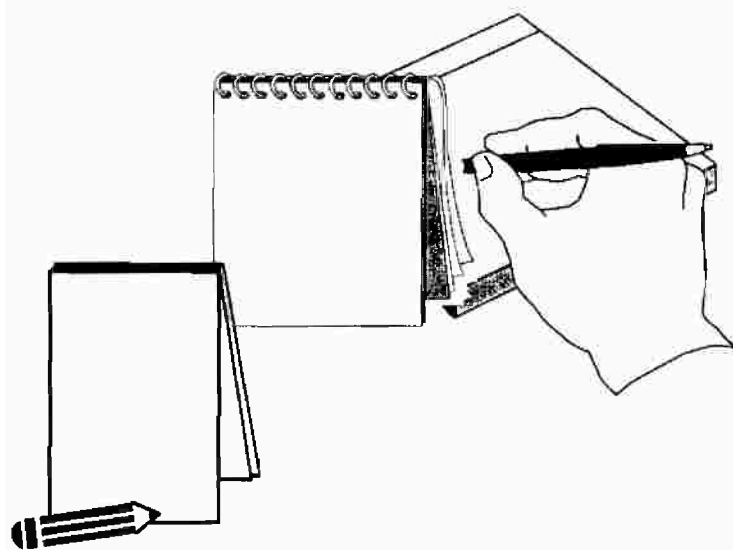


الباب السابع

السييلوز وصناعة الورق



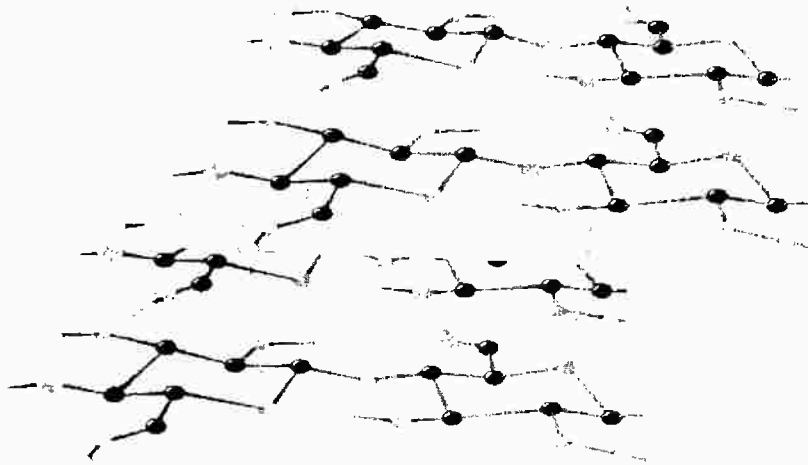
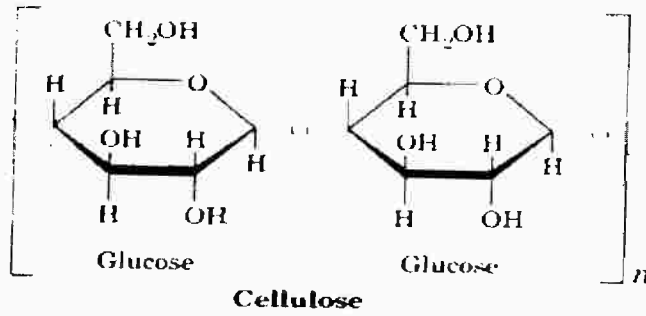
السيليلوز وصناعة الورق

يعتبر السيليلوز Cellulose من أكثر المواد الكربوهيدراتية تعقيدا وانتشارا فى الطبيعة ، حيث يوجد فى جدر جميع الخلايا النباتية، وتبلغ نسبته فى ألياف القطن ٩١ - ٩٩%، بينما فى الأخشاب تتراوح ما بين ٤٠ - ٥٥%، أما فى المخلفات الزراعية مثل قش الأرز وحطب القطن والذرة فتكون ما بين ٣٠ - ٤٠%. ويتكون جزئ السيليلوز كيميائيا (أشكال ١-٧، ٢-٧) من سلسلة مستقيمة من جزيئات بيتا-D-glucopyranose مرتبطة بروابط جلوكوسيدية من النوع بيتا-١-٤. ويختلف عدد جزيئات سكر الجلوكوز فى جزئ السيليلوز تبعا لمصادرة ما بين ١٥٠٠٠ - ٥٠٠٠٠٠. ولا يذوب السيليلوز فى الماء أو المذيبات العضوية، كما يعتبر خاملا من الناحية الكيميائية، لذلك يستخدم بكثرة فى صناعة ورق الترشيع. كما تلتحم جزيئات السيليلوز مع بعضها فى أخشاب النباتات بواسطة مادة اللجنين.

