

طريقة صنع عجينة الورق من ألياف جذوع البامياء

لؤي الجرف* وبنال القدسي**

الملخص

يقدم هذا البحث طريقة صديقة للبيئة لصنع عجينة ورق ابتداء من ألياف سوق البامياء، التي تُزَع اللينين منها باستعمال ثلاث طرائق معالجة وهي: أحادي إيتانول أمين، أحادي إيتانول أمين- أنتراكينون، كربونات الصوديوم- أنتراكينون. وقد تم وضع شروط التجارب واختبارها للوصول إلى شروط العجن المثلى. أظهرت التجارب أن أفضل الشروط للحصول على خصائص ميكانيكية عالية لعجينة ألياف سوق البامياء هي عند استعمال 50% أحادي إيتانول أمين و0.3% أنتراكينون عند درجة حرارة 140⁰م مدة 100 دقيقة، إذ بلغ المردود عندها 55.8% وعدد كابا 20، وقرينة شد مرتفعة (20 غ.نيوتن⁻¹م²) وقرينة تمزق (5.8 غ.نيوتن⁻¹م²) عند مستوى معنوية 0.05 وقرينة انفجار 1.2 غ. كيلوباسكال⁻¹م² وطول كسر 1.75 كم.

الكلمات المفتاحية: ألياف سوق البامياء، العجن، خصائص ميكانيكية، المردود، السيليلوز.

* قسم علوم الحياة، كلية طب الأسنان، جامعة دمشق، دمشق، سورية.

** دكتوراه في الهندسة الوراثية، قسم المحاصيل الحقلية، مديرية الإنتاج النباتي، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق، سورية.

A Method for the Manufacture of Paper Pulp from Okra Stem Fibers

L. Aljerf* and Y. Al-Kuddsi**

Abstract

This paper presents an environmental-friendly method to make a pulp starting from okra stem fibers. The lignin was removed using three treatment methods: Mon ethanolamine, Mon ethanolamine- Anthraquinone, Sodium Bicarbonate - Anthraquinone. The conditions of the experiments were optimized and tested in order to reach the optimal conditions of pulping. The experiments showed that the ultimate conditions to get high mechanical properties of the pulp from okra stem fibers were when using a 50% Mon ethanolamine and 0.3% Anthraquinone at a temperature of 140° C for 100 min. The yield was “55.8 %”, the number of kappa “20”, the tensile index was high “20 N. m²/g”, the tear index was “5.8 N.m²/g” at 0.05 significance level, the burst index was “1.2 kPa.m²/g”, and the breaking length was 1.75 km.

Keywords: Pulp, Okra stem fibers, Mechanical properties, yield, Cellulose.

* Life Sciences Dep., Faculty of Dentistry, Damascus University, Damascus, Syria.

** Field Crops Dep., Administration of Plant Production, Ministry of Agriculture and Agrarian Reform, Damascus, Syria.

المقدمة

يستهلك قطاع صناعة الورق كميةً كبيرةً من الأخشاب والمواد الأولية المتوافرة بالاستفادة من الألياف النباتية غير الخشبية، حيث تستعمل لصناعة عجينة الورق بعض مخلفات المحاصيل الزراعية مثل قشور الرز Ricaz، قش الشوفان Oat، شعيرات القطن Catton، واللحاء الداخلي لساق نبات كل من الكتان Flax والذرة Corn والقمح Wheat والشعير Barley والحلفا والغاب والبوص، بالإضافة إلى أوراق الأناناس (Marques وزملاؤه، 2010 و Kamoga وزملاؤه 2013 و Sharma 2013 و Fagbemigun وزملاؤه، 2014. وتحتوي ألياف هذه المجموعات النباتية على السليلوز المصدر المهم لصناعة العجينة، حيث يرافق هذه الصناعة تدهوراً بيئياً أقل من تلك لدى الألياف الخشبية (Tor و Ekhuemelo، 2013). وقد سُنّت أنظمة تشريعية جديدة خلال السنوات الأخيرة استجابةً لمطالب بيئية (جماعات السلام الأخضر والمنظمات غير الحكومية) تقيد عمليات عجن الورق الكلاسيكية التي تستخدم كواشف تحتوي على الكبريت (Ferrer وزملاؤه، 2013). وتُعد طريقة فصل الألياف الخضراء باستعمال المواد الكيميائية من الطرائق الواعدة، وهي الطريقة الأقل تلويثاً كاستعمال المحاليل العضوية (Alaejos وزملاؤه، 2006). إذ تستخدم هذه الطرائق مركبات عضوية منخفضة الوزن الجزيئي كعوامل إزالة الليغنين، وتمثل بديلاً جيداً لطرائق استعمال بيكربونات الصوديوم مع الاستغناء عن مركبات الكبريت في التصنيع. وإن جانباً مهماً من هذه العمليات يعتمد على تجزئة العينة أو تحطيم المكونات الرئيسة في النسج النباتية. وتفيد هذه العملية في ترك المواد دون تغيير أو تحول في مكونات العينة (Jiménes وزملاؤه، 2004) في دراساتهم. وتوفر هذه العملية عدداً من المزايا منها:

1. إمكانية استعمالها مع أي نوع من المواد الخام الخشبية وغير الخشبية.
 2. تكون خصائص العجينة الناتجة مماثلة لتلك المُصنَّعة بشكلٍ تقليدي، ومردودها أعلى ومحتوى الليغنين فيها أقل.
 3. تكون العجينة أكثر لمعاناً، ويمكن أكسدها وقصرها بشكلٍ أسهل من العجينة المصنوعة بالطريقة التقليدية، مما يوفر استعمال كواشف القصر والتبييض.
 4. لا تُستعمل في هذه العملية الكواشف المحتوية على الكبريت، لذلك تُعد طريقة بيئية أفضل من البدائل التقليدية.
 5. يُستعمل في هذه العملية كمية أقل من الماء والطاقة والكواشف الكيميائية.
- وقد تمّ تقييم عددٍ من هذه الطرائق بالاعتماد على حقيقة أنّ كل المذيبات العضوية قادرة على حل الليغنين وإزالته بشكلٍ جزئي (Paavilainen، 1994)؛ Madakadze وزملاؤه، (1999). ومع ذلك فقد أظهر عدد قليل فقط من هذه الطرائق انتقائية وكفاءة عالية، ما دعا الباحثون لتكثيف الجهود في هذا الإطار في استعمال مجموعة واسعة من المذيبات كالأغوال، والحموض العضوية، والأسيتون، والفينول، والفورمالديهايد، وأحادي إيتانول أمين أو الإثيلين غليكول؛ علماً أنّ المركبين الأخيرين يملكان نقطتي غليان عاليتين

نسبياً (170°م و197.3°م على التوالي)، وبالتالي يمكن استعمال أحدهما عند تطبيق ضغوط مشابهة لتلك المطبقة في العمليات التقليدية (Ferrer وزملاؤه، 2013).
استعملت في هذه الدراسة ألياف نبات البامياء في إنتاج عجينة الورق. ويتبع نبات البامياء الفصيلة الخبازية Malvaceae، وتؤكل ثمارها الخضراء وهي من النوع الحولي وذات الحولين. ويصل طول النبات فيها إلى 2 متر، ويبلغ عدد الفصوص في الأوراق من 5 إلى 7. وهي عريضة يصل طولها بين 10 إلى 20 سم. راحية الأزهار محيطها يتراوح بين 4 إلى 8 سم، وتتكون كل زهرة من 5 بتلات يتدرج لونها من الأبيض إلى الأصفر مع وجود بقع أرجوانية على قاعدة كل بتلة. ثمارها كبسولية قد يصل طولها إلى 20 سم وتحتوي على كثير من البذور، وتؤكل ثمارها مطبوخة، وهي قرون مستطيلة مغطاة بزغب ناعم (-Oppong Sekyere وزملاؤه، 2011). تحتوي القرينات الصغيرة على البروتينات بنسبة 1.6 إلى 2.2% بالإضافة إلى الكربوهيدرات وفيتاميني «أ» و«ج» مع وجود كمية قليلة من فيتامين «ب». كما أنها مصدر غني بالعناصر المعدنية مثل الكالسيوم والفسفور والحديد (Aguair وزملاؤه، 2011). من ناحية أخرى، ألياف البامياء غير قابلة للذوبان وهي تُعالج بعض الأمراض المعوية، تؤدي دوراً في الحد من خطر بعض أنواع السرطانات وخاصة سرطاني القولون والمستقيم (Shike وزملاؤه، 1990).

دراسة إمكانية استعمال ألياف البامياء المزروعة لإنتاج عجينة الورق باستعمال المذيبات العضوية. تمّ أولاً، فحص المحتوى الكيميائي والخواص المورفولوجية لعينات ليفية مختلفة. ثمّ درس تأثير أحادي إيتانول أمين ومزيج أحادي إيتانول أمين - أنتراكينون في العجينة وخواص قوة ألياف الجذع ومقارنة النتائج مع طريقة العجن التقليدية باستعمال الأنتراكينون - كربونات الصوديوم.

