جامعة الملك سعود
King Saud University

الجمعية السعودية للعلوم الزراعية
SAUDI SOCIETY FOR AGRICULTURAL SCIENCES

مجلة الجمعية السعودية للعلوم الزراعية

نصف سنوية محكمة

تصدر عن الجمعية السعودية للعلوم الزراعية - جامعة الملك سعود

المجلد الثاني والعشرون- العدد الثاني (أ) يونيو 2023م

ردمد: X ٠٧٧ - ١٦٥٨

قواعد النشر بمجلة الجمعية السعودية للعلوم الزراعية

قواعد عامة

١- ألا يكون البحث قد سبق نشره.

٢- ألا تزيد عدد صفحات البحث عن ١٥ صفحة شاملة الجداول والمراجع.

٣- لا يجوز سحب البحث بعد إقرار نشره في المجلة.

د- لا ترد البحوث المقدمة للمجلة.

٥- أن يكون البحث مكتوباً بأي من اللغتين العربية أو الانجليزية على أن يرفق ملخص البحث باللغة الأخرى.

تعليمات عامة

١- يقدم البحث من أصل ونسختين وتكون الكتابة على مسافة مزدوجة وعلى ورق مقاس (A4) على وجه واحد، ويجب ترقيم الصفحات والجداول والأشكال ترقيماً متسلسلاً. وتقدم الجداول والصور واللوحات على صفحات مستقلة مع تحديد أماكن ظهورها في المتن.

٢- يتصدر البحث ملخص في حدود ٢٠٠ كلمة توضح هدف البحث وطريقته وأهم النتائج.

٣- تنسق الكتابة تحت عناوين رئيسة هي: المقدمة، طرق البحث ومواده، النتائج، المناقشة والمراجع.

المراجع

يشار إلى المراجع في المتن باسم المؤلف وسنة النشر (داخل قوسين) وترتب قائمة المراجع ترتيباً أبجدياً طبقاً لاسم المؤلف وسنوياً طبقا للمؤلف الواحد، وبحيث يشمل كل مرجع اسم المؤلف (أو المؤلفين) وسنة النشر وعنوان البحث، ثم اسم الدورية ورقم المجلد وأرقام الصفحات المنشور فيها البحث.

مثال (بحث في دورية علمية)

علي، محمود أحمد؛ باشة، محمد علي؛ دسوقي، فرحات. (١٩٩٩). تأثير بعض منظمات النمو على السرطانات وصفات ثمار ومحصول أشجار التين والرمان. مجلة جامعة الملك سعود (العلوم الزراعية)،١١(٢): ١٥٧-١٦٩.

وفي حالة الكتب يذكر اسم المؤلف (أو المحرر) وسنة النشر وعنوان الكتاب واسم الناشر ومكان النشر. أما الرسائل فيذكر عنوانها بعد اسم المؤلف مع ذكر الجهة المانحة للرسالة وتاريخ الرسالة وعدد صفحاتها.

مثال لكتاب (تأليف)

عويضة، عصام حسن. (١٩٩٧). أساسيات تغذية الإنسان. جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية، عدد الصفحات.

مثال (لفصل مؤلف في كتاب – تحرير)

شلينبرقر، ج.أ. (١٩٧٨). إنتاج واستخدامات القمح في: كيمياء وتقنية القمح (تحرير Y. Pomeranz). لجمعيةالأمريكية لكيميائيي الحبوب، سانت بول، منيسوتا، الولايات المتحدة الأمريكية. رقم الصفحات (١-٨).

مثال (لفصل مؤلف في كتاب)

الدريهم، يوسف ناصر. (١٩٩١). استخدام الفيرومونات في مجال حماية الحبوب في: آفات الحبوب والمواد المخزونة وطرق مكافحتها. (المؤلفين). جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية، رقم الصفحات ١٦٩-١٧٥.

مثال لكتاب (ترجمة)

ذيب، فوزي سعيد؛ العمود، أحمد إبراهيم (مترجمان). (١٩٩٧). نظم وعمليات الري السطحي (تأليف K. Melvyn) جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية. عدد الصفحات.

مثال لرسالة

العبد اللطيف، عبد العزيز عبدالله. تأثير التريبش المبكر على كفاءة النمو، صفات الذبيحة وبعض معايير الدم في الدجاج البلدي. رسالة ماجستير، جامعة الملك سعود (١٩٩٤). ١٩٨صفحة.

الاختصارات والوحدات

تختصر عناوين المجلات والدوريات طبقاً للقائمة العالمية للدوريات العلمي The World list of Scientific periodicals. تستخدم الاختصارات المقننة دولياً بدلاً من كتابة الكلمات كاملة مثل سم، مم، م، كم، سم٢، مل، ملجم، كجم، % الخ ... مع ضرورة إتباع نظام الوحدات العالمي (SI).

الجداول والأشكال والصور

يجب أن تكون الجداول والرسومات واللوحات مناسبة لمساحة الصف في صفحة المجلة على أن تكون الصور والأشكال واضحة التفاصيل. ويكتب خلف كل شكل أو صورة بالقلم الرصاص عنوان مختصر للبحث ورقم الشكل المسلسل.

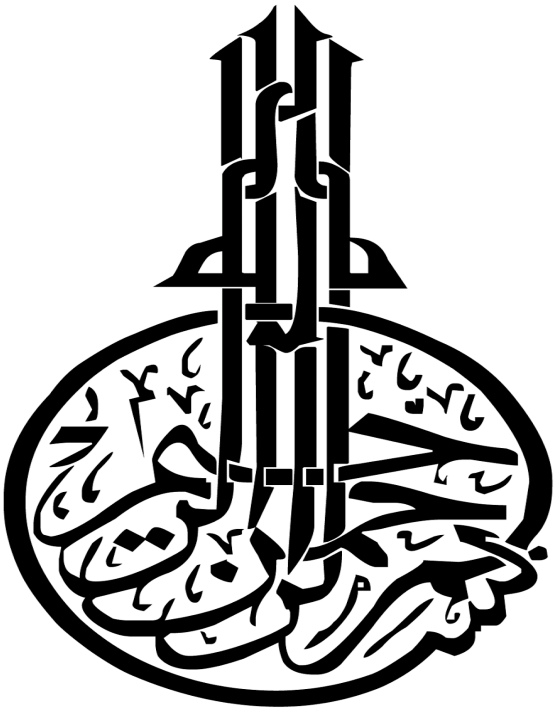
تعليمات الطباعة

تتم الطباعة طبقا للبرنامج IBM-MS Word, latest version نوع البنط Traditional Arabic وحجم بنط العنوان الرئيس ١٦أسود في منتصف الصفحة وحجم ١٤ عادي للنص والحواشي وذلك إذا كان البحث باللغة العربية، أو Times New Roman إذا كان البحث باللغة الإنجليزية على أن يكون حجم بنط العنوان الرئيس ١٢ أسود (Bold) في منتصف الصفحة، وحجم البنط للنص والحواشي ١٠ عادي.

