

تقييم خواص عجينة الورق المصنعة من نواتج تقليم أشجار الصنوبر البروتي *Pinus brutia Ten.* والأوكالبتوس *Eucalyptus camaldulinsis Dehn.*

فاطمة البرام*⁽¹⁾ وميساء كعكة⁽¹⁾ وخير الدين كردي⁽²⁾ ومحمد زين الدين⁽³⁾

- (1). قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة، جامعة حلب، حلب، سورية.
 - (2). قسم علم المواد الهندسية، كلية الهندسة الميكانيكية، جامعة حلب، حلب، سورية.
 - (3). غرفة صناعة حلب، وزارة الصناعة، حلب، سورية.
- (*المراسلة الباحثة: فاطمة البرام، البريد الإلكتروني: alibarram20181992@gmail.com)

تاريخ الاستلام: 2021/04/7 تاريخ القبول: 2021/11/4

الملخص

تعد صناعة العجينة الورقية من الصناعات الهامة التي تعتمد على الخشب كمادة أولية، وكونها لا تحتاج إلى جذوع كبيرة الحجم بالإضافة إلى قلة المساحات الغابوية في بلادنا وزيادة تدهورها، فقد هدف البحث إلى مقارنة خواص عجينة الورق المصنعة من أفرع أشجار كل من الصنوبر والأوكالبتوس الناتجة عن عملية التقليم، ومقارنتها كذلك بعجينة ورقية ناتجة عن خلط من كلا النوعين الخشبيين. انجز البحث في العام 2020 في مخبر تكنولوجيا الأخشاب في كلية الزراعة بجامعة حلب ومخبر معمل الورق في المدينة الصناعية بحلب، حيث تم استخدام طريقة kraft الكيميائية لاستخلاص الألياف السيليلوزية والتي اعتمدت على عملية الطبخ الأجزاء الخشبية بجهاز الأوتوكلاف على ضغط 7-8 كغ/سم² لمدة 3 ساعات، وتم اختبار العجائن الثلاثة (مردود العجينة، الكثافة، نسبة المواد الصلبة الذاتية، رقم Kappa). تم تصنيع الورق بطريقة ترسيب الألياف ومن ثم اختبرت الأوراق الناتجة (المحتوى الرطوبي، الغراماج، قوة الشد، قوة الانفجار)، وتم إضافة مادة الجيلاتين الخام كمادة رابطة لكل من عجينة الصنوبر البروتي وعجينة الأوكالبتوس ومن ثم اختبر الورق الناتج عنهما وتمت مقارنته مع الورق بدون إضافة الجيلاتين، وأظهرت النتائج تفوق الورق الناتج عن عجينة الخليط من الصنوبر البروتي والأوكالبتوس على الورق المصنوع من كل منهما على حدا، حيث بلغ متوسط قوة الشد فيها 16.32 كيلو نيوتن/م، في حين بلغ متوسط قوة الانفجار 0.85 كغ/سم²، وتفوقت الأوراق المصنعة من الأوكالبتوس والجيلاتين الخام على الأوراق المصنعة بدون إضافة الجيلاتين حيث بلغ متوسط قوة الشد فيها 18.11 كيلو نيوتن/م، وبلغ متوسط قوة الانفجار 0.85 كغ/سم²، بالإضافة إلى اختبار رقم Kappa فقد كانت أعلى قيمة له في عجينة الصنوبر البروتي حيث بلغت 5.72، وتبين هذه النتائج ان تصنيع عجينة ورق بخلط نسب من الصنوبر البروتي (ألياف طويلة) مع الأوكالبتوس (ألياف قصيرة) ومن ثم إضافة الجيلاتين، تعطي افضل أنواع الورق وفقاً لتجربتنا وتبعاً للخواص التي تم اختبارها.

الكلمات المفتاحية: الورق، عجينة الورق، Kappa، kraft، المواد الصلبة الذائبة الكلية

.TDS

المقدمة:

استخدم الورق لفترة طويلة كمادة رئيسة للكتابة، وكان 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، إضافة لدور الورق المهم في الكتابة والتأليف والنشر فإن له دوراً مهماً أيضاً في انتشار التعليم نفسه حيث ساعد بشكل كبير في تيسير التعليم وانتشاره بشكل واسع حيث وفر المادة الرخيصة وسهولة الانتاج والتداول التي تساعد على التعلم بسهولة خصوصاً مع اختراع الطباعة وانتشار آلات صناعة الورق بمرور الزمن، وكما تعد صناعة العجينة السيليلوزية والورق من أقدم الصناعات في العالم، حيث لا يمكن مقارنة حجم هذه الصناعة مع الصناعات الخشبية الأخرى بسبب تعدد استعمالات العجينة والورق وارتفاع قيم المواد المنتجة منهما كالكتب والمجلات والصناديق والورق المستعمل في الحاسوب وغيرها (قصير، 1990). 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 ملكاً على مواد الكتابة (أشرف ووهبة، 2016).

ويعتبر الخشب المصدر الرئيس الذي يزود صناعة الورق بالمادة الأولية والأساسية ألا وهي مادة السيليلوز، وعلى الرغم من أن السيليلوز يدخل في تركيب جميع النباتات غير أنه لا يمكن أن تعد جميع النباتات صالحة لاستخلاصه، ويمكن أن نذكر أهم الأنواع التي استعملت لذلك الأشجار الصنوبرية يستعمل بصورة رئيسية: الصنوبر، الشوح، الأرز، ومن عريضات الأوراق يستعمل: الحور، الدلب، الأوكالبتوس، ويمثل الصنوبر البروتي كأحد أهم مكونات الغابات السورية (يتميز بأنه ذو تراكيدات طويلة) وكذلك الأوكالبتوس والذي يعد من الأنواع السريعة النمو وذات الكتلة الضخمة والمنتشرة في المدن والحدائق (ألياف قصيرة).

أهمية وأهداف البحث:

تتبع أهمية البحث من ازدياد الحاجة للمنتجات الورقية والتكلفة العالية لاستيراده المترافق مع افتقار العالم العربي لا سيما بلدنا سورية لمصادر الأخشاب المنتجة مما يؤدي للجوء إلى استيراد الأخشاب المعدة للصناعة، لذا يمكن أن تأخذ صناعة الورق ميزة خاصة في بلدنا من حيث حجم الأخشاب التي تحتاجها بالتزامن مع قلة المساحات الغابية وزيادة تدهورها حيث لا تحتاج صناعة عجائن الورق إلى جنوع كبيرة الحجم، لذلك فإن نواتج أعمال تربية الغابات أو المشاجر من أفراد وأفرع وأغصان تقي بالغرض لهذه الصناعة، حيث توجد عدة معامل في سوريا تعمل على انتاج الورق ولكن يتم انتاجه وانما هي إعادة تدوير وذلك لعدم إمكانية توفير المادة الخام وهي الالياف السيليلوزية، وبذلك فإن أهمية البحث تكمن في إمكانية تصنيع الورق من المادة الخام وبذلك تحقق تخفض على خزينة الدولة من تكاليف التصدير وخاصة مع العقوبات الجائرة والظالمة التي تتعرض لها بلدنا في منع الاستيراد، إضافة الى توفير منتج يلبي احتياجاتنا من الورق بمختلف درجاته خلافاً لما يتم انتاجه من إعادة التدوير والذي يصنف ذو درجات منخفضة.

