الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي
كلية التكنولوجيا

مذكرة مقدمة لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

ميدان: علوم وتكنولوجيا
شعبة هندسة الطرائق
التخصص: هندسة كميائية

بعنوان

دراسة نظرية في إسترجاع الورق المستعمل

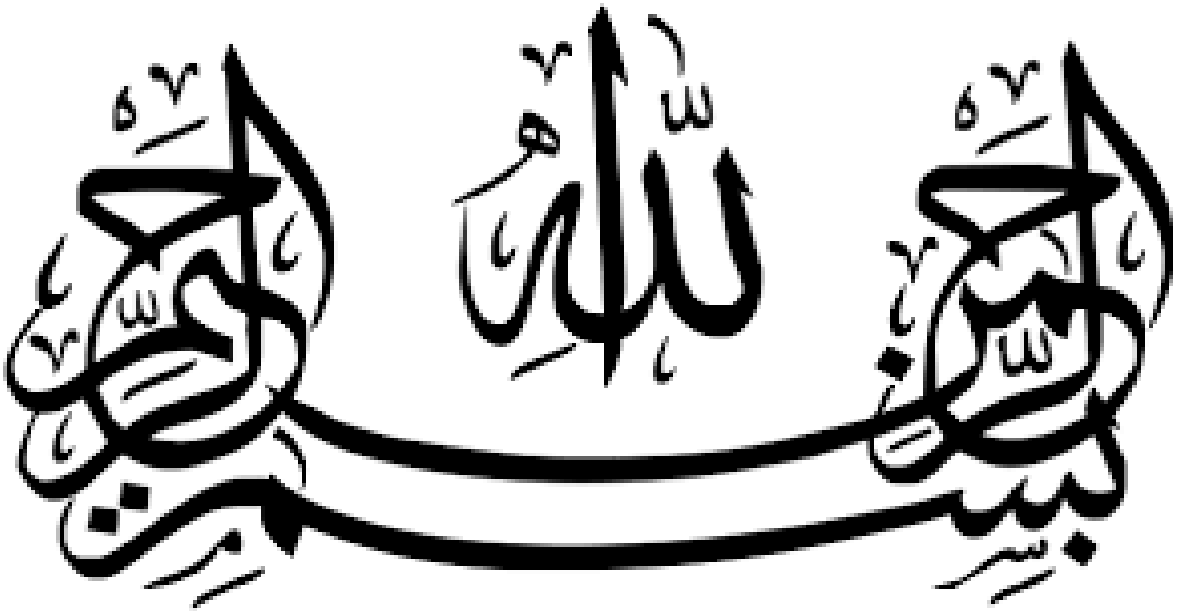
تمت مناقشة المذكرة: 13-06-2022

من تقديم:
لبيضة محمد العيد
محمد طواهرية
سليم نيد

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة:

حشاني صلاح الدين		رئيسا
بوهريره عبد العزيز		مناقشا
بن عمر محمد العربي	أستاذ محاضر ب	مؤطرا

الموسم الجامعي: 2022/2021


بسم الله الرحمن الرحيم

الإهداء

الحمد لله الذي أنار لنا طريق الخير وكان عونا لنا

.نهدي هذا العمل المتواضع إلى أغلى ما نملك * أمهاتنا * التي هي سبب الوجود على هاته الدنيا ونتمنى من الله أن يكون من أهل الجنة .

أيضا السند القوي الشمعة التي تحترق كي تضيء طريقنا *أباؤنا*أطال الله في أعمارهم وإلى كافة باقي أفراد العائلة والأصدقاء الكرماء.

كذلك أسرة سنة ثانية ماستر هندسة كيميائية وكل طاقم هاته الكلية المميزة وإلى كل طالب علم.

شكر وعرفان

نشكر الله سبحانه وتعالى ونحمده على كل ما وهبنا إياه .

نتقدم بجزيل الشكر والعرفان إلى الأستاذ الفاضل بن عمر محمد العربي والأستاذ عمار بن مية والأستاذ فرحات فؤاد مشكورين على مجهوداتهم وتوجيهاتهم الصائبة لكم منا كل الشكر والإحترام والتقدير على كل مقدموه والشكر لجميع الأساتذة الذين قاموا بتدريسنا طيلة المشوار الدراسي كما نتمنى التوفيق والسداد لجميع طلبة ثانية ماستر هندسة كيميائية وأن يوفق الله كل طالب جامعي وكل طالب علم وأحلى عبارات الشكر لكل من وقف معنا ماديا ومعنويا في إنجاز هذا العمل.

فهرس المحتويات

الإهداء ..... أ

شكر وعرفان ..... ب

فهرس المحتويات ..... ج

قائمة الرموز والإختصارات : ..... ح

قائمة الجداول ..... ط

قائمة الأشكال ..... ي

المقدمة عامة : 1

الفصل الأول :عموميات حول الورق

المقدمة : 3

1)- تاريخ الورق : 3

2)-أنواع الورق: 5

2-1)- ورق الطباعة: 5

2-1-1)-الورق الأبيض عالي الجودة: 5

2-1-2)-الورق المعاد تدويره: 5

2-1-3)-ورق الكتب : 6

2-2)-أوراق مطلية: 6

2-3)ورق الكرتون: 6

2-4)-ورق النقود: 6

2-5)-الورق اللاصق: 7

2-6)-ورق المناديل: 7

2-6)-ورق مقوى: 7

2-8)-ورق الطعام: 8

2-8-1)-ورق الزبدة أو البرشمان : 8

2-8-2)-الورق المشمع :	8
2-9)-ورق الحائط:	8
2-10)-ورق الكرافت:	8
2-11)-ورق البرستول:	9
2-12)-ورق الخرائط:	9
2-13)-ورق البردي:	9
2-14)-الورق الحراري:	10
3)- مجالات إستعمال الورق :	10
3-1)-ورق التعبئة والتغليف :	10
3-1-1) - (الكرافت) غير المبيض :	10
3-1-2) - (الكرافت) المبيض :	10
3-1-3) - (الجلاسين) الورق المقاوم للزيوت :	10
3-1-3)- ورق (البارشمنت) :	11
3-2)- الورق الصحي :	11
3-3)- ورق االمطالعة :	12
4)- إنتاج الورق في العالم :	13
4-1)- قائمة الشركات الرئيسية حسب كمية الإنتاج :	14
4-2)- مصانع صناعة الورق في العالم :	15
5)- إستهلاك الورق في العالم :	15
6)-عموميات حول الورق :	17
6-1)- مفهوم السيليلوز :	17
6-2)- تاريخ السيليلوز:	18
6-3)- الهيكل والخصائص :	18
6-4)- المشتقات الهامة للسيليلوز :	19
6-5)- المصادر الأساسية لإستخراج السيليلوز:	20
6-5-1)- النباتات وأخشاب الأشجار:	20

2-5-6)-البكتيريا: **21**
3-5-6)-الطحالب :..... **22**
7)- طرق تصنيع لب الورق :..... **23**
1-7)-الطريقة الميكانيكية: **23**
2-7)-الطريقة الكيميائية-الميكانيكية :..... **24**
3-7)-الطريقة الكيميائية : **24**
4-7)-الطريقة نصف كيميائية : **25**
8)-صناعة الورق **27**
9)-آلة صناعة الوق : **30**
1-9)-مبدأ عمل آلة صناعة الورق: **30**
2-9)أقسام الآلة : **31**
10)- الأثرالسلبي لإنتاج للورق : **32**
1-10)- الآثار البيئية لإنتاج الورق: **33**
2-10)- إزالة الغابات **33**
3-10)- تلوث الهواء : **33**
4-10)- إستهلاك الماء والطاقة : **34**
5-10)- تلوث المياه: **34**
6-10)- نفايات ورقية : **34**
7-10)- الكلور والمواد القائمة على كلور : **34**
8-10)- إنبعاثات غازات الإحتباس الحراري : **34**
خلاصة: **36**
الفصل الثاني: مفاهيم حول إعادة تدويرالورق
تمهيد:..... **38**
1)- تعريف عملية إعادة تدوير الورق :..... **38**
2)- تاريخ تدوير الورق **39**

1-2)- التاريخ القديم لإعادة تدوير الورق:..... 39
2-2)-إعادة تدوير الورق الأمريكي المبكّر: 39
3-2)-إعادة تدوير الورق في القرن التاسع عشر: 39
4-2)- إعادة تدوير الورق في القرن العشرين: 39
5-2)- إعادة تدوير الورق اليوم: 39
3- أنواع الورق القابل لإعادة التدوير : 39
4)- العناصر الورقية الصعب إعادة تدويرها : 40
5)-الهدف من إعادة تدوير الورق: 40
6)-مقدار إعادة تدوير الورق في العالم :..... 40
7)-مصانع إعادة تدوير الورق في العالم : 41
1-7)- مصنع American Eagle Paper Mills 41
2-7)- مصنع Aviretta GmbH 41
3-7)- مصنع Bestway Paper Group Co., Ltd 42
8)- مراحل إعادة تدوير الورق :..... 42
2-8)- العجن: 45
3-8)-وحدة إزالة أحبار : 47
4-8)-مرحلة الغسيل: 49
9)-فوائد إعادة تدوير النفايات : 51
1-9) - الفوائد البيئية لإعادة تدوير النفايات الورقية: 51
2-9)- الفوائد الإقتصادية والمالية: 53
خلاصة الفصل: 56
الفصل الثالث: المنهج التجريبي لإعادة تدوير الورق
تمهيد:..... 58
1 -تجهيز اللوازم 59
2- المراحل :..... 60
1-2)- جمع بعض الأوراق القابلة لإعادة التدوير:..... 60

2-2)-تنظيف الورق 61
2-3)-تقطيع الورق إلى قطع صغيرة: 61
2-4)- نقع الورق في الماء: 62
2-5)-وّل الورق إلى عجينة: 62
2-6)- خلط الورق بالخلاط الكهربائي: 62
2-7)-عجن الورق: 63
2-8)-ملأ نحو منتصف الحوض بالماء: 63
2-10)-التخلص من أي تكتلات في الورق: 64
2-11)-القيام بتخصيص الورق للطباعة (إختياري) 65
2-12)-غمر الإطار في خليط لُب الورق : 65
2-13)-رفع الشبكة من الحوض 66
2-14)-التخلص من الماء الزائد من الورقة الجديدة..... 67
2-15)-إزالة الورقة من على الشبكة 67
2-16)-إنزع قطعة الورق الجديدة من على الشبكة برفق 68
2-17) -ترك الورقة تجف جيدًا..... 68
2-18)-مرحلة الكَيّ..... 69
خلاصة: 71
الخاتمة العامة..... 72
قائمة المراجع..... 72
ملخص.....

قائمة الرموز والإختصارات :

CTMP : pâte chimique thermomécanique

TMP : pâte thermomécanique

SCP : Semi-chemical plup

NSSC : Semi-chemical pulp of neutral sulfur

DAF : Dissolved air flotation

قائمة الجداول

الفصل الأول:
جدول 01 : قائمة بالشركات الرئيسية حسب كمية الإنتاج..... 14
الفصل الثاني
جدول رقم (01) : نسبة مكونات النفايات الورقية من مكونات النفايات الصلبة البلدية لبعض الدول العربية %. 52
جدول رقم (02) : الفروقات المالية والإقتصادية بين عمليات إنتاج الورق من المواد الأولية والنفايات الورقية 54

قائمة الأشكال

صورة 01: صورة لأقدم كتاب ورقي,باي يوجينغ مؤلف من ستة مواد مختلفة,تقريبا سنة 256..... 4

صورة 02 : صورة لجزء من صفحة ورقية من إنجيل باللغة القبطية من مصر في العصر الإسلامي,القرن الثامن أو ما بعده. 4

صورة03 : ورق التعبئة والتغليف 11

صورة 04 : الورق الصحي 12

صورة05 : الورق الثقافي..... 13

صورة 06 :مصانع صناعة الورق في العالم 15

صورة 07 : إستهلاك الفرد من الورق، حسب المنطقة..... 16

صورة08 : طرق إستهلاك الورق 17

صورة 09 : صورة للسيليلوز تحت المجهر 18

صورة 10: صورة توضح هيكلة السيليلوز 19

صورة11 : صورة توضح التركيبة الكيميائية للسيليلوز 19

الصورة 12 : مصادر إستخراج السيليلوز من النباتات وأخشاب الأشجار 21

صورة 13: مصادر إستخراج السيليلوز من البكتيريا 22

صورة 14 : مصادر إستخراج السيليلوز من الطحالب..... 22

صورة 15 : عملية صناعة اللب النصف كيميائي..... 25

صورة 16 :مخطط يوضح مراحل صناعة اللب النصف كيميائي 26

صورة 17 : تركيبة الخشب 27

صورة 18 : عملية الطحن 27

صورة19 : عملية كرافت 28

صورة 20 : آلية تحجيم الورق 29

صورة22: على اليمين آلة «fourdrinier » المسُتخدمة تلك الأيام في صناعة الورق وعلى اليسار آلية تجفيف وتشكيل الورق. 29

صورة 23 : حلقة مراحل صناعة الورق..... 30

صورة 24 : توضح آلة صناعة الورقfourdrinier 31

صورة 25 : تمثل آلة صناعة الورق..... 32

الصورة 26 : الأثر السلبي لإنتاج الورق..... 35

صورة 01 : مصنع American Eagle Paper Millsفي أمريكا..... 41

صورة 02 :مصنع Aviretta GmbH في ألمانيا..... 41

صورة 03 :مصنع Bestway Paper Group Co., Ltd في الصين 42
صورة04 : عملية جمع نفايات الورق 43
صور 05 : آلة فرز الورق 44
صورة 06 : عملية فرز النفايات الورقية 45
صورة07: عجينة الورق 46
صورة 08 : المرشح الإعصاري (السيكلون) 47
صورة 09 : ماكينة إزالة الحبر التلقائية من الفولاذ المقاوم للصدأ - من أجل صنع اللب والورق [86] .. 48
صورة 10: آلة إزالة الأحبار بالتعويم 49
صورة 11: آلة الغسيل 50
جدول رقم (03) : الفروقات المالية والإقتصادية بين عمليات إنتاج الورق من المواد الأولية والنفايات الورقية 54
صورة01 : لوازم المنهج التجريبي لإعادة تدوير الورق في المنزل 59
صورة 02 : مرحلة جمع الأوراق القابلة لإعادة التدوير 60
صورة 03 : قطع بلاستيكية تلتصق بالورق 61
صورة 04 : قطع الورق لقطع صغيرة 61
صورة 05 : نقع الورق في الماء 62
صورة 06 : خلط الورق بالخلاط الكهربائي 63
صورة 07 : عجن الورق 63
صورة 08 : وضع لب الورق في حوض الماء 64
الصورة 09 : التخلص من التكتلات في الورق 65
صورة 10 : المواد المضافة للورق 65
صورة 11 :غمرالإطار في خليط لب الورق 66
صورة 12 : رفع الشبكة من الحوض 67
صورة 13 : التخلص من الماء الزائد من الورقة الجديدة 67
صورة 14 : نزع قطعة الورق الجديدة من على الشبكة 68
الصورة 15 : تجفيف الورق بإستخدام مجفف الشعر 69
الصورة 16 : عدة أوراق تم الحصول عليها بواسطة إعادة التدوير 69

المقدمة العامة

المقدمة عامة :

الورق مشتق من الكلمة اليونانية "بابيروس"، الاسم الذي يطلق على نبات البردي في الفترات السابقة، ينمو هذا النبات فقط في مستنقعات المياه في الشرق الأوسط، مثل نهر النيل (نهر في إفريقيا يصب في البحر الأبيض المتوسط في مصر)، تم استخدام "الورق" من نبات البردي لأول مرة من قبل البابليين ثم المصريون (حوالي 3000 قبل الميلاد). كما استخدم الإغريق والرومان أوراق البردي، يعدُ الورق من نبات البردي مصنوع من ساق النبات، يتم أولاً تجريد القشرة الخارجية، ويتم قطع اللب الداخلي الليفي اللزج بالطول إلى شرائح رفيعة، ثم توضع الشرائط بجانب بعضها البعض على سطح صلب مع تداخل حوافها قليلاً.**[1]**

إستخدم الورق لفترة طويلة كمادة رئيسة للكتابة، كما مثل المادة التي تكفلت بحفظ الإنتاج الفكري ونقله من جيل إلى جيل لقرون مضت من حياة البشرية. ولا شك أن صناعة الورق مثلت نقلة كبيرة في تاريخ البشرية حيث سهلت التأليف، والنسخ، وحفظ الإنتاج الفكري ونشره كما لم تفعل مادة كتابة قبله.

وبالإضافة لدور الورق المهم في الكتابة والتأليف والنشر فإن له دوراً مهماً أيضاً في إنتشارالتعليم نفسه حيث ساعد بشكل كبير في تيسير التعليم وإنتشاره بشكل واسع حيث وفر المادة الرخيصة وسهلة الإنتاج والتداول التي تساعد على التعلم بسهولة خصوصا مع إختراع الطباعة وإنتشار آلات صناعة الورق بمرور الزمن.

ولم يقتصر دور الورق على التدوين والطباعة والدراسة فقط ولكنه امتد إلى مجالات كثيرة مثل التغليف، والتعبئة، والإعلان، ودخل في بعض الصناعات الأخرى، وهو ما عزز مكانة الورق وجعله مَلِكَاً على مواد الكتابة**[2].**

تطرقنا في بحثنا هذا الى ثلاثة فصول كل فصل يتناول مجموعة من العناصر كالأتي :

الفصل الاول : يتحدث عن تاريخ الورق ونشأته وعموميات عن الورق الذي يحتوي على تركيبة السيليلوز وخصائصه ،تاريخه ،مشتقاته ومصادره وكذلك تطرقنا الى طرق تصنيع الورق (الطريقة الكيميائية، الطريقة الميكانيكية، الطريقة الكيميائية- الميكانيكية، الطريقة شبه كيميائية) .كما تحدثنا عن مراحل صناعة الورق وألة صناعة الورق وكذلك أنواع الورق ومجالات استعمالات الورق وإنتاجه وإستهلاكه في العالم.

الفصل الثاني : تناولنا فيه تعريفا لإعادة التدوير وتاريخه والعناصر التي يمكن إعادة تدويرها والعناصر التي لا يمكن إعادة تدويرها وكذلك مقدار إعادة تدوير الورق في العالم ومراحل إعادة تدويره مرحلة بمرحلة وتعرفنا على أشهر مصانع إعادة تدوير الورق في العالم وأهمية إعادة تدوير وفوائده.

الفصل الثالث : تطرقنا فيه لإعادة تدوير الورق في المنزل.

الفصل الأول :

عموميات حول الورق

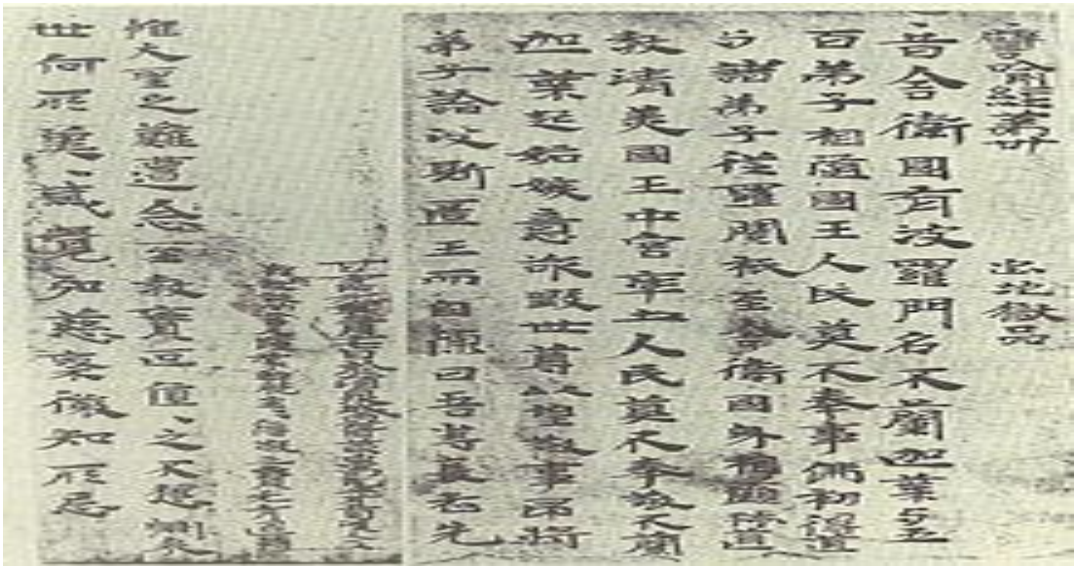
المقدمة :

الورق يعتبر واحد من الأشياء التي تم إبتكارها والإعتماد عليها ليتم من خلالها نقل المعلومات والأفكار، ولا غنى عنه في الحياة سواء قديماً أو حديثاً فالورق أحد الأدوات، التي من خلالها تم إنتقال المعلومات من عصر إلى عصر حتى إلى وقتنا هذا، لكن تلك العصور القديمة التي نتحدث عنها ليس هي من أتت مع بداية الحياة البشرية **[3]**. فجميعنا يستخدم الورق في جميع مرافق الحياة تقريبا ,الجرائد مصنوعة من الورق . علبة اللبن التي تشربها أصبحت الآن تحفظ في عبوات من الورق . يستعمل الورق في كل الأعمال الإدارية , في عمليات البيع والشراء نستخدم الورق , حسابات البنوك تكتب على الورق , أشياء كثيرة في حياتنا تصنع من الورق بأشكال و مواصفات مختلفة تبعا لإستخدامها يزداد إستهلاك الورق مع الزمن وعلى حسب الحاجة له من بلد الى أخر. الورق ليس مادة طبيعية يتم الحصول عليها كبعض الأشياء التي تحصل عليها بطريقة طبيعية، مثل أن نقوم بزرع بعض النباتات عن طريق وضع الحبوب للحصول من خلالها على الفواكه أو الخضروات، بل هو مادة مصنعة تعتمد على مواد أخرى لكي تأتي بهذا الشكل**[4]**. لا يتم تحضير الأوراق من خلال خطوة واحدة بل أنه يمر بأكثر من خطوة، تبدأ من بداية تجميع كمية من السليلوز الموجود في النباتات ولا تعتمد على نبات واحد فقط. يصنع الورق من جذور بعض الأشجار المخصصة، لصناعة الورق فتقطع جذور هذه الأشجار وتنقل إلى مصانع الورق الخاصة. حيث يتم تصنيعها ميكانيكياً وكيميائياً، حتى تصبح أوراق صفح بيضاء أو تصنيعها لأوراق أخرى. فمن خلال بحثنا هذا سنتطرق الى تاريخ وتطور الورق عبر العصور وعبر الزمن وكذلك على الألياف السيلوزية ومصادر السيليلوز وسنتعرف على طرق تصنيع الورق (الطريقة الكيميائية والطريقة الميكانيكية والطريقة الكيميائية-الميكانيكية) ثم نعرف مراحل صناعة الورق مرحلة بمرحلة .