المراسلات

ترسل جميع المراسلات إلى المجلة باسم:

رئيس التحرير
مجلة الجمعية السعودية للعلوم الزراعية
كلية علوم الأغذية والزراعة، جامعة الملك سعود
ص.ب ٢٤٦٠ الرياض ١١٤٥١ المملكة العربية السعودية
هاتف ٤٦٧٤١١٤ ١ ٩٦٦ +
فاكس ٤٦٧٨٦٢٩ ١ ٩٦٦ +
بريد الكتروني: ssas@ksu.edu.sa



مجلة الجمعية السعودية للعلوم الزراعية

تصدر عن الجمعية السعودية للعلوم الزراعية – جامعة الملك سعود

هيئة تحرير مجلة الجمعية السعودية للعلوم الزراعية

أ.د. عبد رب الرسول بن موسى العمران	رئيسا
د. عبدالعزيز ثابت بن ظبية	عضوا
د. محمد بن عبداللطيف النفيسه	عضوا
د. غدير مسلم صخيل الشمري	عضوا
د. خالد بن فيحان المطيري	عضوا
د. إبراهيم عبدالله الحيدري	عضوا
د. هتان بن أحمد الحربي	عضوا
د. صالح منصور الغامدي	عضوا
م. أحمد حسن حراب	سكرتير تحرير

مجلة الجمعية السعودية للعلوم الزراعية

كلية علوم الأغذية والزراعة – جامعة الملك سعود

ص.ب 2460 الرياض 11451

إيميل: jssasarabic@ksu.edu.sa & ssas@ksu.edu.sa

المملكة العربية السعودية

مجلة الجمعية السعودية للعلوم الزراعية

المجلد الثاني والعشرون
العدد الثاني (أ)

٢٠٢٣م (١٤٤٤هـ)

الناشر

الجمعية السعودية للعلوم الزراعية

جامعة الملك سعود – كلية علوم الأغذية والزراعة

ص.ب ٢٤٦٠ – ١١٤٥١ – المملكة العربية السعودية

دراسة خصائص مساحيق سعف نخيل التمورعالية الألياف

حمد عبد الرحمن العسكر[١]، الحسين محمد آل عواض[١]، علي إبراهيم حوباني[١]، عبد اللطيف عبد الحاكم محمد[٢]

١قسم الهندسة الزراعية، كلية علوم الأغذية والزراعة، جامعة الملك سعود

٢قسم علوم الأغذية والتغذية، كلية علوم الأغذية والزراعة، جامعة الملك سعود

ملخص البحث:

تنتج من العمليات الزراعية للنخيل بعض المخلّفات ومن أهمها السعف الذي يحتوي على كمية عالية من الألياف، فإنه من الأهمية بمكان الاستفادة من هذه المخلفات وتحويلها إلى منتج ذو قيمة مضافة لدعم اقتصاد قطاع الزراعة بالمملكة العربية السعودية. كما أن ذلك سوف يساهم في حل بعض المشاكل البيئية الناتجة عن التخلص من تلك المخلفات. ويهدف هذا البحث إلى دراسة خصائص مساحيق عالية بالألياف من بعض أجزاء سعف نخيل التمور (الورق، والنصل، والكربة) لأهم أصناف النخيل (السكري، والخلاص، والصقعي) المزروعة في المملكة. وبيّنت نتائج الدراسة أن أعلى مكونات المسحوق الكيميائية لجميع الأصناف كانت الكربوهيدرات، الرماد، الدهون، على التوالي، وأقلها كان البروتين. وكانت الألياف الغذائية غير الذائبة أعلى من الذائبة، وتزداد الكثافة الظاهرية والكثافة بعد الطرق مع صغر حجم الحُبيبات. وتبين من نتائج الخصائص الطبيعية أن المسحوق موصل ضعيف للكهرباء، منخفض الحموضة، جاف جدًّا، وجميع قيم النشاط المائيّ أقل من (0.61). كما لوحظ أن الأس الهيدروجيني لجزء الورق ينخفض مع صغر الحجم الحبيبي في صنف السكري والخلاص. واتضح أيضاً أن الأعلى نشاطاً مائياً هو جزء الورق، يليه النصل، ثم الكربة. وتبين أن لون المسحوق لجميع الأصناف والأجزاء قريبة من درجة اللون البنّيّ وأن السطوع لمسحوق جزء الورق يقل مع صغر الحجم الحُبيبي، كما أن قيمة اللون الكلي يزداد مع صغر حجم الحُبيبات. وتبيّن من الخصائص الوظيفية للمسحوق أن الحجم الحبيبي لم يؤثر على قدرة الاحتفاظ بالماء لمسحوق كلاً من ورق السكري والخلاص، بينما كان له أثر ملحوظ

لمسحوق ورق الصقعي، وأيضًا كان له أثر على مساحيق النصل، والكربة لجميع الأصناف. ولوحظ أيضاً أن قدرة الاحتفاظ بالزيت ومؤشر الذوبانية بالماء تزداد مع صغر حجم الحُبيبات، وأن قدرة التمدد لم تتأثر بحجم الحُبيبات عدا في مسحوق نصل الصقعي وكربة الخلاص.ويمكن الاستفادة من المسحوق الخشن والمتوسط في تعليف الحيوانات، بينما المسحوق الناعم والناعم جداً كمدعم غذائي يضاف إلى الخبز او الكعك. وأيضاً يمكن الاستفادة من المسحوق في تطبيقات التعبئة والتغليف.

الكلمات الدالة: مساحيق، سعف، النخيل، الألياف، الورق، النصل، الكربة.

المقدمـة:

تعتبر أشجار النخيل من أهمّ الأشجار الاقتصادية والصناعية والغذائية في الوطن العربي عامة والمملكة العربية السعودية خاصة. تحتل المملكة العربية السعودية مرتبه متقدمة في زراعة النخيل وإنتاج التمور حيث يبلغ عدد أشجار النخيل ما يزيد عن ٣١ مليون نخلة (المركز الوطني للنخيل والتمور، 2020). ينتج من العمليات الزراعية بعض المخلفات من النخيل، وذلك يشكّل عبئًا كبيرًا على المنتجين، وقد يتم التخلّص منها كمخلّفات أو حرقها، وبالتالي تساهم في الثلوّث البيئي. يعتبر السعف من أهمّ مخلّفات عمليات التقليم، حيث يقدَّر عدد السعف الناتج كمخلّفات من زراعة النخيل في المملكة العربية السعودية بحوالي 341 مليون سعفة سنويًّا، تزن أكثر من 577 ألف طن سنويًّا (الفدا، 2016). وتعرف السعفة (Frond) بأنها عبارة عن الورقة المركّبة الريشية للنخل، ويتراوح طولها ما بين 3–6 أمتار تبعاً للصنف والظروف البيئية. وتنقسم السعفة إلى قسمين: علويّ ويشمل النصل (Blade) والخوص أو الوريقات (Leaflet)، وسفليّ يسمى الكربة (Petiole) وهي قاعدة السعفة.