مواد البحث وطرائقه

1-2- المواد المستعملة: استعملت المواد الكيميائية التالية: هولوسيليلوز وهيميسيليلوز القياسين (Haihang, Shandong, China)، ألفا سيليلوز القاعدية (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA)، ماءات الصوديوم (Indenta, Mumbai, India)، الليغنين (Sigma-Aldrich, Steinheim, Germany)، إيتانول 97% (Merck, Delhi, India)، بنزن (Merck, Delhi, India)، حمض الكبريت (BDH, Dawsonville, USA)، حمض الخل الثلجي (BDH, Dawsonville, USA)، الماء الأوكسجيني (Merck, Delhi, India)، الأنتراكينون (Buckman, Hammarsdale, South Africa)، كلوريت الصوديوم (Cole Parmer, Chicago, USA)، كربونات الصوديوم (BDH, Dawsonville, USA)، أحادي إيتانول أمين (Merck, Delhi, India).

2-2- الأدوات المستعملة: استخدام الأدوات المخبرية من: بواتق بورسلان، بياشر، أنابيب إختبار، ميزان حرارة.

2-3-الأجهزة المستعملة: استخدمت الأجهزة: مجفف مخبري (Cole-Parmer, Chicago, USA). مطحنة ويلي (Thomas Model 4 Wiley, Thomas Scientific, Swedesboro, USA). جهاز ساندز لفصل الليغنين (SundsDefibrator Model DKB-80, Minneapolis, USA). مرمدة (Vecstar, Chesterfield, UK). حمام يعمل بالأشعة فوق الصوتية (Hielscher Ultrasonics, Teltow, Germany). مبخر دوar (Rotavapor R-215, BÜCHI Labortechnik, Flawil, Switzerland). جهاز نازع شوارد الماء (Milli-DI, Millipore, Darmstadt, Germany).

2-4- طريقة العمل:

2-4-1 جمع العينات وتحضيرها: جمعت سوق البامياء الشامية من نباتاتٍ ناضجة حُصدت من حفل في غوطة دمشق في شهر كانون الثاني عام 2011، وفُصلت الألياف الأساسية يدوياً عن السوق بمتوسط محتوى الساق من اللحاء 34.8% (على أساس وزن جاف)، فُطعت القطع اللحائية طولياً بمقدار 25-30 مم وأزيل اللب وجُففت العينات وُخزنت في أكياس لاستعمالها لاحقاً. تمّ الحصول على عينات لفحص الألياف من أجزاء مأخوذة من منتصف الساق والألياف اللحائية والألياف الأساسية.

2-4-2 التحليل الكيميائي: حددت المكونات الكيميائية الرئيسية بثلاثة مكررات لخمس عينات عشوائية لكل من الألياف اللحائية والألياف الأساسية. وطُحنت كل عينة على حدة باستعمال مطحنة، ومررت كل عينة مطحونة في ثقب 425 ميكرون، ومن ثمّ عبر ثقب 250 ميكرون وحدد التركيب الكيميائي بطرائق اختبار تابي القياسية (TAPPI Standard) والمذكورة في الجدول I.

الجدول (1) الطرائق المرجعية المستخدمة في التحليل الكيميائي لعينات جذوع البامياء الشامية المطحونة.

اسم المرجع	اسم الطريقة	أهم الشروط المخبرية المتبعة في التحليل	التحليل الكيميائي
(Wise, Murphy and D'Addieco, 1946)	كلوريت (NaClO ₂) الصوديوم	غليان لمدة ربع ساعة	هولوسيليلوز
(Wilson, Ringstrom and Hedlund, 1955)	9T 203 cm- 9	الاستخلاص بمحلولي مائات الصوديوم على التوالي -17.5% 9.45%	ألفا سيليلوز القاعدية
(Tunc and van Heiningen, 2008)	T264 om-88	تمت الهدرلة بوسط حمضي	هيميسيليلوز
(Schoening and Johansson, 1965)	T 222 om-02	تم هدلزة الفحوم الهيدروجينية بحمض الكبريت 72%.	اللغنين الحمضي الغير المنحل (لغنين كلاسون) (Klason lignin)
(T 204 cm-97, 1997)	TAPPI Standard (T 204 cm)	زمن الاستخلاص 6 ساعات	الإتحالية بمزيج إيتانول 97% بنزن (2:1)
(T 207 cm-99, 1999)	TAPPI Standard (T 207 cm)	تم الاستخلاص بحمام مائي لمدة 3 ساعات	الإتحالية بالماء الساخن
(T 211 om-93, 1993)	TAPPI Standard (T 211 om)	تم وضع العينة في بوتقة بورسلان للحرق ومن ثم الترميد	الرماد

