

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی نساجی

## سفیدگری و آهارگیری همزمان کالای پنبه‌ای خام با کاربرد پتاسیم پرمنگنات

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی نساجی-شیمی نساجی و علوم الیاف

آرزو ضیایی

استاد راهنما

دکتر سید مجید مرتضوی



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی نساجی

پایان نامه کارشناسی ارشد نساجی-شیمی نساجی و علوم الیاف خانم آرزو ضیایی جزی  
تحت عنوان

**سفیدگری و آهارگیری همزمان کالای پنبه‌ای خام با کاربرد پتاسیم پرمنگنات**

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

دکتر سید مجید مرتضوی

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه

دکتر تقی خیامیان

۳- استاد مشاور پایان‌نامه

دکتر حسین توانایی

۴- استاد داور

دکتر محمود فیض

۵- استاد داور

دکتر محمد مرشد

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،  
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع  
این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی  
اصفهان است.

## تشکر و قدردانی:

### من لم يشكر المخلوق لم يشكر الخالق

حمد و سپاس خدایی را سزااست که به ما قدرت آموختن عطا فرمود و ما را در پرتو لطف و کرم خویش قرار داد.

بدینوسیله بر خود لازم می‌دانم که از زحمات بی‌شائبه اساتید محترم و ارجمند به‌ویژه جناب آقای دکترسید مجید مرتضوی و جناب آقای دکتر خیامیان که با راهنمایی‌های خود رهگشایی در تمامی مراحل تکمیل این پژوهش بوده‌اند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از جناب آقای دکتر حسین توانایی ریاست محترم دانشکده و جناب آقای دکتر فیض که داوری پروژه را بر عهده گرفتند، جناب آقای دکتر محمد مرشد مسئول تحصیلات تکمیلی دانشکده، جناب آقای مهندس آرش عطائیان، سرکارخانم مهندس مهری صدیقی پور و جناب آقای مهندس الشریف که در تمام مراحل پروژه زحمات بسیاری را متحمل شدند، سرکار خانم ایمانی، سرکار خانم نعمت‌اللهی، جناب آقای ماه، جناب آقای رضایی و جناب آقای نریمانی و کلیه سرورانی که در طی تحقیق مزبور مرا یاری نمودند تشکر می‌نمایم که بدون کمک‌های ایشان تحقق این امر ممکن نبود.

آرزو ضیایی

اسفند ۸۴

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم که بعد از

خدای مهربان ،

هر چه دارم از ایشان است.