يتكون سعف النخيل من السليولوز cellulose والهيميسيلولوز hemicellulose واللجنين lignin. حيث يحتوي على ما يقارب 35% سليولوز، الذي يعتبر مصدرًا مهمًّا للألياف الطبيعية (El-Shafey *et al*., 2011). ويستخدم السليولوز في تصنيع الأوراق، المنسوجات، مواد البناء والكرتون (Sherif, 2014). وأيضاً يستخدم السليولوز المتبلور حرارياً لإنتاج حاجز غير قابل للذوبان في الزيت نسبيًا مما يقلل امتصاص الزيت بنسبة تصل إلى ٥٠% أثناء القلي. وأيضاً يستخدم السليولوز لزيادة لزوجة مشروب الشوكولاتة وتماسكه. وغالبًا ما يستخدم السليلوز في استحلاب المنتجات الغذائية (Stephen *et al*., 2006). ويستخدم السليولوز المعدل فيزيائيًا لإنتاج دقيق السليولوز الذي يستخدم في صناعة خبز منخفض السعرات الحرارية (Ates *et al*., 2016). في دراسة على قياس مكونات سعف ثلاثة أصناف من النخيل البرحي، الصقعي والسكري، حيث قيست نسبة السليولوز والهيميسيلولوز واللجنين في النصل لجميع الأصناف الثلاثة، فكان لصنف البرحي 47، 23 و 26 %، على التوالي؛ ولصنف الصقعي 48، 19، و31%، على التوالي؛ ولصنف السكري 47، ،22 و30%، على التوالي (Hegazy *et al*., 2015). كما قام (Nasser *et al*., 2016) بدراسة أجزاء مختلفة من نخلة صنف السكري، وهي الكربة، والنصل، والورق، وتبيّن أن نسبة السليولوز في كل منها 43، 45، و47%، على التوالي، ونسبة هيميسيلولوز 31، 28، و١٦%، على التوالي، ونسبة اللجنين 25، 26، و36%، على التوالي. وأظهر التحليل الكيميائي لسعف النخيل أنّه يتكوّن من الكربوهيدرات، والدهون، والبروتين، والرماد، بنسب مختلفة ويختلف وفقًا للنوع والجزء المحدّد للتحليل (Tamunaidu and Saka,2011). وفي مقارنة بين أوراق السعف الخضراء وأوراق السعف الجافة، تبيّن أن أوراق السعف الخضراء تحتوي على بروتين، ودهن، وألياف، ورماد، أعلى من أوراق سعف النخيل الجافّة (الفدا، 2016). يحتوي سعف النخيل أيضاً على عدد من العناصر المعدنية، مثل الكربون، والهيدروجين، والنيتروجين، والأوكسجين (Nasser *et al*., 2016). وتبين من التحليل الكيميائي للعناصر المعدنية لمسحوق سعف النخيل أن نسبة النيتروجين، والفوسفات، والبوتاسيوم، والصوديوم، والكالسيوم، والماغنيسيوم، والحديد كانت 28، 0.4، 67، 2.7، 1.3، 0.25، 0.25%، على التوالي (Al-Adili *et al*., 2015). وقد

أشارت بعض الأبحاث إلى إمكانية استخدام سعف النخيل في صناعة الأعلاف الحيوانية، حيث تم استخدام سعف النخيل في تغذية الحيوانات المجترة، فقد استخدم (عاطف ومحمد، ٢٠٠٤م) سعف النخيل في تغذية الأبقار وعمل مقارنة بين استخدام السعف علفاً والتبن، وأظهرت النتائج عدم وجود فروق معنوية بين المادتين سعف النخيل والتبن، من حيث تأثيرهما في إنتاج الحليب ومكوناته من الدهن والبروتين. وتبيّن في دراستهما أن سعف النخيل وهو جافّ يحتوي على: ٥ % بروتين، و ٢ % دهن، و ٣٥ % ألياف، و ٨ % رماد. وأفادت دراسة أخرى لهما في استخدام أوراق النخيل بدلا من التبن، وكذلك نوى التمر بدلا من حبوب الذرة، على نموّ ذكور الأغنام، والكفاءة الغذائية؛ فقد استخدما في دراستهما أعلافا متكاملة من (أوراق النخيل، ونوى التمر، والذرة، وتبن الفول، والعلف المركّز)، وغذيت العلائق لعدد ١٥ من ذكور الأغنام النامية، وكان متوسط أوزان الأغنام بداية التجربة متساوية تقريبا، وأظهرت النتائج إمكانية استخدام أوراق النخيل المجفّفة والمجروشة كعلف يمثل تبن الفول، وكذلك يمكن ادخال نوى التمر ليحل محل الذرة التي تعتبر باهظة الثمن، حيث تبين أنه لا توجد فروق معنوية في أوزان الأغنام .

ويمكن إنتاج الألياف الغذائية من عدّة مصادر، مثل: مسحوق قصب السكر (Sangnark et al., 2003)، ونواة التمر بديلًا لدقيق القمح، أو بديلًا للشعير (Wahini, 2016)، وقشور الفواكة، كالبرتقال، والمانجو، الغنية قشورهما بالألياف لإنتاج بودرة ذات قيمة مضافة (Larrauri, 1999)، وقشور الموز (Eshak, 2016)، وقشور البطاطس (Jeddou et al., 2017).

ونظرًا لعدم وجود أبحاث تخص الألياف الغذائية المستخرجة من سعف النخيل وأيضاً للحاجة إلى الاستفادة من سعف نخيل التمر لإنتاج منتج ذي قيمة مضافة، تهدف هذه الدراسة إلى توفير المعلومات الفنية اللازمة التي تساعد في الاستغلال الأمثل لسعف النخيل، وبالتالي يمكن تحويل هذه المخلفات إلى منتج ذي جدوى اقتصادية، يسهم في

زيادة الدخل للقطاع الزراعيّ، كما يساعد في حلّ عدد من المشكلات البيئية الناتجة عن الاستغلال الخاطئ لهذه المخلّفات. وعليه فإن هذه الدراسة تتناول تحضير ودراسة خصائص المساحيق العالية بالألياف الغذائية من بعض أجزاء سعف نخيل التمر (الورق، النصل والكربة) لثلاثة أصناف من النخيل (السكري، الخلاص والصقعي).