كذلك أنواع الورق الموجودة ومجالات إستعمالاتها ونتطرق أيضا لإستهلاك الورق في العالم ومدى إستخدام المجتمعات لهاته المادة وأثر هذه المادة على البيئة (صحة الإنسان والحيوان وكذلك النباتات).

1)- تاريخ الورق :

ظهر إختراع الورق في الصين من طرف كاي لون (توفي عام 121 م بعد الميلاد).رئيس ورش العمل الإمبراطورية ، Shangfang Ling الذي يتقن فن صناعة الورق التوصية بإستخدام ألياف الخيزران ولحاء التوت وخاصة الكتان والكتان من القنب. وهو أساس الورق الحديث وكاتب الشهادات الأول لـ متجر القرطاسية. وهكذا تم تسجيل قصة هذا الإختراع في تاريخ هان ، هو هان شو ، مكتوبة في القرن الخامس **[5].**



صورة 01: صورة لأقدم كتاب ورقي, باي يوجينغ مؤلف من ستة مواد مختلفة, تقريبا سنة 256م **[6].**

يبقى فن صناعة الورق هذا صينيًا ويابانيًا حتى القرن الثامن قبل أن يمر بين العرب ، بعد معركة سمرقند عام 751 م، الربح الذي يمكن أن يجنوه من الورق هو نشر الإسلام **[7].**

منذ ذلك الحين ، ومع تقدم العرب نحو الغرب ، ظهر الورق هناك نجدها في بغداد عام 793م ، والقاهرة عام 900 م، وشاتيفا (سان فيليبي ، إسبانيا) عام 1056 م، في صقلية عام 1102 م، في فابريانو (إيطاليا) عام 1276م **[8].**

صورة 02 : صورة لجزء من صفحة ورقية من إنجيل باللغة القبطية من مصر في العصر الإسلامي, القرن الثامن أو ما بعده **[9].**

في القرن الثالث عشر ، ظهرت أولى الوثائق الأرشيفية المكتوبة على الورق في فرنسا ، مثل "محضر كتاب العدل في مرسيليا" (1248م) أو "سجل المحققين دالفونس دو بواتييه "(1243م) ، لكن القرن الرابع

عشر كان القرن الأول مصانع الورق الفرنسية: في تروا (1348م) وإيسونيس (1354م). في عام1798 م في إيسون ، اخترع الفرنسي لويس نيكولاس روبرت أول آلة لتصنيع أوراق من الورق ، من إدخال النموذج في خزان اللب حتى التجفيف النهائي **[10].**

في القرن التاسع عشر ، اكتسبت الصحيفة جميع خطابات النبلاء وعملية التصنيع تمر الصناعة التحويلية بتحول كبير ، حيث تنتقل من الحرفية إلى صناعات ثقيلة. هذا هو الاختراع (حصل على براءة اختراع في عام (1799م) من "كبيرة مقياس "الفرنسي لويس نيكولاس روبرت (1761م-1828م) سيؤدي ذلك إلى جلب صناعة الورق إلى العصر الصناعي **[11].**

في نهاية القرن التاسع عشر ، أصبحت صناعة الورق صناعة ثقيلة. في عام 1931أرنو طورت Asplund السويدية طريقة لإنتاج اللب المكرر ميكانيكيًا الذي تم استخدامه في الصناعة من 1956م إلى 1960م. هذه العملية هي أصل TMP وCTMP **[12].**

اليوم ، تستخدم 95٪ من المواد الخام في صناعة الورق والكرتون يأتي من الخشب (جذوع الأشجار أو الرقائق أو الألياف المعاد تدويرها) ، 5٪ مصدرها قش العشب (الحلفاء والذرة الرفيعة والأرز والحبوب وما إلى ذلك) أو المخلفات الصناعية (تفل قصب السكر) ، خاصة في المناطق الاستوائية**[13].**

2)-أنواع الورق:

2-1)- ورق الطباعة:

ورق الطباعة هو أكثر أنواع الورق إنتشاراً في الأسواق العالمية، يستخدم في كثير من الأعمال، سواء كان لإستخدام شخصي أو صناعي .يتنج هذا النوع من الورق بسمك ومظهر وأوزان ومعالجات مختلفة على حسب الإستخدام, ومن أشهر أنواع ورق الطباعة:

2-1-1)-الورق الأبيض عالي الجودة:

هو الورق الذي يتم صناعته طبيعياً من لب الخشب، وينتج بمقاسات وأوزان مختلفة، ويستخدم في صناعة كراسات الرسم ،وتصوير المستندات وبعض الكتب وكراسات الكتابة عالية الجودة. يتراوح وزن الورق الأبيض عادة بين 60 غرامًا و 90 غرامًا في المتر المربع، وتتعدد مقاساته وسمكه حسب الإستخدام .

2-1-2)-الورق المعاد تدويره :

يعاد تدوير مخلفات الورق لإنتاج نوع من ورق الطباعة مشابه للورق الطبيعي لكن أقل جودة منه، ويعد هذا النوع من الورق أكثر الأنواع صديقة للبيئة, يكون لونه أبيض باهتاً أو مائل على الإصفرار

،وينتج بمقاسات مختلفة حسب الإستخدام ،لكن يتميز بخفة وزنه بالنسبة لسمكه على عكس الورق الطبيعي، يستخدم بكثرة في طباعة الجرائد والكراسات المدرسية منخفضة التكلفة.

3-1-2)- ورق الكتب :

تستخدم دار النشر والطباعة ،ورقاً معيناً ليناسب حجم الكتاب وتكلفته، وعادة يستخدم الورق المعاد تدويرة بأقل سمك ممكن .حيث قد يصل عدد الأوراق فى الكتاب الى 500 ورقة أو أكثر ،مما يجعل الورق المعاد تدويره مثالياً لذالك من حيث التكلفة والوزن،فنرى الكتاب المطبوع الذي يحتوي على 500 ورقة خفيف الوزن منخفض السعر ،مما يساعد ذالك على توافر الكتب وانتشارها بشكل أفضل.بعض الكتب التى تحتوي على عدد قليل من الأوراق تستخدم الورق الطبيعي عالي الجودة.

2-2)-أوراق مطلية:

هي الأوراق التي تم طلائها ببعض من المواد(الكاولينيت ، كربونات الكالسيوم ، والبنتونيت ، و التلك) أو البوليمرات لإضفاء صفات معينة للورقة، بما في ذلك الوزن، لمعان السطح، نعومة، أو انخفاض امتصاص الحبر، أو لإعطاء مقاومة للماء وقوة رطبة للورق. تتميز أنواع الورق المطلية بأنها تعطي ألوان عالية الدقة عند الطباعة ،وخفض استهلاك الحبر وثباته مما يجعل الورق أكثر تحملاً , ويستخدم الورق المطلي في المواد الإعلانية وورق الكتالوجات وبعض الكتب عالية الجودة والصحف والمجلات المصورة والورق الفني وبطاقات الصور. حيث يتم انتاجه بسمك ومقاسات تختلب حسب الإستخدام، ووزن قد يصل من (3-14 جم / م^2) الى (100 إلى 230 جم / م^2) .**[14]**

3-2)ورق الكرتون:

هو ورق مقوى متماسكاً مكون من عدة طبقات مضغوطة لتحمل الأوزان المختلفة ، قد يفصلها بعض الطبقات المموجة لكي لا يتأثر بالإنحناء. يصنع ورق الكرتون عادة من الورق المعاد تدويره ،لإنتاج صناديق الكرتون وكرتون البيض وغيرها من المنتجات. وقد يصنع طبيعاً من لب الخشب ،لإنتاج معلبات تغليف عالية الجودة تستخدم في تعليب الأدوية وبعض المواد الغذائية.

4-2)-ورق النقود:

هو ورق مختلف تماماً عن الأوراق العادية التي تستخدمها في الطباعة ، يتكون ورق النقود في تصنيعه من 75 في المائة قطن و 25 في المائة قماش، مما يجعله ذات خصائص مختلفة ومثالية لصنع المال ،حيث لها قوة تحمل أقوى من الأوراق العادية المصنوعة من لب الخشب. كما يتم دمجها بخيوط أمنية

وعلامات مائية عمودية ليصعب تزويرها وتتضمن الورقة ألوان خلفية خفية لجعلها أكثر صعوبة في التزوير. تتميز كل فئة من الأوراق النقدية (جنيه ،خمسة ،عشرة ،عشرين ،خمسين ،مائة ،مائتين)،في أشكالها وألوان الحبر المستخدم فيها وهذا أيضاً ما يميز العملات الدولية عن بعضها .كما أن لكل ورقة نقدية رقم تسلسلي خاص بها يمكن تتبعها من قبل البنوك الرسمية **[15].**

2-5)-الورق اللاصق:

الورق اللاصق هو نوع من الورق يحتوي على جانب به مادة لاصقة ،يستخدم بكثرة في لصق الأدوات أو في المنشورات الإعلانية ،أو في بعض التذاكر والعلامات المائية. وقد يكون الجانب الظاهر من الورق اللاصق مطلياً ببعض المواد تعطي بريقاً ولمعان ونعومة ،ويستخدم هذا النوع بكثرة في المنشورات الإعلانية لتعطي ظهوراً أفضل ،أو قد يكون هذا الجانب ورقاً عادياً أو ورقاً مقوي. ويتم إنتاجه على هيئة ورقة بها جانبين جانب ظاهر مطبوع وجانب من مادة بلاستيكية قابلة للإزالة يوجد بأسفلها المادة اللاصقة ،وقد يتم إنتاجه على هيئة بكرات تستخدم في لصق الأدوات.

2-6)- ورق المناديل:

المناديل الورقية هي نوع من الورق الأبيض الرقيق والخفيف جدا غالبا يكون معطراً ،وتكون ورقة المنديل متعددة الطبقات. صنعت أنواع الورق هذه خصيصاً من لب الخشب للإستخدامات الطبية والصحية أو من الورق المعاد تدويره لإستخدامات أخرى .تعد صناعة المناديل الورقية من اكثر الصناعات وأهمها في عصرنا الحالي، فهي من المنتجات الأساسية التي لا يمكن للشخص التخلي عنها. حيث أنها تستخدم لأغراض عديدة ،وتنتج أنواعها بكميات هائلة ،خصوصاً في دول أوروبا.

2-6)- ورق مقوى:

الورق المقوى هو ورق متماسك شديد التحمل ،يكون أكثر سمكاً من الورق العادي ،وقد يزيد وزنه في بعض الأنواع عن (250 جم / م^2) ،ويمكن أن يكون الورق المقوى أحادي الطبقة أو متعدد الطبقات. يستخدم عادة أنواع الورق هذه في التغليف للكتب والمجلات والدفاتر والكراسات المدرسية وبعض عبوات الأطعمة أو يمكن طلائه كلياً أو من جانب واحد ، ليكتسب بعض الخصائص كالنعومة واللمعان ، لإستخدامه في طباعة بطاقات التهنئة والتصوير وأوراق التغليف عالي الجودة. كما يستخدم الورق المقوى أيضًا في الفنون الجميلة لإنشاء المنحوتات حيث يمكن قطعه بدقة وبسهولة ويمكن إنحنائه دون كسر.

2-8)-ورق الطعام:

2-8-1)- ورق الزبدة أو البرشمان :

هي أوراق رقيقة جداً تكاد تكون شفافاً ،مقواه بالسيليلوز، تتوافر ببعض الألوان (الأبيض ،الجملي، الوردي)،وهي صحية للغاية ومقاومة للحرارة وللشحوم .يستخدم بشكل شائع في تغليف الأطعمة كالمعجنات والمخبوزات وطهي الحلويات والشوي والتبخير والقلي .حيث تتميز بعدم التصاق الطعام بالصواني أو قوالب الكيك أو الأطباق, كما يمكن إستخدامه في الميكروويف.

2-8-2)-الورق المشمع :

يعرف عادة بورق البارافين ، وهو ورق مغطى بمادة شمعية مما يجعله شفافاً مقاوماً للرطوبة. يستخدم بشكل شائع في تخزين المأكولات والطبخ لخصائصه الغير اللاصقة .كما صممت انواع الورق هذه في كثير من الأحيان خصيصاً لطباعة الخرائط البحرية، ولصنع ورق الجدران المقاوم للماء، ويستخدم أيضًا في الفنون والحرف لشفافيته.

2-9)-ورق الحائط:

هو الورق الذي يستخدم في الديكور لتزيين الجدران الداخلية للمنزل أو المنشئات العامة. يتم إنتاجه بمقاسات كبيرة تناسب الجدران ،وله العديد من الأشكال والرسومات المطبوعة ألياً حسب الذوق والإنطباع الفني .ويباع عادة على شكل لفائف ،ويتم وضعه على الحائط بإستخدام المواد اللاصقة أو عجينة ورق الحائط, كما يوجد على عدة أنواع حسب الإستخدام:

- ورق مطلي بالفينيل
- ورق حائط مصنوع من ورق قابل لإعادة التدوير
- ورق الحائط المنسوج.
- ورق جدران.
- ورق جدران من الألياف النباتية.
- ورق جدران مجسم ثلاثي الأبعاد.

2-10)- ورق الكرافت:

ورق كرافت هو نوع من الورق المسامي ذات مرونة ومقاومة عالية للتمزق، غالباً ما يكون ورق خشن لونه بني فاتح .يصنع من اللب الكيميائي المنتج في عملية كرافت (هي عملية لتحويل الخشب إلى لب

الخشب) .ينتج بأوزان مختلفة تتراوح(من 40 الى 135 جم / م^2). ويستخدم بشكل شائع في صناعة الأكياس الورقية لتعبئة المنتجات "أكياس الفاكهة" ،وفي التغليف ،وللف البضائع. يمكن إنتاجه باللون الأبيض ،والذي يستخدم بكثرة في تغليف الحلويات **[16].**

2-11)- ورق البرستول:

عبارة عن ورق مقوى غير مطلي، عالي الجودة يتم تصنيعه طبيعياً من لب الأشجار. يتكون من عدة طبقات يتم لصقها معًا تحت الضغط، في بعض الأحيان يكون له سطحان أحدهما مفضل للعمل عليه والأخر أقل منه جودة، عادة ما يكون أبيض ، ولكنه مصنوع أيضًا بألوان مختلفة. يستخدم البرستول لطباعة المستندات والكتيبات والمواد الترويجية والمغلفات، ومثالياً للرسم بالألوان المائية. كما تُستخدم لوحة Bristolبشكل شائع للرسم الفني ، ومشاريع التوضيح .ويستخدم أيضاً في أغلفة الكتب الورقية أو الكتالوجات ومجلدات الملفات والعلامات والتذاكر.

2-12)- ورق الخرائط:

هو ورق يصنع بمقاسات كبيرة وقد يتم إنتاجه على هيئة لفات. يستخدم ورق الخرائط في كثير من الأعمال العلمية أو السياحية أو الجيولوجية أو الحكومية أو الهندسية ...إلخ من الأعمال. يتطلب هذا النوع من الأوراق تحمل الظروف القاسية ،لذلك قد يضاف الى لب الخشب بعض المواد الإضافية

(نسيجية ،كيمائية، دهنية، بلاستيكية) ، أثناء عملية الصناعة، مما يجعلها أكثر مقاومة للرطوبة وأكثر حفاظاً على الحبر لأطول وقت ممكن ،وقد يكون مقاوماً للماء بالنسبة للخرائط التي تُستخدم في البحرية.كما يكون ورق الخرائط أطول عمراً عن بقية الأوراق، فهناك كثير من الخرائط الورقية ،في المتاحف الأثرية يعود عمرها الى ألاف السنين ،والتي تحتفظ بالمعلومات طوال هذه الفترة دون تلفها.

2-13)- ورق البردي:

ورق البردي هو نوع من أنواع الورق القديمة الذي إستخدمه المصريين القدماء للكتابة. ويصنع ورق البردي من نبات إسمه نبات البردي الذي ينمو بكثرة في الدلتا و ضفاف النيل، والذي يصل إرتفاعه حوالي 10 أقدام. تسمى الورقة المكتوب او المرسوم عليها بردية، ولم يقتصر استخدامه فى الكتابة فقط ،إستخدم القدماء المصريين ورق البردي في صناعة السلال والصنادل والحصائر والحبال والبطانيات والطاولات والكراسي والمراتب والأدوية والعطور والطعام والملابس وظلال النوافذ. أصبح نبات البردي

نادراً الأن ،لذلك صار سعره مرتفعاً للغاية ،حيث يصل سعر الورقة الواحدة الى 100 جنيه مصري ،فإقتصر إستخدامه فى التحف والديكور وبعض الأعمال الفنية. **[17]**

14-2)- الورق الحراري:

الورق الحراري هو ورق ناعم جداً مطلي بمادة مصنعة لتغيير اللون عند تعرضها للحرارة. يتم إستخدامه في الطابعات الحرارية ،وعادة يتم إنتاجه على هيئة بكرات صغيرة بأحجام مختلفة ،ليتم وضعها داخل ألات الطباعة الحرارية (مكنة الشحن الفوري، مكنة التموين ،أجهزة التنظيم في الشركات، ماكينات السحبATM،ماكينات طباعة الفواتير).تستخدم هذه الآلات والأجهزة أشعة الليزر في الطباعة بدلاً من الحبر ،حيث يتم تسخين الطلاء على الورق الحراري بواسطة هذه الأشعة فيتكون لون أسود وبذلك يتم الكتابة ،ومع التطوير أصبح الورق الحراري متعدد الألوان فمن الممكن الكتابة باللون الأزرق أو الأحمر بواسطة أشعة الليزر.

3)- مجالات إستعمال الورق :

3-1)- ورق التعبئة والتغليف :

يعتبر الورق من أهم مواد في التعبئة والتغليف ويشمل مجموعة كبيرة من الأصناف يختلف كل منها عن الآخر في خواصه ومميزاته وإستعماله:-

3-1-1) - (الكرافت) غير المبيض :

- وهو من أقوي أوراق التغليف والتعبئة أرخصها نسبيا أكبرها حجما في الإستعمال وأهم إستخدامه:
- صناعة الأكياس للأغراض الإستهلاكية والأغراض الصناعية (تعبئة الأسمنت والسماد والجبس والجير).
- صناعة صناديق الورق المصمغ .
- صناعة صناديق الكرتون المضلع.

3-1-2) - (الكرافت) المبيض :

وأهم إستخداماته في حالة تبطنيه (بالبولي إثيلين ورقائق الألمنيوم) معا لصناعة عبوات رخيصة للمنتجات السائلة مثل الألبان وعصير الفواكه وغيرها ويمتاز بقابليته للطباعة الفاخرة .

3-1-3) - (الجلاسين) الورق المقاوم للزيوت :

الجلاسين هو ورق شديد اللمعان، وأملس السطح مثل الزجاج ويمكن أن يكون معتما أو نصف شفاف أو ملونا، وهذه الأوراق أما تستعمل كما هي بعد تشميعها أو طباعتها أو تحبيبها، أو تبطينها بأوراق مماثلة أو مختلفة عنها، وعادة تصنع هذه الأوراق غير مانعة لنفاذ بخار الماء إلا أنها بالتشبع أو التغطية تكتسب هذه

الخاصية علاوة على أنها لا تسمح بطبيعتها لنفاذ الغازات كما يمكن صناعتها متعادلة ولذلك فإنه عن طريق توليفة مناسبة من هذه الخواص على ورق ذو صفات ممتازة أهمها منع (الزناخة) عن المواد الدهنية .

3-1-3)- ورق (البارشمنت) :

يصنع ورق البارشمنت بتمرير الورق غير مضاف إليه الرجينة (Unsized Paper) في محلول مركز من حامض الكبريتيك ويم غسله ومعادلته ثم يمر بمرحلة التجفيف والنتيجة هي الحصول على ورق صلب مرتفع الكثافة نصف شفاف خال من الزغب لا تتأثـر قوته بالبلل حتى درجة الغليان وشديد المقاومة للدهنيات والزيوت ولونه بطبيعته لا يمنع تسرب بخار الماء لكنه يكسب هذه الخاصية بسهولة عند تشميعه ويمكن التغلب على صلابة هذا الورق بمعالجته بالجلسرين النقي ، والسطح المصمت الخالي من الزغب لهذا الورق يجعله صالحا للمعالجة (بالسيليكونات) لإنتاج الورق (Release Paper) وله إستخدامات صناعية كثيرة ويستعمل لتبطين الأطباق الخاصة بالفطائر لضمان عدم إلتصاق هذه الفطائر بها بعد خبزها ويستعمل بنجاح لتغليف الأسماك واللحوم والشحوم النباتية والحيوانية **[18].**

صورة03 : ورق التعبئة والتغليف **[19]**

2-3)- الورق الصحي :

يضم المناديل وورق التواليت والمناشف والفوط الصحية...إلخ. ويوجد بالوطن العربي أكثر من 20 مصنع لإنتاج المناديل الورقية يصل معدل إنتاجها اليومي إلى 25 طن. كما أن هناك كميات كثيرة من الورق الصحي بكافة أصنافه تستورد من خارج الوطن العربي. وتبلغ الكمية المستهلكة سنويا من الورق الصحي في بعض الدول العربية حوالي : 40 ألف طن في البحرين، 6 ألاف طن في قطر، 36 ألف طن في الكويت، و 6 ألاف طن في اليمن.