أهداف البحث:

- 1- تصنيع عجينة ورق وأوراق من خشب الصنوبر البروتي *Pinus brutia* الذي يعد من الأخشاب الطرية.
- 2- تصنيع عجينة ورق وأوراق من خشب الأوكالبتوس *Eucalyptus camaldulensis* وهو من الأخشاب القاسية.
- 3- تصنيع عجينة ورق وأوراق بالخلط بين خشبي الصنوبر البروتي والأوكالبتوس.
- 4- اختبار العجائن والأوراق الناتجة عن الأشكال السابقة وتحديد الأفضل.

الدراسات السابقة:

استخدم Wan وآخرون (2010)، ألياف عجينة الأوكالبتوس مع اختلافات كبيرة في نسب السيللوز والهيميسيللوز، حيث تم إنتاج المحتويات عن طريق الإزالة الجزئية للهيميسيللوز ودراستها باستخدام الاستقطاب المتقاطع بالرنين المغناطيسي النووي بالاشتراك مع التركيب الطيفي، والأشعة السينية والأشعة فوق الحمراء لتحويل التحليل الطيفي (FITR)، كانت هناك اختلافات في كل من هيكل السيللوز الليفي وهيكل المسام وهيكل الجزيئي للسيللوز بين العينات، وأظهرت النتائج زيادة تبلور السيللوز مع انخفاض الهيميسيللوز، وبدأت الألياف كبنية أكثر إحكاماً عندما تم إزالة الهيميسيللوز إلا أن إزالة الهيميسيللوز كان لها أثراً ضاراً على إمكانية الوصول إلى الألياف وتعزيز سطوح الألياف أثناء التجفيف، مما يؤدي إلى زيادة كثافة الورقة وزيادة التقرن.

وعمل Rauf (2012)، على اختبار أخشاب الدلب المزروعة حيث قام الباحثان بدراسة الخصائص الخشبية الفيزيائية والميكانيكية وخصائص اللب لمعرفة استخدامها بشكل أفضل، كشفت النتائج أن خصائص لب الأخشاب صغيرة الحجم مثل الأغصان ونجارة الخشب ونشارة الخشب وما إلى ذلك يمكن أن يستخدم أيضاً كمواد خام لتصنيع اللب والورق. وبينت دراسة Ogunjobi (2013)، خصائص الألياف والتركيب الكيميائي لنبات *Vetix doniana* لتحديد إمكانية استخدامها لصناعة اللب والورق، حيث يتصف طول الألياف بأهمية كبيرة بسبب الارتباط القوي بينها وبين خصائص قوة الخشب والورق، وتم فحص الخشب بالاتجاهين المماسي والشعاعي لخصائص الألياف للخشب الطبيعي المزروع لتحديد مدى ملاءمتها لإنتاج الورق، وخلصت نتيجة البحث إلى أن هناك اختلافات في الاتجاهين المماسي والشعاعي للخشب، وكانت القيم المتوسطة لخصائص الألياف: طول الألياف 1.48mm، وقطرها 21.9 ميكرون، وسمك جدار الألياف كان 4.9 ميكرون، وكانت نسبة اللغنين 28.1% والسيللوز 41.2% وبناءً على هذه القيم يعتبر هذا النوع جيداً لصناعة الورق من حيث نسبة السماكة ومعامل المرونة.

وبحث Pirralho وآخرون (2014)، في الخصائص التشريحية لتسعة أنواع من الأوكالبتوس بهدف استخدام اللب حيث تم دراسة تشريح الخشب وبيولوجيا الخلايا ونسبها ونسبة الألياف، تبين أن الأنواع التسعة متشابهة من الناحية الهيكلية مع ميزات نموذجية من خشب الأوكالبتوس، كالمسامية مع الأوعية الانفرادية وألواح ذات تقوب بسيطة، أظهرت الأنواع تنوعاً أعلى فيما يتعلق بنسبة الألياف (50-15%) والخصائص المورفولوجية كنسبة السماكة (48-39%) ومعامل المرونة (0.37-0.65%)، جميع أنواع الأوكالبتوس لعبت ذات الموقف فيما يتعلق بمزيج من الأشكال المورفولوجية وبالتالي السماح لاستهداف الأنواع لخصائص الورق المحددة، من خلال النظر في هذه المؤشرات والنمو النسبي للأنواع يبدو أن *E. ovata* و *E. maculate* و *E. sideroxylon* أنواع واعدة وجيدة لصناعة الورق في نفس المرتبة مع *E.*

camaldulensis المستخدمة بالفعل.

وبحث Samariha (2019)، في إنتاج عجائن الورق نصف كيميائية من الأوكالبتوس في إيران، حيث تم قياس التركيب الكيميائي بما في ذلك السيلولوز الذي كانت نسبته %48.33 وهي نسبة عالية جداً وأعلى من نسبة السيلولوز في قش القمح والرز. كما بينت الدراسة أن استخدام المواد الكيميائية بشكل مفرط أكثر من الكمية المثالية سيؤدي إلى نقص في العجينة أو السيلولوز، وأشار التحليل الميكانيكي إلى أن الورق المنتج بالطريقة نصف الكيميائية من الأوكالبتوس على مستويات مختلفة من درجات الحرارة تعتبر من الطرق المفضلة في استخدام عجينة الورق من الأخشاب الصلبة لجميع مؤشرات القوة.

وبينت البرام وآخرون (2021)، في دراسة الخواص التكنولوجية التي تؤهل الصنوبر البروتي *Pinus brutia* والأوكالبتوس *Eucalyptus camaldulensis*، لصناعة العجينة الورقية، أظهرت النتائج أن خواص كلا نوعي الخشب تقود إلى تصنيف الصنوبر البروتي على أنه نصف ثقيل بالنسبة لكثافة الخشب بينما صنف الأوكالبتوس على أنه خشب خفيف، وكما ارتفعت نسبة مكون السيلولوز في الصنوبر البروتي وبلغت %51 مقارنة مع الأوكالبتوس والتي وصلت إلى %43، كما أنه تباينت أطوال التراكيديات في النوعين وكانت أطوال التراكيديات في كلا النوعين تؤهل استخدامهما في مجال تصنيع عجينة الورق.

مواد وطرائق البحث:

تم الحصول على المادة الخشبية من أفرع شجرتي الصنوبر البروتي والأوكالبتوس من حدائق جامعة حلب (وهي أشجار مزروعة ويتم الاعتناء بها من قبل عمال الحدائق في جامعة حلب)، حيث تم تقليم بعض الأفرع والتي لم تتجاوز أقطارها 4سم وتم تجزئتها وتركت لتجف هوائياً ضمن ظروف الوسط الطبيعية من حرارة ورطوبة ومن ثم تم إزالة الأوراق والقلف منها، وقطعت إلى قطع صغيرة جداً أو ما يعرف بمفروم الخشب. ويعتبر خشب الصنوبر البروتي من الأخشاب الطرية Softwood (معرفة البذور) حيث تتميز هذه الأخشاب بأليافها الطويلة والتي تعد صفة مطلوبة وهامة في صناعة عجائن الورق، وخشب الأوكالبتوس من الأخشاب الصلبة Hardwood (مستورات البذور) التي تتميز بأليافها القصيرة.