المواد وطرق البحث:

تم استخدام سعف نخيل التمر لثلاثة أصناف مشهورة في المملكة العربية السعودية وهي السكري والخلاص والصقعي من محطة الأبحاث والتجارب الزراعية والحيوانية لجامعة الملك سعود في ديراب بمدينة الرياض. وتم تحضير مسحوق سعف النخيل وذلك بفصل الورق يدويًّا من النصل، وفصل الكربة عن النصل باستخدام منشار كهربائيّ. ومن ثم وضعت أجزاء السعف فوق سطح بلاستيكي نظيف للتخلّص من الشوائب العالقة فيها عن طريق غسلها باستخدام رذاذ من الماء لمدة 15 دقيقة ونشرها تحت أشعة الشمس لمدة 48 ساعة للتخلّص من الماء العالق بها. تم تقطيع النصل والكربة إلى قطع صغيرة بطول 10 سم باستخدام منشار كهربائي ليسهل إدخالها في المطحنة. تم طحن أجزاء سعف النخيل المختلفة أربع طحنات متتالية باستخدام مطحنة ذات مطارق (Modern Control Industrial Services – Model MCC420C – China) وذلك للحصول على حبيبات أصغر، مع وجود منخل بقطر ١ ملم يمنع خروج الجسيمات ذات الحجم الأكبر من 1 ملم خارج المطحنة.

عملية النخل:

تم وضع مسحوق سعف النخيل في جهاز النخل (VE 100, FRITCH, Germany, 2003) ملحق به هزاز كهربائي لمدة 5 دقائق، وفرز المسحوق إلى 4 مقاسات: خشن (1000µm –355)، متوسط (355 µm - 180)، ناعم (180 µm – 125)، وناعم جدًا أقل او يساوي 125 µm (ASTM, 1985).

الإنتاجية:

تم حساب إنتاجية Yield عملية طحن سعف النخيل بعد أربع طحنات متتالية، بأخذ ١٠٠ جرام من مسحوق السعف (M_0)، ومن ثم ينخل المسحوق، ثم يوزن المسحوق الناتج من عملية النخل لكل مقاس (M_x)، كما هو موضح في المعادلة رقم (١) (Fikry, 2016).

$$\text{Yield } (\%) = \frac{M_x}{M_0} \times 100 \quad (1)$$

التحليل الكيميائي:

تم اجراء التحليل الكيميائي لثلاث عيّنات عشوائية من مسحوق سعف النخيل المطحون لكل صنف، حيث تم تقدير الرماد باستخدام طريقة AOAC Official Method 942.05 Ash of Animal Feed (Thiex *et al*., 2012). كما تم تقدير نسبة البروتين باستخدام طريقة AOAC Official Method 984.13 Protein (Crude) in Animal Feed (Thiex *et al*., 2012). وتم حساب نسبة الدهون باستخدام الجهاز FOSS – AN 301 & Ankom Technolo. وقدرت نسبة الكربوهيدرات بحساب الفرق حسب المعادلة رقم (٢) (Saleh *et al*., 2020):

نسبة الكربوهيدرات = ١٠٠ – (نسبة الرماد + نسبة البروتين + نسبة الدهون + المحتوى الرطوبي) (٢)

وتم تقدير نسبة الألياف الغذائية الذائبة وغير الذائبة باستخدام الطريقة (AOAC 991.43 Ankom Technolo).

الخصائص التدفقية والتعبئة (الكثافة الظاهرية، الكثافة بعد الطرق، نسبة هاوسنر، مؤشر الانضغاط):

تم استخدم جهاز (The Atlas AT-2000 tapped density tester) لحساب الكثافة الظاهرية (Bulk density, ρ_B) بوضع كمية معروفة من مسحوق سعف النخيل في أسطوانة سعتها 100 مل وتسجيل القراءات لحساب الكثافة الظاهرية (الوزن لكل حجم)، أما الكثافة بعد الطرق (Tapped density, ρ_T) تم قياسها بطرق الأسطوانة 10 طرقات آليًّا، ثم يتم تسجيل القراءات، ومن ثم طرقها 500 طرقة وأخذت القراءات، ومن ثم طرقت 1200 طرقة وأخذت القراءات. وتستخدم الكثافة الظاهرية والكثافة بعد الطرق في حساب مؤشر الانضغاط (Compressibility Index, CI) ونسبة هاوسنر (Hausner Ratio, HR) باستخدام المعادلتين رقم (٣) و (٤)، على التوالي:

$$CI = \frac{\rho_T - \rho_B}{\rho_T} \qquad (٣)$$

$$HR = \frac{\rho_T}{\rho_B} \qquad (٤)$$

الخصائص الطبيعية والكيميائية للمسحوق:

المحتوى الرطوبي:

تم قياس المحتوى الرطوبي على أساس رطب، حيث تم استخدام جهاز الهالوجين لقياس المحتوى الرطوبي (Halogen moisture analyzer, HR73, METELLER TOLEDO, Switzerland)، حيث وضع 10 جرام من المسحوق، ومن ثم سخنت العيّنة لمدة ٥ دقائق حسب التعليمات الواردة في كتيب الجهاز على درجة حرارة 105°م.

النشاط المائي:

تم استخدام جهاز (Aqua Lab, Model series 3, readability Decagon Devices Inc., Washington) لقياس النشاط المائي للمسحوق، حيث تم وضع ٥ جرام من المسحوق في الجهاز. ويتم أخذ القراءات عند ثبات الوزن.

اللون:

تم استخدام جهاز هنتر لقياس لون المسحوق (Color Flex Hunter Lab, USA) ، حيث تم الحصول على قراءات مؤشر اللون الأساسية: قوة السطوع (L*) والذي يتراوح بين (0 أسود إلى 100 أبيض)، والمركبة (a*)، حيث أن القيمة (+100) تشير إلى اللون الأحمر والقيمة (−100) تشير إلى اللون الأخضر، والمركبة (b*)، حيث أن القيمة (+100) تشير إلى اللون الأصفر والقيمة (−100) تشير إلى اللون الأزرق. كما تم حساب اللون الكلي (E) حسب المعادلة رقم (٥) (Al-Awaadh *et al*., 2015)

$$E = \sqrt{L^{*2}+a^{*2}+b^{*2}} \quad (٥)$$

درجة الأسّ الهيدروجينيّ والموصلية الكهربائية:

تم إضافة 50 مل من الماء المقطر إلى 10 جرام من المسحوق عند درجة حرارة 25°م، وتم استخدام جهازي pH meter و EC meter لقياس الأسّ الهيدروجينيّ والموصلية الكهربائية، على التوالي (Acquarone *et al*., 2007).