ويمكن تصنيف الورق الصحي على الشكل التالي:

-15% من الورق الصحي تصبح تالفة وغير ملائمة للإستعمال كنفايات ورقية.

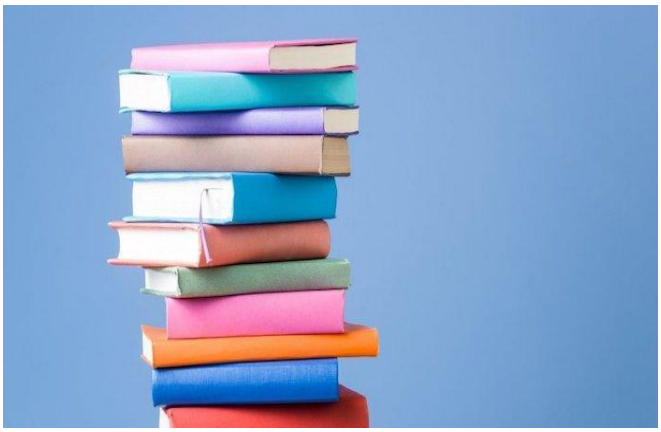
-85% منها يمكن إعادة إستعماله كورق نفايات.

صورة 04 : الورق الصحي **[20]**

3-3)-ورق المطالعة :

وهي تلك الأنواع التي إستعمالها يغطي كافة المجالات والنشاطات والعمليات العلمية والتعلمية والإعلامية والمكتبية ويضم على ورق الصحف والكتب والمجلات والبوستارات والسجلات والأوراق المكتبية وأوراق الدعايات والإشهار.

يحتوي العالم العربي على مطابع إعلامية كثيرة تستعمل الورق المحلي أو المستورد لطباعة الصحف والمجالات والدوريات والكتب والدفاتر وورق أجهزة الدولة, وكل هذه الأصناف تترك كنفايات ورقية بعد نفاذ عمرها الإفتراضي ,ويمكن تدوين إستعمال بعض الدول العربية لورق الطباعة والصحف على الشكل التالي : تونس45864 طن سنويا ,لبنان52197 طن سنويا,المغرب82380طن سنويا. أما بعض أنواع ورق الكتابة كورق الكمبيوتر الفاكس والتلكس والدفاتر المدرسية, وتصل الكمية المستهلكة منها سنويا حوالي95130 طن في الجزائر و168400 طن في السعودية و9936 طن في ليبيا.**[21]**



جرائد **كتب**

صورة05 : الورق الثقافي**[23-22]**

4)- إنتاج الورق في العالم :

المركز الأول: (الولايات المتحدة الأمريكية) تأتي الولايات المتحدة الأمريكية في المرتبة الأولى بين باقي دول العالم في تصنيع الورق بحجم إنتاج وصل إلى 80.8 طن متري سنويا.

المركز الثاني: (الصين) أما الصين وهي بلد المنشأ في تلك الصناعة الهامة فقد إحتلت المرتبة الثانية بحجم إنتاج وصل إلى 37.9 طن متري سنويا.

المركز الثالث: (اليابان) ثم تأتي اليابان في المرتبة الثالثة في قائمتنا بحجم إنتاج وصل إلى الثلاثين ونصف طن متري سنويا.

المركز الرابع: (كندا) وكانت المرتبة الرابعة من نصيب دولة كندا التي وصل حجم إنتاجها إلى 20.1 طن متري سنويا.

المركز الخامس: (ألمانيا) أما ألمانيا فجاءت في المرتبة الخامسة عالميا في قائمتنا بحجم إنتاج وصل إلى 19.3 طن متري سنويا.

المركز السادس: (فنلندا) :جاءت فنلندا في المرتبة السادسة بحجم إنتاج وصل إلى 13.1 طن متري سنويا.

المركز السابع: (السويد): ثم تأتي السويد في المرتبة السابعة في قائمتنا بحجم إنتاج وصل إلى 11.1 طن متري سنويا.

المركز الثامن: (كوريا الجنوبية) أما كوريا الجنوبية فقد حصلت على المرتبة الثامنة بحجم إنتاج وصل إلى 10.1 طن متري سنويا.

المركز التاسع: (فرنسا) ثم تأتي فرنسا في المرتبة التاسعة في قائمتنا بحجم إنتاج وصل إلى 9.9 طن متري سنويا.

المركز العاشر: (إيطاليا)أما إيطاليا فقد إحتلت المرتبة العاشرة عالميا في قائمتنا بحجم إنتاج وصل إلى 9.4 طن متري سنويا.

أخيرا : وأخيرا وليس أخرا تأتي كل من (البرازيل، وإندونسيا، والمملكة المتحدة، وروسيا، وإسبانيا، والنمسا، والهند، والمكسيك، وتايلاند، وهولندا) في المراكز العشرة التالية بالترتيب على التوالي **[24].**

4-1)- قائمة الشركات الرئيسية حسب كمية الإنتاج :

جدول 01 : قائمة بالشركات الرئيسية حسب كمية الإنتاج [25]

الترتيب	مجموعة الشركات	البلد	الإنتاج في 2015 1.000طن	الترتيب حسب المبيعات
1	International Paper	الولايات المتحدة	23315	**1**
2	Nine Dragon Paper Holdings	الصين	12630	**18**
3	West Rock	الولايات المتحدة	12487	**4**
4	UPM	فنلندا	9771	**5**
5	Stora Enso	فنلندا	9188	**8**
6	Oji Paper Company	اليابان	9115	**3**
7	Sappi	جنوب أفريقيا	7306	**15**
8	Smurfit Kappa Group	إيرلندا	7000	**9**

9	DS Smith	المملكة المتحدة	6802	**13**
10	Nippon Paper	اليابان	6542	**11**

2-4)- مصانع صناعة الورق في العالم :

شركة في جنوب إفريقيا	الشركة الأمريكية	الشركة الصينية
Sappi	International Paper	Nine Dragon Paper Holdings

صورة 06 :مصانع صناعة الورق في العالم **[26-28]**

5)- إستهلاك الورق في العالم:

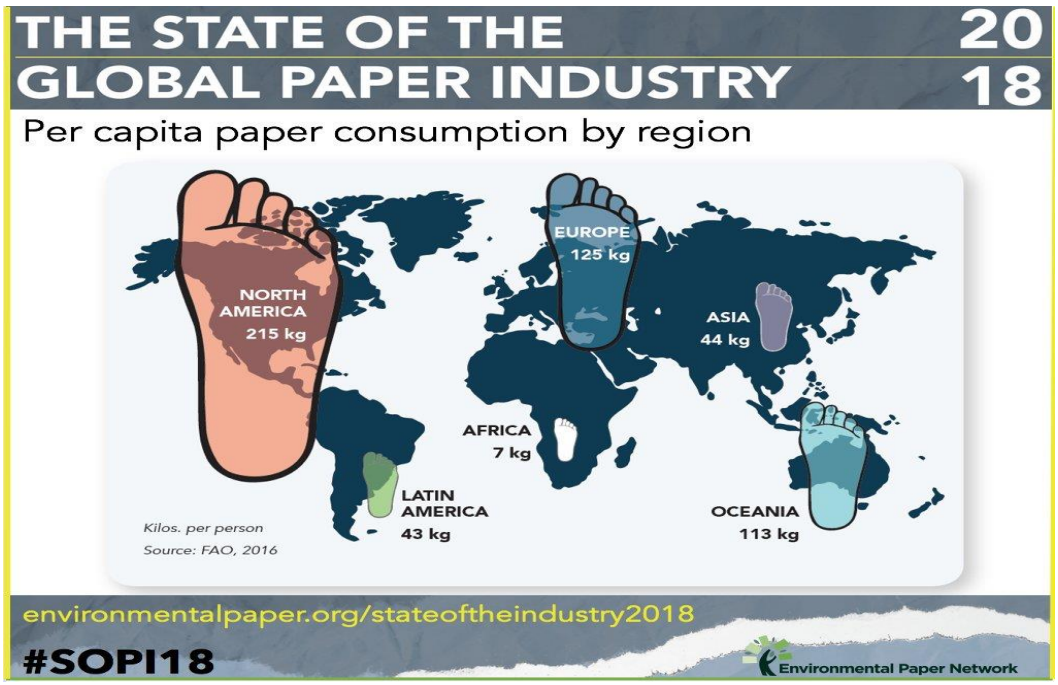
قد بلغ إنتاج الورق والكرتون (الورق المقوّى) في العالم عام 2014م نحو 407 ملايين طن. وإستخدم نصف هذا الإنتاج في ورق الأكياس والتغليف، فيما استخدم نحو الثلث في ورق الكتابة والطباعة. أما البلدان الثلاثة الكبرى في إنتاج الورق، فهي الصين والولايات المتحدة واليابان، فهذه البلدان الثلاثة تنتج نصف إجمالي الإنتاج العالمي. أما البلدان التي تستورد وتصدّر الورق، فتتقدَّمها ألمانيا والولايات المتحدة.

هنالك شركتان تحتلان المرتبتين الأولى والثانية في إنتاج الورق في العالم، وهما: "إنترناشونال بيبر"، و"كمبرلي- كلارك"، وكلاهما من الولايات المتحدة. وقد ربحت صناعة الورق الأمريكية نحو 96,1 مليار دولار أمريكي عام 2015م. وفي عام 2016م، ربحت "إنترناشونال بيبر" وحدها أكثر من 21 مليار دولار، فيما ربحت "كمبرلي- كلارك" نحو 18,2 مليار. ومن الشركات الكبرى الأخرى في هذه الصناعة

شركة مقرّها إندونيسيا، هي "آسيا بَلب أند بيبر"، والشركة السويدية "سفنسكا سللولوزا"، والشركة الفنلندية "ستورا إنسو أند أو بي إم كيميني"، والشركة اليابانية "مجموعة نيبون بيبر."

ومع بلوغ الإستهلاك عام 2014م نحو 407,5 مليون طن من الورق، يكون الإستهلاك قد تساوى مع مجموع إنتاج ذلك العام تقريباً.

الصين هي المستهلك الأول في العالم، من الورق والكرتون، إذ إنها تستهلك أكثر من 103 ملايين طن في السنة، تليها الولايات المتحدة، التي يزيد إستهلاكها على 71 مليون طن. أما أمريكا الشمالية إجمالاً، فهي المنطقة التي تتقدَّم على العالم، في إستهلاك الفرد للورق، إذ يبلغ 221 كيلوغراماً للفرد، فيما يبلغ معدل إستهلاك الفرد السنوي في العالم 57 كيلوغراماً فقط **[29].**



صورة 07 : إستهلاك الفرد من الورق، حسب المنطقة [30].

والورق من المصادر القابلة لما يسمّى الإسترداد، أي عدم إلقائه في النفايات من أجل إعادة إستعماله بواسطة التدوير، بل إنه من المواد التي تتميَّز بنسبة عالية جداً من قابلية الإسترداد. ففي عام 2013م، تمكَّنت مختلف بلدان العالم من إسترداد وجمع نحو 233 مليون طن. وفي الولايات المتحدة وحدها، إستُردت أكثر من 47 مليون طن من الورق والكرتون، ومثل هذا المقدار يُسترَد كل عام في الولايات المتحدة. وقد بلغت نسبة

الورق الأمريكي المسترد عام 2015م، 66,8%، أي أكثر من ضعف نسبة الإسترداد في عام 1990م، التي بلغت أقل من 34%.

تُعدُّ الولايات المتحدة وكندا أكبر منتجي الورق وتنويعاته في العالم. ولعل دراسة واقع إستهلاك الورق هي الخطوة الأولى في دفع الأمور نحو إنشاء بيئة أعمال تستغني عن إستهلاك الورق.

لا يزال الأمريكيون، رغم تعميم الوسائل الإلكترونية في الأعمال لديهم، أكبر مستهلكي الورق بعد الصينيين، من أي شعب آخر. ففي المعدل يستهلك الفرد الأمريكي في السنة أكثر من 700 رطل (317 كيلوغراماً) من الورق [**31**].

صورة08 : طرق إستهلاك الورق [32]

6)-عموميات حول الورق :

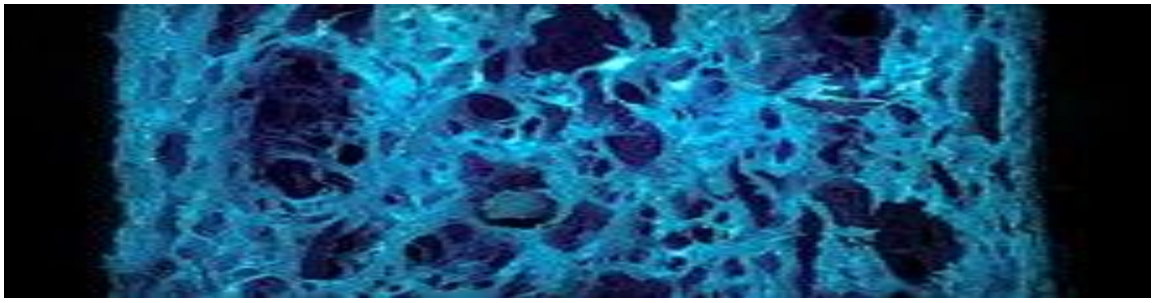
6-1)- مفهوم السيليلوز :

يعد السليلوز مكونا هيكليا مهما من الجدار الخلوي الأساسي للنباتات الخضراء، والعديد من أشكال الطحالب والقواقع الحيوانية وبعض أنواع البكتيريا تفرزها لتصير مضاعف حيوية. يعد السليلوز أكثر البوليمرات العضوية وفرة على وجه الأرض وتبلغ نسبة محتوى ألياف القطن من السليلوز90 في المائة، ومن الخشب 40 إلى 50 في المائة، والقنب المجفف 57 في المئة تقريبا.

يستخدم السليلوز أساسا لإنتاج الورق , ويتم تحويل كميات أقل إلى مجموعة واسعة من المنتجات المشتقة مثل السيلوفان والريون. ويجري حاليا تطوير تحويل السليلوز من محاصيل الطاقة إلى وقود حيوي

مثل الإيثانول السليولوزي كمصدر للوقود المتجدد. يتم الحصول على السليلوز للإستخدام الصناعي أساسا من لب الخشب والقطن.

وبعض الحيوانات، وخصوصا المجترات والنمل الابيض، يمكنها أن تهضم السليلوز بمساعدة كائنات متناهية الصغر تكافلية تعيش في أمعائها، مثل الترايشونيمفا. في التغذية البشرية، يعد السليلوز مكون غير قابل للهضم من الألياف الغذائية غير القابلة للذوبان، حيث يعمل كعامل تنصت هيدروليكي للبراز وقد يساعد في التبرز [35-33].



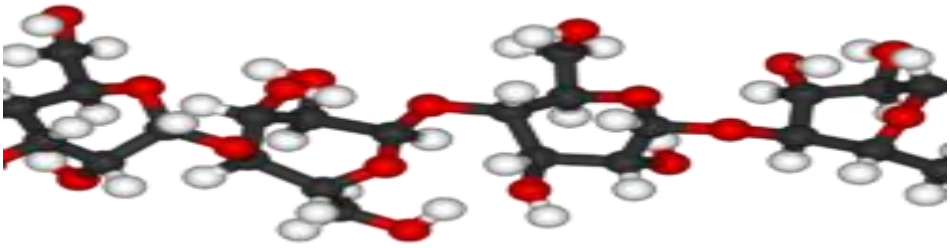
صورة 09 : صورة للسيليلوز تحت المجهر [36]

2-6)- تاريخ السيليلوز:

إكتشف السيليلوز في سنة 1838م من طرف الكيميائي الفرنسي أنسيلم بايين، الذي عزله عن المادة النباتية وحدد صيغته الكيميائية. أستخدم السليلوز لإنتاج أول بوليمر من البلاستيك الحراري الناجح، السليولويد، بواسطة شركة حيات للتصنيع في سنة 1870م. وقد بدأ إنتاج الرايون("الحرير الإصطناعي") من السيليلوز في التسعينات، ولإختراع سيلوفان في عام 1912م. وقد حدد هرمان شتاودنغر بنية البوليمر للسيليلوز في عام 1920م. وقد تم تخليق المركب كيميائيا لأول مرة (دون إستخدام أي إنزيمات مشتقة بيولوجيا) في عام 1992م، بواسطة كوباياشي وشودا **[37].**

3-6)- الهيكل والخصائص :

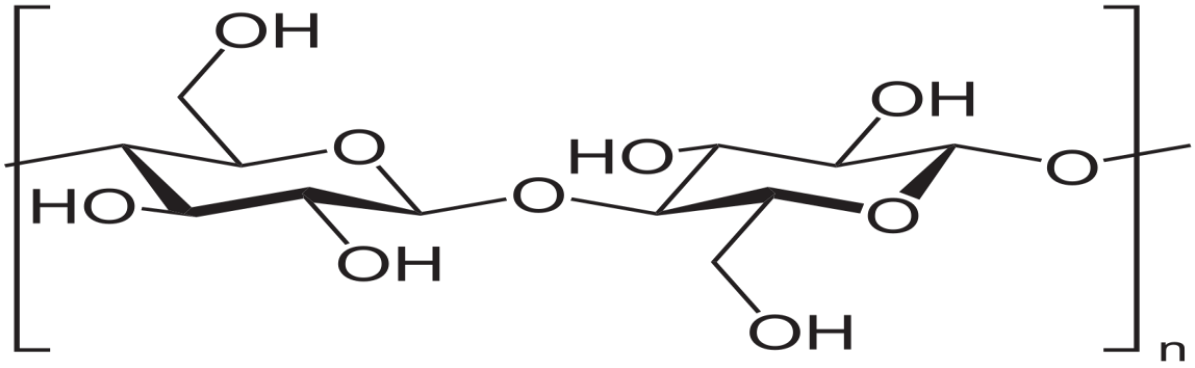
السيليلوز لا طعم له، ولا رائحة له، ولا ماء له، ولا يذوب في المياه بزاوية تماس تتراوح بين 20 و 30 درجة، ولا يذوب في الماء ومعظم المذيبات العضوية، وهي كريالية وقابلة للتحلل الحيوي.وقد تبين أن درجة ذوبانه كانت 467 درجة مئوية في إختبارات النبض التي أجراها داوينهاور وآخرون. ويمكن تقسيمه كيميائيا إلى وحدات الجلوكوز الخاصة به عن طريق معالجته بالأحماض المعدنية المركزة في درجة حرارة مرتفعة **[40-38].**



صورة 10: صورة توضح هيكلة السيليلوز[41]

تمثل ألياف القطن أنقى شكل طبيعي للسيليولوز، إذ تحتوي على أكثر من 90 في المئة من هذا السكريد المتعدد السكاريد.

***الصيغة الكيميائية للسيليولوز** هي **$(C_6H_{10}O_5)$ n** حيث درجة البلمرة تمثل عدد مجموعات الجلوكوز.



صورة11 : صورة توضح التركيبة الكيميائية للسيليلوز[41].

عادة ما يوجد السيليلوز المستمد من النبات في مزيج يحتوي على النصف سيليلوزواللغنين والبكتين ومواد أخرى، في حين أن السيليلوز البكتيري نقي تماما، وله محتوى مائي أعلى بكثير وقوة شد أعلى بسبب أطول السلاسل الأعلى.