## عنوان

## صفحه

فهرست مطالب..... شش

چکیده..... ۱

## فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه و اهداف پژوهش..... ۲

۲-۱- سلولز..... ۳

۱-۲-۱- ساختار و خواص فیزیکی و شیمیایی سلولز..... ۳

۱-۲-۲- بررسی ساختار بلوری سلولز..... ۵

۳-۱- پنبه..... ۷

۱-۳-۱- ساختار و خواص لیف پنبه..... ۷

۲-۳-۱- مشخصات قسمتهای مختلف ساختار پنبه..... ۸

۲-۳-۱- الف- دیواره اولیه (کوتیکل)..... ۸

۲-۳-۱- ب- دیوار ثانویه..... ۹

۲-۳-۱- ج- کانال لومن..... ۱۰

۳-۳-۱- شکل سطح مقطع و شکل طولی لیف پنبه..... ۱۰

۴-۳-۱- مواد تشکیل دهنده لیاف پنبه..... ۱۱

۵-۳-۱- خواص فیزیکی لیاف پنبه..... ۱۱

۵-۳-۱- الف- استحکام کششی لیاف پنبه..... ۱۱

۵-۳-۱- ب- خاصیت الاستیک-پلاستیک لیاف پنبه..... ۱۲

۵-۳-۱- ج- خاصیت هیدروفیلی لیاف پنبه..... ۱۳

۵-۳-۱- د- خواص حرارتی لیاف پنبه..... ۱۳

۶-۳-۱- خواص شیمیایی لیاف پنبه..... ۱۳

۶-۳-۱- الف- تأثیر اسیدها..... ۱۳

۶-۳-۱- ب- تأثیر قلیائها..... ۱۳

۴-۱- مقدمات تکمیل..... ۱۳

۱-۴-۱- ترتیب انجام عملیات مقدمات تکمیل..... ۱۳

۲-۴-۱- روشهای تکمیل..... ۱۴

۳-۴-۱- عوامل مؤثر در عملیات تکمیل..... ۱۴

۴-۴-۱- انواع روشهای تکمیل با توجه به ثبات اثر حاصله..... ۱۴

۴-۴-۱- الف- تکمیل موقت..... ۱۵

۴-۴-۱- ب- تکمیل دائم..... ۱۵

۴-۴-۱- ج- تکمیل پایدار..... ۱۵

۵-۱- تکمیل مقدماتی پارچه های پنبه ای بافته شده..... ۱۶

۱-۵-۱- پرزسوزی..... ۱۶

..... ۱۶	..... ۲-۵-۱ آहार گیری
..... ۱۷	..... ۲-۵-۱ الف- روشهای آहार گیری
..... ۲۲	..... ۲-۵-۱ ب- اندازه گیری آहार نشاسته در کالا
..... ۲۲	..... ۳-۵-۱ پخت
..... ۲۳	..... ۴-۵-۱ سفید گیری
..... ۲۴	..... ۶-۱ سفید گیری پنبه
..... ۲۵	..... ۱-۶-۱ سفید گیری با اکسید کننده های حاوی کلر
..... ۲۵	..... ۱-۶-۱ الف- سفید گیری با هیپوکلریت سدیم
..... ۲۶	..... ۱-۶-۱ ب- سفید گیری با کلریت سدیم
..... ۲۷	..... ۱-۶-۱ ج- دی کلرایزوسیانورات سدیم
..... ۲۷	..... ۲-۶-۱ مواد سفید کننده آلی پراکسیدی
..... ۲۷	..... ۲-۶-۱ الف- پراستیک اسید $CH_3OCO_2H$
..... ۲۷	..... ۳-۶-۱ مواد سفید کننده ی معدنی پراکسیدی
..... ۲۷	..... ۳-۶-۱ الف- سفید گیری با آب اکسیژنه
..... ۲۸	..... ۳-۶-۱ ب- سدیم پرورات
..... ۲۹	..... ۳-۶-۱ ج- سدیم پرکربنات
..... ۲۹	..... ۳-۶-۱ د- سدیم برمیت
..... ۲۹	..... ۳-۶-۱ ه- دیگر مواد اکسید کننده
..... ۳۰	..... ۷-۱ سفید گیری با پتاسیم پرمنگنات
..... ۳۰	..... ۱-۷-۱ خواص شیمیایی پرمنگنات
..... ۳۱	..... ۲-۷-۱ خواص شیمیایی اگزالیک اسید ( $C_2H_2O_4$ )
..... ۳۳	..... ۳-۷-۱ استاندارد کردن محلول پرمنگنات با سدیم اگزالات
..... ۳۴	..... ۳-۷-۱ الف- واکنشهای یون پتاسیم
..... ۳۴	..... ۳-۷-۱ ب- نقطه ی پایانی
..... ۳۵	..... ۴-۷-۱ پایداری محلولهای پرمنگنات
..... ۳۵	..... ۸-۱ کاربرد سفید کننده نوری
..... ۳۶	..... ۹-۱ تشخیص سفیدی
..... ۳۷	..... ۱-۹-۱ اندازه گیری سفیدی
..... ۳۷	..... ۱-۹-۱ الف- Visual Estimation of Whiteness
..... ۳۷	..... ۲-۹-۱ ب- Standard Whiteness Scales
..... ۳۸	..... ۳-۹-۱ مقیاس Ciba -Geigy Plastic White (CGPW)
..... ۳۸	..... ۴-۹-۱ تخمین سفیدی با مقایسه دوتایی
..... ۳۸	..... ۴-۹-۱ روشنایی
..... ۳۹	..... ۵-۹-۱ فرمولهای سفیدی



### فصل دوم: تجربیات

۴۳.....	۱-۲- مشخصات مواد کاربردی و دستگاههای مورد استفاده .....
۴۳.....	۱-۱-۲- مشخصات پارچه مصرفی .....
۴۴.....	۲-۱-۲- مواد مصرفی .....
۴۵.....	۳-۱-۲- دستگاهها و وسایل مورد استفاده .....
۴۵.....	۲-۲- روش انجام آزمایشها .....
۴۵.....	۱-۲-۲- آماده سازی نمونه ها .....
۴۵.....	۲-۲-۲- سفیدگری با پرمنگنات پتاسیم .....
۴۶.....	۳-۲-۲- سفیدگری با آب اکسیژنه .....
۴۷.....	۳-۲-۲- الف- آهارگیری .....
۴۷.....	۳-۲-۲- ب- پخت .....
۴۷.....	۳-۲-۲- ج- سفیدگری با آب اکسیژنه .....
۴۸.....	۴-۲-۲- رنگرزی با رنگ دارای سیستم فعال وینیل سولفون .....
۴۸.....	۵-۲-۲- عمل با سفیدکننده نوری .....
۴۹.....	۶-۲-۲- اندازه گیری درصد کاهش وزن .....
۴۹.....	۷-۲-۲- اندازه گیری درصد جذب رطوبت .....
۴۹.....	۸-۲-۲- اندازه گیری درصد جمع شدگی .....
۵۰.....	۹-۲-۲- اندازه گیری استحکام کششی .....
۵۰.....	۱۰-۲-۲- اندازه گیری K/S نمونه های رنگ شده .....
۵۰.....	۱۱-۲-۲- اندازه گیری میزان سفیدی پارچه .....
۵۱.....	۱۲-۲-۲- اندازه گیری میزان نفوذ آب در پارچه .....
۵۱.....	۱۳-۲-۲- اندازه گیری آهار باقیمانده .....
۵۱.....	۱۴-۲-۲- اندازه گیری میزان انعکاس در محدوده ماوراء بنفش .....
۵۱.....	۱۵-۳-۲- اندازه گیری بقای سفیدی .....
۵۲.....	۱۶-۳-۲- بررسی میزان واکس باقیمانده .....
۵۲.....	۱۷-۳-۲- بررسی تغییرات ایجاد شده در ساختار پارچه به کمک طیف FTIR .....

### فصل سوم: بحث و بررسی نتایج

۵۳.....	۱-۳- مقدمه .....
۵۴.....	۲-۳- بررسی شاخص سفیدی کالای سفیدگری شده .....
۵۴.....	۱-۲-۳- بررسی تأثیر تغییرات دما، زمان و غلظت $KMnO_4$ بر شاخص سفیدی کالای سفیدگری شده .....
۵۹.....	۲-۲-۳- بررسی تغییرات غلظت، زمان و دمای عمل اکزالیک اسید بر شاخص سفیدی کالای سفیدگری شده .....
۶۵.....	۳-۳- بررسی تأثیر تغییرات دما و زمان و غلظت بر میزان آهار بر طرف شده از کالای خام پنبه ای سفیدگری شده .....