الخصائص الوظيفية للمسحوق:

مؤشر الذوبانية في الماء:

تم قياس مؤشر الذوبانية في الماء (Water Solubility Index, WSI) بإضافة 100 مل من الماء المقطّر إلى 10 جرام من مسحوق سعف النخيل (M_o)، ويُحرّك المستعلق لمدة 30 ثانية كل 5 دقائق، لمدة 30 دقيقة، ومن ثم تتم عملية الطرد المركزي للخليط عند سرعة 6339 لفة/دقيقة لمدة 30 دقيقة، ثم تجفَّف المادة المترسبة في درجة حرارة 105°م لمدة 24 ساعة، ومن ثم يقاس الوزن الجافّ للمادة المترسبة (M_1)، ويحسب مؤشر الذوبانية في الماء حسب المعادلة (٦) (et al., Yousf (2017 :

$$WSI\ (\%) = \frac{M_o - M_1}{M_o} \times 100 \qquad (٦)$$

القدرة على الاحتفاظ بالماء:

تم قياس قدرة الاحتفاظ بالماء (Water Holding Capacity, WHC) بإضافة 1 جرام من مسحوق سعف النخيل (M_o) إلى 10 مل من الماء المقطّر في أنبوبة جهاز الطرد المركزي سعة 50 مل ويترك ليلة كاملة وعلى درجة حرارة ٤°م. ومن ثم تُجرى عملية الطرد المركزي للخليط عند 11180 لفة/دقيقة لمدة 20 دقيقة، ثم توزن المواد المترسبة الرطبة (M_2) وحساب قدرة الاحتفاظ بالماء للمسحوق حسب المعادلة (٧) (Borchani et al., 2011):

$$WHC = \frac{M_2 - M_o}{M_o} \qquad (٧)$$

القدرة على التمدّد:

تقاس القدرة على التمدّد (Swelling Water capacity, SWC) عن طريق خلط 0.2 جرام من مسحوق سعف النخيل مع 10 مل من الماء المقطّر، والسماح لها بالترطيب لمدة 18 ساعة وعلى درجة حرارة 25°م، ومن ثم حساب مقدار التغير في الحجم (Borchani *et al*., 2011).

القدرة على الاحتفاظ بالزيت:

تم قياس قدرة الاحتفاظ بالزيت (Oil Holding Capacity, OHC) بإضافة 1 جرام من مسحوق سعف النخيل (M_o) إلى 15 مل من زيت الذرة في أنبوبة جهاز الطرد المركزي 50 مل، ومن ثم يُحرّك المحتوى لمدة 30 ثانية كل 5 دقائق ولمدة 30 دقيقة. ومن ثم وضع الخليط في جهاز الطرد المركزي عند سرعة دوران 3780 لفة على الدقيقة ولمدة 25 دقيقة، وبعدها يتم وزن المواد المترسبة الرطبة (M_2)، ثم حساب قدرة الاحتفاظ بالزيت للمسحوق حسب المعادلة (٨) (Borchani *et al*., 2011):

$$OHC = \frac{M_2 - M_o}{M_o} \quad (٨)$$

التحليل الإحصائي:

تم استخدام برنامج (SAS) في التحليل الاحصائي لنتائج الخصائص التدفّقية والطبيعية والكيميائية والوظيفية لمسحوق سعف النخيل لأصناف التمور السكري والخلاص والصقعي، حيث كان عدد عيّنات المسحوق ١٣٥ عيّنة (٥ مقاسات × ٣ أصناف × ٣ أجزاء × ٣ تكرارات). كما تم استخدم اختبار (One way nova) لاختبار وجود اختلافات

معنوية بين الأحجام الحُبيبية في الخصائص التدفّقية والطبيعية والوظيفية للمسحوق، وأيضًا تحديد الاختلافات المعنوية بين الأصناف المختلفة وذلك بإستخدام اختبار (One way nova).

النتائج والمناقشة:

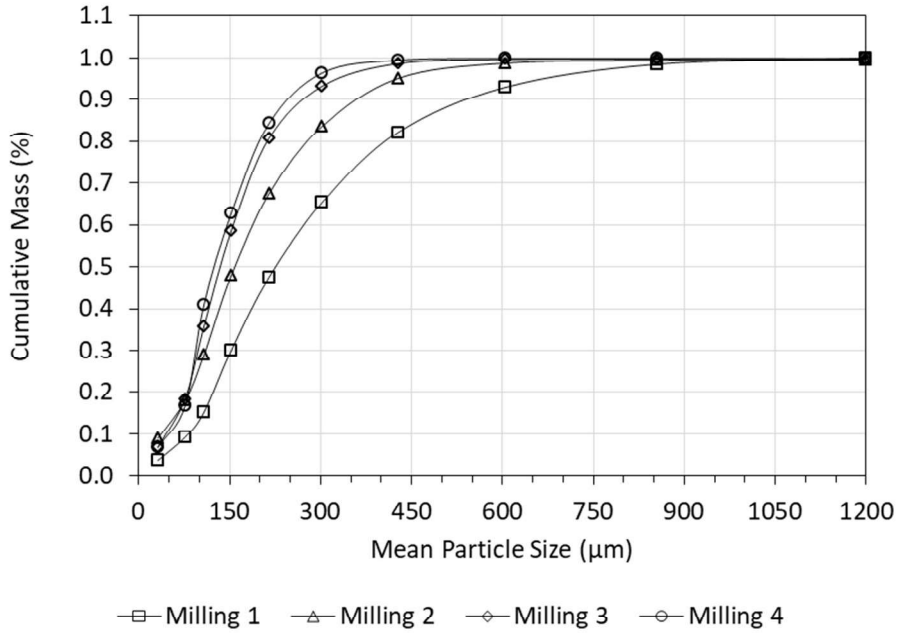
الإنتاجية:

يوضّح الجدول رقم (1) السعة الإنتاجية للمسحوق بعد إجراء أربع طحنات متتالية لأجزاء الأصناف المختلفة. ويوضح الشكل رقم (١) مثال للتوزيع الحبيبي لورق السكري. وقد لوحظ أن أعلى إنتاجية كانت للمقاس الناعم جدًّا لجميع الأجزاء، ثم المقاس المتوسط، ثم الناعم، وكانت الأقل إنتاجية للمقاس الخشن. ويلاحظ أن الإنتاجية في جزء الورق لا توجد فيها اختلافات معنوية بين الأصناف للمقاس الواحد، بينما وجدت بين المقاسات المختلفة. أما في النصل فلا توجد اختلافات معنوية في المقاسين المتوسط والناعم جدًّا بين الأصناف، وتوجد في المقاسين الخشن والناعم، وأيضًا بين المقاسات للصنف الواحد. وأما الكربة فلا توجد اختلافات معنوية بين الأصناف إلا للمقاس الناعم جدًّا فقط، وبين المقاسات للصنف الواحد. ولوحظ أن المقاس المتوسط أعلى من الناعم، ويعود السبب في أن مدى الحبيبات في المقاس المتوسط أكبر من الناعم. وبجمع المقاسين الناعم والناعم جدًّا كنسب فإن مدى الإنتاجية للمسحوق القابل للإضافة للمواد الغذائية يتراوح بين ٦٢ - ٧٥%.

