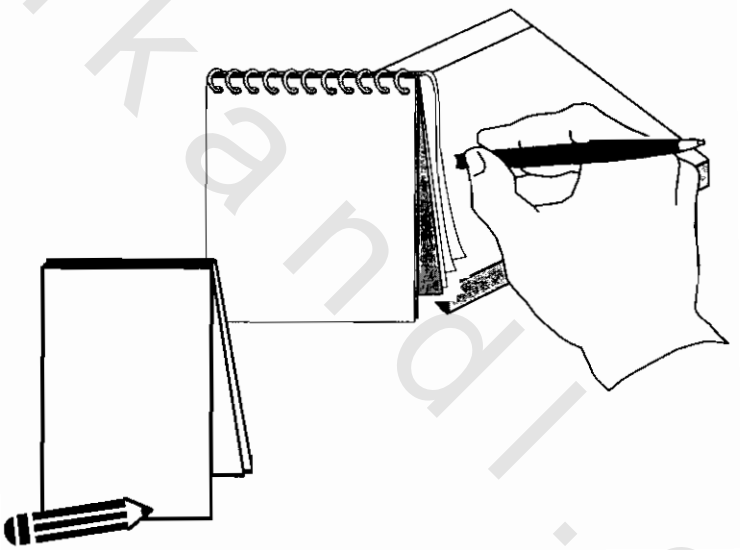
الباب السابع

السيليلوز وصناعة الورق



obeikandl.com

obeikandl.com

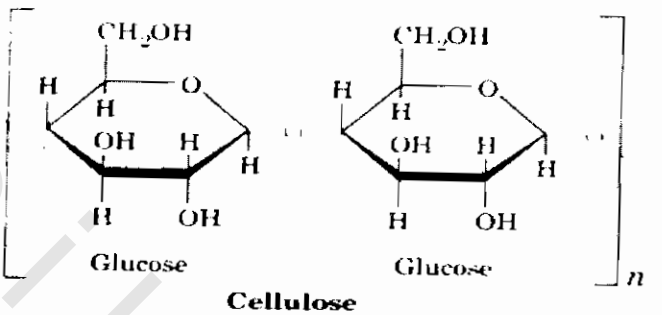
السيليلوز وصناعة الورق

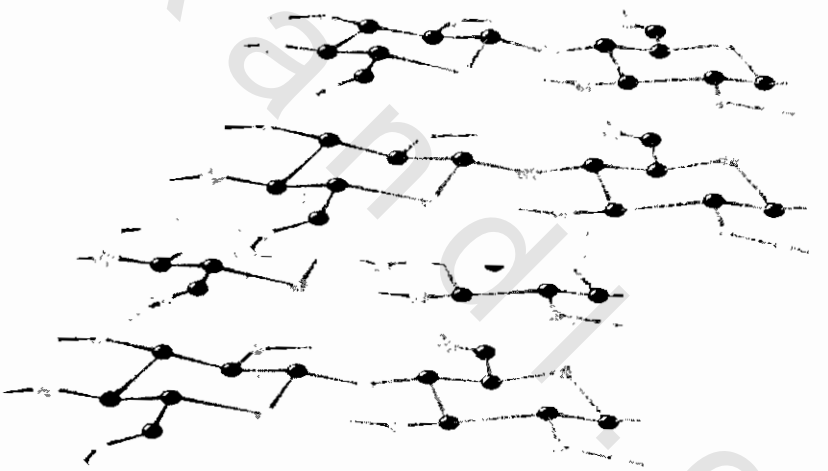
يعتبر السيليلوز Cellulose من أكثر المواد الكربوهيدراتية تعقيدا وانتشارا فى الطبيعة ، حيث يوجد فى جدر جميع الخلايا النباتية، وتبلغ نسبته فى ألياف القطن ٩١ – ٩٩%، بينما فى الأخشاب تتراوح ما بين ٤٠ – ٥٥%، أما فى المخلفات الزراعية مثل قش الأر وحطب القطن والذرة فتكون ما بين ٣٠ – ٤٠%. ويتكون جزئ السيليلوز كيميائيا (أشكال ٧-١، ٧-٢) من سلسلة مستقيمة من جزيئات بيتا-د-جلوكوبيرانوز β-D-glucopyranose مرتبطة بروابط جلوكوسيدية من النوع بيتا ١-٤. ويختلف عدد جزيئات سكر الجلوكوز فى جزئ السيليلوز تبعا لمصادرة ما بين ١٥٠٠٠٠ – ٥٠٠٠٠٠ . ولا يذوب السيليلوز فى الماء أو المذيبات العضوية، كما يعتبر خاملا من الناحية الكيميائية، لذلك يستخدم بكثرة فى صناعة ورق الترشيح. كما تلتحم جزيئات السيليلوز مع بعضها فى أخشاب النباتات بواسطة مادة اللجنين.