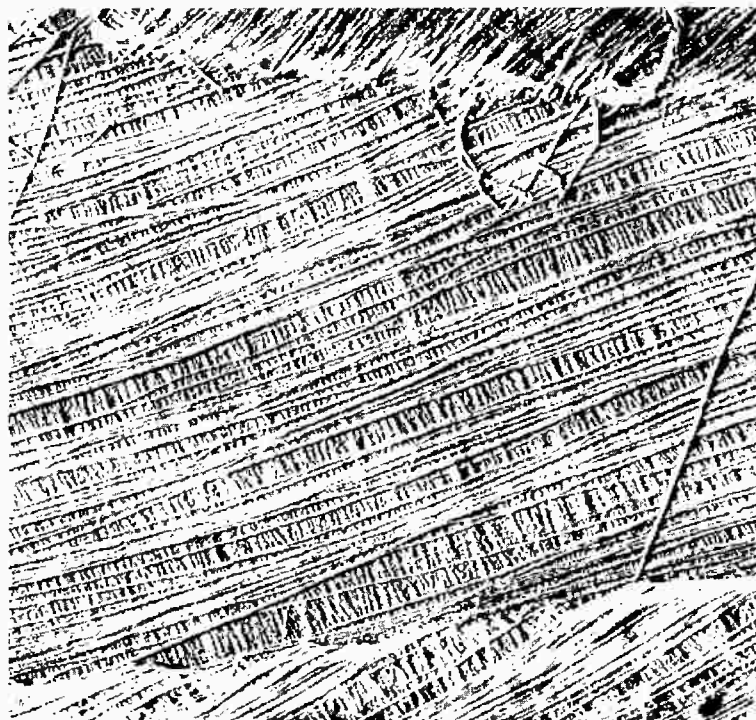
ولقد أحدث التقدم العلمى ثورة هائلة فى مجال صناعة الأخشاب ، حيث أمكن إنتاج أنواع ممتازة من السيليلوز من الخشب ، وتحويل هذه الأنواع إلى منتجات صناعية عديدة (شكل ٣-٧) ذات أهمية اقتصادية عالية ، سوف نتناول جزءا منها بالتفصيل.

صناعة الورق

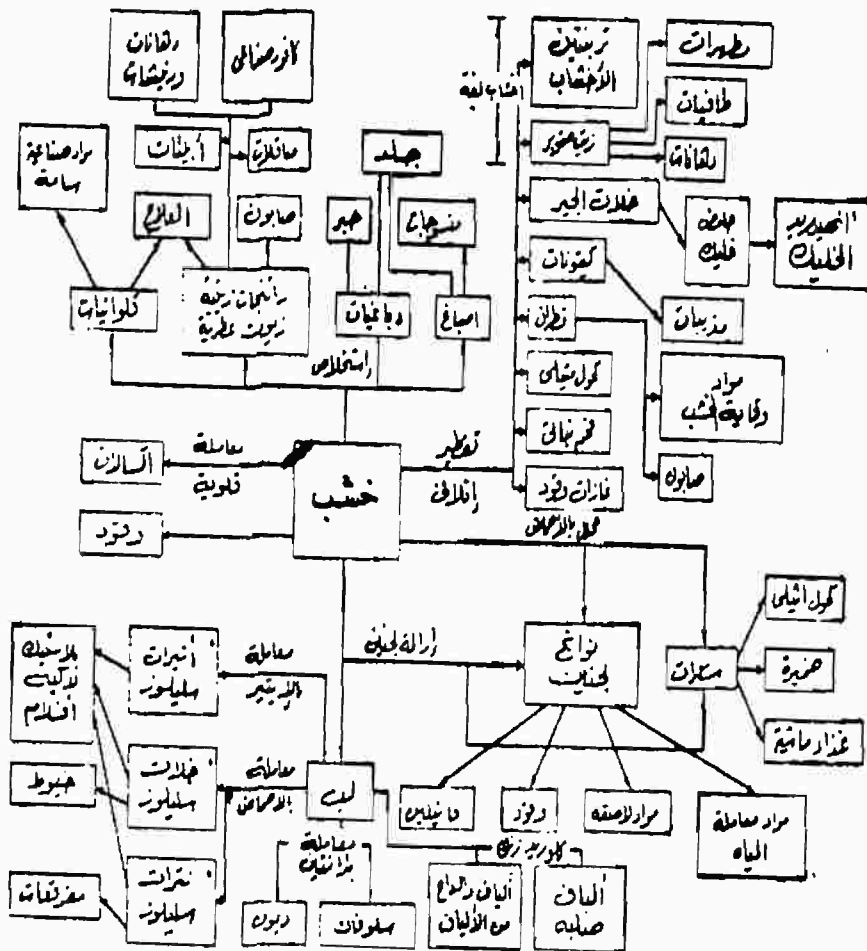
اشتقت كلمة الورق من الأصل اللاتيني، وهو اسم لنبات قديم يشبه الحلفاء، حيث كان نخاعة يستعمل فى صناعة الورق Paper manufacture فى مصر منذ عام ٢٤٠٠ قبل الميلاد . كما أدعى البعض أن أول من صنع الورق هم الصينيون ثم انتشرت تلك الصناعة إلى الهند وبلاد العرب ومنها إلى أسبانيا وأوروبا.