منهجية البحث:

أولاً: تحضير المادة الخشبية:

تم تحضير المادة الخشبية وذلك من خلال:

1. إزالة الأوراق من الأفرع، ومن ثم إزالة القشرة الخارجية منها (القلف).
2. إنتاج الجزيئات الخشبية أو مفروم الخشب، حيث أجريت عملية تقطيع الأفرع النباتية إلى رقائق خشبية صغيرة، بأبعاد 18-30 ملم × 20-25 ملم وسماكة 6-15 ملم حيث يسهل تجزئتها من اختراق المادة الكيميائية إلى داخل الخشب.
3. إجراء عملية غربلة وفرز للجزيئات الخشبية التي لم يتم فرمها بشكل جيد لتكون جاهزة لاستخلاص العجائن.
4. نقع الرقائق الخشبية (مفروم الخشب) بالماء بنسبة 1:7 خشب إلى ماء لمدة 7-8 أيام، وذلك لتليين الألياف وسهولة دخول المواد الكيميائية للخلايا (رحمة أديب، 2012).

ثانياً: تحضير العجينة الخشبية: (الشكل 1)

- 1- تم العمل على ثلاث أنواع من العجائن الخشبية: عجينة من أفرع الصنوبر البروتي، عجينة من أفرع الأوكالبتوس، وعجينة عبارة عن خليط من الصنوبر البروتي والأوكالبتوس.
- 2- تم استخدام طريقة كرافت (J. M. Uprichard 2002) Kraft في استخلاص الألياف من الخشب والتي تعد من أفضل الطرق في صناعة العجائن القلوية، حيث يتم استخدام خليط من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) وكبريتات الصوديوم (Na₂SO₄).
- 3- تم إضافة 13 غ من محلول هيدروكسيد الصوديوم و11 غ من كبريتات الصوديوم لكل 50 غ من رقائق الخشب، وتمت عملية الطبخ باستخدام جهاز الأوتوكلاف على درجة حرارة 150-160 درجة مئوية لمدة 3 ساعات بضغط مطبق قدره 8-7 كغ/سم².
- 4- غسل العجينة الناتجة وتعد عملية ضرورية وذلك لأن المواد الكيميائية الذائبة تتداخل مع عمليات معالجات العجينة، حيث تم الغسيل بالماء لعدة مرات حتى يتم التأكد من التخلص نهائياً من المواد الكيميائية والمواد الذائبة ضمن الألياف المتحصل عليها.
- 5- إجراء عملية غربلة وذلك لأن اللب المطبوخ قد يحتوي على حزم وعقد وألياف غير مطبوخة جزئياً، لذا يتم إزالتها.



الشكل (1). مراحل الحصول على العجينة الورقية

ثالثاً: تشكيل الورق من العجينة الخشبية:

- تم وضع العجينة الورقية في حوض كبير وأضفنا عشرة أضعافها ماء، ثم بواسطة غربال ذو فتحات ناعمة جداً، تم تشكيل الورقة بترسيب الألياف الشكل (2).



الشكل (2). عملية تشكيل الورق

- ثم وضعت الورقة المشكلة في المجفف على درجة حرارة C 90° لمدة 20 دقيقة (الشكل 3).



الشكل (3). الورق الناتج عن العجائن الخشبية الثلاث: الصنوبر البروتي، الأوكالبتوس، الخليط على التوالي

رابعاً: استخدام مواد رابطة لتحسين خواص الورق:

تم استخدام الجيلاتين الخام كمادة رابطة للألياف السيليلوزية من أجل تحسين خواص الورق، حيث تم إضافة جيلاتين خام بنسبة 10:1 (نسبة تجريبية) وذلك بعد إذابته في الماء الساخن وتمت إضافة هذه المادة لكل من عجيتي الصنوبر البروتي والأوكالبتوس، ومن ثم اختبار الأوراق الناتجة ومقارنتها مع الأوراق الأخرى بدون هذه المادة.

خامساً: اختبارات العجائن الخشبية:

تم اختبار العجائن الثلاثة الناتجة بالاختبارات التالية:

1. **مردود العجينة (الإنتاجية):** يعد مردود العجينة مؤشراً هاماً على إنتاج الورق، حيث تتأثر مردودية العجينة بالتركيب الكيميائي والتشريحي للخشب والطريقة المستخدمة في تحضير العجينة، تم وزن 50 غ من الخشب الجاف (3 مكررات لكل نوع)، ثم تم الحصول على العجينة منها ومن ثم تم تجفيف العجينة الناتجة وتم تقدير مردود العجينة بالقانون التالي:
مردود العجينة = (الوزن الجاف للعجينة / الوزن الجاف للمادة الأولية) × 100 (Pulp and paper industry, 2015).
2. **كثافة العجينة:** حيث تختلف إمكانية تصنيع كل منتج تبعاً لكثافة العجينة، حيث تعد العجينة مثالية عندما تكون كثافتها تساوي 2% (رقم مرجعي معتمد في معامل تصنيع الورق) وتم حساب الكثافة بأخذ 100 مل من العجينة الورقية (3 مكررات لكل نوع)، ووضعها على ورقة ترشيح بعد وزن ورقة الترشيح، ثم وضعت على قمع بوخزر للتخلص من كمية الماء الزائد، ومن ثم وضعت في المجفف للتخلص من كامل الرطوبة، وتم وزنها بعد التجفيف وحساب الكثافة وفق القانون التالي:
كثافة العجينة = وزن العينة بعد التجفيف - وزن ورقة الترشيح / حجم العجينة (100 مل) (Pulp and paper industry, 2015).
3. **اختبار رقم Kappa للعجينة الورقية:** يعد مؤشر هام لتحديد نسبة اللغنين المتبقي في العجينة، وكلما زاد رقم كابا زادت نسبة اللغنين وأعطت العجينة لون أغمق وبالتالي الحاجة إلى تكلفة إضافية لتبييض الورق ويعبر عنه بكمية برمنغنات البوتاسيوم التي يستهلكها غرام واحد من العجينة، حيث تؤخذ عينة من عجينة الورق وزنها 1 غرام (وزن جاف) يضاف لها

(Tripathi P. et all, 2013).

كمية من الماء المقطر وتوضع في الخلاط حتى يتم فصل الألياف، ثم يسكب الخليط ويكمل الحجم الى 200 مل بالماء المقطر ثم يضاف إلى الخليط 25 مل من حمض الكبريتيك و 25 مل برمغنات البوتاسيوم وتوضع في الخلاط لمدة 10 دقائق ومن ثم يضاف لها في الدقيقة العاشرة 5 مل يوديد البوتاسيوم ليقف التفاعل ويتم المعايرة باستخدام ثيوسلفات الصوديوم حتى يتحول لون المحلول من اللون البنفسجي ليصبح عديم اللون، يؤخذ عدة مكررات ومن ثم يحسب رقم كايا من المعادلة:

$$K = \frac{p * f}{W}$$

حيث: P: كمية برمغنات البوتاسيوم المستهلكة (مل)، f معامل يستخرج من جدول بعد حساب Q، p، W: الوزن الجاف للعجينة(غ)

$$Q = P/b * 100 \quad , \quad p = \frac{(b-a)Nt}{Np}$$

حيث: b: كمية ثيوسلفات الصوديوم المستهلكة بدون وجود العجينة(مل). a: كمية ثيوسلفات الصوديوم المستهلكة بوجود العجينة (مل). Nt: تركيز ثيوسلفات الصوديوم (N0.1). Np: تركيز برمغنات البوتاسيوم (0.1N). Q: النسبة المئوية للبرمغنات المستهلكة

وتحسب نسبة اللغنين بالمعادلة: نسبة اللغنين % = رقم $0.13 \times Kappa$ (Pulp and paper industry, 2015).

