‌شونده

پنبه برای چندین دهه به عنوان منبع سلولز خالص برای تولید خمیر حل‌شونده و مشتقات سلولز استفاده می‌شود؛ ولی مصرف پنبه به طور قابل توجهی در صنایع نساجی نیز رو به افزایش است که این امر دلیل اصلی افزایش قیمت پنبه طی سال‌های گذشته است. علاوه بر این برای کشت پنبه نیاز به مصرف آب و آفت‌کش‌های بیشتر نسبت به سایر گیاهان چوبی و غیر چوبی دارد که این امر منجر به ایجاد مشکلاتی برای محیط زیست می‌شود (بیچ^۱، ۲۰۰۰).

۲-۱ کلیات

۱-۲-۱ سلولز

۱-۱-۲-۱ ساختار سلولز در سطوح مختلف

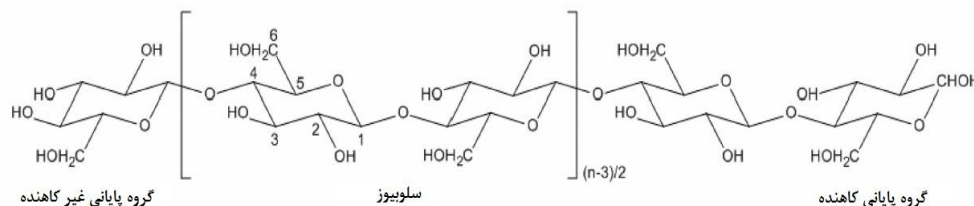
سلولز جزء اصلی دیواره سلولی گیاهان است. میزان سلولز در درختان با توجه به نوع گونه، شرایط رشد و سن متفاوت است، با این حال بسیاری از درختان در حدود ۴۷-۴۰٪ و گیاهان غیر چوبی نیز بالغ بر ۶۰-۷۰٪ سلولز دارند. یکی از خالص‌ترین منابع سلولز شناخته شده در طبیعت پنبه است که متشکل از ۹۵٪ سلولز است (آسولیان^۲، ۱۹۹۷).

^۱ Beach

^۲ O'sullivan

سلولز دارای بسیاری از خواص قابل توجه از جمله استحکام بالا، خاصیت نامحلولی و ماندگاری در آب و بازده بالا در واکنش با ترکیبات آروماتیک می‌باشد. این خواص سلولز را تبدیل به یک ماده ارزشمند برای بسیاری از کاربردها کرده است. برای تولید بسیاری از فراورده‌ها مانند کاغذ، پارچه، دارو، و رنگ، سلولز باید از ماده اولیه جدا شود و برای تولید برخی محصولات سلولز به مشتقات تبدیل می‌شود. با این وجود به دلیل ساختار سلولز موانعی برای تبدیل و جداسازی سلولز برای ساخت این محصولات وجود دارد، این موانع به دلیل محدودیت دسترسی و واکنش پذیری سلولز خام می‌باشد (ویکھولم^۱ و همکاران، ۱۹۹۸).

ساختار سلولز پیچیده است و هنوز به طور کامل شناسایی نشده است. به طور کلی ساختار سلولز را در سه سطح می‌توان در نظر گرفت: سطح مولکولی، سطح سوپرامولکولی و سطح مرفولوژیکی. سلولز از زنجیرهای پلیمری خطی و غیر شاخه تشکیل شده است (شکل ۱). درجه پلیمریزاسیون از یک مولکول سلولز در حدود ۱۰۰۰۰ در چوب و ۱۵۰۰۰ در پنبه است (آتالا^۲ و همکاران، ۱۹۸۴).