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

صناعة الورق

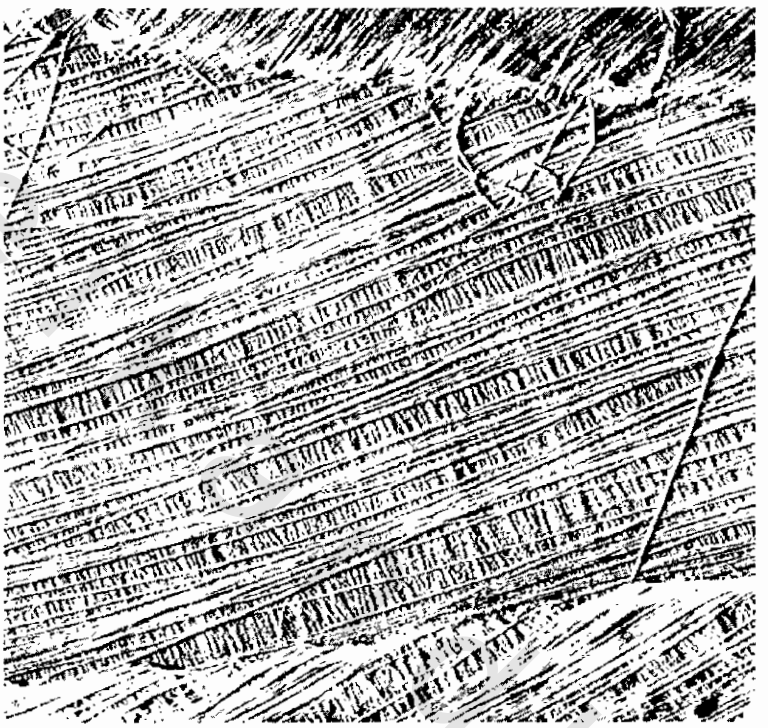
اشتقت كلمة الورق من الأصل اللاتيني، وهو اسم لنبات قديم يشبه الحلفا، حيث كان نخاعة يستعمل فى صناعة الورق Paper manufacture فى مصر منذ عام ٢٤٠٠ قبل الميلاد . كما أدعى البعض أن أول من صنع الورق هم الصينيون ثم انتشرت تلك الصناعة إلى الهند وبلاد العرب ومنها إلى أسبانيا وأوربا.