سادساً: اختبارات الورق الناتج عن العجائن الخشبية:

تم اختبار 20 ورقة لكل نوع من العجائن السابقة، حيث تم تطبيق أربع اختبارات لكل نوع:

1. المحتوى الرطوبي Moisture Content:

عبارة عن النسبة المئوية لمحتوى الماء داخل ألياف الورق الناتج، تم حساب المحتوى الرطوبي بأخذ وزن الورقة قبل التجفيف W_1 ، ثم وضعت في المجفف على درجة 150 درجة مئوية لمدة 30 دقيقة، ثم أخذ وزن الورقة بعد التجفيف W_2 ، وتم حساب المحتوى الرطوبي بالمعادلة: $H\% = (W_1 - W_2 / W_1) * 100$ (Pulp and paper industry, 2015).

2. الغراماج Grammage:

الغراماج هو مصطلح يعبر عن الوزن بالغرام لكل متر مربع من الورق وهو رقم يعبر عادة عن سماكة وقساوة الورق، ويختلف الغراماج حسب نوع الورق فمثلاً تعتمد الصحف والمجلات عادة على ورق رقيق نسبياً بحيث يتراوح بين $90-135 \text{ g/m}^2$ ، وتعتمد العلب والكراتين متوسطة السعة على ورق أكثر سماكة أو قساوة اعتباراً من $200-350 \text{ g/m}^2$ ، أما أوراق الطباعة فتستخدم عدة غراماجات ابتداءً من 50 حتى 450 g/m^2

تم وزن العينات الورقية بمساحة 100 سم^2 ، وتم حساب الغراماج بنقسيم الوزن على المساحة (Pulp and paper industry, 2015).

3. اختبار الشد Tensile test :

يهدف لتحديد مقاومة ألياف الورق لقوى الشد وهو يُجرى لعينات من الورق في كلا الاتجاهين (MD&CD)، ويتم الاختبار بتجهيز العينات بأبعاد $(15 \times 1.5 \text{ سم})$ ثم توضع العينات بين فكي جهاز اختبار قوى الشد (الشكل 4) وتبدأ عملية الشد بالضغط على زر التشغيل (ON) حتى قطع العينة بعدها تؤخذ القراءة على الشاشة بـ كيلو نيوتن /م (Pulp and paper industry, 2015).



الشكل (4). جهاز اختبار قوى الشد للورق

4. اختبار الانفجار أو مقاومة الانفجار **Bursting strength test** :

ويهدف هذا الاختبار الى تحديد مدى مقاومة الورق للانفجار ومدى تماسك أليافه، ومقاومة الانفجار هي القوة اللازمة لخرق وحدة المساحة من سطح الصندوق. غالباً ما يتم إجراء هذا الاختبار لورق الكرتون المضلع بعد تكوينه، ويمكن أن يتم الاختبار للخامات الداخلة في تصنيع الكرتون المضلع، حيث يُعطي مؤشراً عن مدى تحمل مساحة الصندوق السطحية للضغط الداخلي الناشئ على جدرانه نتيجة الضغط الخارجي الناشئ عن ظروف التخزين. يجرى الاختبار بتقطيع شرائح دائرية مساحتها 100 سم² من الورق ووضعها في الجهاز وتثبيتها، ثم نضغط على زر (Start) ويتم الاختبار بتطبيق قوة عمودية على الورقة حتى يتم اختراقها، وعند الانتهاء تؤخذ القراءة على الجهاز (الشكل 5) وتقدر بـ كغ/سم² (Pulp and paper industry, 2015).



الشكل (5). جهاز اختبار قوة الانفجار للورق

النتائج والمناقشة:

أولاً: نتائج اختبارات العجينة الورقية الناتجة:

تم اختبار العجائن الثلاث الناتجة (الصنوبر البروتي، عجينة الأوكالبتوس، خليط من الصنوبر والأوكالبتوس) وفق الاختبارات التالية:

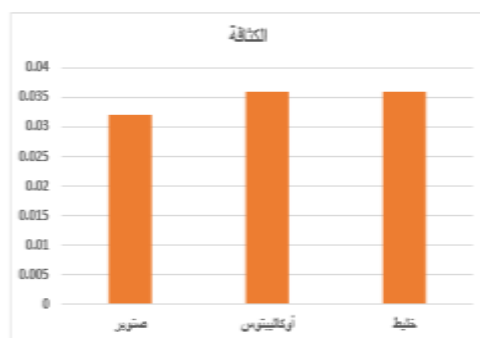
1- إنتاجية العجينة: تم وزن العجينة الناتجة عن 50 غ خشب بعد تجفيفها تماماً (3 مكررات لكل نوع)، وأعطت النتائج التالية:

الجدول (1). إنتاجية العجائن الخشبية

عجينة الخليط	الأوكالبتوس	الصنوبر البروتي	متوسط وزن العجينة الناتجة جافة (gr)
20.14	20.76	19.56	متوسط الإنتاجية %
40.28	%41.52	%39.12	

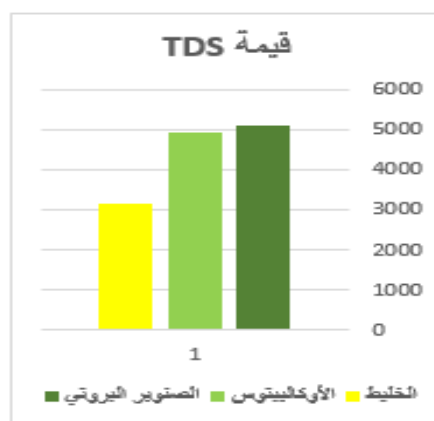
ومن خلال هذه النتائج وباستخدام النسبة والتناسب، تم حساب مردود 1 كغ من الخشب وكانت النتائج كالتالي: كل 1 كغ من خشب الصنوبر البروتي أعطت 391.2 gr عجينة ورقية جافة وكل 1 كغ من خشب الأوكالبتوس أعطت 415.2 gr عجينة ورقية جافة، بينما كل 1 كغ خليط من الصنوبر البروتي والأوكالبتوس (50:50) أعطى 402.8 gr عجينة ورقية جافة.

2-الكثافة: يوضح الشكل (6) متوسط قيم الكثافة للعجائن المصنعة من الخشب، حيث تم إجراء اختبار One Way Anova باستخدام برنامج Spss لمقارنة النتائج ومعرفة أيها أفضل. بينت النتائج تقارب القيم لأنواع ولم تكن هناك فروق معنوية بينها وتوزعت قيم الكثافة ضمن القيمة المثالية في الصناعات الورقية، وتراوحت بين 0.032 غ/مل للصنوبر البروتي و0.036 غ/مل للأوكالبتوس والخليط.



الشكل (6). نسب الكثافة للخشب

3-نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية: الشكل (7) تم قياس نسبة المواد الصلبة الذائبة في مياه العجائن الثلاثة بواسطة جهاز قياس TDS الإلكتروني وكانت أعلى قيمة في مياه عجينة الصنوبر البروتي حيث سجلت 5120 ملغ/ل، في حين كانت في مياه عجينة الأوكالبتوس 4930 ملغ/ل، وكانت أقل قيمة لها في مياه عجينة الخليط حيث سجلت 3160 ملغ/ل، وتعد هذه القيم أعلى من القيم المسموح بها عالمياً (300 وحتى 800 ملغ/لتر)، لذا يجب إجراء معالجات على هذه المياه قبل إلقتها حيث انها ضارة بيئياً، وهذا ما يتم في محطات معالجة المياه التابعة لمصانع الورق في البلدان الصناعية (Tripathi P. et al, 2013).