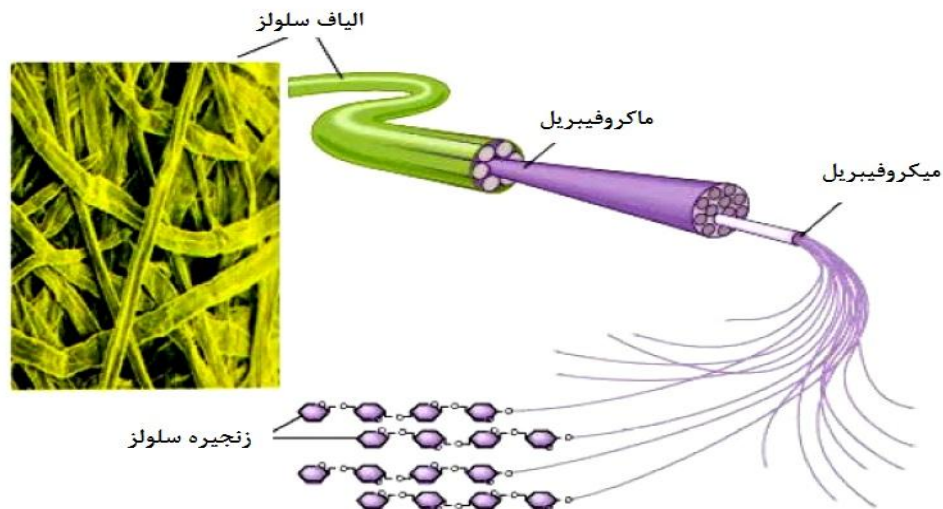
شکل ۱-۲: ساختار سلولز در سطح مولکولی

هر واحد گلوکز در مولکول سلولز دارای آرایش صندلی C_1 می‌باشد که دارای سه گروه هیدروکسیل در موقعیت‌های استوایی می‌باشد و به صورت پیوند هیدروژنی درون مولکولی برای ایجاد سفتی زیاد به یکدیگر متصل شده اند. در سطح سوپرامولکولی، پیوندهای بین مولکولی بین سلولزهای مجاور به سلولز خاصیت نامحلولی و ماندگاری در آب می‌دهد که این صورت بندی پایدار است. در نتیجه توده مولکول‌ها از طریق پیوند هیدروژنی، کوالانسی و نیروی واندوالس در داخل میکروفیبریل‌ها، ناحیه کریستالی را تشکیل می‌دهند. سلولز فقط دارای نواحی کریستالی و منظم

^۱ Wickholm

^۲ Atalla

نمی‌باشد بلکه از مناطق نامنظم آمرف نیز تشکیل شده است. علاوه بر این مناطق کریستالینه و آمرف تنها دو حالت ممکن از سلولز نیستند، ساختارهای میانه‌ای یا شبه کریستالی نیز وجود دارد.



شکل ۱-۳: ساختار سلولز در سطح سوپرامولکولی

پلی‌مرف‌های مختلفی از سلولز (سلولز I_α، I_β، II، III_I، III_{II}، IV_I و IV_{II}) با کمک تکنیک‌های تحلیلی مانند C13، رزونانس مغناطیسی هسته^۱، CP/MAS^۲، طیف سنجی مادون قرمز^۳ و آنالیز پراش^۴ شناخته شده‌اند (میرشکرایبی، ۱۳۸۱).

۲-۱-۲-۱ قابلیت واکنش و در دسترس بودن سلولز

با توجه به ساختار فشرده و پیچیده سلولز دسترسی به آن فقط به وسیله حلال‌ها و مواد شیمیایی امکان پذیر است. قابلیت واکنش و در دسترس بودن سلولز به شدت به ساختار و مورفولوژی سلولز بستگی دارد (ژائو^۵، ۲۰۰۹).

^۱ Nuclear magnetic resonance (NMR)

^۲ Cross polarization/magic angle spinning

^۳ Infrared spectroscopy (IR)

^۴ Diffraction analysis

^۵ Zhao

آرایش زنجیره‌های سلولز در فیبریل‌ها و توده فیبریل یکنواخت نیست، این امر منجر به ایجاد دو منطقه بسیار منظم (کریستالی) و نامنظم (نیمه کریستالی و آمرف)، از لحاظ مورفولوژی در سطح سوپرا مولکولی سلولز شده است. این عقیده وجود دارد که مناطق بی‌نظم سلولز تمایل به قرارگیری در سطح فیبریل یا در موقعیت آمرف فیبریل‌ها دارند. دسترسی به مناطق کریستالی سلولز تنها به وسیله مواد شیمیایی امکان‌پذیر است. مناطق منظم با کریستالیت‌ها زیاد که شدیداً در فیبریل‌ها به یکدیگر فشرده و متراکم شده‌اند به طور معمول دسترسی اندکی دارند، در حالی که مناطق نامنظم یا آمرف که در سطح فیبریل هستند به راحتی در دسترس می‌باشند.