- ۳-۳-۱- بررسی تأثیر تغییرات دما و زمان و غلظت  $KMnO_4$  بر میزان آهار بر طرف شده از کالای خام پنبه ای سفیدگری شده ..... ۶۵
- ۳-۳-۲- بررسی تأثیر تغییرات دما و زمان و غلظت اگزالیک اسید بر میزان آهار بر طرف شده از کالای خام پنبه ای سفیدگری شده ..... ۶۷
- ۳-۴-۴- بررسی استحکام کششی و ازدیاد طول تا حد پارگی پارچه خام پنبه ای سفیدگری شده ..... ۶۹
- ۳-۴-۱- بررسی تأثیر تغییرات دما، زمان و غلظت  $KMnO_4$  بر استحکام کششی و ازدیاد طول تا حد پارگی ..... ۶۹
- ۳-۴-۲- بررسی تغییرات غلظت، زمان و دمای عمل اگزالیک اسید بر استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی کالای سفیدگری شده با  $KMnO_4$  ..... ۷۵
- ۳-۵-۵- بررسی زمان نفوذ قطره آب کالای خام پنبه ای سفیدگريشده ..... ۷۸
- ۳-۵-۱- بررسی تأثیر تغییرات دما و زمان و غلظت  $KMnO_4$  بر جذب قطره آب کالای خام پنبه ای سفیدگری شده ..... ۷۸
- ۳-۵-۲- بررسی تأثیر تغییرات غلظت، زمان و دمای عمل اگزالیک اسید بر نفوذ قطره آب کالای خام پنبه ای سفیدگری شده ..... ۸۱
- ۳-۶-۱- بررسی تأثیر تغییرات دما و زمان و غلظت  $KMnO_4$  بر در صد جذب رطوبت بازیافتی کالای خام پنبه ای سفیدگری شده ..... ۸۳
- ۳-۶-۲- بررسی تأثیر تغییرات غلظت، زمان و دمای عمل اگزالیک اسید بر در صد رطوبت بازیافتی کالای خام پنبه ای سفیدگری شده ..... ۸۶
- ۳-۷-۷- بررسی کاهش وزن کالای خام پنبه ای سفیدگری شده ..... ۸۹
- ۳-۷-۱- بررسی تأثیر تغییرات دما و زمان و غلظت  $KMnO_4$  بر کاهش وزن کالای خام پنبه ای سفیدگری شده ..... ۸۹
- ۳-۷-۲- بررسی تأثیر تغییرات غلظت، دما و زمان عمل اگزالیک اسید بر کاهش وزن کالای سفیدگری شده ..... ۹۲
- ۳-۸-۸- بررسی تأثیر تغییرات دما و زمان و غلظت  $KMnO_4$  بر درصد جمع شدگی کالای خام پنبه ای سفیدگری شده ..... ۹۴
- ۳-۹-۹- بررسی میزان بقای شاخص سفیدی کالای سفیدگری شده به دو روش کاربرد  $KMnO_4$  و  $H_2O_2$  ..... ۹۶
- ۳-۱۰-۱۰- بررسی تأثیر سفیدکن نوری بر شاخص سفیدی کالا در دو روش  $KMnO_4$  و  $H_2O_2$  ..... ۹۹
- ۳-۱۱-۱۱- بررسی تأثیر عملیات سفیدگری بر جذب رنگ کالای سفیدگری شده به دو روش  $KMnO_4$  و  $H_2O_2$  ..... ۱۰۰
- ۳-۱۲-۱۲- بررسی تأثیر عملیات سفیدگری بر میزان واکس باقیمانده بر روی کالای سفیدگری شده به دو روش  $KMnO_4$  و  $H_2O_2$  ..... ۱۰۱
- ۳-۱۳-۱۳- بررسی تغییرات شیمیایی ایجاد شده در ساختار کالای سفیدگری شده به کمک  $KMnO_4$  و  $H_2O_2$  ..... ۱۰۲
- ۳-۱۳-۱- بررسی پدیده اکسیداسیون کالای نساجی توسط IR ..... ۱۰۲
- ۳-۱۳-۲- شناسایی لیف پنبه از طریق مشاهده طیف مادون قرمز: ..... ۱۰۳

### فصل چهارم: نتیجه گیری نهایی و پیشنهادات

- ۴-۱- مقدمه ..... ۱۱۰
- ۴-۲- نتیجه گیری ..... ۱۱۰
- ۴-۳- پیشنهادات ..... ۱۱۵

## چکیده

برداشتن گامی مؤثر در جهت پیشرفت صنعت نساجی، تحقیق و بررسی در زمینه انجام تکمیل‌های خاص را ضروری می‌سازد. از آنجا که تاکنون اثر سفیدکنندگی پتاسیم پرمنگنات به عنوان یک اکسنده قوی بر روی پارچه‌ی پنبه‌ای خام بررسی نشده است این مهم، هدف اصلی تدوین رساله‌ی مزبور می‌باشد. به این منظور تأثیرات ناشی از افزایش غلظت پتاسیم پرمنگنات و اگرالیک اسید، دما، و زمان عمل سفیدگری بر روی خواص فیزیکی و شیمیایی کالای پنبه‌ای خام با اندازه‌گیری پارامترهای مربوطه، مورد بحث و بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج حاصله، بهینه‌ی شرایط سفیدگری با پتاسیم پرمنگنات بر پارچه تعیین گردید در نهایت مقایسه کلی بین نمونه‌های عمل شده در بهینه شرایط سفیدگری با پتاسیم پرمنگنات و نمونه‌ی سفیدگری شده با آب اکسیژنه از نظر استحکام کششی، میزان شاخص سفیدی، بقای سفیدی، نفوذ قطره، درصد رطوبت بازیافتی، در صد تغییرات جذب رنگ، میزان واکس باقیمانده و تست آهار و در نهایت بررسی تغییرات ساختاری نمونه‌های مزبور به کمک دستگاه FTIR انجام شد. مشاهدات بیانگر آن است که با حادث شدن شرایط عمل شاخص سفیدی تا حد معینی روند صعودی را طی می‌کند و بعد از رسیدن به حداکثر مقدار خود روند نزولی را طی کرده و سپس شیب ثابتی را به خود می‌گیرد. میزان استحکام کششی، واکس باقیمانده و متعاقباً زمان نفوذ قطره کاهش می‌یابد. در مقایسه‌ی نمونه عمل شده در بهینه‌ی شرایط سفیدگری با پتاسیم پرمنگنات و آب اکسیژنه؛ شاخص سفیدی نمونه سفیدگری شده با پتاسیم پرمنگنات حدود ۱۰ واحد بیشتر از نمونه سفیدگری شده با آب اکسیژنه است در حالیکه میزان جذب رنگ و بقای سفیدی نمونه سفیدگری شده با آب اکسیژنه بالاتر از نمونه سفیدگری شده با پتاسیم پرمنگنات در شرایط بهینه کاربرد این ماده می‌باشد. طیف FTIR میزان اکسیداسیون کمتر کالای پنبه‌ای عمل شده با پتاسیم پرمنگنات را نشان می‌دهد. مجموعه‌ی نتایج حاصله حاکی از آن است که پتاسیم پرمنگنات می‌تواند جهت انجام سفیدگری، آهارگیری و حتی پخت همزمان پارچه‌ی خام پنبه‌ای در حداقل زمان و غلظت ممکنه به کار رود. امکان کاربرد این روش از نظر کاهش زمان عمل، مصرف انرژی و حداقل تشکیل مواد جانبی آلوده‌کننده محیط که سه فاکتور مهم، در بهبود و پیشرفت اقتصادی هرچه بیشتر صنعت نساجی است حائز اهمیت می‌باشد.