4-2-3 التحليل الشكلي: غُليت الألياف اللحائية والألياف الأساسية كلاً على حدة في ماء مقطر حتى رسبت في قعر البيشر. ووضعت تلك الألياف في أنابيب اختبار يحوي كلاً منها على مزيج متساوي الحجم من حمض الخل الثلجي والماء الأوكسجينيني (35%). غُليت تلك الأنابيب في حمام مائي حتى ابيضاض القطع بشكل كامل. وغُسلت جيداً بالماء المقطر ووضعت في أنبوب اختبار ليتم خلطها بمزيج متساوي الحجم من الكحول المطلق والماء المقطر في حمام مائي يعمل بالأشعة فوق الصوتية. بعد الفصل والترشيح والتجفيف أخذت مقاطع مكبرة لخمسين نسيج غير مُخرَّب وغير منقطع لقياس طول النسيج وعرضه، وقطر التجويف، وسمك جدار الخلية، وذلك لحساب كل من معدل رانكل Runkel، ومعامل المرونة Flexibility والتليبد Felting.

4-2-4 صناعة العجينة: وضعت الألياف المختبرة في مبخر دوار سعة 5 لتر بدرجة حرارة 140-150⁰م/ساعة. واستعملت مزائج من محاليل أحادي إيتانول أمين والأنتراكينون وكربونات الصوديوم بنسب مئوية (الجدول، 2) وذلك لتحديد شروط العجن المثلى. غُسلت العجينة بشكل جيد بالماء وجففت وفصلت الألياف المتبقية عن العجينة باستعمال جهاز ساندرز، ثم مُدَّت العجينة مدة ربع ساعة مع رجها يدوياً وفصل الوحل المتبقي منها وإعادة تجفيفه. أما العجينة الناتجة فقد تم نشرها على قماش كتان حفظت بدرجة حرارة 4⁰م بعيداً عن الضوء. وحدد رقم كابا Kappa لجميع العينات مع عددٍ من التحاليل الميكانيكية: قرائن التمزق Tear (T 414 om-98, 1999)، الشد Tensile (T 494 om-01)، الانفجار (T Burst)، قرائن التمزق Breaking length (T 403 om-97, 1999)، والطول عند الكسر (T 231 om-96, 1999).

الجدول (2) يبين شروط عملية العجن.

نسبة ثخانة جدار الخلية إلى قطر تجويف ألياف الجذع	النسبة المئوية (%)			درجة الحرارة (°C)	زمن معالجة العجينة (دقيقة)	المعالجة	رمز العينة	
	الأنتراكينون	كربونات الصوديوم	أحادي إيتانول أمين					
0.55	0	-	100	140	100	بأحادي إيتانول أمين	X1	
			75				X2	
			50				X3	
			38				X4	
			25				X5	
	0.3			100			بمزيج أحادي إيتانول أمين والأنتراكينون	Y1
				75				Y2
				50				Y3
				38				Y4
				25				Y5
0.37			-	150	150	بمزيج كربونات الصوديوم والأنتراكينون	Z1	
							10	Z2
							13	Z3
					16		Z4	
					10		Z5	
					13		Z6	