4-6)- المشتقات الهامة للسيليلوز :

توجد العديد من مشتقات السيليلوز الهامة. العديد من هذه البوليمرات قابلة للتحلل الحيوي وهي موارد متجددة. تميل المركبات المشتقة من السليلوز إلى أن تكون غير سامة وغير مسببة للحساسية. تشمل مشتقات السيليلوز:

- السيلولويد
- السيلوفان
- رايون
- خلات السيليلوز
- ثلاثي أسيتات السيليلوز
- النيتروسيليلوز
- ميثيل سيليلوز
- كبريتات السيليلوز
- إيثولوز
- إيثيل هيدروكسي إيثيل السليلوز
- هيدروكسي ميثيل
- كربوكسي ميثيل السيليلوز (صمغ السيليلوز) **[42].**

6-5)- المصادر الأساسية لإستخراج السيليلوز:

هناك العديد من الكائنات الحية التي تُعتبر مصادر غنية جدًا بالسيليلوز، والتي بإمكاننا إستخراجه منها بكمية هائلة ونقية، ومن المصادر الأساسية للسيليلوز ما يأتي:

6-5-1)- النباتات وأخشاب الأشجار:

المصدر الرئيسي للسيليلوز هو النباتات الوعائية، هناك العديد من النباتات التي تُعتبر مصادر غنية جدًا أكثر من غيرها بالسيليلوز خاصة في أخشاب الأشجار والقطن، ومن هذه المصادر ما يأتي: يوجد العديد من النباتات غنية بالسليلوز، مثل القطن، الخشب، الخيزران، القنب، القماش، الذرة، الأرز، قش القمح، السيزال، والجوت، كما يتم استخراجه من سيقان وجذور النباتات. يتم إستخدام أخشاب الأشجار كالخشب الصلب والخشب اللين والكتلة الحيوية الزراعية كأكثر المصادر النباتية غنيا بالسيليلوز والذي يُستخدم بشكل أساسي في صناعة الورق ومواد البناء والعديد من الصناعات الأخرى. تُعتبر ألياف القطن مصدرًا بيولوجيًا

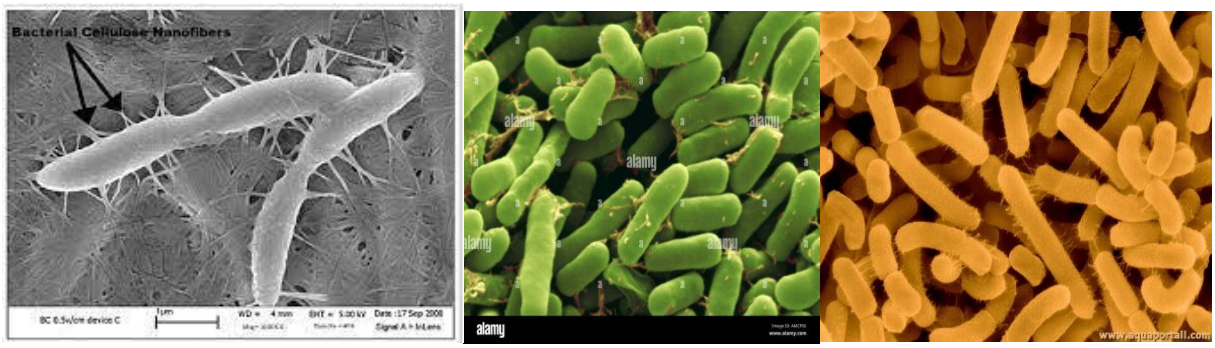
للسليلوز النقي، ولكن هذا لا يستخدم عادة في صناعات المنتجات الغذائية، ويستخدم بدلاً من ذلك في الصناعات الصيدلانية أو الكيميائية، مثل الكروماتوغرافيا والدهانات والمتفجرات. يعتبر جوز الأريكا في الهند هو محصول تجاري مهم لإنتاج ألياف السيليلوز النقية، إذ يُزرع في حوالي 51.00.000 هكتار في ولايات الهند المختلفة، والذي يوفر قدرًا هائلاً من الألياف المستدامة والقابلة للتحلل الحيوي لإستخدامها في العديد من المنتجات ذات القيمة **[43].**

الخشب **الخيزران** **القطن**

الصورة 12 : مصادر إستخراج السيليلوز من النباتات وأخشاب الأشجار**[46-44].**

6-5-2)-البكتيريا:

يمكن استخراج السيليلوز الطبيعي بكمية هائلة ونقية من الخلايا البكتيرية كمصدر ثانوي للسيليلوز الطبيعي النقي، إذ يتواجد أيضًا في الجدار الخلوي للخلايا البكتيرية، ومن هذه المصادر ما يأتي: إفراز السيليلوز البكتيري كمنتج خارج الخلية أثناء التخمير البكتيري بواسطة العديد من أنواع البكتيريا كالـ (Rhizobium) و (Agrobacterium) و .(Gluconacetobacter)تطوير المصادر البكتيرية للسليلوز باستخدام (Acetobacter xylinum) التي تخمر ركائز الجلوكوز من شراب الذرة تستخدم مصادر مختلفة من السليلوز لأغراض مختلفة. الميزة الرئيسية للسليلوز البكتيري هو أنه لا يحتوي على بوليمرات أخرى غير مرغوب فيها مرتبطة به، على عكس السليلوز من المصادر النباتية الذي يكون عادةً ممزوجًا بالليجنين **[43].**

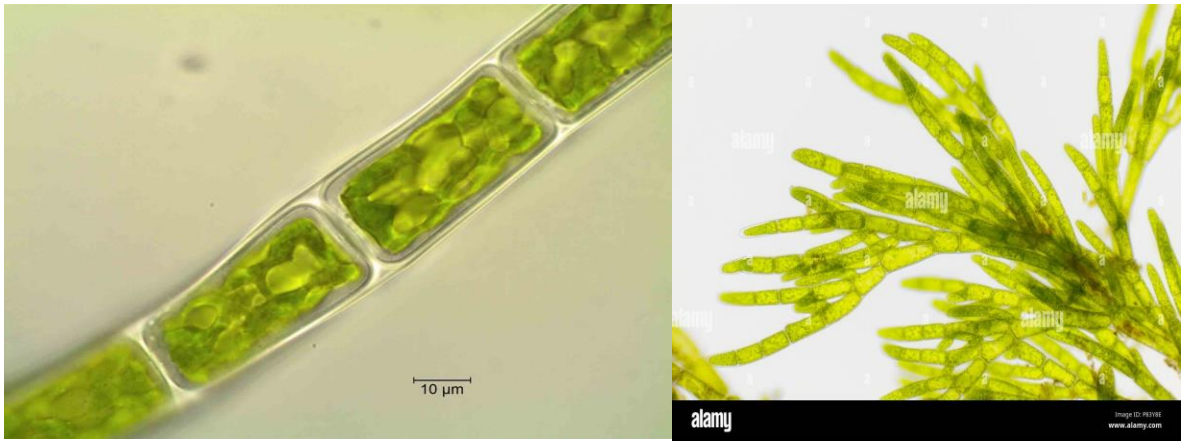


بكتيريا Acetobacter xylinum بكتيريا Rhizobium بكتيريا Agrobacterium

صورة 13: مصادر إستخراج السيليلوز من البكتيريا **[47-49]**

3-5-6)-الطحالب :

يساعد استخدام الطحالب لاستخراج ألياف السليلوز في منع الضرر الذي يلحق بالنظام البيئي البحري بسبب التكاثر المفرط وغير المرغوب فيه لهذه الطحالب، ويتم استخراج ألياف السليلوز من بعض أنواع الطحالب كالطحالب الخيطية الخضراء مثل (Cladophora) و (Chaetomorpha) و (Microdyction)و (Rhizoclonium)وبعض أنواع (Siphonocladales) **[43].**



طحالب Cladophora **طحالب** Rhizoclonium

صورة 14 : مصادر إستخراج السيليلوز من الطحالب **[50-51]**

7)- طرق تصنيع لب الورق :

7-1)-الطريقة الميكانيكية:

•تتلخص في تحويل الخشب إلى ألياف ورقية (لب) بطريقة ميكانيكية بحتة

•بدأ استخدام هذه الطريقة سنة **1869** م.

-الخطوات:

•نقوم بإدخال الخشب دون إزالة القلف في طواحن الخاصة به لسحقه في وجود تيار مائي أو بخار ماء كما يمكن السيطرة على درجة الهرس ودرجة نعومة المنتج بالتحكم في شكل ونوع الطواحين

•وبعدها يغسل اللب ونقوم بتصفيته في مصفاة لإزالة القطع الكبيرة ، يفقد الخشب جزء صغير منه خلال عملية الذوبان بالماء الساخن خلال عملية الغسيل.

• يتم التخلص من الماء الزائد الموجود في اللب من خلال تمريره على شبكة سلك متحركة توجد في آلة الورق تبقى المواد الصلبة منتشرة ومرتبطة ببعضها البعض على شكل شبكة منبسطة على شبكة السلك ونطلق عليها حالة عزل الورق أو تسمى نسيج الورق.

•يتمر تمرير هذا النسيج من الألياف على سير من اللباد ثم على مجموعة من إسطوانات(الدرافيل) الصلبة الناعمة يمكن التحكم في قوة ضغطها ودرجة حرارتها يتم نزع الماء المتبقي من هذا النسيج وفي النهاية نتحصل على سطح ناعم من الورق

•يتم تقطيعها بحسب الإستخدام.

•يتم فقدان حوالي 5 إلى 10 % فقط من المادة الخامة.

*** المميزات:**

-ويمتاز اللب الناتج بهذه الطريقة بأنه:

•تكلفة قليلة ، ضعيف، غير نقي (إحتوائه على شوائب)، خصائص ميكانيكية منخفضة مما ينجم عليه ضعف لمقاومة عوامل التلف المختلفة. غير ثابت قليلا ما يستعمل في صناعة الاوراق المهمة. لب سهل التلف مع الوقت.

•به مواد غير سيليلوزية مثل المواد الراتنجية واللجنين وغيرها.

.•يتم صناعة ورق الجرائد والورق البخس ورق الكرتون من اللب الميكانيكي لوحده أو بإضافة اللب الكيميائي

•يتكون ورق الصحف غالبا على 80% لب ميكانيكي، 20% لب كيميائي

•الكمية الكبيرة من وجود اللب الميكانيكي في ورق الصحف تزيد من عتمة الورق وذلك لطباعته.

2-7)-الطريقة الكيميائية-الميكانيكية :

•الهدف من هذه الطريقة صناعة لب أنقى وأقوى وجودة أفضل واعلى من اللب الميكانيكي.

يتم في هذه الطريقة الخلط بين اللب الميكانيكي المصنع واللب الكيميائي المصنع حيث تصل نسبة اللب الكيميائي في هذه الطريقة إلى ما يقرب من 15 – 50 % إلى هذه الألياف المحضرة بالطريقة الميكانيكية.

-الخطوات:

نقوم بالمعالجة الكيميائية ثم تليها المعالجة الميكانيكية من أجل تليين المادة النباتية

•**الخطوة الأولى**: نقوم بطبخ الخشب المبشور بإستعمال واحدة من الطرق الكيميائية الشائعة (السلفت-الصودا-الكبريتات)

•نقوم بإزالة جزء قليل من المواد الغير سيليلوزية من أجل درجة متوسطة ,بعدها نقوم بطحن البشر نصف مطبوخ بإستعمال طواحين مخصصة أو منعمات إسطوانية

-مميزات اللب الناتج عن الطريقة الكيميائية- الميكانيكية:

•يتميز اللب المتحصل عليه في هذه العملية داكن اللون ضعيف نسبيا وعسير التبيض

.•يستعمل في صناعة الأصناف الغير جيدة من ورق التغليف والكرتون

•نقوم بالمعالجة الكيميائية ثم تليها المعالجة الميكانيكية من أجل تليين المادة النباتية

•تتميز عجينة الورق المحضرة بالطريقة الكيميائية هي أكثر كفاءة بعدها العجينة نصف كيميائية ثم العجينة المحضرة بالطريقة الميكانيكية وتعد أقل جودة من غيرها **[54-52].**

3-7)-الطريقة الكيميائية :

يتم في هذه الطريقة فصل الألياف عن بعضها البعض للتخلص من الشوائب من الألياف بواسطة المعاملة الكيميائية للمادة الليفية

تسمى هذه الطريقة بطريقة الطهي لأنها تشبه طهي الطعام حيث يتم فيها طهي الألياف من بعض المواد الكيميائية في توفر الحرارة والضغط معا من أجل فصل الألياف دون إتلافها

•تتم العملية في محامص خاصة تختلف بحسب المادة الأم(الخام) المستعملة حيث يتم إضافة المادة الخام والمواد الكيميائية وبعدها تسخن بواسطة بخار الماء في درجة حرارة مرتفعة وبضغط محدد لمدة معينة

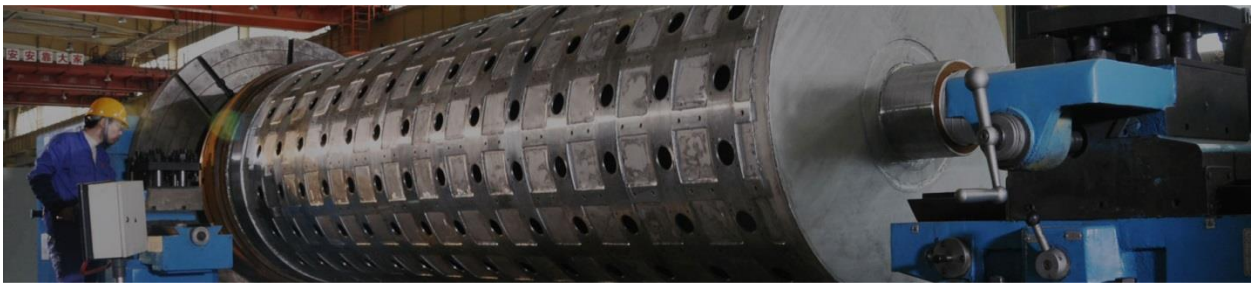
• تتنوع الظروف بتنوع المادة الخام المستعملة أو نوعية وجودة اللب المقصود.

• مع مراعاة أن ألياف السيليلوز هي المادة الرئيسية في صناعة الورق وتتوافق خصائص الورق توافقا ملحوظا في خصائصها المختلفة البصرية والفيزيائية والكيميائية بإختلاف مصدر هذه النباتات.

•ترتبط هذه الألياف ببعضها البعض في النباتات بمواد رابطة تتكون من اللجنين عنصرا رئيسيا وعند صناعة الورق نقوم بإزالة هذه المواد بإضافة مواد كيميائية لتتفاعل مع اللجنين دون ان تلحق الضرر بالألياف السيليلوزية (العنصر الأساسي في تصنيع الورق),حيث يتحول اللجين من مادة متفاعلة وغير ذائبة الى مادة قابلة للذوبان في الماء وهذا ما نطلق عليه بالطريقة الكيميائية في صناعة الورق.

4-7)-الطريقة نصف كيميائية :

يشبه فصل الألياف شبه الكيميائية الطرق الميكانيكية الكيميائية حيث تتم معالجة المادة كيميائيًا أولاً ثم طحنها إلى اللب. ومع ذلك ، فإن درجة المعالجة الكيميائية أكثر شدة من تلك الخاصة باللب الميكانيكي الكيميائي ، ويتم إزالة 25٪ إلى 50٪ من اللجنين و 30٪ إلى 40٪ من الهيميسليلوز في المادة الخام ، ويتم إذابة المادة بين الخلايا جزئيًا. يتراوح إنتاج اللب شبه الكيميائي بين 65٪ و 85٪.

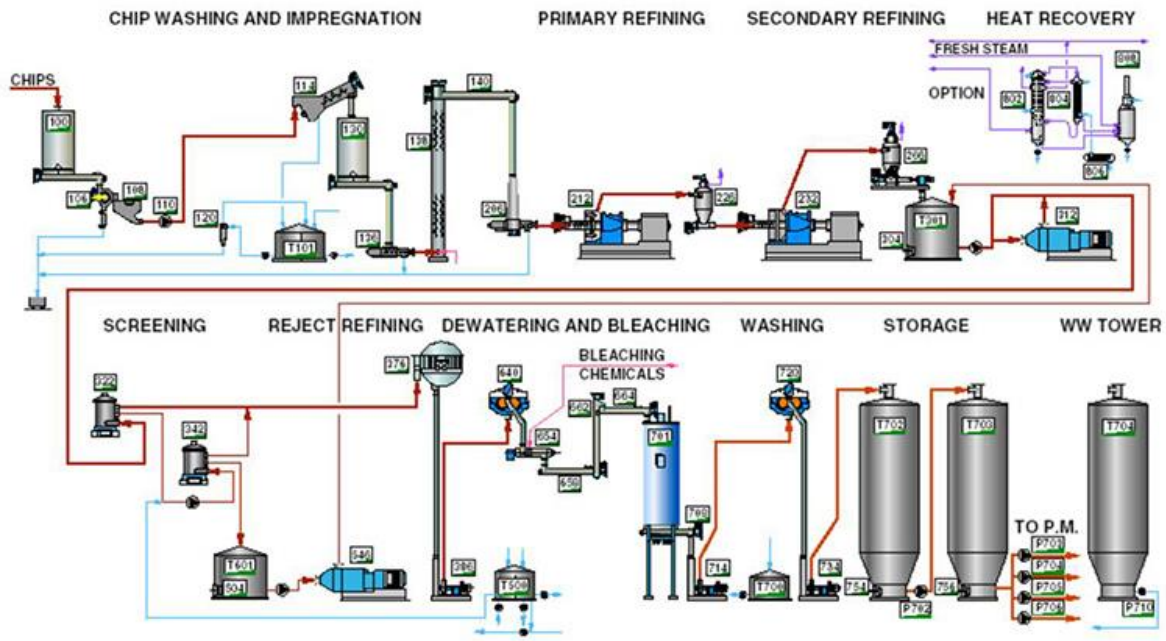


صورة 15 : عملية صناعة اللب النصف كيميائي **[55]**

يتم معالجة اللب شبه الكيميائي (SCP) كيميائيًا أكثر من اللب الميكانيكي الكيميائي ، ولكنه أخف من اللب الكيميائي. بعد المعالجة الكيميائية ، لم تصل المادة الخام بعد إلى نقطة فصل الألياف ، ولا تزال بحاجة إلى مزيد من الفصل بوسائل ميكانيكية ، لكن الخبث الخشن أكثر نعومة ، وقوة أقل مطلوبة للإنفصال إلى ألياف. يمكن ملاحظة أن اللب شبه الكيميائي واللب الميكانيكي الكيميائي عبارة عن عجينة كيميائية وميكانيكية على مرحلتين. غالبًا ما يعتمد التمييز بين الإثنين على المحصول ، أي أن ناتج المواد الخام الخشبية هو 65٪ - 85٪ ، يسمى اللب شبه الكيميائي ، ويكون العائد أكثر من 85٪. يسمى اللب الميكانيكي- الكيميائي.

هناك طرق عديدة لإنتاج اللب شبه الكيميائي. تخضع ظروف الطهي للإعتدال على أساس اللب الكيميائي المعتاد ، أو يمكن الحصول على اللب شبه الكيميائي عن طريق تقوية المعالجة المسبقة على أساس اللب الميكانيكي الكيميائي. الطريقة الأولى هي تقنية اللب شبه الكيميائي للكبريت المحايد (NSSC) ، والطرق الأخرى هي اللب شبه الكيميائي ثنائي الكبريت ، اللب شبه الكيميائي للكبريت القلوي ، اللب شبه الكيميائي للأمينيوم إيميد والسائل الأخضر. عجينة شبه كيميائية ، إلخ.

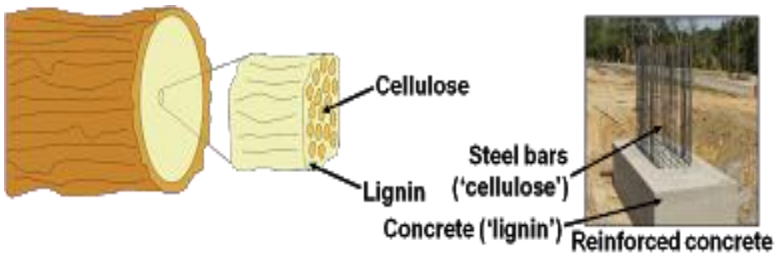
من الناحية النظرية ، يمكن إستخدام جميع مرق الطهي الكيميائي لإنتاج عجينة شبه كيميائية. عادة ما تكون المعدات المستخدمة في المعالجة الكيميائية هي كرات البخار أو الأنابيب المائلة.**[55]**



صورة 16 :مخطط يوضح مراحل صناعة اللب النصف كيميائي **[55]**.

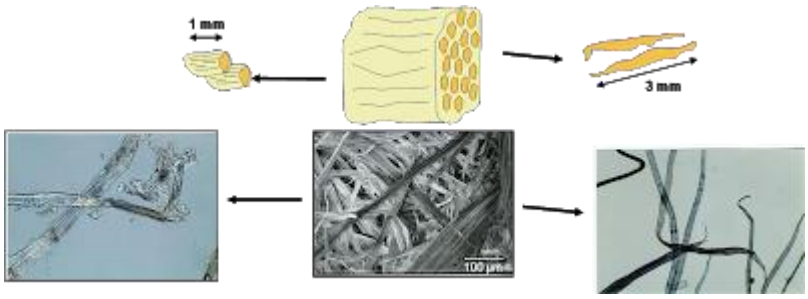
8)-صناعة الورق

لكي نفهم صناعة الورق علينا أولًا فهم تركيبة خشب الشجر، المادة الرئيسية في تلك الصناعة، الخشب والتي تحتوي بدورها على ألياف السليلوز (Lignin) يتكون من عنصرين رئيسيّين: قوالب من اللجنين.



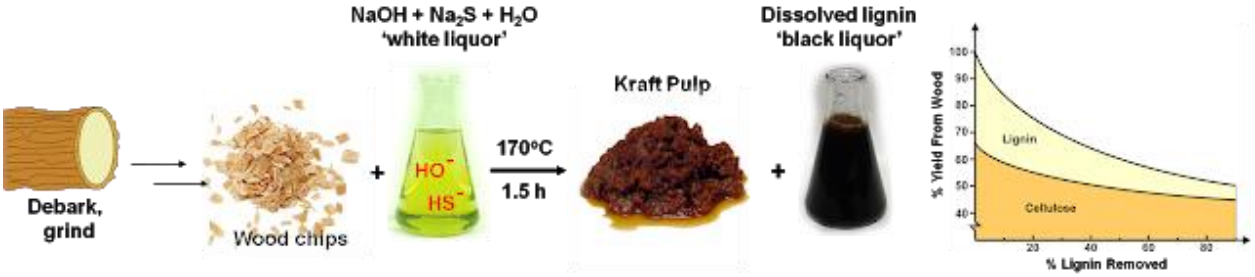
صورة 17 : تركيبة الخشب [56]

في صناعة الورق، تكون الخطوة الأولى هي التلبُّب (pulping) حيث يتم تقسيم الخشب إلى ألياف سواءً عن طريق التلبب الميكانيكيّ أو الكيميائيّ (تلبب كرافت). بالنسبة للتلبب الميكانيكي، يكون الخشب ببساطة مطحونًا بحيث لا يزال اللب يحتوي على اللجنين، مما يجعل الورق يزداد إصفرارًا مع الوقت. بالإضافة إلى ذلك، في عملية الطحن تقصر الألياف التي تجعل الورق أضعف لكنها عالية الإنتاج ومنخفضة التكلفة، لذلك فهي مناسبة لصناعة ورق الصحف. وفي الوقت نفسه، يُزيل التلبب الكيميائي قالب اللجنين من ألياف السيليلوز. من خلال هذه العملية، يمكن إنتاج ألياف أطول بحيث يمكن تصنيع ورق أقوى، ولكن هذه العملية إنتاجيتها أقل وأكثر تكلفة. إلى جانب ذلك، يظل اللب بُنيًا وعادة ما يكون التبييض ضروريًا؛ في حين يُستخدم اللب غير المُبيَّض في صناعة أكياس التعبئة البنية أو يتم إستخدام عجينة التبييض لصنع ورق أبيض عالي الجودة.**[56]**



صورة 18 : عملية الطحن**[56]**

في عملية التلبب الكيميائي أو عملية كرافت (Kraft process) يتم إستخدام محلول من هيدروكسيد الصوديوم وكبريتيد الصوديوم لتكسير اللجنين، وتتكون شظايا فينوكسيد (phenoxide) التي تذوب في الماء. ومع ذلك، فإن هذه العملية غير فعالة تمامًا حيث يتحلل السيليلوز جزئيًا بسبب الظروف الصعبة التي تحدث خلالها تلك العملية، حيث يبلغ العائد الكلي للسليلوز من الخشب حوالي 50٪ .