## فصل اول

### مقدمه

#### ۱-۱- مقدمه و اهداف پژوهش

پنبه به دلیل داشتن ویژگیهای منحصر به فرد فیزیکی و شیمیایی پر مصرف‌ترین لیف طبیعی در صنایع نساجی است، لذا پارچه‌های پنبه‌ای امروزه در سر تا سر جهان از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند [۱]. از خواص مهم این لیف استحکام بالا و تمایل آن به جذب رنگهای متفاوت میباشد [۲]. با این وجود با انجام عملیات تکمیلی مناسب می‌توان خواص آن را تا حد زیادی بهبود بخشید. در صنعت نساجی و پوشاک، یک عمل تکمیلی ممکن است به منظور بهبود خواص ظاهری پارچه یا افزایش مرغوبیت آن مانند نرمی زیردست، درخشندگی، زیبایی، ثبات دائمی، و یا به منظور افزودن خواص معینی به پارچه انجام شود. این امر، باعث جلب توجه مشتری شده و در نتیجه در اثر افزایش حجم تولید و فروش، قیمت تمام شده پارچه نیز کاهش خواهد یافت [۳].

از آنجا که زردی کالای پنبه‌ای بعد از عمل پخت از بین نمی‌رود ضرورت انجام عمل سفیدگری این کالا را ایجاب می‌نماید. در تحقیقات گذشته کاربرد عملیات سفیدگری و آهارگیری همزمان بر روی پارچه‌های پنبه‌ای پخت شده به کمک پتاسیم پرمنگنات تا حدودی بررسی شده است ولی در مجموع کاربرد این اکسیدکننده به طور جدی مورد توجه قرار نگرفته است [۴،۵،۶]. از آنجا که دستیابی به کیفیت برتر همراه با کاهش تعداد مراحل عمل، کوتاه نمودن زمان عمل و کاهش انرژی مصرفی در مراحل تکمیلی بسیار حائز اهمیت است، از این رو شناسایی و بهبود عملکرد پارامترهای مؤثر بر مرغوبیت کالا از اهمیت بالایی

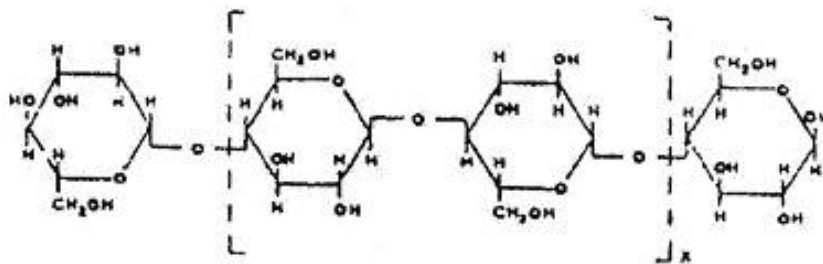
برخوردار است [۷]. نظر به اهمیت موارد مذکور، هدف از تدوین رساله‌ی فوق رسیدن به شرایط بهینه عمل، در حداقل زمان لازم جهت سفیدگری و آهارگیری همزمان کالای پنبه‌ای خام با کاربرد پتاسیم پرمنگنات به عنوان یک اکسیدکننده‌ی قوی می‌باشد. پارامترهای متعددی در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت که عبارت بودند از تغییرات زمان، دما و غلظت مواد اصلی کاربردی. در نهایت اثر متقابل این تغییرات بر خواص فیزیکی و شیمیایی کالای خام پنبه‌ای بررسی شد.