شكل (٧-١): التركيب الكيميائي ونموذج لتركيب جزئ السيليلوز



شكل (٧-٢) : صورة بالميكروسكوب الإلكتروني لبقاات ألياف السيليلوز
المتوازية في جدار طحلب الكيتومورفا *Chaetomorpha*



شكل (٧-٣): المنتجات الكيميائية التي يمكن الحصول عليها من الخشب
(مأخوذة عن ألبرت هيل - النسخة المترجمة إلى العربية - ١٩٦٢)

المراحل التي تمر بها صناعة الورق

تمر صناعة الورق بالمراحل التالية :

أولاً، اختيار المواد الخام التي تدخل فى صناعة الورق،

على الرغم من إمكانية صناعة الورق من أى مادة ذات ألياف طبيعية فإن قيمة تلك الألياف المختلفة فى الصناعة تعتمد على كمية السيليلوز الموجود بجدر الخلايا وطبيعته (هل يوجد بحالة منفردة أو متحدا مع مكونات أخرى خلوية مثل اللجنين والبكتين وخلافة) ونعومته وليونته. ومن أهم المواد الخام التي تستخدم فى صناعة الورق ما يلي :

١ - ألياف الخشب

تعد ألياف الخشب من أكبر المصادر التي تستخدم كمادة خام أولية فى صناعة الورق منذ أمد بعيد وحتى الآن. ومن أهم الأشجار التي تستخدم فى هذا المنوال شجرة التنوب الفضى *Abies pectinata* والصنوبر الاسترالى *Pine (Pinus spp.)* والشوكران *Hemlock (Tsuga spp.)* (شكل ٧-٤)، والتي تتميز أليافها بالطول والقوة، والمحتوى العالي من السيليلوز، كما يخلوا الخشب تقريبا من المواد الراتنجية والصمغ .

٢ - القطن والكتان

لقد بدأ منذ زمن طويل فى استخدام قطع القطن والكتان البالية وبقايا الأقمشة ونفاياتها فى صناعة الورق ، وذلك لما تتميز به من محتوى عالي من السيليلوز قد يصل إلى ٩١ % ، ٨٢ % بالنسبة لألياف القطن والكتان على التوالي، كذلك تتميز أليافها بالتماسك وقوة الاحتمال.



التنوب الفضى (الأوراق واللحاء)



الصنوبر



الشوكران

شكل (٧-٤) أهم الأشجار التى تستعمل كمصدراً رئيسياً لألياف الخشب

٣- مصادر أخرى:

وتتمثل في الألياف النسيجية الأخرى بخلاف القطن والكتان مثل نفايات صناعة الجوت وليف جوز الهند وحشيشة الرامى وخلافة، والتي استخدمت بكثرة في صناعة أنواع خاصة من الورق مثل ورق اللف وعمل المظاريف. كذلك استخدمت سيقان القمح والشيلم والشعير والأرز والشوفان رغم قلة أليافها من السيليلوز، مما يجعلها ضعيفة التماسك في صناعة ورق الكرتون والورق المقوى.