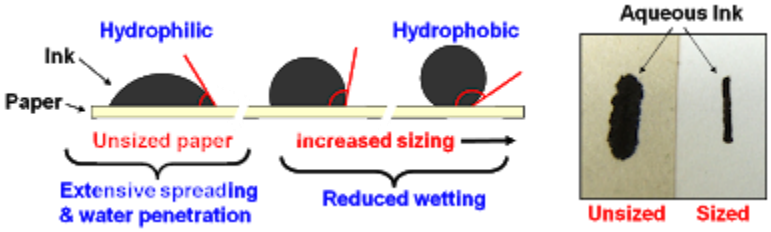
صورة19 : عملية كرافت **[56].**

-بعد ذلك يتم تبييض اللب لأن بقايا اللجنين تحتوي على مركبات حاملة اللون (Chromophores) ذات النظام المترابط، والتي تتبقى بعد عملية كرافت. يتم تدمير الترابط بواسطة الأكسدة، لذلك فإن التبييض يُدمّر اللجنين المتبقي لتقليل الإصفرار. تقليديًا، يتم إستخدام Cl_2 ولكن يتم إستبداله الآن بـ ClO_2 لعمليةٍ خاليةٍ بشكلٍ أوّليّ من الكلور. بناءً على إختزاله إلىCl^- ، فإن ClO_2 أقوى بمقدار مرتين ونصف من Cl_2 لكل وحدة كتلة.

-بعد إضافة عامل التبييض، يُضاف NaOH من أجل إذابة بقايا اللجنين المؤكسِدة وإزالة الكلور "العضوي" جزئيًا، وتتكرر هذه العملية لتسلسلات معينة. هذه العملية أقل بالنسبة للمنتجات الثانوية الناتجة منCl_2 ، ولكن هذه العملية مكلفة، ولكنها مؤكسِدة بدرجة عالية للجنين. علاوة على ذلك، هناك مُبيِّضاتٌ أخرى تُستَعمل في عملية خالية كليًا من الكلور مثل.H_2O_2 /O_2/ O_3 .

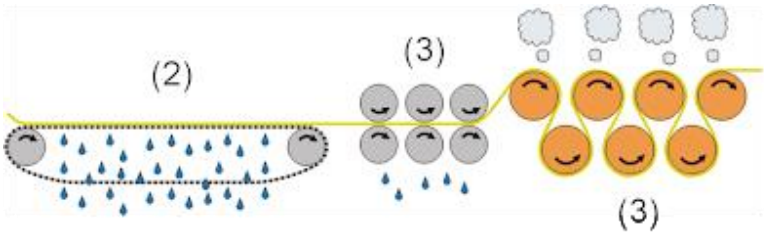
-ثم بعد ذلك تتم إضافة بعض المواد التي تُزيد من جودة وخصائص الورق البصرية والفيزيائية للورق مثل المتعادلات (buffer) للحفاظ على درجة حموضة ثابتة، ومركب TiO_2 لزيادة متانته، وإضافة جزيئات كارهة للماء للحفاظ على نفاذيته أو لتحجيمها(Sizing) ، كما سبق ذكرها أثناء استعراضنا لتاريخ الورق.**[57]**

صورة 20 : آلية تحجيم الورق **[57].**



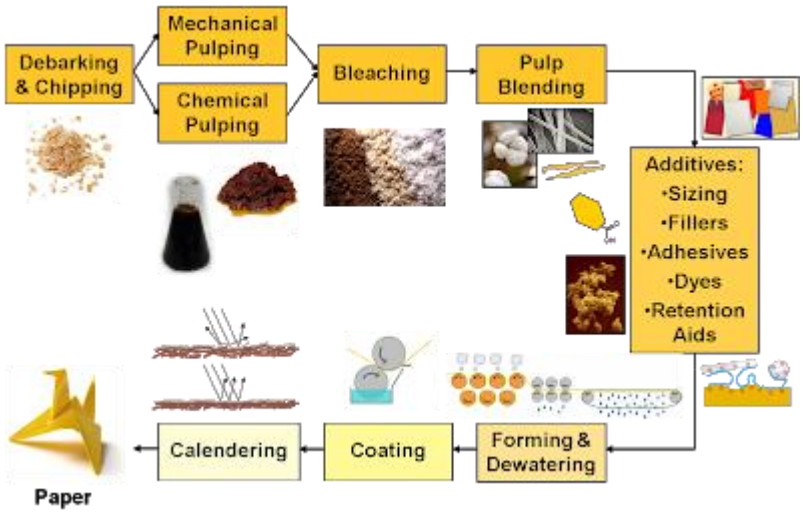
صورة 21: ناتج عملية التحجيم**[57].**

-ثم تأتي خطوة تجفيف وتشكيل الورق حيث يتم ضغط الورق، وتصفيته من الماء بواسطة عصره، وبعد ذلك بالتبخير كما هو مُوضح بالصور.



صورة22: على اليمين آلة «fourdrinier » المسُتخدمة تلك الأيام في صناعة الورق وعلى اليسار آلية تجفيف وتشكيل الورق. **[57]**

-الخطوة الأخيرة في صناعة الورق هي الطلاء السطحيّ(surface coating) ؛ حيث تُضاف الطبقة النهائية لتحسين القوة واللمعان ودقة الطباعة. يتكون الطلاء عادةً من تجميع مائيّ للخضاب (مثل الطين أو TiO_2)أخيرًا، تتم معايرة (Calendering) الورق بضغطه بين بكرات ساخنة من أجل تصفيف جزيئات الطلاء لزيادة لمعانه.**[58]**



صورة 23 : حلقة مراحل صناعة الورق [58].

9)-آلة صناعة الوق :

9-1)- مبدأ عمل آلة صناعة الورق :

هو الآلة الصناعية التي تستخدم في صناعة اللب والورق لخلق ورقة بكميات كبيرة بسرعة عالية. تعتمد آلات صنع الورق الحديثة على مبادئ آلة Fourdrinier ، التي تستخدم شبكة منسوجة متحركة لإنشاء شبكة ورق متصلة عن طريق تصفية الألياف الموجودة في مخزون الورق وإنتاج حصيرة مبللة تتحرك بإستمرار من الألياف. يتم تجفيفها في الجهاز لإنتاج شبكة ورقية قوية.

العملية الأساسية هي نسخة صناعية من العملية التاريخية لصناعة الورق اليدوي ، والتي لا يمكن أن تلبي متطلبات تطوير المجتمع الحديث لكميات كبيرة من ركيزة الطباعة والكتابة. إخترع هنري وسيلي فوردينييه أول آلة ورق حديثة في بريطانيا ، وحصلت على براءة إختراع في عام 1806م.

يتم إستخدام نفس العملية لإنتاج الورق المقوى على آلة الورق المقوى **[59].**

صورة 24 : توضح آلة صناعة الورقfourdrinier **[60].**

2-9)أقسام الآلة :

تحتوي ماكينات الورق عادةً على خمسة أقسام تشغيل مميزة على الأقل:

1-2-9)- قسم التشكيل: الذي يطلق عليه عادة الطرف المبلل ، عبارة عن شبكة سلكية دوارة مستمرة تزيل الماء من الورق عن طريق شفطه من التعليق عبر الفراغل .

2-2-9)- قسم الصحافة: حيث تمر شبكة الألياف الرطبة بين بكرات كبيرة محملة تحت ضغط عالٍ للضغط على أكبر قدر ممكن من الماء.

3-2-9) - قسم التجفيف: حيث تمر الصفيحة المضغوطة جزئياً ، بطريقة أعوج ، سلسلة من إسطوانات التجفيف المسخنة بالبخار. يزيل التجفيف محتوى الماء إلى مستوى يصل إلى حوالي 6٪ ، حيث يظل في الظروف الجوية الداخلية المعتادة. تستخدم مجففات الأشعة تحت الحمراء أيضًا لتكملة تجفيف الأسطوانة عند الحاجة.

4-2-9)- حجم قسم الضغط: حيث يتم تطبيق الورق شبه المجفف بطبقة رقيقة من النشاء أو مواد كيميائية أخرى لتحسين العديد من خصائص الورق لتقليل الغبار ونفاذية الهواء ، وزيادة الصلابة ، وقوة الانفجار ، وضغط قصير المدى.

5-2-9)- قسم الرزن: حيث يتم تنعيم الورق المجفف تحت قوة ميكانيكية وضغط عاليين. لا يلزم سوى رشفة واحدة (حيث يتم ضغط الورقة بين بكرتين) من أجل إمساك الورقة ، والتي تتقلص خلال قسم التجفيف وتظل متوترة بين قسم الضغط (أو كومة الكسارة إذا تم إستخدامها) والتقويم. تعطي القصاصات الإضافية مزيدًا من النعومة ، ولكن على حسب قوة الورق.

6-2-9)- قسم البكرة: حيث يتم لف الورق الخارج من الماكينة على بكرات فردية لمزيد من المعالجة. يمكن أن يكون هناك أيضًا قسم طلاء لتعديل خصائص السطح مع الطلاءات مثل الطين الصيني **[60].**

صورة 25 : تمثل آلة صناعة الورق **[62-61].**

10)-الأثر البيئي للورق :

الورق له تأثير كبير للغاية على البيئة التي أثرت على العديد من القرارات ، نظرًا للتقدم التكنولوجي مثل المطبعة وحصاد الخشب ، أدى إلى توافر كميات كبيرة من الورق ، التي ساهمت في إرتفاع مستويات الإستهلاك والنفايات ، مما أدى إلى إرتفاع تلوث المياه والهواء ، وقد أدى هذا إلى زيادة إستخدام المياه ، والقطع الواضح للأشجار ، وإستهلاك الوقود الأحفوري ، وإنبعاثات غازات الإحتباس الحراري.

وفقًا لوكالة حماية البيئة ، يشكل الورق أكبر مادة مفردة في مجاري النفايات البلدية ، ويمثل 28 في المائة من جميع القمامة التي يتم التخلص منها ، في العقود الأربعة الماضية ، إرتفاع إستخدام الورق بنسبة 400٪. أصبحت إزالة الغابات مشكلة رئيسية ، في كل من المناطق النامية والمتقدمة.

10-1)- الآثار البيئية لإنتاج الورق:

أدى الطلب على الورق إلى بعض الآثار الخطيرة على البيئة ، يغذي ما يقرب من 35 في المائة من الأشجار المقطوعة كل عام صناعة الورق مع 9 في المائة من هذه الأشجار مصدرها غابات النمو القديمة ، وهو مورد يصعب تجديده ، تمثل مصانع الورق أيضًا مصادر كبيرة تلوث المياه والهواء ، وتطلق غازات دفيئة متعددة في البيئة وتفرز منتجات التبييض السامة في منسوب المياه الجوفية.

تشمل الآثار البيئية لإنتاج الورق إزالة الغابات ، وإستخدام كميات هائلة من الطاقة والمياه وكذلك مشاكل تلوث الهواء والنفايات ، يمثل الورق ما يصل إلى 40 ٪ من إجمالي النفايات في الولايات المتحدة.

يتطلب إنتاج الورق الكثير من الماء ، حيث يستغرق 10 لترات من الماء لإنتاج ورقة A4 واحدة ، صناعة اللب والورق هي أكبر مستهلك صناعي للمياه في الدول الغربية ، تستخدم أكثر من قطعتين من الورق لكل شخص على وجه الأرض كل ساعة ، من المتوقع أن يتضاعف الطلب على الورق بين عامي 2005 و 2030 ، يختلف إستخدام الورق إختلافًا كبيرًا بين البلدان ، إذا إستخدم الجميع 200 كيلوغرام فلن تبقى الأشجار **[63].**

10-2)- إزالة الغابات

تعد صناعة اللب والورق مساهماً كبيراً في مشكلة إزالة الغابات وهي مسؤولة جزئياً عن تعريض بعض الأنواع التي تعيش في الغابات للخطر ، فقد زادت إزالة الغابات بمعدل ينذر بالخطر. إستخدم تصنيع الورق ما يصل إلى 40 ٪ من جميع الأخشاب العالمية ، وتعرض مزارع ومصانع لب الخشب للخطر الموائل الطبيعية ، يتم تدمير أكثر من 30 مليون فدان من الغابات سنويًا.

10-3)- تلوث الهواء :

تتلف دورة حياة الورق البيئة من البداية إلى النهاية ، يبدأ بقطع الشجرة وينهي حياتها عن طريق حرقها وبث ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

تطلق عملية تصنيع الورق ثاني أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد الكربون في الهواء ، مما يساهم في التلوث مثل المطر الحمضي وغازات الإحتباس الحراري. علاوة على ذلك ، تستهلك الولايات المتحدة أكثر من 30 ٪ من جميع المنتجات الورقية على مستوى العالم ، على الرغم من كونها 5٪ فقط من سكان العالم.

10-4)- إستهلاك الماء والطاقة :

تستخدم الصناعة أيضًا المزيد من المياه لإنتاج كمية من المنتجات ، يستهلك إنتاج الورق الكثير من الماء ، تتطلب ورقة A4 عشرة لترات من الماء لكل ورقة ، صناعة الورق هي خامس أكبر مستهلك للطاقة في العالم. تستهلك 4٪ من الطاقة في العالم. لإنتاج طن واحد من الورق البكر ، يقدر أنه يتم إستخدام 253 غالون من البنزين.

10-5)- تلوث المياه:

تقوم مصانع اللب والورق بإفراغ المياه المليئة بالمواد الصلبة والمواد العضوية الذائبة التي تسمى اللجنين والكحول والمواد غير العضوية مثل الكلورات والمركبات المعدنية والكلور، كل هذا يساهم في تلوث التربة والمياه. هناك عوامل أخرى مثل الكحول أو المواد غير العضوية مثل الكلورات ، وتسبب تلك العناصر تلوث الأنهار والبحيرات.

10-6)- نفايات ورقية :

ما يقرب من 26٪ من النفايات الصلبة الملقاة داخل النفايات للتخلص منها الورق والورق المقوى ، إلى جانب ذلك ، تساهم مصانع اللب والورق أيضًا في تلوث المياه والأرض والهواء ، وقد تم تحديد إزالة الحبر من الورق أثناء إعادة التدوير هي مصدر للإنبعاثات الكيميائية.

10-7)- الكلور والمواد القائمة على كلور :

في تبييض لب الخشب ، يستخدم الكلور ومركباته ، في البداية ، كانت الصناعات التي إستخدمت الكلور العنصري تحتوي على كميات كبيرة من الديوكسينات التي كانت ملوثات ثابتة وسامة للغاية ، ومع ذلك ، إنخفض هذا في التسعينات عندما إستبدل Total Chlorine Free و Elemental Free Chlorineالكلور العنصري في تبييض اللب.

10-8)- إنبعاثات غازات الإحتباس الحراري :

حوالي 69 ٪ من إنبعاثات غازات الإحتباس الحراري العالمية هي من صناعات النقل والطاقة. للخروج من هذا ، تمثل صناعة الورق والطباعة 1 ٪ من ثاني أكسيد الكربون المنتج ، عندما يتم التخلص من الورق في مواقع الإغراق ، يتم تحطيمه لاحقًا ، ويتم إنتاج غاز الميثان ، وهو غاز دفيء قوي أيضًا. إلى جانب ذلك ، تستخدم صناعة اللب والورق الوقود الأحفوري لإنتاج المواد الخام ونقلها ، وبالتالي زيادة إنبعاثات غازات الإحتباس الحراري. **[64]**

قطع الخشب لإنتاج الورق **دخان مصنع الورق**

الصورة 26 : الأثر السلبي لإنتاج الورق **[65-66].**

خلاصة:

إن الأثر البيئي لصناعة الورق وإستهلاكه هو أثر مدمِّر. ونظراً إلى أن السنوات الماضية شهدت كوارث لا حدود لها في هذا المجال، فثمة حاجة ماسة إلى جهود جبَّارة لضمان حماية البيئة. الماضي مضى، لكن لا يزال ثمة وقت متاح لتغيير ما هو قادم, ساعد الحجم الهائل من نفايات الورق في دفع الجهود للتعامل مع القمامة بشكل أكثر مسؤولية وحفز تطوير صناعة إعادة التدوير ، إعتبارا من عام 2011 ، قام الأمريكيون بإعادة تدوير ثلثي هذه النفايات ، مما قلل من الحاجة إلى إزالة الغابات, لذا يجب شراء الورق المعاد تدويره وتشجيع صناعة الورق على استخدام طرق صديقة للبيئة لتصنيع الورق.

الفصل الثاني

مفاهيم حول إعادة تدويرالورق

تمهيد:

تشكل نفايات الورق حوالي ثلث النفايات الصلبة الناتجة في جميع أنحاء العالم. من قبل ، كانت النفايات الورقية يتم التخلص منها في مدافن النفايات ، حيث تشغل مساحة كبيرة ، أو يتم حرقها. يؤدي إحتراق الورق من خلال الحرق إلى إطلاق ثاني أكسيد الكربون ، مما يزعزع توازن الغلاف الجوي الطبيعي. تأثير الدفيئة المحسّن مسؤول عن الإحترار العالمي وتغير المناخ ، مما يجعل التخلص من المكب وحرقه من الخيارات غير المناسبة والضارة لإدارة نفايات الورق.

إعادة تدوير الورق هو حل "أخضر" لإدارة نفايات الورق. إعادة تدوير الورق هي عملية تحول ورق النفايات إلى ورق يمكن إعادة إستخدامه ومنتجات أخرى.**[67].**

سنتناول في هذا الفصل تعريف شامل عن إعادة تدوير الورق وتاريخه وبعدها نتطرق الى أنواع الورق القابل للتدوير والورق الذي لا يمكن تدويره وأيضا مقدار إعادة تدوير الورق وندرس مراحل إعادة تدوير الورق خطوة بخطوة ففي الخطوة الأولى في إعادة تدوير الورق هي جمع النفايات الورقية . ثم بعد ذلك ، يتم تمزيق هذه الأوراق وغمرها في الماء أو السوائل الخاصة لتحويل الأوراق إلى ألياف . تضاف أحيانا مواد كيميائية لإزالة جزيئات الحبر المعاد تدويرها من المجلات والصحف وغيرها من المواد المطبوعة . وبعد ذلك ، يتم تنظيف العجينة ، وغالبا ما تستخدم أساليب عدة بما في ذلك الحرارة ، والمواد الكيميائية ، والحركة. الضغط على العجينة وإزالة السوائل، ويجفف الناتج من المنتجات الورقية الجديدة لإعادة إستخدامها . من خلال إعادة التدوير، قد تم إنشاء ورقة جديدة من الورقة التي لولا إعادة التدوير لأهدرت وإنتهى إستخدامها، أو كانت ملقاة في مكب النفايات.

1)- تعريف عملية إعادة تدوير الورق :

إعادة تدوير الورق هي عملية إسترجاع النفايات الورقية ، وإعادة صناعتها في المنتجات الورقية الحديثة . يوجد ثلاثة مصادر رئيسية من الورق الذي يمكن إستعمالها في صناعة الورق المعاد تدويره . ويشمل ذلك: ميل بروك (والذي يتضمن بقايا الورق والقصاصات المتبقية من تصنيع الورق)، النفايات الورقية المتبقية قبل إستخدام المستهلك (منتجات الورق التي ألقي بها قبل إستخدامها من قبل شخص ما) ، ومرحلة ما بعد إستهلاك النفايات (المواد التي تم إستخدامها مثل ورق المجلات والصحف ، والقمامة المكتبية ، وكتب الهاتف القديمة). إنه لمن المهم إعادة تدوير هذه المواد كما يمكن إستخدامها مرارا وتكرارا **[68].**

2)- تاريخ تدوير الورق

- يُمكن حصر تاريخ تدوين الورق في المراحل التاريخية الآتية :

2-1)- التاريخ القديم لإعادة تدوير الورق:

بالرغم من أنّ الورق لم يظهرإلا في عام 200 قبل الميلاد؛ إلّا أنّ فكرة إعادة إستعمال قماش الكتابة، يعود إلى العائلة المصرية الأولى؛ إذ كانوا يمحون وثائق البردي القديمة، للحصول على مستندات جديدة للكتابة.

2-2)-إعادة تدوير الورق الأمريكي المبكّر:

تعد أمريكا السباقة في إمتلك ويليام ريتن هاوس، أول مصنع لصناعة الورق يستخدم تقنيات إعادة التدوير، وكان يستعمل القماش والخرق القديمة، لإنتاج مواد ورقية، وفي عام 1750 ميلادي إستخدم بنجامين فرانكلين قصاصات الورق القديمة، لإنتاج قطع جديدة.

2-3)- إعادة تدوير الورق في القرن التاسع عشر:

سُجلت براءة إختراع لعملية إزالة الحبر عام 1800 ميلادي من قبل الإنجليزي ماتياس كوبس، وأستُعملت أساليبه في إزالة وإستخدام المواد الخشبية، لإنتاج الورق على نطاق واسع.

2-4)- إعادة تدوير الورق في القرن العشرين:

لاحظت فترة ما قبل الحرب العالمية الثانية زيادة ملحوظة في جهود إعادة التدوير، وكان الهدف منها توفير المال، وخصوصًا بعد سقوط سوق الأوراق المالية عام 1929 ميلادي ومع نهوض الإقتصاد بعد الحرب العالمية الثانية تعافت الولايات المتحدة، بعدها شهدت البلاد زيادة هائلة في نفايات الورق، وفي عام 1988 ميلادي إشترت حكومة كاليفورنيا الورق، وإعادة تدويره بنسبة 50% على الأقلّ، وبحلول عام 1933 ميلادي حذت حذوها جميع الولايات الأخرى.