هم در سلولز طبیعی و هم در سلولز مصنوعی، آرایش تصادفی فیبریل‌های سلولز موجب ایجاد تفاوت در اندازه و مقدار عناصر در سراسر شبکه می‌شود، که این امر قابلیت دسترسی در سلولز را تعیین می‌کند. علاوه بر این قابلیت دسترسی به سلولز، حجم استفاده از مواد شیمیایی و واکنشگرها را مشخص می‌کند (اُکسان^۱ و همکاران، ۱۹۹۷).

در ساختار سلولز (سطح مولکولی)، تعدادی از گروه‌های هیدروکسیل، قابلیت دسترسی کلی سلولز را تحت تاثیر قرار می‌دهند. در نتیجه، گسترش منافذ و یا فضاهای بین فیبریلی سلولز و اصلاح ساختار برای در دسترس‌تر کردن گروه‌های عاملی سلولز اهمیت فراوانی در افزایش قابلیت دسترسی سلولز دارند (کانز و فینک^۲، ۲۰۰۵).

مطالعات قبلی چندین راه برای افزایش قابلیت دسترسی و واکنش‌پذیری سلولز گزارش کرده‌اند. این تکنیک‌ها به طور عمده شامل موارد زیر است: تخریب شیمیایی (مانند هیدرولیز و اکسیداسیون ماده اولیه)، تخریب حرارتی، تیمارهای مکانیکی (مانند آسیاب تر یا خشک) و یا واکنش‌دهی مواد سلولزی از طریق شکست پیوندهای بین مولکولی و درون مولکولی که منجر به افزایش سطح فعال سلولز می‌شود. اختلاط سلولز با هیدروکسید سدیم به شکل سلولز قلیایی یکی از تکنیک‌های واکنش‌دهی بر پایه آب می‌باشد. کانز و فینک (۲۰۰۵) روش دیگری بر پایه ترکیب هیدروکسید سدیم و اوره معرفی کردند. یکی از روش‌های امیدوار کننده و در حال توسعه استفاده از یک خانواده نسبتاً جدید از حلال‌ها، مایعات یونی، برای افزایش قابلیت دسترسی و واکنش‌پذیری سلولز به وسیله

^۱ Oksanen

^۲ Kunze & Fink

بازچینی^۱ ساختار درونی سلولز می‌باشد. علاوه بر این تیمار آنزیمی مواد مختلف سلولزی اخیراً مورد توجه قرار گرفته است. کوپکه و همکاران^۲ (۲۰۱۱) استفاده از آنزیم تک مولفه‌ای اندوگلوکاناز را برای افزایش قابلیت واکنش پذیری خمیر کاغذ و تبدیل آن به خمیر حل‌شونده استفاده کردند. این روش دارای مزیت‌هایی زیادی برای افزایش قابلیت واکنش و دسترسی سلولز می‌باشد چون آنزیم‌ها انتخابی عمل می‌کنند و همچنین غیر سمی و سازگار با محیط زیست می‌باشند. با این حال بهبود قابلیت دسترسی سلولز و واکنش پذیری آن ممکن است با پدیده استخوانی شدن تحت تاثیر قرار بگیرد، به ویژه برای مواد سلولزی خشک شده مانند ورقه‌های کاغذ. پدیده استخوانی شدن نتیجه حذف آب در طی فرایند خشک کردن سلولز می‌باشد، به همین دلیل پیوند هیدروژنی جدید بین فیبریل‌ها و همکشیدگی غیر قابل بازگشت در فضاهای بین سلولی ایجاد می‌شود. این عوامل موجب کاهش اندازه منافذ و تبدیل مناطق در دسترس ساختار سلولز به مناطق غیر قابل دسترس می‌شود. تحقیقات نشان داده است که وجود همی‌سلولزها مانع ایجاد پدیده استخوانی شدن می‌شود با این وجود برای تولید خمیرهای حل‌شونده همی‌سلولزها باید به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یابند یا کاملاً حذف شوند که در این مورد پدیده استخوانی شدن به یک مسئله مهم تبدیل می‌شود.