## ۲-۱- سلولز

### ۱-۲-۱- ساختار و خواص فیزیکی و شیمیایی سلولز

سلولز که جزء اساسی مواد گیاهی است، تقریباً یک سوم مواد تشکیل دهنده سلولهای دیواره گیاهی را شامل می‌شود. در طبیعت سلولز هرگز به‌طور خالص یافت نمی‌شود. در پنبه، سلولز حدود ۹۰٪ وزن لیف را تشکیل می‌دهد و به‌طوریکه ملاحظه می‌شود پنبه مهم‌ترین منبع سلولز طبیعی می‌باشد. تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از عناصر موجود در سلولز آن را در دسته‌ی کربوهیدراتها<sup>۱</sup> با فرمول اولیه‌ی  $C_6H_{10}O_5$  قرار می‌دهد. لغت کربوهیدرات ترکیبی است از لغت کربن (C) و هیدرات یا آب ( $H_2O$ ) و فرم کلی آن عبارت است از  $[C_n(H_2O)_m]$ .<sup>[۸]</sup> زنجیر سلولز، این پلیمر طبیعی، یک پلی ساکارید است که در آن واحدهای گلوکزی آب از دست داده<sup>۲</sup>، بوسیله‌ی اتصال ۴،۱ بتا گلوکوزیدی به یکدیگر متصل شده‌اند. واحد تکرار سلولز، سلویوز<sup>۳</sup> می‌باشد [۹]. عبارتی از پیوند دو مولکول بتا گلوکز یک واحد سلویوز با زنجیر خطی مستقیم و با طول مولکولی  $10^3/3$  آنگستریم حاصل می‌شود [۱۰]. هر واحد سلویوز از دو حلقه گلوکزی پیرانوز<sup>۴</sup> تشکیل شده است که ساختار پیشنهادی آن در شکل (۱-۱) نشان داده شده است [۱۱]. تکرار این واحد خطی مستقیم، نشان دهنده‌ی طول زنجیر و درجه‌ی پلیمریزه شدن سلولز خواهد بود [۳]. وزن مولکولی متوسط سلولز ۸۰۰۰۰۰ و درجه پلیمریزه شدن آن حدود ۵۰۰۰ است [۱۲]. با توجه به وجود تعداد زیاد گروههای هیدروکسیل در مولکول سلولز، سلولز یک ترکیب پلی الکلی است و برای واکنشهای شیمیایی به ازای هر واحد گلوکزی آب از دست داده، سه گروه هیدروکسیل وجود دارد. به این عوامل شیمیایی، گروههای استال و آلدئید انتهای زنجیر مولکولی هم اضافه می‌گردد [۸]. از آنجایی که تعداد گروههای آلدئیدی به نسبت دیگر گروههای زنجیر سلولز ناچیز است، اثر این گروه بر خواص شیمیایی ماکرومولکولی سلولز غیر محسوس است به همین دلیل نیز خصلت احیا کنندگی از سلولز مشاهده نمی‌شود [۱۳، ۱۴]. گروه هیدروکسیل متصل به اتم کربن ۶، الکل نوع اول و گروههای هیدروکسیل متصل به اتم کربن های ۲ و ۳، الکل نوع دوم می‌باشند.

1 -Carbohydrate  
2 Anhydroglucose  
3 -Cellobose  
4 -Pyranose



شکل (۱-۱): ساختار شیمیایی سلولز [۳]

لذا قابلیت واکنش شیمیایی این گروهها متفاوت می باشد. طبق مطالعاتی که انجام گرفته، گروه هیدروکسیل نوع اول به دلیل امکان چرخش در جهات مختلف در برابر واکنشهای استری شدن ده بار فعالتر از گروههای هیدروکسیل دیگر می باشد. به عقیده O.A.Stam گروه هیدروکسیل  $C_2$  به دلیل خاصیت اسیدی شدیدتر در واکنشهای اتری فعالتر می باشد و گروه هیدروکسیل  $C_3$  از کمترین میزان تمایل برای فعل و انفعالات شیمیایی برخوردار است [۱۸-۱۳، ۱۰، ۸].

فعل و انفعالات شیمیایی الیاف سلولزی شدیداً تحت تأثیر ساختار لیف قرار دارد [۲۱-۱۹]. بر طبق نظریه-ای، گروههای هیدروکسیل قسمت‌های تکرارشوندهی آمورف به آسانی می‌توانند در فعل و انفعالات شیمیایی شرکت کنند. طبق نظریه‌ی دیگری، تنها گروههای هیدروکسیل نقاط کم نظم‌تر سطح لیف و گروههای هیدروکسیل قسمت‌های شدیداً بی نظم لیف سلولز در واکنشهای شیمیایی شرکت می‌کنند و میل واکنشی الیاف سلولزی با متورم کردن آنها افزایش قابل توجهی می‌یابد [۱۴، ۱۳]. با متورم نمودن قسمت‌های بیشتری از لیف، سلولز از حالت بلوری به حالت آمورف<sup>۱</sup> تبدیل شده و به این ترتیب تعداد بیشتری از گروههای هیدروکسیل برای واکنشهای شیمیایی در دسترس قرار می‌گیرند. طبق تحقیقات انجام شده توسط Hermann تنها ۳۰٪ از لیف پنبه طبیعی در حالت آمورف و ۷۰٪ آن در حالت بلوری می‌باشد و با عملیات مرسرایزینگ<sup>۲</sup>، سهم بخش‌های آمورف تا ۵۰٪ افزایش می‌یابد [۱۹]. ضمناً در الیاف پنبه‌ای خشک شده و بدون آب تنها ۰/۹٪ از کلیه گروههای هیدروکسیل برای انجام واکنشهای شیمیایی آزاد هستند، حال آنکه در لیف متورم شده، ۱۴-۲۵ درصد از آنها آزاد می‌باشند [۱۴، ۱۳]. نکته قابل توجه دیگر اینکه طول زنجیر مولکولی سلولز، پایه و درجه پلیمریزه شدن (برای تعیین طول زنجیر مولکولی) تأثیر مهمی در خواص مکانیکی الیاف داشته و رابطه‌ی مستقیمی بین یکنواختی درجه پلیمریزه شدن و خواص فیزیکی نخ بدست آمده وجود دارد [۱۵].