الشكل (7). نسبة المواد الصلبة الذائبة في مياه العجائن الثلاث

4-رقم Kappa: بعد تطبيق عملية المعايرة لتحديد نسبة اللجنين المتبقية في العجينة الورقية الجافة، بلغت كمية ثيوسلفات الصوديوم المعايير بها في الشاهد (دون وجود عجينة) $a=9.2$ ، وكانت عند معايرة الصنوبر البروتي 3.6 مل، 5.5 مل في

عجينة الأوكالبيتوس و 4.6 مل في عجينة الخليط، حيث تزيد قيمة ثيوسلفات الصوديوم المعايير بها بانخفاض نسبة اللغنين المتبقي. وتم حساب رقم كبا ونسبة اللغنين وفق القوانين الخاصة بهذا الاختبار، والجدول (2) يوضح نتائج هذا الاختبار:

الجدول (2). اختبار Kappa ونسبة اللغنين المتبقية في العجائن الورقية

عجينة الخليط	عجينة الأوكالبيتوس	عجينة الصنوبر البروتي	
4.6	5.5	3.6	b (مل)
4.6	3.7	5.6	p (مل)
50	40.2	60	Q (مل)
1	1.0	1.0	F
4.6	3.6	5.7	K (مل)
0.6	0.5	0.7	نسبة اللغنين %

حيث كانت نسبة اللغنين منخفضة جداً في كل العجائن التي تم تصنيعها، أي ان عملية الطبخ قد تمت بشكل جيد في جهاز الأوتوكلاف وتم هضم اللغنين، وبمقارنة هذه النسبة في الأنواع الثلاثة نجد أن أقل نسبة لغنين في عجينة الأوكالبيتوس يليها العجينة الناتجة عن الخلط بين الصنوبر والأوكالبيتوس وأعلى نسبة لغنين كانت في العجينة الناتجة من الصنوبر البروتي، وقد يعزى ذلك إلى تواجد مادة الراتنج في والتي قد ترفع من مقاومة اللغنين للهضم (Edyta.M, 2020).

ثانياً: نتائج اختبارات الورق الناتج عن العجائن الخشبية:

يبين الجدول (3)، قيم اختبارات الورق التي تم تصنيعها من خشبي الصنوبر البروتي والأوكالبيتوس وبالمزج بينهما، حيث تم إجراء تحليل إحصائي لهذه القيم باستخدام برنامج SPSS لتحديد أي العجائن أعطى ورق أفضل.

الجدول (3). نتائج اختبارات الورق الناتج عن العجائن الخشبية

عجينة الخليط	عجينة الأوكالبيتوس	عجينة الصنوبر	
13.0	13.3	12.5	المحتوى الرطوبي %
12.1	14.1	13.4	
13.6	13	14.6	
14.3	10.2	14.2	
14.7	11.6	13.4	
62	60	55	الغراماج (غ/سم ²)
58	55	54	
62	57	61	
59	55	57	
63	62	60	
16.1	15.5	15.6	الشدة (كيلو نيوتن/م)
15.9	15.8	15.9	
16.2	15.9	15.5	
16.8	15.6	15.7	
16.6	15.3	15.7	
0.80	0.81	0.74	الانفجار (كغ/سم ²)
0.83	0.80	0.83	
0.85	0.79	0.78	
0.88	0.82	0.8	
0.82	0.81	0.82	

يوضح الجدول (4) نتيجة التحليل الإحصائي لاختبار المحتوى الرطوبي للأنواع الثلاثة من الورق، حيث بينت النتائج أن

قيمة F المحسوبة أقل من F الجدولية أي لا توجد فروق معنوية بين أنواع الورق الثلاثة بالنسبة للمحتوى الرطوبي.

الجدول (4). جدول تحليل التباين لاختبار المحتوى الرطوبي للورق الناتج عن العجائن الخشبية

F	MS	SS	Df	O. V
1.28 ns	2.4001	4.8002	2	Treat
	0.3501	1.4005	4	Rep
	1.873	14.991	8	Error
		21.1912	14	Total

يوضح الجدول (5) نتيجة التحليل الإحصائي لاختبار الغراماج للأنواع الثلاثة من الورق، حيث أكدت النتائج أن قيمة F

المحسوبة أعلى من F الجدولية أي توجد فروق معنوية بين المعاملات بالنسبة لاختبار الغراماج.

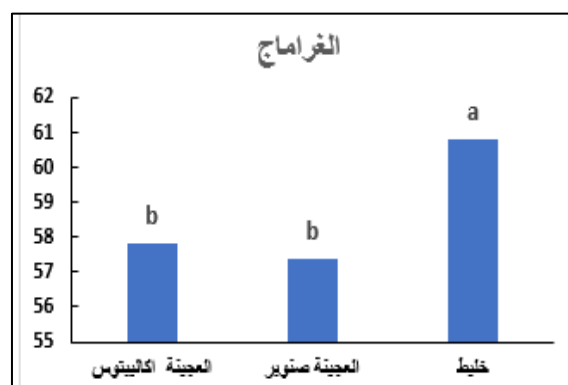
الجدول (5). جدول تحليل التباين لاختبار الغراماج للورق الناتج عن العجائن الخشبية

LSD	F	MS	SS	Df	
2.669	5.15 *	17.266	34.533	2	Treat
		17	68	4	Rep
		3.35	26.8	8	Error
			129.333	14	Total

ويوضح الشكل (8) ترتيب المعاملات بالنسبة لاختبار الغراماج وفق الأفضل حسب نتائج التحليل الإحصائي حيث تفوق

الورق المصنع من الخليط على الأوراق المصنعة من كل منهما على حدا، وبلغ متوسط الغراماج في الأوراق من الخليط 60.8 غ/سم²، ولم توجد أي فروق معنوية بين الأوراق المصنعة من الأوكاليببتوس أو الصنوبر البروتي وبلغ متوسط الغراماج

57.8 و 57.4 على التوالي.



الشكل (8). متوسطات اختبار الغراماج للورق الناتج عن العجائن الخشبية

يوضح الجدول (6) نتيجة التحليل الإحصائي لاختبار الشد للأنواع الثلاثة من الورق، حيث أكدت النتائج أن قيمة F

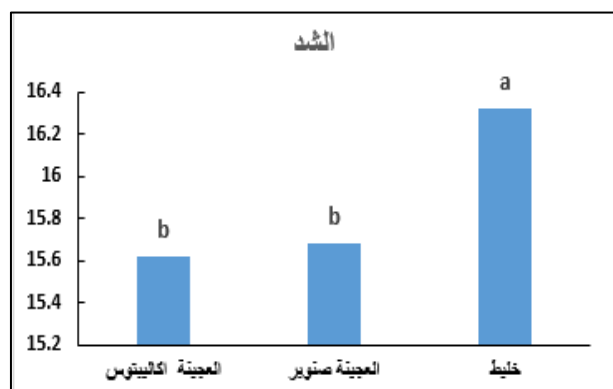
المحسوبة أعلى من F الجدولية أي توجد فروق معنوية بين المعاملات بالنسبة لاختبار الشد.