ثانياً، صناعة عجينه الورق،

وتختلف طبيعة المعاملات التي تتم في هذه المرحلة باختلاف نوع المادة الخام التي تستخدم في الصناعة لتكون على النحو التالي:

أ- بالنسبة لألياف الخشب (صناعة لب الخشب):

يتم إعداد عجينه الورق من ألياف الخشب بإحدى الطرق التالية:

١- الطريقة الآلية:

يتم في هذه الطريقة نزع القلف عن الخشب ثم الغسيل والتقطيع الى أطوال قصيرة، لتدفع بعد ذلك بين طواحين تدور بسرعة عالية لتتمزق الألياف بطريقة الكشط. وعادة ما يستخدم كميات كبيرة من الماء لمنع ارتفاع درجة الحرارة وإنتاج ألياف دقيقة متجانسة. تتخل نواتج الطحن لعزل الشوائب، ثم تضغط بين اسطوانات لفصل معظم ما بها من ماء، ثم تمرر في ماكينة خاصة تشكل اللب على شكل طبقات رقيقة يمكن صناعتها ورق في الحال.

٢- الطريقة الكيميائية:

يتم في هذه الطريقة نزع القلف عن الخشب ثم الغسيل والدفع خلال إلى آلات الفرز والتقطيع إلى أجزاء كبيرة، ويتم بعدها الفرز لإزالة القطع المصابة والعقد، ثم تعامل كيميائياً لإزالة اللجنين والمواد الراتنجية بإحدى الطرق التالية:

- طريقة الصودا.. وفيها يتم تكسير الخشب تحت ضغط عالي في محلول من الصودا الكاوية على درجة حرارة ١١٥ درجة مئوية، ثم يتبع ذلك الغسيل والتبييض.
- طريقة السلفيت.. وفيها يتم طهي أجزاء الخشب بالبخار في محلول سلفيت الكالسيوم الحامض، ثم يتبع ذلك الغسيل والتصفية.
- طريقة السلفات.. وفيها يتم هضم الخشب في محلول من الصودا الكاوية وسلفيد الصوديوم وقليل من سلفات الصوديوم، ثم يتبع ذلك الغسيل والتصفية.

ب- بالنسبة لألياف القطن والكتان:

يتم إعداد عجينة الورق من خرق القطن والكتان على النحو التالي: تصنف الخرق وتقطع إلى أجزاء صغيرة، وتنفذ من الأتربة، ثم تغسل بالغلي في محلول من الصودا الكاوية لإزالة الدهون والأصبغ، ثم تغسل بالماء إلى أن تصبح نظيفة تماماً، وتدخل بعدها في باقي العمليات المتممة لصناعة الورق.

ثالثاً، تحويل العجينة إلى ورق:

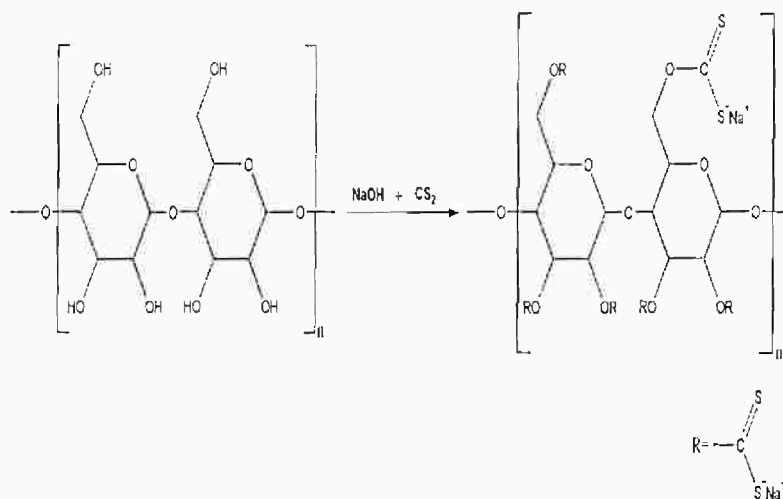
- يتم تحويل العجينة الناتجة إلى ورق ، أو ما يطلق عليه عملية صناعة الورق الفعلية، من خلال عدة خطوات يمكن حصرها في الآتي :
- التبييض والغسيل وفصل الألياف فصلاً تاماً .
- التغرية، حيث يضاف خلالها راتنج الفلوفونية (الناتج عن تقطير راتنج التربينتين) بغرض إكساب الورق القدرة على مقاومة الماء والحبر، كما قد تضاف مادة الطفل بغرض سد المسام وإكساب الورق سطح أفضل للطباعة، كما قد تضاف الألوان المطلوبة لإنتاج ورق ملون.
- المرحلة النهائية.. حيث تسكب العجينة المعاملة على الستارة المخصصة لهذا الغرض فيمر الماء من خلالها تاركة صحيفة مفرودة مستمرة من الألياف المتشابكة، لتمر بعد ذلك خلال مجموعة من الدرافيل للتخلص من الماء، ثم درافيل أخرى ساخنة للتجفيف، ثم يمر إلى أجهزة الصقل التي تكسبه سطحا مصقولاً ناعماً الملمس.