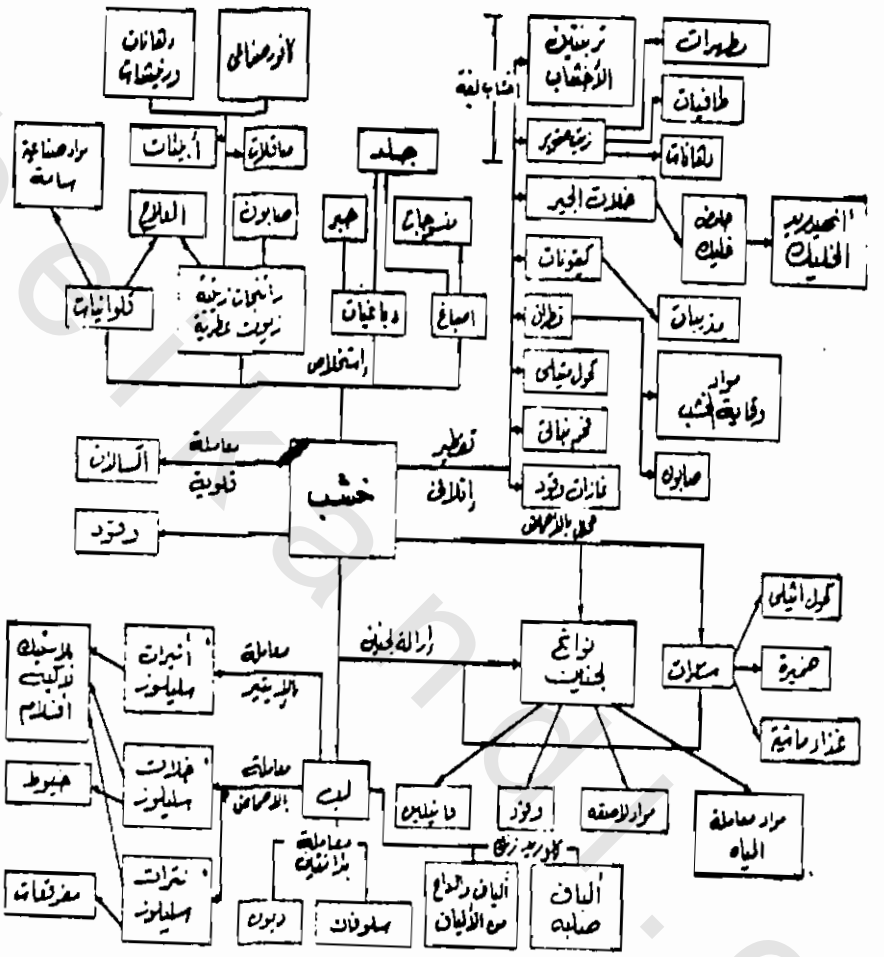


شكل (٧-١): التركيب الكيميائى ونموذج لتركيب جزئ السيليلوز

obeikandi.com



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



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

المراحل التى تمر بها صناعة الورق

تمر صناعة الورق بالمراحل التالية :

أولا، اختيار المواد الخام التى 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 التى تستخدم فى صناعة الورق ما يلي :

١- ألياف الخشب

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

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 ألياقها بالتماسك وقوة الاحتمال.

التنوب الفضى (الأوراق واللحاء)

الصنوبر

الشوكران

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

٣- مصادر أخرى:

وتتمثل فى الألياف النسيجية الأخرى بخلاف القطن والكتان مثل نفايات صناعة الجوت وليف جوز الهند وحشيشة الرامى وخلافة، والتى استخدمت بكثرة فى 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 فى صناعة ورق الكرتون والورق المقوى.

ثانيا، صناعة عجينه الورق،

وتختلف طبيعة المعاملات التى تتم فى هذه المرحلة باختلاف نوع المادة الخام التى تستخدم فى 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 فى 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 وانتاج ألياف دقيقة متجانسة . تنخل نواتج الطحن لعزل الشوائب ، ثم تضغط بين اسطوانات لفصل معظم ما بها من ماء ، ثم تمرر فى ماكينة خاصة تشكل اللب على شكل طبقات رقيقة يمكن صناعتها ورق فى الحال.

٢- الطريقة الكيميائية :

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

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

ب- بالنسبة لألياف القطن والكتان:

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

ثالثا: تحويل العجينة إلى ورق:

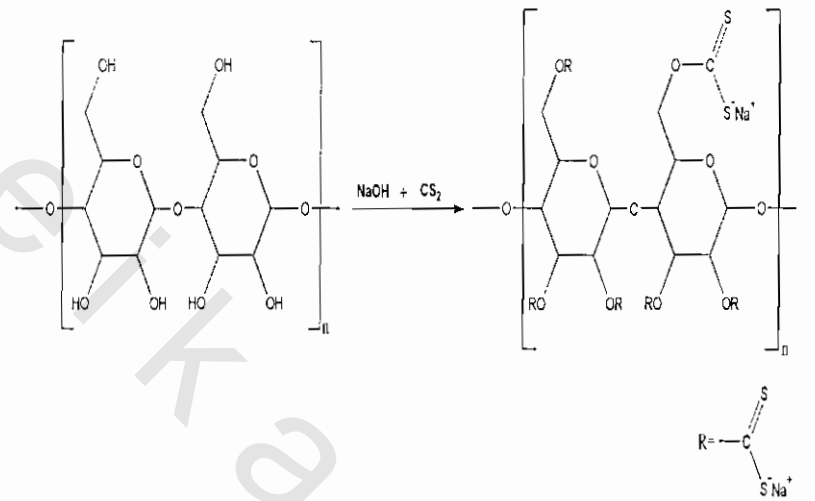
يتم تحويل العجينة الناتجة إلى ورق ، أو ما يطلق عليه عملية صناعة الورق الفعلية، من خلال عدة خطوات يمكن حصرها فى الآتي :

- التبييض والغسيل وفصل الألياف فصلا تاما .
- التغرية، حيث يضاف خلالها راتنج القلفونية (الناتج عن تقطير راتنج التربنتين) بغرض إكساب الورق القدرة على مقاومة الماء والحبر، كما قد تضاف مادة الطفل بغرض سدد 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 التى تكسبه سطحا مصقولا ناعم الملمس.