جدول رقم (١). المتوسطات والانحراف المعياري لإنتاجية مسحوق سعف النخيل لأجزاء الأصناف المختلفة.

الجزء	الصنف	الانتاجية (%) عند مقاس حبيبات مختلفة (Ave±STD)			
		خشن(Coarse) (1000≥ - >355µm)	**متوسط**(Moderately fine) (355 - 180µm)	**ناعم**(Fine) (180> - 125µm)	**ناعم جدًا**(Very Fine) (125µm>)
الورق	سكري	$0.44^{A,d}$±0.06	$36.73^{A,b}$±1.62	$21.75^{A,c}$±0.23	$40.90^{A,a}$±2.06
	خلاص	$0.37^{A,d}$±0.20	$36.50^{A,b}$±0.98	$21.84^{A,c}$±0.36	$40.76^{A,a}$±1.04
	صقعي	$0.63^{A,d}$±0.34	$34.92^{A,b}$±0.34	$21.60^{A,c}$±0.43	$42.34^{A,a}$±0.32
النصل	سكري	$0.39^{B,d}$±0.15	$32.01^{A,b}$±1.98	$21.73^{A,c}$±0.58	$45.17^{A,a}$±2.65
	خلاص	$0.56^{B,d}$±0.38	$31.24^{A,b}$±2.32	$20.44^{BA,c}$±0.68	$47.26^{A,a}$±3.15
	صقعي	$1.29^{A,d}$±0.48	$30.98^{A,b}$±2.43	$19.53^{B,c}$±1.25	$47.93^{A,a}$±3.25
الكربة	سكري	$0.52^{A,d}$±0.21	$27.35^{A,b}$±2.10	$22.60^{A,c}$±0.79	$49.44^{B,a}$±1.46
	خلاص	$0.42^{A,d}$±0.17	$26.59^{A,b}$±0.91	$21.70^{A,c}$±1.11	$51.27^{A,a}$±0.30
	صقعي	$0.48^{A,c}$±0.15	$24.32^{A,b}$±2.32	$22.89^{A,b}$±2.00	$52.26^{A,a}$±0.43

*القيم تعبر عن المتوسط ± الانحراف المعياري. لا تختلف القيم الموجودة في نفس العمود التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الكبير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥% عن طريق اختبار (ANOVA)، وأيضًا لا تختلف القيم الموجودة في نفس الصف التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الصغير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥%.



شكل رقم (١). التوزيع الحبيبي لورق السكري

الخصائص الكيميائية:

يبين الجدول رقم (٢) نتائج التحليل الإحصائي للخصائص الكيميائية للأصناف والأجزاء المختلفة لسعف النخيل. ويُلاحظ أن أعلى مكوّن من مكوّنات المسحوق هو الكربوهيدرات، إذ تتراوح نسبته 69.45 – ٨٥,١٨%. وتراوحت نسبة البروتين بين ١,٨١ – ٤,٥١%. وتراوحت نسبة الدهون بين ٠,٩١ – ٥,٨٦%. ولُوحظ أن نسبة الرماد كانت بين ٥,١٠ – ١٥,٢٦ %. وكذلك بيّنت النتائج أن محتوى البروتين والدهون والرماد في الأوراق أكثر من باقي الأجزاء. وتبيّن من التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية ٥% للخواص الكيميائية (الكربوهيدرات، والبروتين، والدهون، والرماد) بين أجزاء الصنف الواحد. ولوحظ في البروتين أنه لا يوجد هناك فروقٌ معنويةٌ بين أوراق جميع الأصناف. أما بالنسبة للدهون، أوضحت النتائج أنه لا يوجد هناك فرقاً معنويةً فيما يخص النصل والكربة لجميع الأصناف.

عند مقارنة النتائج المستخلصة مع نتائج الدراسات السابقة لبعض مساحيق الموادّ، كما في الجدول رقم (٣)، فقد لوحظ أن نتائج دراسة (الفدا، 2016) لورق سعف النخيل الجافة والرطبة، التبن، تبن العدس وتبن الشعير تتفق إلى حد ما مع النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة، حيث تراوحت قيمة الكربوهيدرات ٧٦,٩٤-٨٥,٢٧%، والبروتين ٣,٥٦-٨,٩٠%، والدهون ٠,٧٤-٥,٤٣%، والرماد ٧,٦٥-١٠,٥٤%. وأيضاً تتوافق الى حد ما مع دراسة قام بها (De et al., 2016) لبعض الفواكه، ماعدا البروتين في فاكهة الباباي والدهون في الزيتون أعلى من مسحوق سعف النخيل.

جدول رقم (٢). المتوسط والانحراف المعياري للمكونات الأساسية لمسحوق سعف النخيل للأصناف والأجزاء المختلفة.

المكون	الصنف	الورق	النصل	الكربة
كربوهيدرات (%)	سكري	$69.45^{B, c}\pm0.142$	$81.18^{C, a}\pm0.072$	$75.81^{C, b}\pm0.196$
	خلاص	$69.69^{B, c}\pm0.154$	$85.18^{A, a}\pm0.065$	$81.95^{A, b}\pm0.309$
	صقعي	$71.59^{A, c}\pm0.065$	$84.43^{B, a}\pm0.098$	$80.76^{B, b}\pm0.422$
بروتين (%)	سكري	$4.21^{A*, a}\pm0.007$	$1.81^{B, b}\pm0.085$	$1.97^{C, b}\pm0.028$
	خلاص	$4.51^{A, a}\pm0.495$	$1.92^{B, b}\pm0.099$	$2.35^{A, b}\pm0.014$
	صقعي	$4.40^{A, a}\pm0.049$	$2.65^{A, b}\pm0.021$	$2.20^{B, c}\pm0.057$
دهون (%)	سكري	$4.26^{B, a}\pm0.153$	$0.99^{A, b}\pm0.322$	$1.34^{A, b}\pm0.382$
	خلاص	$5.86^{A, a}\pm0.157$	$0.92^{A, b}\pm0.021$	$1.34^{A, b}\pm0.405$
	صقعي	$4.09^{B, a}\pm0.125$	$0.91^{A, c}\pm0.061$	$1.39^{A, b}\pm0.293$
رماد (%)	سكري	$15.26^{A, a}\pm0.035$	$9.47^{A, c}\pm0.339$	$13.37^{A, b}\pm0.467$
	خلاص	$13.28^{B, a}\pm0.651$	$5.10^{C, c}\pm0.134$	$7.86^{C, b}\pm0.014$
	صقعي	$13.37^{B, a}\pm0.000$	$6.03^{B, c}\pm0.099$	$9.65^{B, b}\pm0.028$

*القيم تعبر عن المتوسط ± الانحراف المعياري. لا تختلف القيم الموجودة في نفس العمود التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الكبير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥%

عن طريق اختبار (ANOVA)، وأيضًا لا تختلف القيم الموجودة في نفس الصف التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الصغير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥%.