الجدول (6). جدول تحليل التباين لاختبار الشد للورق الناتج عن العجائن الخشبية

LSD	F	MS	SS	Df	
0.44	8.27 *	0.752	1.505	2	Treat
		0.034	0.136	4	Rep

		0.091	0.728	8	Error
			2.3693	14	Total

ويوضح الشكل (9) ترتيب المعاملات بالنسبة لاختبار الشد وفق الأفضل حسب نتائج التحليل الاحصائي حيث تفوق الورق المصنع من الخليط على الأوراق المصنعة من كل منهما على حدا، وبلغت قيمة متوسط الشد فيها 16.32 كيلو نيوتن/م، في حين لم توجد فروق معنوية بين معاملي الصنوبر البروتي والأوكاليبتوس وبلغت في كل منهما (15.68 و 15.62 كيلو نيوتن/م) على التوالي.



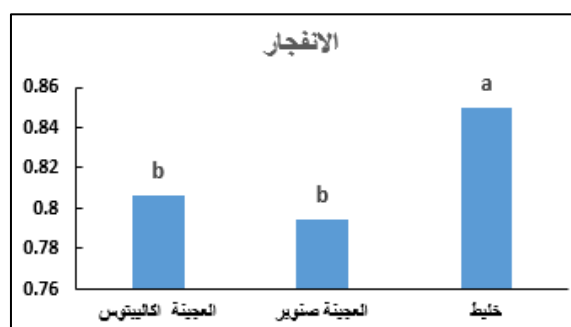
الشكل (9). متوسطات اختبار الشد للورق الناتج عن العجائن الخشبية

وبين الجدول (7) نتيجة التحليل الإحصائي لاختبار الانفجار لأنواع الثلاثة من الورق، حيث أكدت النتائج أن قيمة F المحسوبة أعلى من F الجدولية أي توجد فروق معنوية بين المعاملات بالنسبة لاختبار الانفجار.

الجدول (7). جدول تحليل التباين لاختبار الانفجار للورق الناتج عن العجائن الخشبية

LSD	F	MS	SS	Df	
0.0424	5.13 *	0.0043	0.0086	2	Treat
		0.00036	0.00146	4	Rep
		0.00084	0.00677	8	Error
			0.0169	14	Total

ويوضح الشكل (10) ترتيب المعاملات بالنسبة لاختبار قوى الانفجار وفق الأفضل حسب نتائج التحليل الاحصائي حيث تفوق الورق المصنع من الخليط على الأوراق المصنعة من كل منهما على حدا، حيث بلغ المتوسط في الخليط 0.85 كغ/سم²، في حين لم توجد فروق معنوية بين الأوراق المصنعة من الأوكاليبتوس وتلك المصنعة من الصنوبر البروتي، وكانت قيمة المتوسط لقوى الانفجار (57.8 و 57.4 كغ/سم²) على التوالي.



الشكل (10). متوسطات اختبار قوة الانفجار للورق الناتج عن العجائن الخشبية

ثالثاً: نتائج اختبارات الورق الناتج عن العجينة الخشبية مع المواد الرابطة:

يبين الجدول (8)، قيم اختبارات الورق التي تم تصنيعها من الأوكالبتوس والصنوبر البروتي بعد إضافة الجيلاتين الخام كمادة رابطة للألياف، حيث تم إجراء تحليل إحصائي لهذه القيم باستخدام SPSS ومقارنتها مع الورق الناتج عن العجائن الخشبية بدون مواد رابطة.

الجدول (8). نتائج اختبارات الورق الناتج عن العجائن الخشبية بعد إضافة الجيلاتين الخام

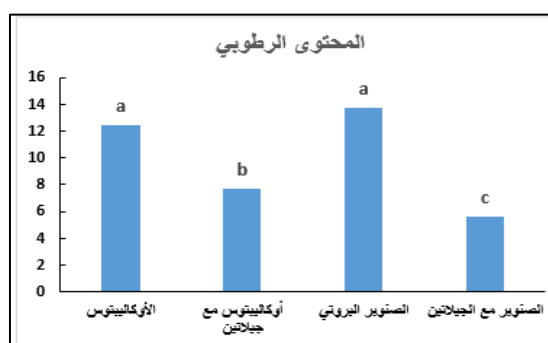
رقم العجينة	القيمة	المتوسط	الانحراف المعياري	نوع العجينة
16.8	0.85	55	4.8	ورق الصنوبر مع الجيلاتين
15.3	0.88	57	5.21	
16.6	0.83	53	4.51	
15.85	0.8	60	6.66	
17.73	0.75	58	6.89	
17.3	0.85	77	6.38	ورق الأوكالبتوس مع جيلاتين
18.3	0.89	64	7.1	
17.9	0.84	61	7.61	
18.34	0.81	68	8.82	
18.72	0.86	62	8.77	

يبين الجدول (13) نتيجة التحليل الإحصائي لاختبار المحتوى الرطوبي للأصناف الأربعة من الورق، حيث أكدت النتائج أن قيمة F المحسوبة أعلى من F الجدولية أي توجد فروق معنوية بين المعاملات بالنسبة لاختبار المحتوى الرطوبي.

الجدول (13). جدول تحليل التباين لاختبار المحتوى الرطوبي للورق الناتج عن العجائن الخشبية بعد إضافة الجيلاتين الخام

LSD	F	MS	SS	Df	
1.7395	46.07 **	73.417	220.251	3	Treat
		0.5888	2.3552	4	Rep
		1.5935	19.1224	12	Error
			241.728	19	Total

ويوضح الشكل (11) ترتيب المعاملات بالنسبة لاختبار المحتوى الرطوبي وفق الأفضل حسب نتائج التحليل الإحصائي حيث تفوق الورق المصنع من الصنوبر البروتي مع الجيلاتين على جميع المعاملات، حيث بلغ متوسط المحتوى الرطوبي فيها 5.60%، وتلتها معاملة الأوراق المصنوعة من الأوكالبتوس مع إضافة الجيلاتين والتي بلغ متوسط المحتوى الرطوبي فيها 7.7%، في حين لم توجد فروق معنوية بين الأوراق المصنوعة من الأوكالبتوس والصنوبر البروتي بدون إضافة الجيلاتين.



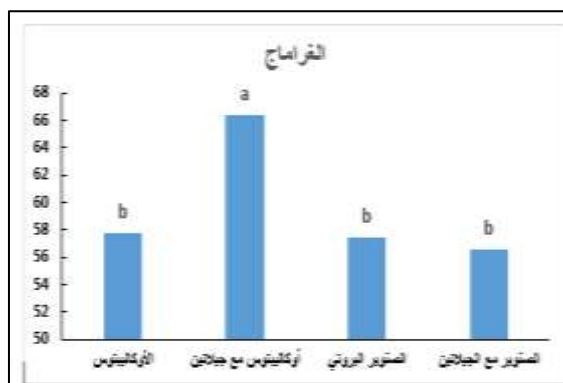
الشكل (11). متوسطات المحتوى الرطوبي للورق الناتج عن العجائن الخشبية بعد إضافة الجيلاتين الخام

ويبين الجدول (9) نتائج التحليل الإحصائي لاختبار الغراماج للأربعة من الورق، حيث أكدت النتائج أن قيمة F المحسوبة أعلى من F الجدولية أي توجد فروق معنوية بين المعاملات بالنسبة لاختبار الغراماج.