1 -Amorphous

2 -Mercerizing

## ۱-۲-۲- بررسی ساختار بلوری سلولز

به طور کلی تمام مواد لیفی اعم از طبیعی یا مصنوعی از مواد پلیمری تشکیل شده‌اند ولی برای اینکه یک ماده پلیمری بتواند بصورت لیف قابل مصرفی در آید باید دارای برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی نظیر وزن مولکولی مناسب، شکل مولکولی مناسب، بلورینگی<sup>۱</sup> بالا، پیوند های عرضی بین مولکولی، آرایش یافتگی<sup>۲</sup>، استحکام و ارتجاعیت مناسب زنجیر مولکولی و... باشد [۱۵]. از میان خواص مذکور درصد بلورینگی و میزان آرایش یافتگی برای تمام الیاف بخصوص الیاف سلولزی بسیار مهم و حائز اهمیت است. لذا به بررسی ساختار بلورینگی الیاف سلولزی تحت شرایط مختلف پرداخته می‌شود. جدول (۱-۱) درصد بلورینگی پنبه را در چندین حالت مختلف و با کمک روشهای مختلف نشان می‌دهد [۱۶-۱۸].

جدول (۱-۱)-درصد بلورینگی الیاف پنبه به روشهای مختلف [۱۶]

Method	Cotton	Wood Pulp	Mercerized Cotton	High-tenacity Rayon
Hydrolysis method				
Nickerson	94	90	89	79
Conrad and scroggie	92- 94	88 – 91	85 – 89	69 – 73
Philipp	88	---	82	67
X- ray diffraction	69	65	47	39
Density	58	53	40	24 – 32
Calorimetry	87	---	77	52
Deuterium-oxide exchange	78	63	---	20

\* Mercerized ramie.

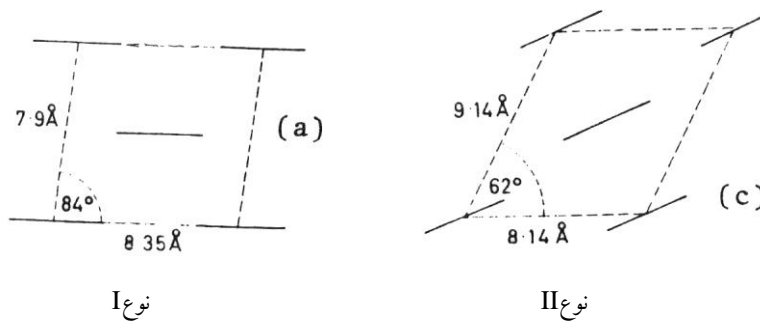
همانگونه که می‌دانیم انواع مختلف سلولز نسبت به فرم ساختار مولکولی و طرز قرار گرفتن مولکولها با یکدیگر تفاوت دارند. در الیاف سلولز طبیعی نسبت قسمتهای بلوری و غیر بلوری، اگر چه بسته به روش اندازه گیری فرق می‌کند ولی عموماً برابر با دو سوم بلوری و یک سوم غیر بلوری می‌باشد [۱۵]. در انواع سلولزهای طبیعی درجه‌ی آرایش یافتگی مولکولها بالا بوده و تقریباً مولکولها با یکدیگر موازی می‌باشد ولی مارپیچ بودن این الیاف باعث شده که درجه‌ی آرایش یافتگی مولکولها نسبت به محور طولی لیف، کم باشد. در الیاف ساقه‌ای چون زاویه‌ی پیچش لیف حول محور طولی، کم و برابر ۶ درجه می‌باشد، لذا آنها دارای مقاومت زیاد و آرایش یافتگی بالایی هستند ولی الاستیسیته آنها کم است. در مورد پنبه، زاویه‌ی پیچش لیف حول محور طولی آن حدود ۳۰ درجه می‌باشد و این زیادی درجه‌ی پیچش باعث شده

1 - Crystallinity

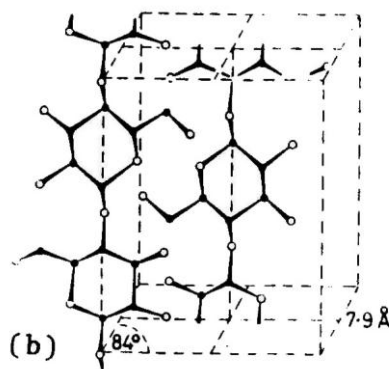
2 -Orientation

که پنبه بیشتر از الیاف ساقه‌ای، الاستیک باشد، چرا که در اثر کشیده شدن، لیف از حالت فنری و مارپیچی بیرون آمده و طول آن اضافه می‌گردد. ساختار بلوری سلولز طبیعی را بعنوان سلولز شماره I نام نهاده‌اند که دارای سلول واحد به ابعاد نشان داده شده در شکل (۲-۱) می‌باشد [۱۵].

فرم دقیق قرارگرفتن اتمها در داخل این واحد مولکولی دقیقاً محاسبه نشده ولیکن دانشمندان عقیده دارند که صورتی شبیه شکل (۳-۱) دارد. زمانی که الیاف سلولزی مرسریزه می‌شوند تغییراتی در تصویر اشعه ایکس لیف پدید می‌آید. در ابتدا عکس گرفته شده از لیف با موقعی که تحت عمل مرسریزاسیون قرار نگرفته است تطابق می‌نماید ولی هر چه عمل مرسریزاسیون جلوتر می‌رود و کاملتر می‌گردد، این عکس کاملاً تغییر می‌یابد.



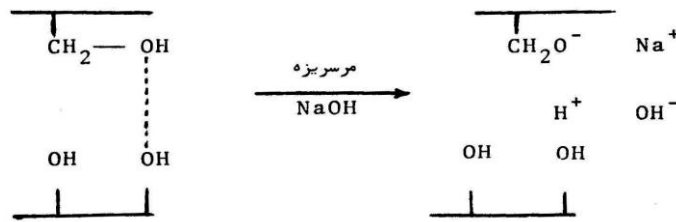
این پدیده در اثر بروز تغییراتی در ساختار سل یا واحد مولکولی سلولز است که این فرم تغییر یافته سلولز را اصطلاحاً به نام سلولز شماره II نام نهاده‌اند که دارای ساختاری مطابق شکل (۲-۱) قسمت (c) می‌باشد [۱۵].