2-5)- إعادة تدوير الورق اليوم:

لم يقلل وجود التكنولوجيا اليوم من إستخدام الورق في عام 2009 ميلادي، أصبح مستخدم الويب يطبع 28 ورقةً في اليوم، وينتج عن هذا إستخدام 115 مليار ورقةً سنويًا، لأجهزة الكمبيوتر الشخصية فقط، ولكن ساهمت التكنولوجيا في تقليل النفايات، وتحويلها إلى مصادر دخل جديدة **[69]**.

3- أنواع الورق القابل لإعادة التدوير :

* الورق البني يجب إعادة تدويره بالبطاقة وليس بالورق لأنه يتسبب في ظهور بقع بنية اللون في الورق الجديد.

* الورق النظيف الورق مادة قيمة قابلة لإعادة التدوير ولكن فقط عندما يكون نظيفا

* كمبيوتر وورق ممزق
* المغلفات, بما في ذلك تلك التي بها نافذة.
* المجلات والكتيبات والنشرات والبريد وأدلة الهاتف والكتالوجات.
* الصحف والملحقات.

4)- العناصر الورقية الصعب إعادة تدويرها :

* منتجات النظافة والصرف الصحي مثل الحفاضات والمناديل والفوط الصحية
* أغلفة أو أكياس هدايا غير ورقية, مثل تغليف الهدايا المصنوعة من رقائق معدنية
* الورق الملطخ بالمواد الغذائية أو الشحوم أو الطلاء أو الاوساخ, على سبيل المثال لوحات الأطفال أو مقاومة الشحوم أو ورق الخبز.
* مناديل أو مناديل ورقية مستعملة.
* الأوراق اللاصقة, على سبيل المثال الملاحظات اللاصقة أو الملصقات اللاصقة أو الشريط الورقي.
* مناديل مبللة أو صوف قطني أو ضمادات مكياج.
* ورق الجدران**[70]**.

5)-الهدف من إعادة تدوير الورق:

ساهمت الكميات الهائلة التي تستهلكها الدول وضخامة المبالغ المطلوبة لتأمين كلفتها بالعمل بإتجاه إعادة تدوير النفايات الورقية، كما أن تراكم النفايات الورقية وتزايد آثارها البيئية والصحية أدى إلى البحث عن أفضل السبل للتخلص الآمن بيئيا من هذه النفايات. ولهذا تطورت عمليات جمع النفايات الورقية لتدويرها والإستفادة منها مجددا كمادة أولية في صنع أنواع الورق المختلفة **[21].**

6)- مقدار إعادة تدوير الورق في العالم :

وصل معدل إعادة تدوير الورق حوالي 66.2% في عام 2019م حول العالم، وهو ما يعادل حوالي 49,176 طن من الأوراق، وهو أقلّ من عام 2018م الذي بلغ معدل تدوير الورق فيه حوالي 68%، فمثلا، يُعاد تدوير أكثر من 68 مليون طنًا من منتجات الورق والورق المقوى سنويًا في الولايات المتحدة، ما يحقق معدل إعادة تدوير بنسبة 64.7%،وفي أوروبا بلغ معدّل تدوير الورق 72.3% عام 2017 ميلادي؛ وهي زيادة بالمقارنة مع السنوات السابقة، وأصبحت أوروبا رائدة في مجال تدوير الورق، على حسب المجلس الأوروبي لإعادة تدوير الورق؛ وهي تقترب من هدف إعادة تدوير الورق بنسبة 74% بحلول عام 2020 ميلادي **[71-73] .**

7)-مصانع إعادة تدوير الورق في العالم :

7-1)- مصنع American Eagle Paper Mills

صورة 01 : مصنع American Eagle Paper Millsفي أمريكا **[74].**

7-2)- مصنع Aviretta GmbH

صورة 02 :مصنع Aviretta GmbH في ألمانيا **[75].**

3-7)- مصنع Bestway Paper Group Co., Ltd

صورة 03 :مصنع Bestway Paper Group Co., Ltd في الصين**[76].**

8)- مراحل إعادة تدوير الورق :

تصل كميات الورق المنتجة عالميا وعلى مختلف النوعيات لملايين الأطنان، ما يدل على زيادة معدلات الفضلات الورقية المطروحة. وبالتالي إزدياد الحاجة لإعادة تدوير هذه النفايات الورقية بهدف الحصول على السيليلوز النقي لعمليات تصنيع الورق الجديدة الخالي من الشوائب المرافقة للحد من معدلات التلوث البيئي، وخفض معدلا تقطع الغابات، والتخفيف من إنبعاث ملوثات عمليات التصنيع، تبعتها في الدول الراقية توزيع الحاويات الخاصة بالمنتجات الورقية المستهلكة لسهولة جمعها وإعادة تصنيعها. إلى جانب حاويات خاصة بالمخلفات الزجاجية وللمعدنية وللمخلفات الأخرى كبقايا الطعام، ويتم تجميع كل نوع من القمامة في أماكن خاصة لإرسالها للمعامل المختصة لإعادة تدويرها **[77].**

المراحل :

8-1)- جمع وفرز النفايات الورقية :

تشكل النفايات الورقية ظاهرة يومية في شوارع المدن الكبيرة والصغيرة وحتى القرى، وفي العادة لا يتم جمعها وفق نظام مرتب ولذلك فإن الكميات الحقيقية لهذه النفايات ومسارها وإقتصاداتها يصعب تقديرها بدقة. وللإستفادة من هذه النفايات في عمليات التدوير فلابد من إنشاء مراكز لجمعها في المدن الكبيرة

والأقاليم تخصص لها مساحات واسعة وتشرف عليها شركات أو جهات رسمية أو شبه رسمية. وعند إختيار مراكز جمع النفايات الورقية فلابد من مراعاة الآتي**[78]** :

- سهولة الوصول إليها.
- ألا تكون بعيدة عن أماكن توالد النفايات.

صورة04 : عملية جمع نفايات الورق [79].

- بالنسبة لمنشآت الصناعات الورقية يجب أن تصبح هذه المراكز داخل أسوار المنشأة. وتحتاج عمليات جمع النفايات إلى أسلوب مهني وتكتيكي للحصول على أكبر كمية من تلك النفايات، وذلك بواسطة عمال مختصين . كما يتوجب نشر توعية من خلال برامج إعلامية، تتضمن أهمية النفايات الورقية وكيفية التعامل معها إضافة إلى إستحداث برامج تشجيعية تتبناها مراكز جمع النفايات والبلديات، وكذلك ضرورة إصدار توجهات مركزية لكافة المؤسسات الرسمية وإدارات التعليم والمطابع ودور الصحافة بضرورة تسليم النفايات الورقية إلى مراكز جمع النفايات. تقوم مراكز جمع النفايات بعملية فرز النفايات عن بعضها البعض وذلك بإزالة الأنواع غير المرغوبة كالمحروقة أو الملطخة بالأوساخ حيث يتم تصنيفها إلى ثلاثة أنواع :

- النفايات الثقيلة : وتشمل نفايات التعبئة والتغليف والملصقات الكبيرة.
- نفايات الورق الأبيض والورق الصحي.
- نفايات الورق الملون والمستعمل للكتابة والمحتوي على كميات من الرصاص.

صور 05 : آلة فرز الورق **[80]**

وتستلزم عملية الفرز الإحتفاظ بسجل يومي للنفايات الورقية لتحديد كمية النفايات التي يتم تدويرها سنويا، وكذلك تحديد كمية النفايات للوحدة المنتجة وكمية النفايات كنسبة من الإنتاج الكلي للطن الواحد ،ويمكن تحديد كمية النفايات بأليات بسيطة مثل الوزن أو التقييم. كما يجب تدريب العاملين على فهم أسباب وضرورة فرز النفايات الورقية، ويجب أن يتمكنوا من التمييز بين النفايات وبخاصة الخطرة منها وكذلك تداولها بحرص. وقد أصبحت عمليات تجميع وفرز النفايات بالمدن والقرى مصدرا كبيرا لزيادة دخل السكان وتحسين وضعهم المعيشي.

وبعد الإنتهاء من عملية فرز النفايات الورقية تجرى عملية تقطيعها وربطها على شكل رزم لا يتعدى وزن الرزمة200 كيلو غرام، ويمكن الحصول على الآلات الخاصة بعملية التقطيع بسهولة، بحيث يمكن لأغلب الورش الهندسية تصنيعها لأنها لا تحتاج إلى تقنية عالية الدقة.

ومن أهم المشاكل والمعوقات التي تواجه عمليات جمع وفرز النفايات الورقية الآتي:

- الإفتقار إلى مراكز متعددة.
- الإفتقار إلى المعلومات حول كمية ونوعية النفايات.
- خلط النفايات الورقية مع النفايات الخطرة والسائلة.
- اللجوء إلى حرق القمامة بما فيها من مخلفات ورقية.
- الظروف غير الصحية للعاملين في هذه المراكز .

وبعد عملية الجمع والفرز يتم تدعيم المصانع برزم النفايات الورقية المطلوبة كل حسب إختصاصه ،حيث يتم إرسال النفايات الورقية الثقيلة إلى مصانع إنتاج الكرتون وورق الكرافت والورق نصف المصنع. ويتم تزويد مصانع النفايات الورقية الخاصة بالكتابة والطباعة برزم الورق الأبيض بكافة أنواعه. كما يمكن

الإستفادة من النفايات الورقية في بعض البلدان العربية التي تزداد فيها الكميات بإنشاء خطوط ومصانع لتدويرها، كما يمكن تصدير ما يزيد عن حاجة بعض الدول العربية إلى دول عربية أخرى بحاجة بها**[78]** .

صورة 06 : عملية فرز النفايات الورقية **[81].**

8-2)- العجن:

يتم فيها إضافة الورق إلى جهاز يسمى بالعجان عبارة عن خزان معدني كبير مزود بمروحة بريش متصل بها موتور وظيفتها تقليب الخليط جيداً و خلال التقليب يتم إضافة العناصر الكيميائية و محلول الشبة و القلفونية بنسبة 1.8% و يضاف أيضاً لب الخشب.

يتم أثناء عملية العجن إزالة الأحبار بأقطار أكبر وكميات ممكنة، وكذلك الحال بالنسبة للبلاستيك والخرزات، كما تتحرر الصموغ، مما يؤدي لتراجع إرتباط الألياف فيما بينها، والتي تعتمد على إضافة مواد مقاومة للبلل يمكنها تشكيل طبقات بلاستيكية ترفع من ترابط الألياف، لذا تتم معالجة العجينة على الشكل التالي:

- رفع درجة الحرارة حتى 60 م.
- إضافة هيدروكسيد الصوديوم حتى pH=12 لتنتج الألياف السيليلوزية وهكذا تختفي ثناياها مما يسهل إزالة الأحبار، علاوة عن تكسر الطبقة البلاستيكية المقاومة للتبلل بتكسير روابطها بالوسط القلوي.
- إضافة الماء الأكسجيني لقصر الألياف السيليلوزية وبالتالي رفع درجة البياض.
- إضافة سيليكات الصوديوم كمثبت لضبط آلية وسرعة تفكك الماء الأكسجيني.

ترتبط الأحبار بروابط كهربائية بالألياف السيليلوزية، ومع إزدياد زمن العجن عن الحد الأقصى ستصبح الأحبار العائدة من هجرتها من الألياف للإرتباط بها مجددا أكبر.

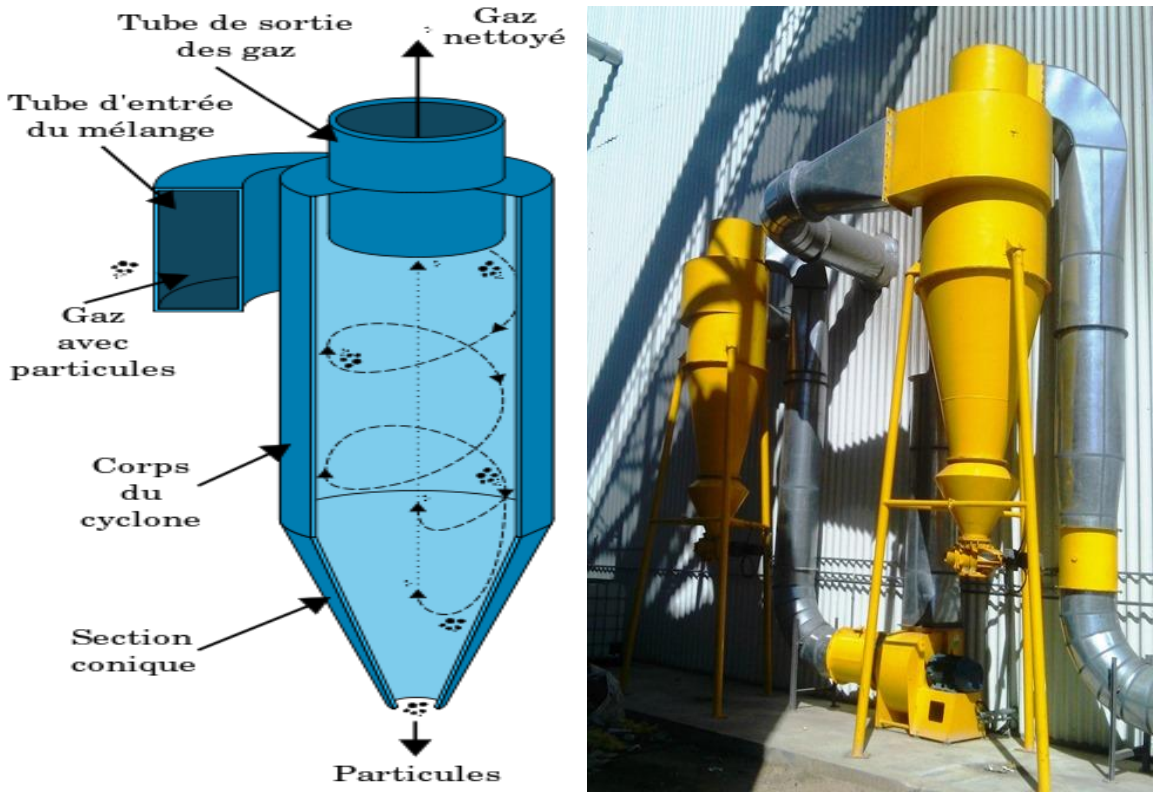
صورة07: عجينة الورق **[82]**

التصفية الأولية: مصفاة منقبة بثقوب بحدود 6 ملمتر عند مرور العجين من خلالها بعد إنهاء عملية العجن إلى خزان التجميع، ليتم حجز الشوائب الأكبر قطرا.

وتبدأ عملية غسيل العجينة بعد طرح المخلفات المحجوزة وتفرغ وتغسل لإستقبال دفعة جديدة من العجينة. وترافق عملية تفريغ العجينة تمديدها بالماء لخفض كثافتها حتى5% ليصل إلى الإعتماد على مضخات أرخص سعرا من تلك المضخات المهيأة لنقل العجائن العالية الكثافة و اللزوجة.

السيكلون (المرشح الإعصاري):

تستخدم السيكليونات لفصل المواد العالية الوزن النوعي والأكبر من السيليلوز، ويتم فيها فصل المعادن والحجارة، ويتم تجميع الأوساخ في حجرة تنظيف خاصة بشكل دوري عند إمتلائها. وتعتمد على دخول الماء من الأسفل والأعلى بطريقة دوامية، ما يسبب تشكل إعصار بسبب سرعات الدوران العالية يتسبب بتسرب المواد العالية الوزن لتخرج العجينة النقية من مخرج خاص .



صورة 08 : المرشح الإعصاري (السيكلون) **[83-84].**

المصفاة الدقيقة:

مصفاة ذات أقطار ثقوب دقيقة (بحدود 1.6ملمتر) بما يسمح بمرور السيليلوز والأحبار والأثرية الناعمة وقطع البلاستيك الدقيقة. ويفترض أن تسمح هذه المصفاة بمرور السيليلوز لمصفاة أخرى ذات شقوق تتسبب بسرعات مرور دون الأولى بحيث تتمكن من حجز بعض الأوساخ. وفي حين يستعاد السيليلوز لتحويله خط الإنتاج، يتم تجميع المقبول من المصفاتين لتدخل مرحلة التعويم بإضافة مولدات الرغوة. مثل بعض أصناف الصابون Soap والعوامل الفعالة سطحيا من المنظفات Détergent ذوات أطوال سلاسل دون المستخدمة منزليا كي تتولد فقاعات أصغر قطرا وحجما، وتعمل هذه المواد على إزالة الإرتباط بين لألياف والحبر**[77] .**

3-8)-وحدة إزالة أحبار :

عبارة عن عملية صناعية تتضمن إزالة أحبار الطباعة من ألياف الورق الموجودة في الورق المُعاد تصنيعه بغرض الحصول على عجينة ورقية خالية من الحبر.

ويكمن مفتاح عملية إزالة الأحبار في القدرة على فصل الحبر عن الألياف. ويمكن تنفيذ هذا من خلال إستخدام مجموعة من الوسائل الميكانيكية والكيميائية. وفي أوروبا، تتمثل العملية الأكثر شيوعًا في إزالة الأحبار بإستخدام تقنية الطفو الرغوي **[85].**

صورة 09 : ماكينة إزالة الحبر التلقائية من الفولاذ المقاوم للصدأ - من أجل صنع اللب والورق **[86].**

***هدف خفض الكثافة :**

1. إفساح المجال لتشكل الفقاعات.
2. منح الفقاعات حرية الحركة.

وتتم إزالة القسم الأكبر من الحبر في هذه المرحلة إضافة لبعض الكلس (Ash). ويبقى جزء من الألياف السيليلوزية متابعاً رحلته. ويتم تجميع منتجات وحدة إزالة الأحبار في خزان تجميع السيليلوز للإقلال من الهدر .

صورة 10: آلة إزالة الأحبار بالتعويم **[87].**

مرحلة التصفية ما قبل النهائية:

تمر العجينة على مجموعة من المرشحات الإعصارية (السيكلونات) بكثافة منخفضة بهدف إزالة الأتربة ومعظم الكلس (Ash).

التصفية النهائية الدقيقة:

تمرر العجينة القادمة من المرحلة السابقة على مصفاة غاية في الدقة بفتحات طولية بعرض 18.0 mm فيتم حجز أغلب والأوساخ المرافقة.

ملاحظة : تعتمد طابعات الحواسب (Leaserprint) على أحبار تتوضع على الألياف السيليلوزية عند درجات حرارة عالية أثناء عملية الطباعة، ما يؤدي الإحتراق أجزاء من الألياف المطبوعة، ولا يمكننا التخلص من هذه النقاط السوداء في وحدة نزع الأحبار كونها جزء من الألياف المحترقة.

4-8)- مرحلة الغسيل:

يتم ضخ العجينة على آلة تشبه آلة الورق، فيتجمع السيليلوز بين سير ناقل بلاستيكي مثقب بثقوب ميكروية تسمح بمرور الماء دون السيليلوز، تتبعها أسطوانات عصير، ويسلط عليها مرشات مائية لغسيل

العجينة المتجمعة، ومن ثم يتم فصل الماء بالقوة النابذة ليحمل معه بعضا من بواقي الأحبار والكلس المتبقيان، فترتفع الكثافة في هذه الحالة حتى 30%، فتنقل عبر الناقل الحلزوني إلى المطحنة لتفتيت بقايا الحبر إلى أجزاء صغيرة جدا تكاد تكون غير مرئية بالعين المجردة، وترفع درجات حرارتها في النواقل الحلزونية حتى 120° لتسهيل عملية التبييض.**[77]**

صورة 11: آلة الغسيل **[88].**

التبييض: تنقل العجينة بعد خروجها من المشتت بناقل حلزوني إلى خزان التبييض، فيضاف الماء الأكسجيني H2O2 لرفع درجة البياض مع سيليكات الصوديوم التي تعمل مثبتا لضبط سرعة وتوجه تفكك الماء الأكسجيني، فترتفع درجة البياض من 55% حتى70%.

مرحلة الغسيل النهائية Alrumfilter:

تخرج العجينة من خزان التبييض بكثافة 22% تقريبا، ويتم خفضها حتى1% لتضخ لأسطوانة (سلندر) مثبت عليها شبك معدني دقيق، وتسلط عليها مرذذات ماء نظيف لغسل العجينة وإزالة أكبر كمية من بواقي الأحبار، وترتفع الكثافة بنهاية هذه العملية حتى 4%، فترسل لخزان تجميع العجينة الجاهزة، ويتم ضخ مواد مرجعة مثل بيسلفيت الصوديوم إزالة أي تلون للألياف السيليلوزية التي قد تتواجد في المواد الأولية. ويعدل وسط العجينة (pH=7) أثناء تطبيق عملية الغسيل.

ويعود السبب في تراجع درجة البياض عند إضافة الماء الأكسجيني لوجود جزيئات حبر دقيقة في مياه التصنيع، والتي تلتصق مرة أخرى بالألياف السيليلوزية. ويتم إستخدام العجينة الجاهزة في آلة التصنيع بإرسالها لخزان العجينة المزود لآلة تشكيل الورق.

وحدة معالجة المياه :

تعتمد هذه الوحدة على DAF لتقليل المياه المستخدمة في عمليات المعالجة، حيث يتم تخليص من جز كبير من الأحبار والشوارد المعدنية والكلس, وليعاد إستخدامه من جديد من عمليات الانتاج **[77].**

9)-فوائد إعادة تدوير النفايات :

9-1) - الفوائد البيئية لإعادة تدوير النفايات الورقية:

أدى الإحتياج المتزايد إلى مادة الورق في الوطن العربي إلى زيادة عدد المصانع الورقية التي ترتكز على المواد الخام الأولية كالأخشاب والنباتات والمخلفات الزراعية. إلا أن هذه الزيادة في عدد المصانع أصبحت لها تأثيرات سلبية على البيئة، حيث أن عدد من هذه المصانع تعتمد بالدرجة الأولى على أنواع مختلفة من الأشجار التي أدت عمليات قطعها إلى التأثير السلبي على كميات الأكسجين في الجو وزيادة ظاهرة الزحف الصحراوي.