الجدول (9). جدول تحليل التباين لاختبار الغراماج للورق الناتج عن العجائن الخشبية بعد إضافة الجيلاتين الخام

LSD	F	MS	SS	DF	
5.956	5.65 *	105.51	316.55	3	Treat
		12.55	50.2	4	Rep
		18.683	224.2	12	Error
			590.95	19	Total

ويوضح الشكل (12) ترتيب المعاملات بالنسبة لاختبار الغراماج وفق الأفضل حسب نتائج التحليل الإحصائي حيث تفوق الورق المصنع من الأوكالبيتوس مع الجيلاتين على جميع المعاملات وبلغ متوسط الغراماج 66.4 غ/سم²، ولم يلاحظ وجود أي فروق معنوية بالنسبة للمعاملات الأخرى.



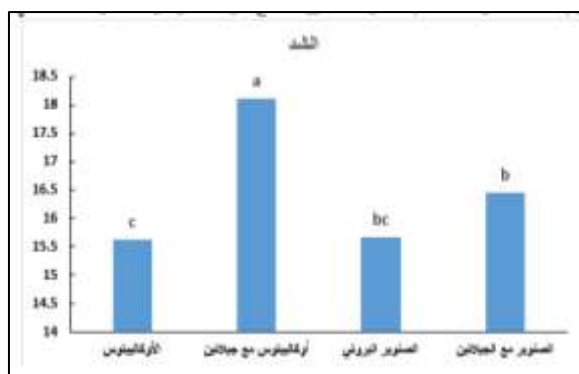
الشكل (12). متوسطات الغراماج للورق الناتج عن العجائن الخشبية بعد إضافة الجيلاتين الخام

يوضح الجدول (10) نتيجة التحليل الإحصائي لاختبار الشد للأربعة من الورق، حيث أكدت النتائج أن قيمة F المحسوبة أعلى من F الجدولية أي توجد فروق معنوية بين المعاملات بالنسبة لاختبار الشد.

الجدول (10). جدول تحليل التباين لاختبار الشد للورق الناتج عن العجائن الخشبية بعد إضافة الجيلاتين الخام

LSD	F	MS	SS	Df	
0.8044	19.77 **	6.738	20.214	3	Treat
		0.2134	0.8538	4	Rep
		0.34	4.0891	12	Error
			25.157	19	Total

ويوضح الشكل (13) ترتيب المعاملات بالنسبة لاختبار قوة الشد حسب نتائج التحليل الإحصائي حيث تفوق الورق المصنع من الأوكالبيتوس مع الجيلاتين على جميع المعاملات وبلغ متوسط قوة الشد فيها 18.11 كيلو نيوتن/م، وتلتها معاملة الأوراق المصنعة من الصنوبر البروتي مع إضافة الجيلاتين والتي بلغ فيها متوسط قوة الشد 16.5 كيلو نيوتن/م، وتلتها معاملة الصنوبر البروتي بدون جيلاتين والتي تفوقت على الأوكالبيتوس بدون جيلاتين.



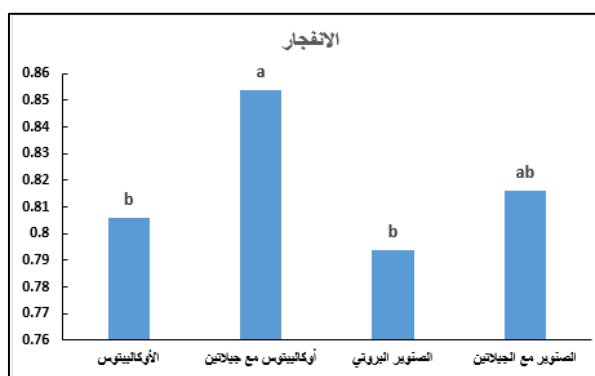
الشكل (13). متوسطات الشد للورق الناتج عن العجائن الخشبية بعد إضافة الجيلتين الخام

ويبين الجدول (11) نتيجة التحليل الإحصائي لاختبار الانفجار للأربعة من الورق، حيث أكدت النتائج أن قيمة F المحسوبة أعلى من F الجدولية أي توجد فروق معنوية بين المعاملات بالنسبة لاختبار الانفجار.

الجدول (11). جدول تحليل التباين لاختبار الانفجار للورق الناتج عن العجائن الخشبية بعد إضافة الجيلتين الخام

LSD	F	MS	SS	Df	
0.2422	3.58 *	0.0033	0.01	3	Treat
		0.0013	0.0054	4	Rep
		0.00094	0.01128	12	Error
			0.0267	19	Total

وفي الشكل (14) تم ترتيب المعاملات بالنسبة لاختبار قوة الانفجار حسب نتائج التحليل الإحصائي حيث تفوق الورق المصنع من الأوكالبيتوس مع الجيلتين على جميع المعاملات وبلغ متوسط قوة الانفجار فيها 0.85 كغ/سم²، وتلتها معاملة الأوراق المصنعة من الصنوبر البروتي مع إضافة الجيلتين والتي بلغ متوسط قوة الانفجار فيها 0.82 كغ/سم²، في حين لم توجد فروق معنوية بين الأوراق المصنعة من الأوكالبيتوس والصنوبر البروتي بدون إضافة الجيلتين.



الشكل (14). متوسطات الانفجار للورق الناتج عن العجائن الخشبية بعد إضافة الجيلتين الخام

الاستنتاجات:

1. أعطت عجينة الخليط بين الصنوبر البروتي والأوكالبيتوس نسبة جيدة من مردود الإنتاجية وأفضل مما هو في الصنوبر لوحده، وبذلك لا يفضل ان يتم انتاج عجائن من الصنوبر لوحده بالنسبة لصفة الإنتاجية.
2. تقاربت قيم كثافة العجينة الورقية للأصناف الخشبية الثلاثة ولم تكن هناك فروق معنوية بينها وتوزعت قيم الكثافة ضمن القيمة المثالية في الصناعات الورقية، وقد تراوحت بين 0.032 غ/سم² لعجينة الصنوبر البروتي و0.036 غ/سم² للعجينة الناتجة