جدول رقم (٣). نسب المكونات الأساسية لمساحيق بعض المواد.

المواد الأخرى	الكربوهيدرات (%)	البروتين (%)	الدهون (%)	الرماد (%)	المرجع
سعف النخيل الرطب	76.94	8.12	5.43	9.53	الفدا، 2016
سعف النخيل الجاف	85.27	4.86	2.22	7.65	
تبن	85.11	3.56	3.50	7.83	
تبن العدس	84.60	5.86	0.74	8.80	
تبن الشعير	79.23	8.90	1.33	10.54	

يتبع جدول رقم (٣). نسب المكونات الأساسية لمساحيق بعض المواد.

المواد الأخرى	الكربوهيدرات (%)	البروتين (%)	الدهون (%)	الرماد (%)	المرجع
أناناس	87.68	6.72	1.02	4.58	De et al., 2016
بابايا	70.71	17.72	2.48	9.09	
توت بري	84.18	7.55	4.13	4.14	
زيتون	67.78	5.27	23.08	3.87	
مسحوق بذور الرمان	-	16.70	12.70	2.90	Kaur et al., 2015
مسحوق الطماطم	-	17.00	11.90	1.90	
مخلفات ألياف لب المانجو	-	3.54	-	0.86	Sudha et al., 2015
نصل نخيل النيبا	-	1.90	-	11.70	Tamunaidu and Saka, 2011
ورق نخيل النيبا	-	3.00	-	5.10	

يبين الجدول رقم (٤) محتوى الأجزاء المختلفة لسعف النخيل من الألياف الغذائية غير الذائبة والذائبة للأصناف تحت الدراسة، حيث يحتوي سعف النخيل على ٥٨,٥٨-٨١,٩٦ % من الألياف الغذائية الكلية. وتبين النتائج أن الألياف الغذائية غير الذائبة أعلى من الذائبة، وأن نسبة الألياف الذائبة لا تتعدى ٤,٣٢ % (كربة الصقعي). في حين أن نسبة الألياف غير الذائبة كانت في مدى ٥٥,٩١-٧٩,٢١ %. وتبين من التحليل الاحصائي أنه يوجد هناك فروقًا معنوية بين جميع الاجزاء والأصناف لسعف النخيل.

عند مقارنة النتائج المتحصل عليها مع نتائج بعض الدراسات السابقة لبعض مساحيق المواد كما في الجدول رقم (٥)، يلاحظ أن الألياف الغذائية الكلية لسعف النخيل أعلى من تلك في مساحيق المواد الأخرى. كما أن الألياف الغذائية الذائبة المتحصل عليها من سعف النخيل كانت قريبة النتائج من المتحصل عليها لمسحوق فواكه (الباباي،

والتوت، والزيتون)، وأقل من مسحوق فاكهة الأناناس ومسحوق لب المانجو. ولوحظ أيضًا أن الألياف الغذائية غير الذائبة لسعف النخيل أعلى من مساحيق المواد الأخرى.

جدول رقم (٤). المتوسط والانحراف المعياري للألياف الغذائية الذائبة وغير الذائبة والكلية للمسحوق.

المكون	الصنف	الورق	النصل	الكربة
الألياف الغذائية الذائبة (%)	سكري	$3.17^{A, a}\pm0.057$	$2.01^{A, c}\pm0.100$	$2.35^{B, b}\pm0.163$
	خلاص	$1.94^{C, a}\pm0.158$	$0.84^{B, c}\pm0.064$	$1.46^{C, b}\pm0.373$
	صقعي	$2.67^{B, b}\pm0.253$	$1.02^{B, c}\pm0.110$	$4.32^{A, a}\pm0.323$
الألياف الغذائية غير الذائبة (%)	سكري	$56.95^{B, c}\pm0.0058$	$74.30^{C, a}\pm0.671$	$72.69^{B, b}\pm0.594$
	خلاص	$58.48^{A, c}\pm0.376$	$79.21^{A, a}\pm0.609$	$77.00^{A, b}\pm0.202$
	صقعي	$55.91^{C, b}\pm0.716$	$77.55^{B, a}\pm0.445$	$77.63^{A, a}\pm0.396$
الألياف الغذائية الكلية (%)	سكري	$60.13^{A, c}\pm0.051$	$76.32^{C, a}\pm0.717$	$75.04^{C, b}\pm0.700$
	خلاص	$60.41^{A, c}\pm0.530$	$80.06^{A, a}\pm0.636$	$78.46^{B, b}\pm0.494$
	صقعي	$58.58^{B, c}\pm0.477$	$78.58^{B, b}\pm0.543$	$81.96^{A, a}\pm0.438$

*القيم تعبر عن المتوسط ± الانحراف المعياري. لا تختلف القيم الموجودة في نفس العمود التي تحتوي على نفس الحرف اللاتيني الكبير اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥% عن طريق اختبار (ANOVA)، وأيضًا لا تختلف القيم الموجودة في نفس الصف التي تحتوي على نفس الحرف اللاتيني الصغير اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥%.

الخصائص التدفّقية:

أظهرت النتائج الموضّحة في الجدول رقم (٦) أن الكثافة الظاهرية والكثافة بعد الطَّرْق لمسحوق سعف النخيل بجميع أصنافه وأجزائه تزداد مع صغر حجم الحُبيبات. وكانت الكثافة الظاهرية لجميع المساحيق في مدى ٠,١٢- ٠,٤١ جم/ سم^{٣}. وتبيّن من التحليل الإحصائي وجود فروق عند مستوى معنوية ٥% في الكثافة الظاهرية للمقاسات المختلفة لجميع الأصناف، ما عدا المقاسين الناعم والناعم جدًّا فقد تبيّن عدم وجود اختلافات معنوية لجميع الأجزاء

والأصناف ما عدا نصل السكري، ونصل الخلاص، وكربة السكري. وفي دراسة سابقة (Fikry, 2016) لمسحوق لبّ التمر ونواه لأصناف مختلفة تبيّن أن الكثافة الظاهرية تتراوح بين (٠,٣٩ - ٠,٥٨ جم/ سم٣)، و(٠,٣٥ - ٠,٥٥ جم/ سم٣) على التوالي، وهي أعلى من نتائج هذه الدراسة.