إن عمليات تدوير النفايات الورقية تلعب دورا مهما في الحد من إستخدام الأخشاب كمواد أولية في صناعة الورق. كما أنها قليلة التلوث بالمقارنة مع الصناعات الورقية التي تعتمد على المواد الخام، والتي تستخدم في عمليات العجن مواد كيماوية خطيرة ومتنوعة تتصاعد إلى الجو فتؤثر على طبقات الأكسجين.

خفض إنتاج الورق من النفايات الورقية من كمية الملوثات التي تدخل للهواء بن ،%73ومن الملوثات التي تتسرب إلى الماء بنسبة 35.% إضافة إلى أنها تقلل من الضغوط على إستنزاف الغابات. وتشير الدراسات إلى أن دولة مثل كندا قادرة على توفير 80 مليون شجرة سنويا إذا أعادت تصنيع ورق الصحف بالمستوى الذي يتم فيه باليابان .

يوجد فوائد بيئية أخرى تتمثل في أن تدوير النفايات الورقية تساهم في نظافة المدن من النفايات الورقية التي تشكل نسبة كبيرة من النفايات البلدية الصلبة (جدول رقم 01) ففي بعض المدن العربية تنتشر كميات كبيرة من ورق التعبئة والتغليف، وفي مواسم هبوب الرياح تتبعثر هذه النفايات الورقية، الأمر الذي يؤثر على جميع المدن العربية

جدول رقم (01) : نسبة مكونات النفايات الورقية من مكونات النفايات الصلبة البلدية لبعض الدول العربية .% [21]

الدولة	ورق/ كرتون
الأردن	% 11
الإمارات	% 44
البحرين	% 28
تونس	% 11
الجزائر	% 12
سلطة عمان	% 26
السعودية	% 50 -28
سوريا	% 12
فلسطين (الضفة الغربية / غزة)	% 19-2
قطر	% 18
الكويت	% 20-6
لبنان	% 17
مصر	% 14
المغرب	% 10-5

نظرا لأن أغلب الدول العربية لا تتوفر على إدارة متكاملة للنفايات من حيث جمعها ونقلها ومعالجتها والتخلص الآمن بيئيا منها، فإن تراكم هذه النفايات تؤدي إلى مشاكل صحية وبيئيـة خطيرة، الأمر الذي يدفع بعض السكان إلى اللجوء إلى حرقها بغية التخلص منها . وتشكل عمليات حرق النفايات ظاهرة لها مردودات سيئة على الهواء والتربة وتؤدي إلى تغيير لون الطبيعة والمباني. لذلك برزت الحاجة إلى ضرورة الإستخدام الأمثل والأصح للنفايات الورقية بتجميعها وفرزها وتدويرها وتحويلها إلى ورق وكرتون، ليتم إستعمالها في التغليف وصناعة الأكياس الورقية عوضا عن أكياس البلاستيك التي تعاني منها المدن العربية وأصبحت تشكل خطرا على البيئة والثروة الحيوانية والزراعة .

2-9)- الفوائد الإقتصادية والمالية:

تمتاز عمليات تدوير النفايات الورقية بفوائد إقتصادية ومالية متمثلة في قلة التكلفة وقلة إستهلاك الطاقة والمياه. ولتبين هذه الفوائد يمكن إظهار التجربة الألمانية في هذا المجال، حيث تستهلك ألمانيا سنويا ما يزيد على أحد عشر مليون طن من الورق تزيد تكلفتها عن ثمانية آلاف مليون دولار.

يوفر سوق إعادة تدوير الورق الكثير من الفرص للعمال والمستثمرين، إذ إن عمليات إعادة التدوير بشكل عام تتشكل من سلاسل هرمية طويلة تبدأ بجمع المواد الأولية من قبل العمال أو الشركات الصغيرة وبيعها للشركات الأكبر المسؤولة عن عمليات المعالجة والتصنيع، إلا أن الفائدة في هذا المجال مرهون بعدة عناصر، منها وفرة المواد الخام (وهي الورق والكرتون المستخدم) والتي يمكن توفيرها من الباعة وشركات الجمع الصغيرة والمتوسطة، وقبل ذلك توفر الوعي في أفراد المجتمع بضرورة إعادة التدوير و الذي يضمن بدوره الفرز الأولي للورق والكرتون من قبل الناس وبالتالي توفيره بكميات كبيرة.

وقد فازت في رفع الكميات المستعادة إلى نحو 60.5% من الكميات المستهلكة سنويا وإدخالها كمادة أولية لصناعة الورق والكرتون، وذلك يعني نجاحها في إستعادة نصف مبلغ الثمانية آلاف مليون دولار ومن هنا يمكن أن نستنتج أن السباق المتواصل في رفع الكميات المستعادة من النفايات الورقية بين أقطار العالم، حتى أن هذا السباق دخل في برامج الأحزاب والهيئات السياسية وأصبح ميدانا للتنافس فيما بينها . وبالنسبة للوطن العربي تبين الدراسات المختلفة لصناعة الورق زيادة تكلفة إنشاء مصانع إنتاج الورق من المواد الخام الأولية خلال الثمانينات. وعلى سبيل المثال فقد بلغت تكلفة إنشاء مصنع لإنتاج الورق من المواد الخام الأولية حوالي 350 مليون دولار في مصر و320 مليون دولار في العراق لإنشاء مصنع للورق والعجينة الورقية، في حين أن تكلفة إنشاء مصنع لإنتاج الورق من النفايات الورقية بطاقة محددة خلال عام 2000 أقل بكثير من هذه المبالغ.

جدول رقم (02) : الفروقات المالية والإقتصادية بين عمليات إنتاج الورق من المواد الأولية والنفايات الورقية .[21]

النوع	ورق المواد الأولية	ورق النفايات
تكلفة إنشاء مصنع للورق بطاقة 40 طن يوميا	120 مليون دولار	7 مليون دولار
تكلفة الطن الواحد من الورق	122 دولار	32 دولار
كمية المياه المستهلكة للطن الواحد	10 متر مكعب	4 متر مكعب
متوسط عدد العمالة والفنيين لتشغيل المصنع	200 عامل وفني	50 عامل وفني
الصيانة السنوية للمصنع	21 يوم	12 يوم
إستهلاك قطع الغيار	135 ألف دولار	18 ألف دولار
نسبة المخاطر على العاملين	35 %	5 %

يبين الجدول(02) الفروقات المالية والإقتصادية بين عمليات إنتاج الورق من المواد الخام الأولية والنفايات الورقية، وذلك من خلال التكلفة المالية للإنتاج وكمية المياه المستهلكة ومتوسط عدد العمالة اللازمة وتكاليف الصيانة وقطع الغيار، وبالتالي فإن عملية إعادة تدوير النفايات الورقية لها فوائد إقتصادية كبيرة تتمثل في الآتي :

إن تكلفة إنشاء مصنع للنفايات الورقية لا تزيد على 7 مليون دولار لمصنع طاقته الإنتاجية 40 طن يوميا , 120 مليون دولار

تتميز عمليات تدوير النفايات الورقية بقلة الكمية المستهلكة من المياه العذبة بالمقارنة مع عمليات الإنتاج الأخرى التي تستخدم المواد الخام الأولية، ويعود ذلك إلى عدم وجود تفاعلات كيماوية وعمليات تبخير كبيرة لكميات المياه، كما يمكن إستخدام مياه أقل عذوبة لعمليات إعادة التدوير.

تمتاز عمليات تدوير النفايات الورقية بزيادة الحصيلة من العجينة الورقية المنتجة مقارنة بغيرها من المواد الأولية الأخرى. فمثلا يحتاج طن العجينة من النفايات الورقية إلى 120 طن من النفايات, بينما يحتاج

طن العجينة الورقية من القصب إلى 25 طن من القصب الجاف, أو الى 7-65 طن من الباغاس برطوبة 50%.

نسبة الفاقد في وزن النفايات الورقية تقل كثيرا عن مثيلاتها من المواد الأولية الأخرى، حيث يستلزم طن العجينة الورقية المنتج حوالي 12 طن مخلفات ورقية بحيث لا تفقد المادة الخام سوى 17% من وزنها عند تصنيعها إلى عجينة.

إن إنتاج طن واحد من الورق من النفايات الورقية يوفر 4100 كيلو وات/ساعة طاقة. وأن الطاقة الواجبة لإنتاج ورق الصحف من النفايات الورقية تقل بنحو 20-60% من مقدار الطاقة اللازمة لصنعه من عجينة الخشب.**[21]**

خلاصة الفصل:

إعادةِ تدويرِ المُخلفات أو النُفايات لا تختصُ بنوعٍ واحد فقط، فقد تشملُ المُخلفات الورقيّة، مُخلفات المعادنِ من الفولاذِ والألمونيوم، والمُخلفات البلاستيكية، والمخلفاتِ الزجاجيّة، بالإضافةِ إلى إمكانيّة إعادةِ تدويرِ ميّاه الصرفِ الصحيّ وإستعمالِها في بعضِ الإستخداماتِ، مما يوفرِ كميّة كبيرة من الميّاه، وقدْ إستطاعَ الإنسان بواسطة عمليّات إعادةِ التدويرِ حمايّة البيئة من المخاطرِ العديدة التي تُهددها، غيرَ أنّها ساهمت في إنعاش الإقتصاد، من خلالِ البيع والشراء للمواد المُستهلكة، والمواد المُعاد تدويرِها، ووفرت فرص عمل للعديد من العاطليّن عن العمل، كما ساهمت في تقليلِ تكاليفِ الإنتاجِ على المُصنعيّن مما زادَ منْ هوامِشِ أربّاحهُم، كما ويزدادُ الإهتمام شيئًا فشيئًا بهذهِ العمليّة إلى درجةِ أنّها تقتربُ من أن تحلَّ محل الصناعة التقليديّة في بعضِ الدول، أما في الدولِ العربيّة فلم تكن هذه العمليّة لتتطورَ وترتقي، مما سبب الخسائرَ الكثيرة.

الفصل الثالث

المنهج التجريبي لإعادة تدوير الورق

تمهيد:

بدأت صناعة الورق منذ وقتٍ طويلٍ، وقد أضافت الكثير من الآليّات التي سمحت بإنتاجه يدويّاً، وإمكانيّة إعادة إستخدامه مرّةً أخرى بعد الإنتهاء منه؛ بحيث أصبح بالإمكان إستخدام الكثير من المنتجات الورقيّة بعد إنتهاء الغرض منها، وأكثر مثال على ذلك الجرائد، والأظرف المستخدمة في الخطابات، إضافةً للمناديل الورقية وكل المنتجات المصنوعة من الألياف النباتيّة كالقطن المستعمل، والأقمشة الداخلة في تصنيع الجينز وغيرها الكثير من أشكال الورق. وصناعة الورق يديوياً أي في المنزل تتطلّب بعد الأدوات البسيطة، وسوف نتناول فيما يلي طريقة تصنيعه في المنزل تفصيلي.**[89]**

1)- تجهيز اللوازم

- أي ورق غير مصقول أو مطلي بالشمع (يجب ألا يكون لامع أو مصقول)
- إطار خشبي
- شبكة سلكية ضيقة الفتحات أو مصفاة
- وعاء كبير
- خلاط كهربائي أو مضرب هاون أو مطرقة
- حوض مناسب
- ماء
- 2 ملعقة من النشا السائل (إختياري)
- إسفنجة
- مكواة (إختياري)

صورة01 : لوازم البروتوكول التجريبي لإعادة تدوير الورق في المنزل **[90].**

2- المراحل :

2-1)- جمع بعض الأوراق القابلة لإعادة التدوير:

ورق الجرائد والصحف القديمة من أسهل المصادر للحصول على الورق لعملية إعادة التدوير، ويُمكنك أيضًا إستخدام الأوراق التي سبق إستخدمت في الطباعة أو أوراق المُفكرات القديمة وفهرس التليفون، أو أي ورق آخر طالما لم يكن مصقولًا أو مغلفًا بالشمع، وإنتبه إلى أن لون الورق المستخدم وكمية الحبر الداكن على الورق المطبوع ستؤثر على درجة اللون الرمادي الناتج، وتجنب إستخدام الأوراق المصقولة أو اللامعة لأنها لن تؤدي إلى نتائج جيدة.

يُمكن صناعة الورق بالكامل من بقايا العُشب وأوراق الأشجار أيضًا، بل في الواقع كانت هذه الطريقة الشائعة لصناعة الورق حتى القرن العشرين؛ يجب قطع المخلفات النباتية إلى قطع صغيرة جدًا، ثم نقعها في صودا كاوية حتى تتخلص من قسوة الألياف النباتية، ثم خلطها جيدًا لإستخلاص اللُب، ثم صب الخليط في جهاز ضغط الورق، وبهذه الطريقة يُمكنك أن تُعلن بفخر أنك صنعت ورق صديق للبيئة بالكامل، ولا يدخل في تصنيعه لحاء الأشجار. **[90]**

صورة 02 : مرحلة جمع الأوراق القابلة لإعادة التدوير[90].

2-2)-تنظيف الورق

قُم بإزالة أي قطع بلاستيكية أو بقايا طعام أو أي شيء قد يكون عالقًا في الورق، خاصةً إذا كنت تُعيد تدوير ورق البريد القديم حيث إن نفايات ورق البريد قد تحتوي على قطع بلاستيكية صغيرة من مُخلفات الأظرف، حاول التخلص من مثل هذه البقايا قدر الإمكان.

صورة 03 : قطع بلاستيكية تلتصق بالورق **[91].**

3-2)-تقطيع الورق إلى قطع صغيرة :

حاول ألا تُهدر الكثير من الوقت أثناء القيام بهذه المهمة، فقط إقطع الورق إلى أحجام صغيرة، فكل ما تحتاجه فقط هو قطع الورقة إلى بضعة أجزاء.**[90]**

صورة 04 : قطع الورق لقطع صغيرة **[92]**

2-4)- نقع الورق في الماء :

ضع قطع الورق الصغيرة في وعاء أو كوب كبير ثم أغمرها بالماء، وأترك الورق منقوعًا في الماء لمدة من 30 إلى 45 دقيقة.

إذا كنت ترغب في صُنع ورق مُلون، إستخدم أقل كمية من الورق المطبوع عليه بأحبار داكنة، وأضف القليل من صبغة الطعام السائلة إلى مقدار وفير من عجينة أو لُب الورق، ستلاحظ أن الورق الناتج غالبًا ما يكون أكثر إشراقًا على أحد الجانبين بينما الجانب الآخر باهت قليلًا، ويُمكنك إستخدام الجانب المُفضل لديك حسب ذوقك الشخصي، إلا أن الجانب المُشرق مناسب أكثر لأغراض الكتابة.

أضف نصف كوب من الخل الأبيض إلى خليط لُب الورق، إذا كنت ترغب في تبييض الورق.**[90]**

صورة 05 : نقع الورق في الماء **[93]**

2-5)-وّل الورق إلى عجينة:

في هذه المرحلة ستجد أن الورق المُعاد تدويره مُبلل بالكامل وأصبح سهلا للإستخدام، ويُمكنك الآن بدأ عملية تحويله إلى عجينة سميكة وطرية وسائلة قليلة، والتي ستصبح في النهاية قطعة جديدة من الورق، وإليك بعض الإمكانيات المختلفة لصنع لُب الورق:

2-6)- خلط الورق بالخلاط الكهربائي :

إقطع الورق إلى قطع صغيرة للغاية ثم ضع كل القطع في الخلاط الكهربائي حتى يمتلئ نصف وعاء الخلاط تقريبًا بالورق ثم أضف الماء الدافئ وقُم بتشغيل الخلاط الكهربائي على مستوى التشغيل البطيء في البداية ثم زِد السرعة تدريجيًا حتى يصبح لديك عجينة ناعمة بعد مدة من 30 إلى 40 ثانية تقريبًا، حتى لا يكون في خليط الورق أي قطع أو كتل.**[90]**

صورة 06 : خلط الورق بالخلاط الكهربائي **[92]**

2-7)-عجن الورق :

إذا كنت تمتلك مدق هاون أو مطرقة أو أي شيء مشابه مثل قاعدة عصا فرد العجين ووعاء كبير ثابت في متناول يديك، يُمكنك إستخدام هذه الأدوات لعجن الورق يدويًا، إبدأ بعجن مقدار حفنة من عجينة الورق في كل مرة، وإستمر في العجن أو الطرق حتى يتكون لديك عجينة ناعمة سائلة قليلة تشبه الشوفان المطبوخ.**[90]**

صورة 07 : عجن الورق **[94]**

2-8)-ملأ نحو منتصف الحوض بالماء :

يجب أن يكون الحوض والوعاء القاعدي أكبر قليلًا من مساحة الإطار المُستخدم ويماثله في الشكل تقريبًا

2-9)-وضع لُب الورق في الحوض ثم إبدأ بالتقليب:

ولاحظ أن كمية لُب الورق التي ستضيفها إلى الماء ستُحدد سُمك الورقة الناتجة، على الرغم من أنك تحتاج إلى وضع كمية كافية من اللُب لتغطية المساحة الكُلية للمصفاة، إلا أنك لا ترغب في تحويل الحوض إلى بركة من عجين الورق، قُم بعمل بعض التجارب، ولاحظ أن تغير الكثافة يؤدي إلى نتائج تتراوح بين الورق العادي والورق المُقوى على حسب كمية اللُب التي تستخدمها.**[90]**

صورة 08 : وضع لب الورق في حوض الماء **[92]**

2-10)-التخلص من أي تكتلات في الورق :

حاول إلتقاط تكتلات الورق من العجين المُستخدم حتى تحصل على ورق نهائي أكثر تماسكًا وأفضل وأكثر انسيابية.

الصورة 09 : التخلص من التكتلات في الورق [90]

2-11)-القيام بتخصيص الورق للطباعة (إختياري) :أضف مقدار ملعقتين من النشاء السائل لخليط لُب الورق إذا كنت ستستخدم هذا الورق في الأعمال المكتبية، وتساعد هذه الخطوة على منع إمتصاص ألياف الورق للحبر.

إذا لم تقُم بإضافة النشا السائل سيُصبح الورق عالي الإمتصاص، وسيتشبع نسيج الورق بالحبر بسهولة، وإذا حدث هذا الأمر فيُمكنك نقع الورق المُعاد تدويره في مزيج من الماء والجيلاتين وإعادة تجفيفه مرة أخرى.**[90]**

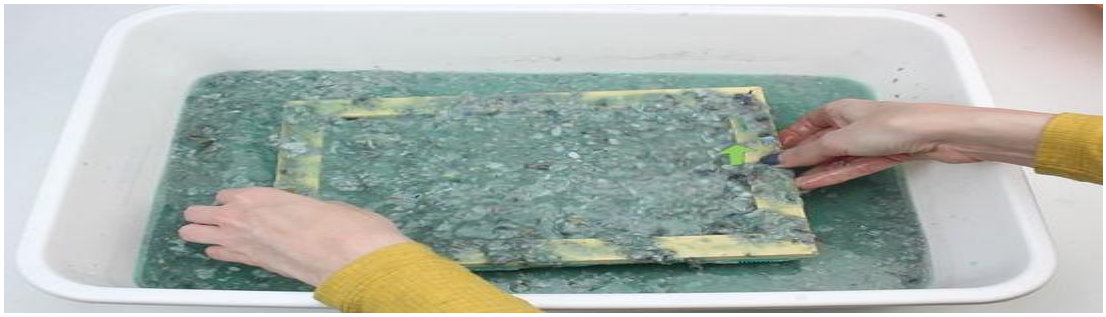
مادة الجيلاتين [95]

النشاء السائل [96]

صورة 10 : المواد المضافة للورق

2-12)-غمر الإطار في خليط لُب الورق :

ضع الإطار الخشبي في خليط لُب الورق، بحيث تكون الشبكة لأسفل، ثم إبدأ بتسوية الإطار بينما هو مغمور بالكامل في الخليط السائل، حرّك الإطار برفق يمينًا ويسارًا حتى تتكون لديك طبقة متجانسة وناعمة ومستوية من لُب الورق.**[90]**



صورة 11 :غمرالإطار في خليط لب الورق **[90]**

13-2)-رفع الشبكة من الحوض

قُم برفع الشبكة بهدوء من الحوض حتى تصبح الشبكة بأكملها خارج الماء ثم قُم بإستخراج أكبر قدر ممكن من الماء من الإطار فوق الحوض، وإنتظر قليلًا حتى تلاحظ أن الماء توقف تقريبًا عن التساقط من العجين، وعندها ستبدأ قطعة الورق الجديدة بالتشكل قليلًا، ويُمكنك إزالة القليل من لُب الورق من على سطح الشبكة إذا كانت الورقة أكثر سُمكًا من المطلوب، أو يُمكنك إضافة القليل من لُب الورق إذا كانت أرفع من اللازم، ثم أعِد تقليب الخليط مرة أخرى.**[90]**

صورة 12 : رفع الشبكة من الحوض **[92]**

2-14)-التخلص من الماء الزائد من الورقة الجديدة

سوف تحتاج إلى التخلص من الماء الزائد من لُب الورق بعد رفع الشبكة وإخراجها من الحوض، وإعتمادًا على الطريقة التي إخترتها في الخطوة الأولى، إليك كيفية التخلص من الماء الزائد:

عندما تتوقف قطرات الماء عن التساقط قدر الإمكان، إبدأ بوضع قطعة من القماش (يُفضل القماش القطني الخفيف كالمُستخدم في الملابس الداخلية أو قماش الفليت الزغبي) أو قطعة من الفورمايكا بحيث يكون الجانب الأملس لأسفل في الإطار فوق الورق، ثم إضغط برفق لتعصر ما تبقى من الماء، يُمكنك إستخدام إسفنجة لتساعدك على إستخراج أكبر قدر ممكن من الماء من الورق عبر الجانب الآخر من الشبكة، وإعصر الإسفنجة كلما تشبعت بالماء ثم عاود الكرّة مرة أخرى. **[90]**

صورة 13 : التخلص من الماء الزائد من الورقة الجديدة **[90]**

2-15)-إزالة الورقة من على الشبكة

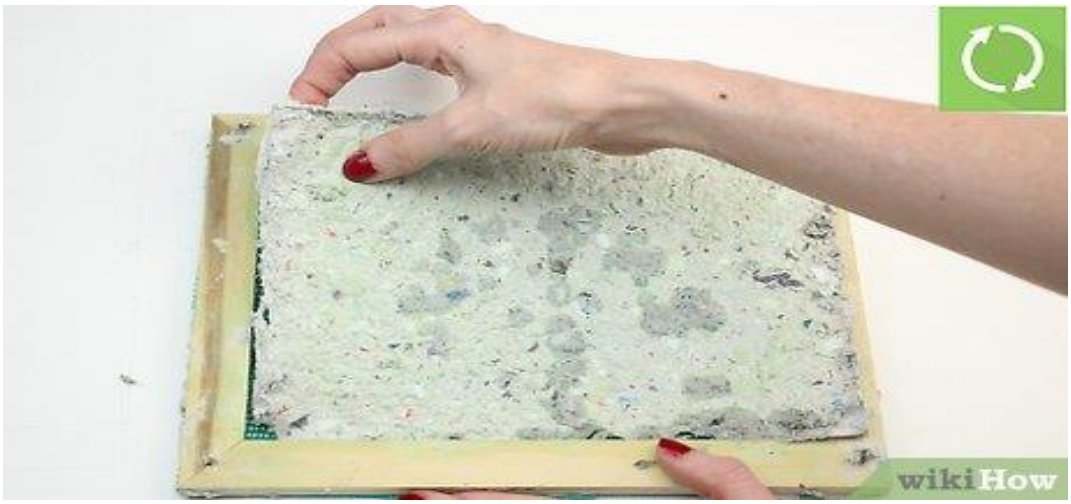
يمكنك رفع الورقة من على الشبكة عندما تبدأ الورقة في الجفاف قليلًا، ويُمكنك في هذه المرحلة أن تقوم بالضغط على أي فقاعات هوائية وتعديل الأطراف المتشققة بيديك.