صناعة الألياف الصناعية

الحرير الصناعي (الرايون)

نظراً لارتفاع أسعار الحرير الطبيعي بدرجة كبيرة، فقد قامت التجارب منذ زمن بعيد لصناعة الحرير الصناعي (الرايون Rayon) (شكل ٧-٥) مع غيره من الأقمشة. وبالرغم من تعثر هذه الصناعة الجديدة في بدايتها بسبب تسميتها، إذ اعتبرها جمهور المستهلكين مجرد تقليد بديل أو تقليد للنسيج الطبيعي. ومنذ بدايات القرن العشرين انتشرت صناعة الألياف الصناعية بدرجة كبيرة ، خاصة في الولايات المتحدة الأمريكية التي بدأت تصنع تلك الألياف بطرق صناعية مختلفة كان من أهمها طريقة فسكوز، وتم تسويق تلك المنتجات تحت اسم الرايون (وهو الاسم الذي نصت عليه لائحة وكالة التجارة الاتحادية بالولايات المتحدة الأمريكية، واشترطت إطلاقه على جميع الألياف الصناعية بغرض تخطي قيود الألياف الطبيعية). وفي الآونة الأخيرة تقدمت التجارب في هذا المجال بدرجة مذهلة، وبالفعل يمكن إيجاد أقمشة

تشابه الحرير الطبيعي تمام الشبه في شكلها ولمسها وأمكن صبغها ونقشها بأشكال جميلة تفوق ما يمكن إنتاجه من الحرير الطبيعي. ولعل أحسن أصناف الحرير الصناعي ما كان مصنوعا من القطن وهو أكثر شيوعا ويليه المصنوع من لب الأخشاب .

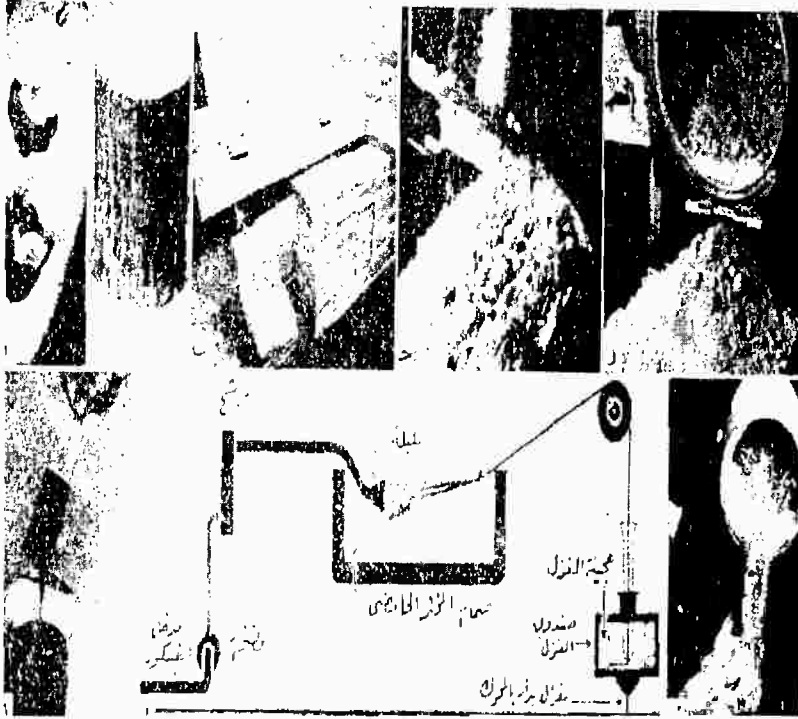


شكل (٧-٥): التركيب الكيميائي للحرير الصناعي (الرايون - الفسكوز)
(يتم معاملة السيليلوز بالقلوى والكربون داي سلفيد للحصول على الفسكوز)