النتائج والمناقشة

1-3- نتائج التحليل الكيميائي: يبين الجدول (3) مقارنة التركيب الكيميائي للألياف اللحائية والأساسية للبياميا مع نتائج بحوث أخرى كنتائج دراسة Ohtani وزملائه (2001) و Ashori (2006)، ويساعد ذلك في فهم طبيعة الورق الكيميائية الناتجة عن عجينة ألياف البياميا التي تخضع لدرجات حرارة عالية، وتتحلل طبيعياً مع مرور الوقت. ويظهر في الجدول (3) اختلافاً إحصائياً غير معنوي عند مستوى معنوية 0.5 وارتباطاً إيجابياً قوياً باستعمال التحليل الإحصائي للنسخة 16.0 لبرنامج SPSS. كما يُلاحظ بأن متوسط محتوى الهولوسيليلوز 70.02% في الألياف اللحائية ونحو 66.5% في الألياف الأساسية للبياميا. وإن ارتفاع محتوى الهولوسيليلوز في الألياف اللحائية سيزيد مردود العجينة بالإضافة إلى تحسين خواص القوة لها بشكل أفضل من العجينة المصنعة من الألياف الأساسية. كما أظهرت النتائج زيادة نسبة ألفا سيليلوز في الألياف اللحائية (49.27%) عن تلك الموجودة في الألياف الأساسية (38.91%) وهذا مفضل لدى صناع الورق بشكل عام، أما ارتفاع محتوى ألفا سيليلوز في الألياف اللحائية فيترافق مع تحسين بعض خواص العجينة كارتفاع قوة الشد والليونة وعدم الانحلالية في الماء وامتصاص المواد المضافة. ويظهر الجدول (3) اختلافاً ملحوظاً بمحتوى الهيميسيليلوز وارتفاعه في الألياف اللحائية 20.46%. وعلى الرغم من أن الهيميسيليلوز يقوي جدران الخلايا ويدعمها إلا أن فوائده بتحسين خواص العجينة مثل قوة الشد تبقى غير معروفة. كما أنّ انخفاض محتوى الليغنين في الألياف اللحائية 10.89% إلى

نصف هذا المحتوى في الألياف الأساسية 22.44 % يوفر نصف كمية المواد الكيميائية المضافة لإزالة الليغنين. كما يلحظ من الجدول (3) انخفاض انحلالية العجينة المصنعة من الألياف اللحائية بمزيج إيتانول- بنزن وانخفاض انحلالياتها أيضاً في الماء الساخن. أما محتوى الرماد فهو أعلى بنحو 4-5 أضعاف من الورق التجاري المصنوع من الألياف الخشبية، وإن ارتفاع هذا المحتوى سيرفع مقدار استهلاك القلوي وخسارة أكبر لعناصر كيميائية كالسيليكا والبوتاسيوم والمغنيزيوم في الطور السائل المتشكل عند طحن العجينة.

الجدول (3) مقارنة التركيب الكيميائي للألياف اللحائية والأساسية للبامياء مع نتائج بحثين آخرين هما: بحث A: Ohtani وزملاؤه (2001)، بحث B: Ashori (2006).

الأساسية			اللحائية			الألياف
البامياء	بحث B	بحث A	البامياء	بحث B	بحث A	التركيب الكيميائي (%)
66.55	75.5	76.6	70.02	82.6	79.6	هولوسيليلوز
38.91	46.1	45.3	49.27	56.4	69.8	ألفا سيليلوز
13.75	29.7	24.8	20.46	26.2	15.3	هيميسيليلوز
22.44	22.1	19.0	10.89	14.7	9.2	الليغنين
3.1	2.2	3.0	2.0	2.7	3.4	الانحلالية بمزيج إيتانول 97%: بنزن (2:1)
4.5	3.9	7.5	4.0	3.4	15.9	الانحلالية بالماء المقطر الساخن
4.0	1.6	1.4	4.9	2.2	1.1	الرماد
	0.5835	0.6078		0.9632	0.9242	<i>p-value Two tailed</i> للبحث الحالي والبحث المقارن
	0.5648	0.5283		0.0472	0.0974	<i>t-value</i> للبحث الحالي والبحث المقارن
	11	11		11	11	<i>Df</i>
	0.9518	0.9681		0.9958	0.9698	<i>R² (0.05 Level)</i>

2-3- نتائج التحليل الشكلي: يظهر الجدول (4) الخواص الشكلية للألياف اللحائية والأساسية للبامياء. وتُلاحظ في الجدول (4) أن قيم حدود الثقة Confidence limits منخفضة عند مستوى ثقة 95% confidence level للتحاليل الشكلية، وذلك لكل من الألياف اللحائية والأساسية على حدة. كما دلت حدود الثقة على انسجام ودقة Precision التحاليل المقاسة لكل من تلك الألياف. وظهرت فروقات إحصائية معنوية جداً بين دراسة الخصائص الشكلية لكل من الألياف اللحائية والأساسية ($\text{two-tailed } p\text{-value} \leq 0.0001$)، وكانت أيضاً الفروقات الإحصائية معنوية جداً عند قياس سمك جدار الخلية ($\text{two-tailed } p\text{-value} = 0.0021$) وذلك لدى $\alpha (0.05)$ ، وعدد درجات الحرية (98) وهذا يدل على انسجام المعطيات التجريبية لتحاليل الخصائص الشكلية المدروسة للألياف اللحائية والأساسية معاً. بالإضافة إلى ما ذكر، فقد كافيء طول الليف اللحائي طول الألياف الخشبية الطرية والخيزران أما طول الليف الأساسي فهو يقابل طول الألياف الخشبية