- عن الأوكالبيتوس وتساوت مع الخليط، وأظهرت كثافة الخليط بانها أفضل من الصنوبر لوحده.
3. بلغت نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية في مياه العجائن قيم أعلى من الحد المسموح به ومع ذلك كانت أقل قيمة لها في عينة الخليط.
4. كانت نسبة اللغنين منخفضة جداً في كل العجائن التي تم تصنيعها وبلغت أقل نسبة للغنين في عينة الأوكالبيتوس مما يؤكد ان عملية الهضم تمت بشكل جيد.
5. تفوق الورق المصنع من الخليط على الأوراق المصنعة من كل منهما على حدا، حيث بلغت قيمة متوسط الشد فيها 16.32 كيلو نيوتن/م، في حين لم توجد فروق معنوية بين معاملتي الصنوبر البروتي والأوكالبيتوس وبلغت قيمة متوسط الشد في كل منهما (15.68 و 15.62 كيلو نيوتن/م) على التوالي.
6. تفوق الورق المصنع من الخليط على الأوراق المصنعة من كل منهما على حدا، حيث بلغ المتوسط في الخليط 0.85 كغ/سم²، في حين لم توجد فروق معنوية بين الأوراق المصنعة من الأوكالبيتوس وتلك المصنعة من الصنوبر البروتي، وكانت قيمة المتوسط لقوى الانفجار (57.8 و 57.4 كغ/سم²) على التوالي.
7. يمكن ان نستنتج مما سبق ان الخليط المكون من الصنوبر البروتي والأوكالبيتوس اعطى مواصفات وخصائص أفضل من كل منهما على حدا ولجميع الخصائص المدروسة.
8. أدى إضافة الجيلاتين الخام إلى زيادة قوة الشد وقوة الانفجار وكانت أعلى قيمة في الورق المصنع من الأوكالبيتوس مع الجيلاتين، وبلغت قوة الشد فيها 18.11 كيلو نيوتن/م، وتلتها معاملة الأوراق المصنعة من الصنوبر البروتي مع إضافة الجيلاتين وبلغت 16.5 كيلو نيوتن/م، وارتفعت قوة الانفجار بإضافة مادة الجيلاتين الخام للورق حيث تفوق الورق المصنع من الأوكالبيتوس مع الجيلاتين وبلغ متوسط قوة الانفجار فيها 0.85 كغ/سم²، وتلتها الأوراق المصنعة من الصنوبر البروتي مع إضافة الجيلاتين والتي بلغت 0.82 كغ/سم².

التوصيات:

1. استخدام الأفرع الناتجة عن عمليات التقليم من النوعين المدروسين وذلك لكونها أخشاباً فتية ذات محتوى منخفض من اللجنين ولسهولة استخلاص الألياف، وكونها تعد نواتج ثانوية لا تسبب أضراراً على الأشجار ولا تؤثر على مساحة الغابات.
2. استخدام نسب خلط مختلفة من الصنوبر البروتي والأوكالبيتوس في تصنيع عجينة الورق كونها أعطت مواصفات وخصائص أفضل من كل منهما على حدا.
3. إضافة مواد رابطة كالمواد التي تم استخدامها في البحث (الجيلاتين الخام) وتجربة إضافة مواد رابطة أخرى لمعرفة أيها أفضل، حيث تحسن من خواص الورق الناتج.
4. التقليم والعناية المستمرة بالأشجار وتوجيه الاستفادة من مخلفاتها ونواتج التقليم دون قطعها، حيث يمكن التصنيع من المنتجات الثانوية.
5. توجه بإقامة مشاجر تجريبية وخاصة الأوكالبيتوس حيث يعد من الأنواع سريعة النمو مما يساهم في تأمين المادة الأولية للورق.

المراجع:

- البرام وآخرون (2021)، تقييم الخواص التكنولوجية لخشبي الصنوبر البروتي والأوكالبتوس لاستخدامهما في تصنيع عجينة الورق. مجلة بحوث جامعة حلب. العدد 145.
- رحمة، أديب (2012) علم الأخشاب. منشورات مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، جامعة حلب، حلب. 574 ص.
- عمر، أشرف ومقلد، وهبة (2016)، الورق تاريخه وتطوره. مصر، منشورات جامعة الإسكندرية، كلية الآداب. ص 485.
- قصير، وليد (1990)، الصناعات الخشبية. مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل ص 344.
- Edyta Małachowska et al. (2020), Influence of lignin content in cellulose pulp on paper durability, Scientific Reports.
- J. M. UPRICHARD, (2002), kraft pulping and papermaking properties of larix sibirica pulpwood samples and a comparison with those of pinus radiata, newzealand journal of forestry science 32(3): 386-394 (2002).
- Ogunjobi M. K, Adetogun A. C. and Omole A. O. (2013), Assessment of variation in the fiber characteristics of the wood of Vitex doniana sweet and its suitability for paper production. J fewr publications.
- Pirralho M., Flores D., Sousa B. V., Quilho T., Knapic S. and Pereira H, (2014), Evaluation on paper making potential of nine Eucalyptus species based on wood anatomical features. Industrial crops and products 54 (327-334).
- Pulp and paper industry, (2015). Energy Technology Systems Analysis Programme. www.etasp.org
- Rauf Z. – Raza S. (2012), Properties and utilization of Locally grown Chinar (*Platanus orientalis*) wood, The Pakistan Journal of Forestry. Vol. 62(2).
- Samariha A. and Rudi H., Kiaei M. (2019), Production of NSSC Cellulosic fibers from *Eucalyptus camaldulensis*. Vocational University (TV4), Tehran, Iran. Vol: 2 Issue 5/5/2019.
- Tripathi P., Kumar V., Joshi G., Sat S., Panwar S., Naithani S. and Nautiyal R. (2013), A Comparative Study on Physico-Chemical Properties of Pulp and Paper Mill Effluent. Journal of Engineering Research
- Wan J., Wang Y. and Xiao Q. (2010), Effects of hemicellulose removal on cellulose fibers structure and recycling characteristics of eucalyptus pulp. Bioresource Technology. (4577-4583). Applications. Vo: 3. P:811-818.

Evaluation of the properties Paper pulp made from pruning wastes of *Pinus brutia* Ten. and *Eucalyptus camaldulensis* Dehn.

Fatima ALBarram^{(1)*}, Maisaa Kakeh⁽¹⁾, Kheir Eddine KURDI⁽²⁾,
and Muhammad Zain Alddin⁽³⁾

(1). Dept. of Renewable Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture, University of Aleppo, Aleppo, Syria.

(2). Dept. of Engineering Materials Science, Faculty of Mechanical Engineering, University of Aleppo, Aleppo, Syria.

(3). Aleppo Chamber of Industry, Ministry of Industry, Aleppo, Syria.

(*Corresponding author: Fatima ALBarram, E. mail: alibarram20181992@gmail.com)

Received: 7/04/2021 Accepted:4/11/2021

Abstract

The paper pulp industry is one of the important industries that depend on wood as raw material, as it does not need large logs, beside of the scarcity of forest areas in our country and its further deterioration, The research aim was to make paper pulp from branches of *Pinus* and *Eucalyptus* trees resulting from the pruning process, in addition, to make paper paste mixture of both types of wood using the chemical Kraft method to extract the cellulosic fibers, where the cooking process was carried out using an autoclave at a pressure of 7-8 kg / cm² for a period of 3 Hours, and the three doughs were tested (dough yield, density, soluble solids percentage, Kappa figure). A paper was made from paper pulp by sedimentation method and then the resulting papers were tested (moisture content, grammage, tensile strength, burst strength), and raw gelatin was added to each of the protein pine paste and eucalyptus paste, and then the resulting paper was tested and compared with the paper without adding gelatin, The results showed that the paper produced from the mixture of pine nuts and eucalyptus was superior to the paper manufactured from each of them separately, with the average tensile strength of 16.32 kN / m, while the average burst strength was 0.85 kg / cm², The paper manufactured from eucalyptus and raw gelatin surpassed the paper manufactured without adding gelatin, as the average tensile strength was 18.11 kN / m, and the average burst strength was 0.85 kg / cm², in addition to the Kappa number test, the highest value for it was in the protein paste of pine nuts, which was 5.72, These results show that the manufacture of paper pulp by mixing proportions of *Pinus brutia* (long fibers) with *Eucalyptus camaldulensis* (short fibers) and then adding gelatin, gives the best types of paper according to our experience and according to the properties tested.

Key words: Paper, Pulp, Kappa number, Kraft, Total soluble solids ratio.