إنزع قطعة القماش أو الفورمايكا برفق من الإطار، ويجب ترك قطعة الورق الجديدة الرطبة على سطح القماش، وإذا لاحظت أن الورق لايزال عالقًا على سطح الشبكة فهذا يعني أنك تحاول نزع الورقة أسرع من اللازم، ولم تقُم بالضغط الكافي عليها للتخلص من كل الماء الزائد.

يُمكنك ضغط قطعة من الورق الجاف عن طريق وضع قطعة أخرى من القماش أو الفورمايكا على سطح الورقة والضغط عليها برفق، وبهذه الطريقة ستحصل على ورق أقل سُمكًا وأكثر انسيابية، ثم أترك القطعة الثانية من الورق في موضعها حتى تجف تمامًا.

2-16)-إنزع قطعة الورق الجديدة من على الشبكة برفق

ويُمكنك تجربة كي الورقة من تحت المنشفة مرة أخرى إذا لاحظت أن الورقة لا تخرج بسهولة كما توقعت.



صورة 14 : نزع قطعة الورق الجديدة من على الشبكة **[90]**

2-17) -ترك الورقة تجف جيدًا

أترك الورقة على سطح أفقي جاف، ويُمكنك تسريع هذه العملية عن طريق إستخدام مُجفف الشعر على درجة حرارة مُنخفضة.

الصورة 15 : تجفيف الورق بإستخدام مجفف الشعر**[90]**

إنزع الورقة من على القماش أو الفورمايكا . وإنتظر حتى تجف الأوراق تمامًا قبل أن تنزعها برفق.

18-2)- مرحلة الكَيّ

إنزع قطعة القماش أو الفورمايكا من على ظهر الورقة عندما تصبح الورقة النهائية رطبة ولكن قابلة للتحريك، ثم إستخدم مكواة ملابس على درجة حرارة عالية لتجفيف الورقة بسرعة ولتُضفي عليها بريقًا لطيفًا.

* كرر الخطوات السابقة لصُنع العديد من الأوراق الجديدة وإستمر في إضافة عجينة لُب الورق والماء في الحوض حسب الحاجة.

الصورة 16 : عدة أوراق تم الحصول عليها بواسطة إعادة التدوير**[90]**

3)-أفكار مفيدة :

- للحصول على مظهر فني وغريب، يُمكنك دمج بعض العناصر النباتية للورق الذي تقوم بصناعته، كإضافة بتلات الزهور، وقطع من أوراق الشجر أو العشب الأخضر، وسيكون الورق الناتج فريدًا وجميلًا مما سيدفعك لصناعة المزيد والمزيد وفي كل مرة ستكون لديك نتائج مختلفة وشيقة.

- إذا قمت بتجفيف الورق بإستخدام قطعة من القماش، فربما يمتص الورق الجديد بعض الأحبار أو الألوان من القماش المستخدم لتجفيفه، لذا إنتبه أثناء إختيار الخامات التي تستخدمها، ويُفضل إستخدام الفورمايكا الناعمة إذا كنت ترغب في صناعة ورق أملس للكتابة.

- للتخلص من الماء الزائد في الورقة، يُمكنك وضع قطعة من القماش فوق الورقة والضغط عليها برفق بإسفنجة.

- يُمكن إستخدام الورق الشمعي كبديل عن القماش أو الفورمايكا.

- جرب قلب الإطار رأسًا على عقب ونزع الورقة عن سطح القماش أو الفورمايكا في حال واجهت صعوبة في رفع الورقة من الإطار.

- يُمكنك إضافة الوبر إلى عجينة الورق، لكن لا تعتمد كليًا على الوبر لأنه لن يُشكل البناء القوي الكافي لصناعة الورق.

- يُمكنك إضافة القليل من النثار البراق أو الجليتر لإضفاء بعض اللمعان إلى الورق**[90]**.

خلاصة:

الورق له العديد من الإستخدامات ولا يمكن الإستغناء عنه لمجرد أن الآن هناك وسائل بديلة متطورة من خلال الهاتف أو بعض أدوات التسجيل فعنصر الورق لا يمكن فقد قيمته، فنجد على سبيل المثال الذين كتبوا على جدران المعابد ما كانوا يريدون قوله، أو رسمه عن حياتهم من مأكلهم وملبسهم والحياة العامة التي تقوم عليها الدولة، وكان هناك أيضاً بعض أوراق النباتات التي يتم الإعتماد عليها، في الكتابة حتى أن الأقلام التي يتم الكتابة بها الآن كانت قديماً من خلال الأخشاب.

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة:

هكذا نجد أنه مع إرتقاء الحضارة . و إزدياد تضخم إستهلاك الورق والورق المقوى على مدار السنة ينتج مايسمى بالغابات المدنية . جعل تقنية إعادة التكرير أكثر تعقيد وأهمية . مع نمو الموقف العام إتجاه السيطرة على التلوث البيئي تم الإتجاه نحو حماية المصادر الطبيعية . هناك الآن وعي إتجاه تكرير وحماية المصادر الطبيعية والتقليل من عبء النفايات الصلبة . في البلدان المتطورة وبلدان العالم الثالث إعادة إستعمال النفايات الورقية أصبح ضرورة حتمية ذلك لندرة المواد الأولية .الورق هو المادة الرئيسية من المخلفات الصلبة المدنية (نفايات منزلية وتجارية) حيث تصبح هذه المصادر ذات قيمة

عندما يتم جمعه وإعادة إستعماله .إعادة تكرير وإستعمال الورق قد يكون لأسباب متعددة:

1-إعادة تكرير النفايات الورقية أصبح ممارسا وسائدا في معظم معامل الورق للأستفادة منها

2-إمكانية الإستفادة من النفايات الصلبة لأجل قيمها الطاقية.

3-إنتاج مواد البناء ذات المقاومة العالية من المخلفات الصلبة.

4-الإستفادة من المخلفات الصلبة لإنتاج المركبات الكيميائية.

إستخدام النفايات الورقية في المنتجات الغير ورقية أو الليفية في تطبيقات محدودة نسبيا .بعض منها الألواح السميكة، القرميد، العوازل، الأنابيب ، الألواح المضغوطة ، الخشب الصنعي والألواح المعززة بالأسمنت .إن توسع الأسواق لهذه المنتجات المصنوعة من الألياف المعاد تكريرها سيكون السبب في زيادة الرغبة في إعادة الإستخدام، لهذا السبب تم تطوير مركبات جديدة يمكن إعادة إستعمال أليافها.

إن إعادة إستعمال النفايات الورقية في صناعة الورق والورق المقوى هو ليس بجد يد ويعود أول تسجيل لتكرير الورق للعام 1695 في الدنمارك.

حيث إن هنالك ثلاث عوامل رئيسية تفضل الإستفادة من النفايات الورقية من أجل عمليات التكرير في المنتجات الورقية:

1-النقص العالمي للمواد الخام

2-إزدياد الوعي للبيئة النظيفة والسيطرة على النفايات الصلبة

3-المنافع الثمينة لإسترجاع الألياف من النفايات.

قائمة المراجع

قائمة المراجع:

مراجع باللغة العربية:

[1] الموسوعة التقنية – قصة إختراع الورق- الكاتب: سامي في11 أكتوبر 2021.

[17] الغول: أبيع ورقة البردى للبازار بـ80 قرشاً ليبيعها بـ100 جنيه -جريدة المصري اليوم

[21] إعادة تدوير المخلفات الورقية /مشروع تخرج/ إعداد الطلاب: يعرب حصوة ...عبد العزيز زوعة ... أيمن غانم مع تحيات موقع الهندسة البيئية com.4envneg.www

[29] إنتاج الورق و41-ستهلاكه في العالم"، العربيةAl Arabiya ، 02ديسمبر 2017، مؤرشف من الأصل في 27 مايو 2019، اطلع عليه بتاريخ 27 مايو 2019.

[33] أ ب ج د هـ كليم ، ديتر ؛ هيوبلين ، بريجيت ؛ فينك ، هانز بيتر ؛ بوهن ، أندرياس (2005). "السليلوز: البوليمر الحيوي الرائع والمواد الخام المستدامة". انجيو. تشيم. كثافة العمليات إد . 44 (22): 3358-93. دوى : 10.1002 / anie.200460587 . بميد 15861454 .

[35]-التركيب الكيميائي للخشب أرشفة 2018-10-13 في آلة ipst.gatech.edu ... Wayback.

[37] كوباياشي ، شيرو ؛ كاشيوا ، كيتا ؛ شيمادا ، جونجي ؛ كاواساكي ، تاتسويا ؛ شودا ، شين إيشيرو (1992). "البلمرة الأنزيمية: أول تخليق في المختبر من السليلوز عبر مسار غير حيوي محفز بواسطة السليلوز". ماكرومول كولير كيمي. الندوات الجزيئية . 54-55 (1): 518-509. دوى : 10.1002 / ماسي .19920540138.

[38] بيشوب ، تشارلز أ. ، أد. (2007). ترسيب الفراغ على الشبكات والأفلام والرقائق . ص. 165. ISBN 978-0-8155-1535-7.

[39] داوينهاور ، بول ؛ كروم ، كريستوف ؛ بفايندتنر ، جيم (2016). "أفلام نبضية ميلي ثانية توحد آليات تجزئة السليلوز". كيمياء المواد . 28 (1): 0001. دوى : 10.1021 / acs.chemmater.6b00580 .

[40] ويمر ، تشارلز إي (1994). "الإيثانول من الكتلة الحيوية lignocellulosic: التكنولوجيا والاقتصاد والفرص". تقنية 5 :(1) 50 . Bioresource. دوى : 10.1016 / 8524-0960 (94) 90214-3 .

[68]- إعادة تدوير ورق الفصل الدراسي .مقدمة من .www.tryengineering.org- TryEngeering من كجزء) IEEE) ب وا سطة ال تطوي ر ت م .© 2018 IEEE – All rights reserved

[77] جامعة دمشق-كلية العلوم(قسم الكيمياء)/ إعداد: الدكتور جمال قنبرية,الكيميائي عامر النشاوي 2015.

[78] تدوير-آلاف-الأطنان-من-النفايات-الورقية-وتحويلها-لمنتج-عالي-الجودة
https://www.aljazeera.net/news/miscellaneous/2019/9/28
[80] جامعة حلب(كلية الهندسة التقنية)- تحت إشراف :د. عبد الله مرعشلي/ د. يحي وردة.
[81] مكتبات-علمية-أدبية-مراكز-النفايات
https://www.aljazeera.net/news/miscellaneous/2019/9/28
[92] مشروع-تدوير-الورق-يدوياً-/https://small-projects.org/
[90]- المنصة العالمية ويكي هاو- كيفية صنع الورق في المنزل (https://ar.wikihow.com/)
[89]- كيف تصنع الورق يدويا في المنزل –الكاتبة : دانة الوهادين
(https://coreiten.com/article)
[22]-http://assamir.comهل-تعلم/معلومات-عامة/لماذا-اوراق-الجرائد-كبيرة-مقارنة-بالم

مراجع باللغة الاجنبية:

[2] http://www.journal.cybrarians.org/ **العدد 63، /رئيس التحرير ا.د هشام محمود عزمى سبتمبر 2021**
[3]3https://www.mlzamty.com/paper-types-sizes
http://ricestrawpapermaking.blogspot.com/2012/11/blog-post_24.html -**[4]**
[5] Fan Ye, Hou Han shu, Pékin, Zhonghua Shuju, 1965, chap. 78, p. 2513.
[6] https://www.pinterest.com/pin/317222367501379007 /
[7]-Pierre-Claude REYNAUD, Histoire de papier. La papeterie auvergnate et ses historiens, Clermond-Ferrand, Presses universitaires Biaise-Pascal, coll. «Études sur le Massif central», 2001,p 410
[8]- Gérard Coste (EFPG/IRFIP).2004.le papier, un matériau complexe .p 01
[9] https://www.wikiwand.com/en/History_of_paper
[10]- Drège Jean-Pierre ;2018 : Les débuts du papier. In: Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles- Lettres, 131e année, N. 4, 1987. pp. 642-652

[11]- Devost, A., 1982."L'imprimerie au Québec: son historique, ses aspects socio- économiques.

[12] -Bruner RS, Morgan DR, Kenny GR, Gaddis PG, Lee D, Roggow JM .2003. System and method for sensing white paper, US Patent No. 6,570,653.

[13] - Bernard langellier ;1998. Le papier : histoire et recyclage.

[14] –What's the difference between coated and uncoated papers?- support.blurb.com/ Updated December 15, 2020

[15]- How Paper Money Is Made-littletoncoin.com- Since 2003

[16] - Egyptian Papyrus –موسوعة تاريخ العالم/ by Joshua J. Mark published on 08 November 2016

[18] - https://zirvecompany.com/كل-ماتحتاج-الى-معرفته-عن-المواد-الأولي/

[19]-https://arabic.alibaba.com/product-detail/packing-packaging-sealing-adhesive-paper-tape-60821750282.html

[20]-https://www.albawaba.com/ar/business/pr-4-شركة-فاين-لصناعة-الورق-الصحي-تطلق-هويتها-التجارية-الجديدة-لأبرز-منتجاتها-الرائدة-في-منطق

[23]-https://al-ain.com/article/exhausting-work-anxiety-books-society-health

[24] - https://amakn.net/ما-هي-أكثر-الدول-تصنيعا-للورق/

[25]- "Japan in the World (according to the figure in Annual Review of Global Pulp and Paper Statistics by RISI)" (باللغة اليابانية) ،Japan Paper Association مؤرشف من الأصل 15 نوفمبر 2012 ، اطلع عليه بتاريخ 24 يوليو 2018.

[26] https://www.sappi.com/fr-ca/global-business-segments

[27] https://fr.wikipedia.org/wiki/International_Paper

[28]-http://www.ndpaper.com/en/business/hebeibase.php-

[30]- https://environmentalpaper.org/stateoftheindustry2018/

[31]- https://www.alarabiya.net/qafilah/2017/11/01/إنتاج-الورق-واستهلاكه-في-العالم.

[32]- https://www.echoroukonline.com-أول-وحدة-نموذجية-لرسكلة-وتثمين-الورق .

[34]-السليلوز. (2008). في Encyclopædia Britannica. تم استرجاعه في 11 يناير 2008 من Encyclopædia Britannica Online

[36] - https://stringfixer.com/ar/Cellulose

[41]- https://ar.wikipedia.org/wikiسليولوز

[42]-http://www.al-maram.org/article/3906ماهو- السيليلوز-حقائق- ووظائف /

[43]-https://layalina.topمصادر إستخراج السيليلوز /

[44]-https://mehand.co.uk/ar أنواع-الخشب

[45] - https://www.arabruslibrary.com/2021/05/blog-post_73.html

[46] -https://mawdoo3.comمراحل_إنتاج_القطن/

[47]-https://www.alamyimages.fr/photos-images/rhizobium-bacteria.html

[48]-https://www.aquaportail.com/definition-15007-agrobacterium-tumefaciens.html

[49]-http://cerig.pagora.grenoble-inp.fr/memoire/2013/cellulose-bacterienne-pure.htm

[50]-https://www.alamy.com/stock-photo/cladophora.html

[51] - https://microscopesandmonsters.wordpress.com/tag/rhizoclonium

[52]-Banknotes design and production ،Bank of Canada 16 في الأصل من مؤرشف ، ديسمبر 2008، اطلع عليه بتاريخ 7 فبراير 2009.

[53]- Sixta, Herbert (2006) ،"Preface" ،Handbook of Pulp ،Wiley-VCH Verlag & Co KGaA .ص ،1 .ج ،XXIII ،ISBN 3-527-30999-3**.**

[54] -Burger, PeterCharles Fenerty and his Paper Invention. Toronto Peter Burger, 2007 (8-1-9783318-0-978 ردمك) .pp.25–30 على موقع واي باك 28 يناير 2016 نسخة محفوظة مشين.

[55]-http://www.paperpulping.com/news/Issues-about-semi-chemical-pulping.html

[56] -How to Make A Paper? (Chemists' Recipe) [Internet]. How to Make A Paper? (Chemists' Recipe). [cited 2019 Aug 20]. Available from: https://chem-is-you.blogspot.com/2013/03/how-to-make-paper-chemists-recipe.html.

[57]-Papermaking [Internet]. Encyclopedia Britannica. [cited 2019 Aug 17. Available from: https://www.britannica.com/technology/papermaking

[58]-history KSKS has a PD in, College HT at the, U.S high school level in both the, Korea. The Invention of Paper [Internet]. ThoughtCo. [cited 2019 Aug 17. Available from: https://www.thoughtco.com/invention-of-paper-195265

[59]-https://mimirbook.com/ar/919b8c29c87

[60] -https://stringfixer.com/ar/Fourdrinier_machine

[61] -https://mqaall.com/research-stages-paper-making/

[62]-http://m.zhpapermachinery.com/paper-making-machine/culture-paper-making-machine/a4-paper-making-machine.html

[63]- Environmental Impact of Paper Production/ December 1996, Pages 615-629

[64]-what is the environmental impact of paper/ Maureen Shisia May 14 2018 in Environment

[65]- https://ar.wikipedia.org/wiki -الأثر_البيئي_للورق

[66]-https://sotor.com - قطع-الأشجار-وتأثيرها-على-البيئة

[67]- https://www.plastic5.com/2019/07/blog-post_95.html

[69]- "Paper Recycling Has Been Around Longer Than You Think", industrialshredders, Retrieved 15-5-2020. Edite

[70]-What to do with paper.(www.recyclenow.com)/ recycle-an-item/paper

[71] -Paper & Paperboard Recycling", paperrecycles, Retrieved 17-5-2020. Edited**.**

[72]-Paper Recycling Facts, Figures and Information Sources", thebalancesmb Retrieved 15-5-2020. Edited.

[73] -"PAPER RECYCLING IN EUROPE REACHES 72.3%", intergraf, Retrieved 15-5-2020**.**

[74] -https://www.flickr.com/photos/josepha/35202604651

[75] -https://aviretta.com/de/company-2/

[76]- https://www.chinabestway.net/

[79] - http://fjlime.asia/1-11-drum-screen.html

[82] - https://teb21.com/article/how-to-make-a-pulp-3

[83] - https://www.kittiboiler.co.th/product /ไซโคลนดักฝุ่น-ระบบบำบัด

[84] - https://www.arageek.community؟ما-هو-السيكلون

[85]- Paper Recycling Information Sheet ،Waste Online 21 في مؤرشف من الأصل ، فبراير 2011، اطلع عليه بتاريخ 20 أكتوبر 2007.

[86] https://ar.xuridong-en.com/product/eco-open-type-deinking-flotation-cell ألة إزالة الأحبار بالتعويم-شركة شاندونغ

[87] https://etwinternational.ma/4-8-1-eco-flotation-deinking-machine-18031.html

[88] http://arabic.geosynthetic-fabric.com/sale-11056911-pulping-equipment-spare-parts-high-speed-pulp-washer-equipment-for-papermaking.html

[91] https://stringfixer.com/ar/Paper_clip- مشبك الورق -

[93]https://m.facebook.com/permalink.php?story_fbid=2251004214932113&id=176267053043215 3&locale2=pt_BR

[94] https://new-beautiful.org/من_عجينة_الورق /

[95] -https://www.almrsal.com/post/445659/ موقع المرسال كتابة : sahar في 2019

[96] - https://ar.wikipedia.org/wiki

الملخص

ملخص:

تناولت مذكرتنا هذه تاريخ صناعة الورق وأنواعه ومصادره وكذلك أهم مكوناته المتمثلة في السيليلوز واللجنين، وأضراره على البيئة ،ثم تطرقنا إلى كيفية إعادة التدوير والآليات المستعملة لذلك وفوائد هذه العملية حيث وضحنا المنهج التجريبي الكامل لذلك.

الكلمات المفتاحية:

الورق - السيليلوز - البيئة – اللجنين

Abstract:

This memoir dealt with the history of the paper industry, its types and sources, as well as its most important components represented in cellulose and lignin, and its damage to the environment.

key words: Paper - cellulose - environment - lignin