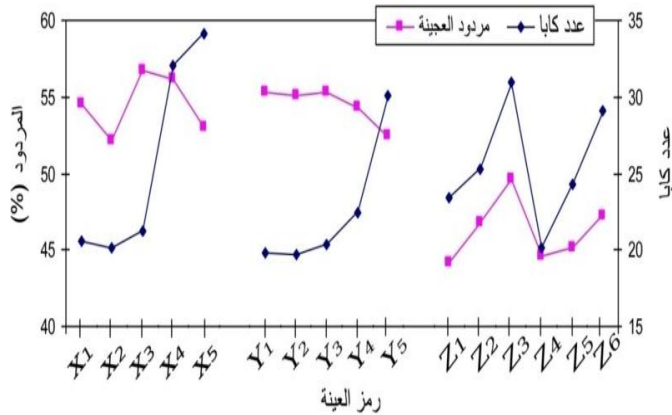
القاسية. كما أن زيادة طول الليف اللحائي سيرفع نسبياً من مسامية الورقة مع ظهور قوى شد أفضل. كما أنّ عرض الليف اللحائي هو أقل بنحو 3 ميكرون من عرض النسيج الأساسي وثخانة الجدار الخلوي متماثل تقريباً لهما. إنّ معامل التليبد لدى الليف اللحائي هو أكبر بأربع مرات من الليف الأساسي وأعلى من قريناتها في الأشجار الصنوبرية بنحو مرتين مما يرفع من مرونة الليف اللحائي وهذا ما يفيد في عمليات ربط الليف وشبكه (Ververis وزملاؤه، 2004). نادراً ما تُصنّع الأوراق من نوع واحد من الألياف أو من عجينة متجانسة. فهي تصنع من خليط من أنواع مختلفة لأسباب اقتصادية تراعي جودة المنتج. كما ذكر سابقاً تقع الخصائص الكيميائية والشكلية للألياف اللحائية والأساسية في مجال الأخشاب اللينة والقاسية، لذلك يماثل الساق مزيجاً من ألياف الخشب القاسي (65% من الوزن) والخشب اللين (35% من الوزن) في كثير من التطبيقات (Chandra، 1998). من ناحية أخرى، من أجل مقارنة البامياء مع الخشب كمصدر للمواد الخام في صناعة الورق يجب دراسة التكلفة الاقتصادية لفصل الألياف والتصنيع لذلك فإنّ استعمال الألياف من سوق البامياء سيخفض التكاليف.

الجدول (4) يبين الخصائص المورفولوجية في الألياف اللحائية والأساسية.

SED	t	الألياف الأساسية للبامياء			الألياف اللحائية للبامياء			الخصائص المورفولوجية
		حدود الثقة	حدود المجال	$\bar{x} \pm SD$	حدود الثقة	حدود المجال	$\bar{x} \pm SD$	
0.048	45.9732	0.03±	1.4-0.4	0.11±0.9	0.09±	4.1-2.1	0.32±3.1	طول النسيج (مم)
0.480	5.8353	0.72±	25.8-18.0	2.6±21.9	0.60±	21.7-16.4	2.18±19.1	عرض الليف (ميكرون)
0.063	3.1623	0.11±	6.2-4.8	0.4±4.8	0.06±	5.6-4.4	0.2±5.0	سمك جدار الخلية (ميكرون)
0.098	55.0906	0.13±	15.8-13.0	0.5±14.4	0.14±	9.8-8.5	0.5±9.0	عرض التجويف (ميكرون)
1.196	35.3557	1.28±	90.2-85.4	4.6±87.8	1.97±	143.9-116.4	7.1±130.1	معدل رانكل
2.573	54.4183	1.16±	61.6-22.0	4.2±41.8	4.91±	218.8-144.8	17.7±182	معامل التليبد
1.065	25.3779	1.33±	95.2-70.8	4.8±83.0	1.61±	62.4-49.6	5.8±55.98	حد المرونة

3-3- نتائج العجن مخبري: يُلاحظ من نتائج عمليات العجن (الشكل، 1) ارتفاع عدد كايا عند استعمال تراكيز منخفضة من أحادي إيتانول أمين (أقل من 20%) وهذا ما أدى إلى خسارة في المواد المستعملة أثناء صناعة العجينة وصعوبة فصل الألياف. وعند زيادة التركيز الوزني المثوي لأحادي إيتانول أمين إلى 25% لوحظ انخفاض عدد كايا وانخفاض محتوى الليغنين في الألياف وترسبه جزئياً، لذلك كان لابد من زيادة تركيز أحادي إيتانول أمين المستخدم بين 25-100% الذي حسن خواص القصر لدى العجينة. وقد تبين أن أفضل الشروط للتخلص من المركبات غير سيليلوزية هي:

1. عند استعمال 50% أحادي إيتانول أمين و0.3% أنتراكينون عند درجة حرارة 140⁰م مدة 100 دقيقة، وبلغ المردود 55.8% محسوبة على شكل نسبة مئوية وزنية جافة لرقائق العجينة المصنعة. وهذه النسبة كانت أعلى من مردود عجينة الورق المصنع من قشور الرز أو الحلفاء أو الخيزران (Chandra, 1998)، والكرافت (Ashori, 2006)، وقصب السكر (Andrade و Colodette, 2014)، وجذوع الكافور (Gominho، وزملاؤه، 2014)، وأوراق جوز الهند (Das وزملاؤه، 2015) بالإضافة إلى عدد كايا 20 وقرينة الشد 20 غ.نيوتن¹⁻* م² وقرينة التمزق 5.8 غ.نيوتن* م² عند مستوى معنوية 0.05 وقرينة الانفجار 1.2 غرام/كيلوباسكال* متر² وطول الكسر 1.75كم.
2. عند استعمال مزيجاً من 16% كربونات صوديوم و0.3% أنتراكينون عند درجة حرارة 150⁰م لمدة 100 دقيقة، بلغ المردود 48.2% ورقم كايا 24.8 وقرينة الشد 17.8 غرام/نيوتن* متر² وقرينة التمزق 7.7 غ.نيوتن¹⁻* متر² عند مستوى معنوية 0.05 وقرينة الانفجار 1.2 غ.كيلوباسكال* متر² وطول الكسر 1.82كم.



الشكل (1) مقارنة عدد كايا والمردود لعينات ألياف جذع البامياء وفقاً للطرائق الثلاثة المستخدمة في معالجة العجينة.

الاستنتاجات

1. أظهرت نتائج التحاليل الكيميائية والشكلية اختلاف تركيب الألياف اللحائية والأساسية في البامياء بارتفاع السيليلوز وانخفاض الليغنين في الألياف اللحائية.
2. إن استعمال ألياف السوق دون فصل الألياف اللحائية والأساسية في صنع العجينة قد أكسب العجينة خواصاً جيدة بعدد كابتا منخفض ومردود عالي (الشكل، 1).
3. تفوق مردود المعالجة باستعمال أحادي إيتانول أمين على مردود المعالجة بمزيج أحادي إيتانول أمين والأنتراكينون وعلى مردود المعالجة بمزيج كربونات الصوديوم والأنتراكينون.
4. أدى التخلص من الليغنين أثناء المعالجة باستعمال 0.3% أنتراكينون إلى تحسين خواص قوة العجينة.

التوصيات

توصي هذه الدراسة باستثمار ألياف ساق البامياء بالمعالجة بمزيج من 50% أحادي إيتانول أمين و 0.3% أنتراكينون لنزع الليغنين وذلك لصنع عجينة ورق بخواص مرغوبة تصنيعياً.

REFERENCES المراجع

1. Aguir J.L., McGiffin M., Natwick, E., and E. Takele. 2011. Okra production in California, UC Vegetable Research and Information Center.
2. Alaejos J., López F., Eugenio M.E., and R.Tapias. 2006. Soda-anthraquinone, kraft and organosolv pulping of holm oak trimmings, *J. Bioresource Technology*. 97 (16): 2110–2116.
3. Andrade M.F., and J.L. Colodette. 2014. Dissolving pulp production from sugar cane bagasse, *Industrial Crops and Products*. 52: 58-64.
4. Ashori A. 2006. Pulp and paper from kenaf bast fibers, *J. Fibers and Polymers*. 7 (1): 26–29.
5. Chandra M. 1998. Use of nonwood plant fibers for pulp and paper industry in Asia: Potential in China, Master's thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, USA.
6. Das A.K., Nakagawa-izumi A., and H. Ohi. 2015. Evaluation of pulp quality of three non-wood species as alternative raw materials for paper production, *Japan TAPPI Journal*. 65 (5).
7. Ekhuemelo D.O., and K. Tor. 2013. Assessment of fiber characteristics and suitability of maize husk and stalk for pulp and paper production, *Journal of Research in Forestry, Wildlife and Environment*. 5 (1).
8. Fagbemigun T.K., Fagbemi O.D., Otitoju O., Mgbachiuzor E., and C.C. Igwe. 2014. Pulp and paper-making potential of corn husk, *Int. J. AgriScienc*. 4 (4): 2019-213.
9. Ferrer A., Vega A., Rodríguez, A., and L. Jiménez. 2013. Acetosolv pulping for the fractionation of empty fruit bunches from palm oil industry, *J. Bioresource Technology*. 132: 115–120.
10. Gominho J., Lopes C., Lourenco A., and H. Pereira, 2014. Eucalyptus globules stumpwood as a raw material for pulping, *BioResources*. 9 (3): 4038-4049.
11. Jiménez L., Rodríguez A., Calero A.M., and M.N. Eugenio. 2004. Use of ethanalamine-soda-water mixtures for pulping olive wood trimmings, *J. Chemical Engineering Research and Design*. 82 (8): 1037–1042.