مرسریزه شدن علاوه بر اینها باعث کاهش یافتن قسمت‌های بلوری لیف می‌شود، ولی چون زاویه مارپیچ پیچش لیف حول محور طولی آن کم می‌شود، لذا درجه آرایش یافتگی آن زیاد شده و لیف محکمتر می‌گردد.



مکانیزم عمل مرسریناسیون عبارت است از :



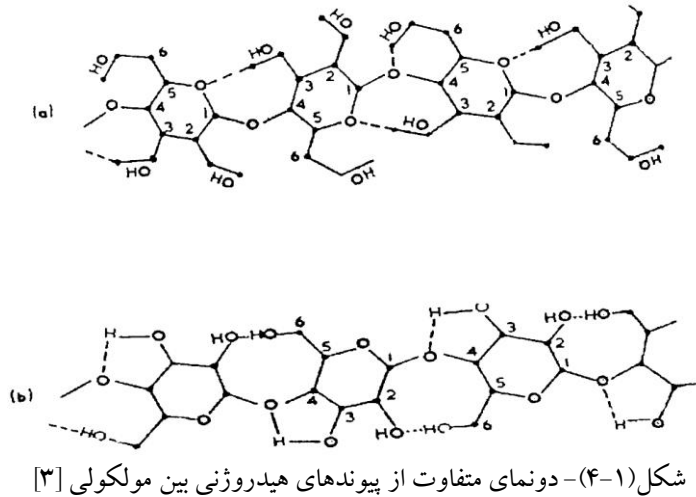
علاوه بر مرسریناسیون راههای دیگری نیز برای تغییر در ساختار مولکولی الیاف سلولز طبیعی مخصوصاً پنبه وجود دارد به هر حال این فعل و انفعالات ساختار اصلی مولکول سلولز را تغییر نمی دهند بلکه باعث بروز دگرگونیهایی در خواص شیمیایی و فیزیکی لیف خواهند شد [۱۵].

### ۳-۱- پنبه

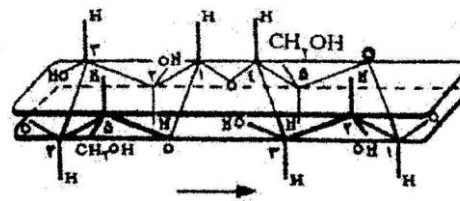
#### ۱-۳-۱- ساختار و خواص لیف پنبه

مولکولهای سلولز پنبه که تحت عملیات مکانیکی و شیمیایی قبلی قرار نگرفته باشند از پلیمرهای خطی که حاوی حداقل ۵۰۰۰ واحد انیدرو گلوکز می باشند، تشکیل می گردند که معمولاً این مولکولها در حالت جامد به شکل صفحات مسطح بوده و در حضور آب این صفحات، به طور منظم به هم چسبیده می باشند، اما در بعضی مواقع برخی از آنها از این حالت مسطح تبعیت نمی کنند. ضمناً مولکولهای سلولز پنبه در حالت کاملاً گسترده و به موازات محور فیبر یلها قرار دارند [12].

مطالعات انجام شده به وسیله جذب نور ماوراء قرمز<sup>۱</sup> نشان می دهد که اغلب گروههای هیدروکسیل با یکدیگر پیوندهای هیدروژنی برقرار می سازند ولی چگونگی حالت تشکیل این پیوندها هنوز به طور دقیق معلوم نشده است. شکل (۴-۱) امکان تشکیل دو نوع پیوند هیدروژنی بین مولکولی منظم را نشان می دهد. در هر دو حالت صفحات مسطح وقتی می توانند تشکیل گردند که بین گروههای هیدروکسیل و اتمهای اکسیژن در زنجیرهای مجاور پیوند هیدروژنی بیشتری برقرار گردد. پیوند بین صفحات مولکولها احتمالاً به وسیله نیروهای واندروالس حاصل می شود.



شکل (۱-۵) به خوبی نشان می‌دهد که چگونه سطوح آبدوست<sup>۱</sup> واحدهای انیدروگلوکز به نقاط استوایی<sup>۲</sup> خود محدود شده است و سطوح بالا و پایین خاصیت غیر آبدوستی دارند [۳].



شکل (۱-۵) [۳]

### ۱-۳-۲- مشخصات قسمتهای مختلف ساختار پنبه

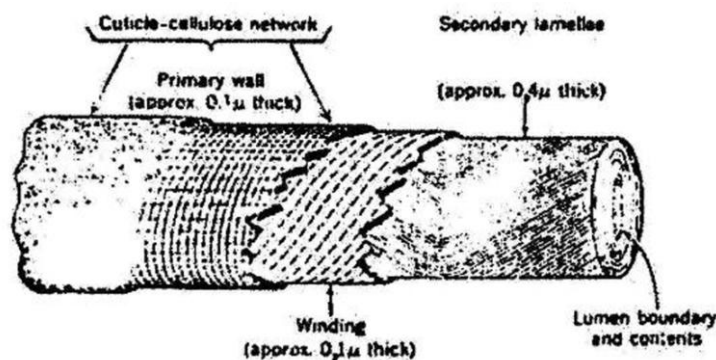
لیف پنبه از قسمتها و لایه‌های مختلفی تشکیل شده است. شکل (۱-۶) شمای یک لیف پنبه را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود این لیف از قسمتهای زیر تشکیل شده است [۱۶-۱۸].