خطوات الصناعة:

- ١- تعد المواد الخام التي تستخدم في صناعة الرايون هي مادة الألفاسيليلوز التي يتم تحضيرها بصورة نقية من لب الخشب أو القطن المحلوج على السواء ثم إعدادها في الخطوات التالية (شكل ٧-٦):
- ٢- تنقى مادة الألفاسيليلوز من الشوائب بطريقة آلية يطلق عليها العزل الهوائي.
- ٣- تطهى المادة النقية في أحد المحاليل التالية بهدف إزالة المواد العضوية الأخرى الغير مرغوبة على النحو التالي :
- محلول من الصودا الكاوية بتركيز (٣-٤%) ثم بثاني كبريتور الكربون، ويطلق على الرايون الناتج اسم (رايون فسكوز).

- محلول حامض الخليك اللأمائي مع القليل من حامض الكبريتيك كعامل مساعد، ثم يذاب الناتج بعدها في الأسيتون. ويطلق على الرايون الناتج اسم (رايون خلاص السيليلوز).
- محلول هيدروكسيد النشادر، ويطلق على الرايون الناتج اسم (رايون النحاس النشادرى).
- محلول من حامض النيتريك والكبريتيك ثم يذاب الناتج في خليط من الكحول والأثير أو غيره من المذيبات العضوية، ويطلق على الرايون الناتج اسم (رايون النيتروسيليلوز).



شكل (٦-٧): المراحل الرئيسية في صناعة الحرير الصناعي (الرايون Rayon) (مأخوذة عن ألبرت هيل - النسخة المترجمة الى العربية - عام ١٩٦٢)

- أ - المواد الخام (القطن أو لب الخشب).
- ب - عجينه السيليلوز الخام.
- ج - عجينه السيليلوز القلوي.
- د - عجينه السيليلوز النقي.
- هـ - محلول غزل الفسكوز.
- و - عملية غزل الفسكوز.
- ز - خيوط الفسكوز أثناء خروجها من آلة الغزل.

- ٣- تغسل ألياف السيليلوز النقية الناتجة بالماء ، ثم تجرى عليها عملية التبييض ، ثم تغسل وتجفف .
- ٤- تجرى إذابة للسيليلوز باستخدام المذيبات المتخصصة بهدف تحويله الى مادة سائلة يتم ضغطها خلال ثقب دقيقة لشباك من الزجاج أو البلاستيك ليخرج منها على شكل خيوط دقيقة يتم تخثيرها بطرق كيميائية، ثم تلف الخيوط بعد ذلك على بكرات دوارة وتبرم على هيئة خيوط مناسبة لعملية النسيج، تغسل بعدها وتجفف.

صفات الحرير الصناعي (الرايون):

يختلف الحرير الصناعي في صفاته عن باقي المنسوجات السيليلوزية الأخرى نظرا لطريقة صناعته، فخيوطه أسمك من خيوط الحرير الطبيعي، وأقل منها مرونة ولو أنه أمكن أخيرا تحضير خيوط في غاية الدقة والنعومة بحيث يصعب تفرقتها عن الحرير الطبيعي إلا بالكشف الدقيق عليها .

مزايا الحرير الصناعي:

- يسمح بمرور الأشعة البنفسجية إلى الجسم من خلال عدة طبقات لذلك فهو حي الاستعمال .
- مريح للجلد الرقيق، خفيف الوزن، ولذلك فهو يستحب في الملابس الداخلية والخارجية .
- رخيص الثمن إذا قورن بالحرير الطبيعي .
- خيوط ملساء لا تلتصق بها مواد القذارة بشدة، ولذا فهو سهل التنظيف .
- موصل رديء للحرارة .

عيوب الحرير الصناعي:

- عند بل الحرير الصناعي تنتفخ خيوطه وتفقد قوامها ، ولذلك فهو يحتاج إلى عناية كبيرة في غسله ، لأنه لا يتحمل الشد والمط اللذين يسببان تمزق الخيوط.
- لا يتحمل الاستعمال مدة طويلة ، فهو أقل الأقمشة متانة، كما تظهر عليه علامات الاستعمال بسهولة كالكرمشه .