12. Kamoga O.L.M., Byaruhanga J.K., and J.B. Kirabira. 2013. A Review on Pulp Manufacture from Non Wood Plant Materials, *International Journal of Chemical Engineering and Applications*. 4 (3): 144-148.
13. Madakadze I.C., Radiotis T., Li J., and D.L. Smith. 1999. Kraft pulping characteristics and pulp properties of warm season grasses, *Bioresource Technol.* 69: 75-85.
14. Marques G., Rencoret J., Gutiérrez A., and J.C. del Río. 2010. Evaluation of the chemical composition of different non-woody plant fibers used for pulp and paper manufacturing, *The Open Agricultural Journal*. 4: 93-101.
15. Ohtani Y., Mazumder B.B., and K. Sameshima. 2001. Influence of the chemical composition of kenaf bast and core on the alkaline pulping response, *J. Wood Science*. 47 (1): 30–35.
16. Oppong-Sekyere D., Akromah R., Nyamah E.Y., Brenya E., and S. Yeboah. 2011. Characterization of okra (*Abelmoschus* spp. L.) germplasm based on morphological characters in Ghana, *Journal of Plant Breeding and Crop Science*. 3(13): 367-378.
17. Paavilainen L. 1994. Fine paper from certain grass species, Paper presented at the Non-wood Fibres for Industry Conference. Pira Int. Silsoe Res. Inst. Joint Conf. Pira Int Leatherhead, Surrey, UK.
18. Schoening A.G., and G. Johansson. 1965. Absorptiometric Determination of Acid-Soluble Lignin in Semichemical Bisulfite Pulps and in Some Woods and Plants, *J. Svensk Papperstid.* 68: 607.
19. Sharma M., Sharma C.L., and Y.B. Kumar. 2013. Evaluation of Fiber Characteristics in some weeds of Arunachal Pradesh, India for Pulp and Paper Making, *Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences*. 1 (3): 15-21.
20. Shike M., Winawer S.J., Greenwald P.H., and A. Block. 1990. Primary prevention of colorectal cancer. The WHO Collaborating Centre for the Prevention of Colorectal Cancer, *Bull World Health Organ.* 68: 377-85.
21. T 211 om-93. 1993. TAPPI Test method.
22. T 204 cm-97. 1997. TAPPI Test method.
23. T 494 om-01. 1999. TAPPI Test method.
24. T 231 om-96. 1999. TAPPI Test method.

- 25.T 403 om-97. 1999. TAPPI Test method.
- 26.T 414 om-98. 1999. TAPPI Test method.
- 27.T 207 cm-99. 1999. TAPPI Test method.
- 28.Tunc M.S., and A. van Heiningen. 2008. Hemicellulose extraction of mixed southern hardwood with water at 150 °C: Effect of time, J. Industrial and Engineering Chemical Research. 47: 7031–7037.
- 29.Ververis C., Georghiou K., Christodoulakis N., Santas P., and R. Santas. 2004. Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and their suitability for paper production, Industrial Crops and Products. 19 (3): 245–254.
- 30.Wilson K., Ringstrom E., and I. Hedlund. 1955. The Alkali Solubility of Pulp, J. SvenskPapperstid. 55 (2): 31–37.
- 31.Wise L.E., Murphy M., and A.A. D'Addieco. 1946. Chlorite holocellulose, its fractionation and bearing on summative wood analysis and studies on the hemicelluloses, J. Pap Trade. 122 (2): 35–43.

Received	2015/04/27	إيداع البحث
Accepted for Publ.	2015/07/14	قبول البحث للنشر