### ۱-۳-۲- الف - دیواره اولیه (کوتیکل)

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود دیواره اولیه<sup>۳</sup>، خارجی‌ترین قشر لیف پنبه است که از پوسته‌ای به ضخامت ۰/۱ میکرون با فیبریل‌های متقاطع و تحت زاویه خطی نسبت به محور لیف تشکیل شده است. زمانیکه که لیف متورم می‌گردد توده سلولز یعنی دیواره ثانویه<sup>۴</sup> که خود شامل چند لایه است و فیبریل‌های آن که تحت زاویه ۲۰ تا ۲۵ درجه نسبت به محور لیف قرار دارند، به دیواره‌ی اولیه و مغز لیف (لومن) فشار وارد می‌سازند

- 
- 1-Hydrophilic
  - 2 -Equatorial
  - 3 -Primery wall
  - 4-Secondary wall

[۱۹،۲۱]. اگر لایه اولیه را که تقریباً، تماماً از سلولز تشکیل شده است در یک حلال سلولز (هیدراکسید کوپر آمونیم) حل کنیم، فقط لایه کوتیکل<sup>۱</sup> باقی می ماند. ضخامت لایه اولیه فقط ۰/۱ تا ۰/۲ میکرون است، در حالی که ضخامت متوسط لیف ۲۰ میکرون است. همانگونه که اشاره شد این لایه حاوی لیفچه‌هایی است که در سطح خارجی، موازی با محور لیف و در قسمت‌های مختلف داخلی، در جهت عرضی با محور لیف قرار گرفته‌اند و این نحوه قرار گرفتن لیفچه‌ها سبب می شود استحکام لیف در جهت طولی کمتر از جهت عرضی باشد و به همین دلیل است که قدرت و استحکام زیاد لیف در جهت پیرامون آن از تورم بعدی لیف به مقدار قابل توجهی می کاهد [۱۹].



شکل (۱-۶) - شمای ساختار لیف پنبه [۱۶]

#### ۱-۳-۲-ب- دیوار ثانویه

این لایه که تقریباً ۹۰ درصد وزن کل لیف را تشکیل می دهد در مرحله دوم رشد لیف به وجود می آید. این دیواره از رسوب طبقات متوالی لایه‌های سلولز در داخل لیف تشکیل می شود، بدون اینکه قطر لیف افزایش یابد. این لایه‌ها را می توان با روشهای تورمی از یکدیگر جدا نمود. دیوار ثانویه، متراکم تر از دیواره‌ی اولیه بوده و دسته فیبریل‌های آن در طول لیف، جهت آرایش و زاویه خود را نسبت به محور لیف عوض می کنند که این تغییر جهت در آن محل، موجب تابدار<sup>۲</sup> شدن لیف پنبه می گردد و تعداد این تابهای طبیعی لیف و آرایش فیبریلی آنها به طور کلی بستگی به نوع لیف پنبه و قابلیت تطویل آن دارد [۲۱-۱۷].

مطالعات نشان می دهد که شبکه فیبریل‌ها از لیفچه‌های بلند و بسیار نازک تشکیل شده است، اما ابعاد این لیفچه‌ها بر حسب نوع نمونه متغیر بوده و معدل قطر آنها از ۰/۱ تا ۱/۴ میکرون تغییر می کند. تحقیقات بیشتری که به وسیله میکروسکوپهای الکترونی انجام شده است حاکی از این است که لیفچه‌ها کوچکترین

1 -Cuticle

2 -Convolution

واحد ساختاری لیف نیستند، بلکه میکرو فیبریل‌ها کوچکترین جزء شناخته شده‌اند و حدود ۱۰۰ تا ۲۵۰ آنگسترم قطر دارند. ضمناً فیبریلها در قشرها و طبقات متوالی محور لیف قرار گرفته‌اند [۲].

مطالعات انجام شده با کمک اشعه ایکس نشان داده‌است که ۶۰-۵۸ درصد از گروههای هیدروکسیل پنبه دارای پیوندهای هیدروژنی منظم<sup>۱</sup> و ۴۰ درصد بقیه نامنظم<sup>۲</sup> می‌باشند [۳].

### ۱-۳-۲-ج- کانال لومن

لومن، کانالی است در داخل لیف پنبه که در سر تا سر طول آن از ریشه لیف تا نوک آن ادامه دارد. قطر کانال لومن در طول لیف متغیر بوده و هنگامیکه لیف در حال رشد کردن است و هنوز غوزه پنبه باز نشده، سطح مقطع لومن تقریباً یک سوم سطح مقطع لیف را تشکیل می‌دهد. هنگامیکه لیف پنبه کاملاً رسیده شود، این قسمت به کمتر از ۵٪ رسیده و به شکل شکاف باریکی دیده می‌شود [۱۹].

### ۱-۳-۳- شکل سطح مقطع و شکل طولی لیف پنبه

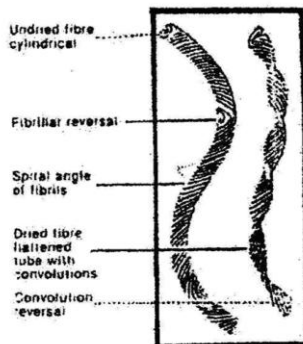
ساختار ظاهری الیاف پنبه و سایر الیاف سلولزی طبیعی که با کمک میکروسکوپ نوری معمولی قابل رؤیت می‌باشند، بصورت لیف نامنظم تابدار و بصورت لوله پهن و فشرده شده می‌باشند [۳].



شکل (۷-۱)- سطح مقطع لیف پنبه [۱۶]

شکل (۷-۱) تصویری از سطح مقطع لیف پنبه بوده و شکل‌های (۸-۱) و (۹-۱) نیز تصاویر طولی لیف پنبه را

در زیر میکروسکوپ نوری نشان می‌دهند [۱۶-۱۸].



شکل (۹-۱)- تصویر طولی پنبه [۱۶]



شکل (۸-۱)- تصویر طولی پنبه [۱۶]

1 -Order

2 -Disorder