صناعة الألياف الصناعية
الحرير الصناعي (الرايون)

نظرا 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 فى 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 فى الولايات المتحدة الأمريكية التى بدأت تصنع تلك الألياف بطرق صناعية مختلفة كان من أهمها طريقة فسكوز، وتم تسويق تلك المنتجات تحت اسم الرايون (وهو الاسم الذي نصت علية لائحة وكالة التجارة الاتحادية بالولايات المتحدة الأمريكية، واشترطت إطلاقه على جميع الألياف الصناعية بغرض تخطى قيود الألياف الطبيعية). وفى الآونة الأخيرة تقدمت التجارب فى هذا المنوال بدرجة مذهلة، وبالفعل أمكن إيجاد أقمشة

تشابه الحرير الطبيعي تمام الشبه في شكلها وملمسها 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 الكيميائى للحرير الصناعى (الرايون - الفسكوز)

(يتم معاملة السيليلوز بالقلوى والكربون داى سلفيد للحصول على الفسكوز)

خطوات الصناعة:

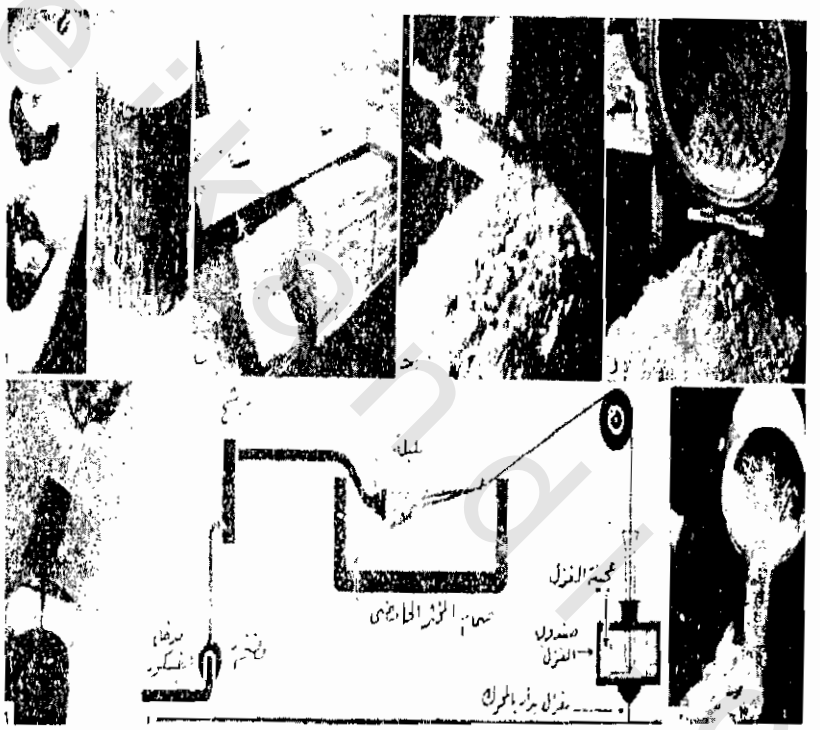
تعد المواد الخام التى تستخدم فى صناعة الرايون هي مادة الألفاسيليلوز التى يتم تحضيرها بصورة نقية من لب الخشب أو القطن المحلوج على السواء ثم إعدادها فى الخطوات التالية (شكل ٧-٦) :

١- تنقى مادة الألفاسيليلوز من الشوائب بطريقة آلية يطلق عليها العزل الهوائي.

٢- تطهى المادة النقية فى أحد المحاليل التالية بهدف إزالة المواد العضوية الأخرى الغير مرغوبة على النحو التالي :

- محلول من الصودا الكاوية بتركيز (٣-٤%) ثم بثانى كبريتور الكربون، ويطلق على الرايون الناتج اسم (رايون فسكوز).

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



شكل(٧-٦):المراحل الرئيسية فى 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.
جـ- 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 تحويلة الى مادة سائلة يتم ضغطها خلال ثقوب دقيقة لشباك من الزجاج أو البلاتين ليخرج منها على شكل خيوط دقيقة يتم تخثيرها بطرق كيميائية، ثم تلف الخيوط بعد ذلك على بكرات دوارة وتبرم على هيئة خيوط مناسبة لعملية النسج، 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 إلي 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 تلصق 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 إلي 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 .