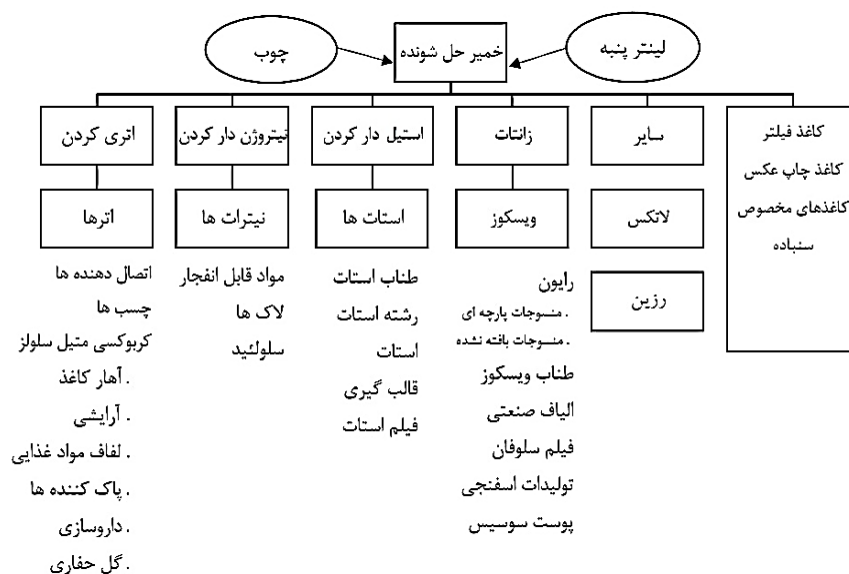
۲-۲-۱ خمیرهای حل‌شونده

به طور کلی به خمیرهایی که دارای مقدار زیادی آلفا سلولز (۹۰ تا ۹۸ درصد) است و همچنین مقدار همی‌سلولز، لیگنین، مواد معدنی و خاکستر آن نیز بسیار کم و یا ناچیز است، خمیر حل‌شونده گویند. از این خمیرها برای تولید محصولاتی همچون سلفون و رایون (بعد از بازسازی سلولز از زانتات سلولز)، استرهای سلولز (استات، نترات، پروپیونات‌ها و بوتیرات‌ها) و اترهای سلولز (کربوکسی متیل سلولز، متیل و اتیل سلولز) استفاده می‌کنند (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۲). به‌عنوان مثال استات‌های سلولز به طور گسترده در فیلم‌ها، قاب عینک، فیلتر سیگار استفاده می‌شود درحالی‌که کربوکسی متیل سلولز می‌تواند به‌عنوان یک تغلیظ کننده و یا پاک‌کننده در وسایل آرایشی استفاده شود. در مقایسه با خمیرهای مورد استفاده برای کاغذسازی، وجود همی‌سلولزها در خمیرهای حل‌شونده نامطلوب است و در طی پروسه خمیرسازی و رنگ‌بری از خمیر خارج می‌شوند. علاوه بر این در

^۱ Reassembling

^۲ Köpcke

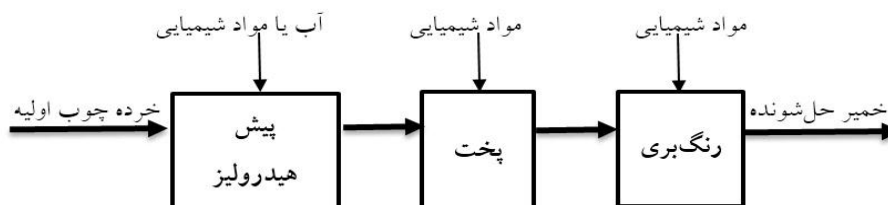
مقایسه با خمیر کاغذ خمیرهای حل شونده از روشنایی بالاتر و توزیع وزن مولکولی یکنواخت‌تری برخوردار هستند.



شکل ۱-۴: تعدادی از کاربردهای مختلف مشتقات حاصل از خمیر حل شونده

۱-۲-۲-۱ مراحل تولید خمیر حل شونده

برای تولید خمیر حل شونده مراحل باید طی شود که تقریباً مشابه فرایند تولید خمیر کاغذ است با این تفاوت که یک مرحله اولیه پیش استخراج به آن اضافه شده است و می‌توان آن را مطابق شکل زیر به سه بخش عمده تقسیم کرد.



شکل ۱-۵: مراحل تولید خمیر حل شونده