جدول (٥). متوسط نسبة الألياف الغذائية الذائبة وغير الذائبة والكلية لمساحيق بعض المواد.

المواد الأخرى	الألياف الغذائية الذائبة (%)	الألياف الغذائية غير الذائبة (%)	الألياف الغذائية الكلية (%)	المرجع
تبن	-	-	41.68	الفدا، 2016
تبن العدس	-	-	31.66	
تبن الشعير	-	-	37.13	
أناناس	7.65	37.58	45.23	De et al., 2016
بابايا	1.87	30.34	32.23	
توت بري	1.55	45.95	47.51	
زيتون	4.34	49.34	53.68	
مخلفات ألياف لب المانجو	19.2	38.9	58.1	Sudha et al., 2015
الورق	1.94-3.17	55.91-58.48	58.58-60.41	الدراسة الحالية
النصل	0.84-2.01	74.30-79.21	76.32-80.06	
الكربة	1.46-4.32	72.69-77.63	75.04-81.96	

كما تبيّن أن مدى الكثافة بعد الطَّرْق في الورق، والنصل، والكربة بين (٠,٢٧ - ٠,٥٥ جم/ سم٣)، (٠,٣٣ - ٠,٤٥ جم/ سم٣)، (٠,٢٠ - ٠,٣٤ جم/ سم٣) على التوالي. وبمقارنة هذه النتائج مع دراسة قام بها (Fikry,

(2016 تبيّن أنها أقل من نتائج مسحوق لبّ التمر ونواه (٠,٤٣ - ٠,٧٢ جم/ سم٣) و (٠,٥٥ - ٠,٦٣ جم/ سم٣) على التوالي.

تعبّر نسبة هاوسنر ومؤشر الانضغاط عن قدرة المسحوق على الاستقرار، فالمسحوق الذي يتدفّق بحرية تكون كثافته الظاهرية وكثافته بعد الطرق متقاربتين، بينما تقع في المسحوق الذي لا يتدفّق بحرية اختلافات كبيرة بين كثافته الظاهرية وكثافته بعد الطّرْق (Pharmacopeia, 2012).

وتراوحت نسبة هاوسنر في الورق، والنصل، والكربة بين (١,٢٣-١,٣٧)، (١,٢٤ - ١,٣٦)، (١,٢٠ - ١,٧٦) على التوالي. لوحظ من التحليل الاحصائي لنسبة هاوسنر أنه لا توجد اختلافات معنوية بين الأصناف المختلفة في المقاس الواحد في جميع الاجزاء، ماعدا في جزء الكربة للمقاس الناعم حيث تبين وجود اختلافات معنوية بين الأصناف. كما لوحظ في الدراسات السابقة عن المساحيق أن نسبة هاوسنر الأصغر من (١,٢٥) يمكن انسيابها بسهولة، بينما إذا كانت أعلى من (١,٤٠) يكون هناك مشاكل أثناء الانسياب (Geldart et al., 1984).

وكانت نتائج مؤشر الانضغاط في الورق، والنصل، والكربة بين (١٩,٢٩ - ٣٢,٥٢%)، (١٨,٧١ - ٢٩,٦٢%)، (١٥,٦٩ - ٣٦,٦٢%) على التوالي. وكلما زاد مؤشر الانضغاطية قلّ انسياب المسحوق، وعمومًا فإن النسبة التي تفصل بين المسحوق المتدفّق بحرية والمتدفق بصعوبة هي (٢٠ - ٢٥%) (Carr, 1965). لوحظ من نتائج الدراسة الحالية بأن يوجد صعوبة في التدفق في مسحوق جزء الكربة لجميع الأصناف للمقاس الناعم والناعم جدًا، وأيضًا في ورق السكري للمقاس الخشن، وورق الخلاص للمقاسين الناعم والناعم جداً، وفي نصل الصقعي للمقاس الخشن والناعم جدًا.

لذلك يكون مسحوق سعف النخيل عامة ذا تدفّق حرّ، وسهل الانسياب سوى جزء الكربة للمقاسين الناعم والناعم جدًّا، إذ يصنفان ذوا تدفّق غير حرّ، وستحدث مشاكل أثناء الانسياب.

جدول رقم (٦). المتوسط والانحراف المعياري لخصائص التدفقية للمسحوق.

الخاصية	الجزء	الصنف	الكثافة عند مقاس حبيبات مختلفة (Ave±STD)				
			خشن (Coarse) (1000≥ - >355µm)	متوسط (Moderately fine) (355 - 180µm)	ناعم (Fine) (180> - 125µm)	ناعم جدًا (Very Fine) (125µm>)	المسحوق قبل الفرز (Bulk) (1000≥ - <125µm)
ρ_B (g/cm^3)	الورق	سكري	$0.20^{B,d}\pm0.00$	$0.31^{A,c}\pm0.02$	$0.37^{B,a}\pm0.01$	$0.38^{A,a}\pm0.02$	$0.34^{B,b}\pm0.01$
		خلاص	$0.28^{A,c}\pm0.00$	$0.32^{A,b}\pm0.02$	$0.38^{B,a}\pm0.01$	$0.39^{A,a}\pm0.02$	$0.34^{B,b}\pm0.01$
		صقعي	$0.26^{A,c}\pm0.04$	$0.32^{A,b}\pm0.00$	$0.40^{A,a}\pm0.01$	$0.41^{A,a}\pm0.01$	$0.38^{A,a}\pm0.01$
	النصل	سكري	$0.25^{B,d}\pm0.01$	$0.30^{B,c}\pm0.01$	$0.32B^{A,bc}\pm0.02$	$0.36^{A,a}\pm0.02$	$0.34^{A,ba}\pm0.01$
		خلاص	$0.28^{A,c}\pm0.01$	$0.30^{B,bc}\pm0.00$	$0.30^{B,bc}\pm0.01$	$0.33^{A,a}\pm0.03$	$0.32^{A,ba}\pm0.02$
		صقعي	$0.29^{A,b}\pm0.01$	$0.32^{A,ba}\pm0.01$	$0.34^{A,a}\pm0.01$	$0.35^{A,a}\pm0.04$	$0.33^{A,a}\pm0.01$
	الكربة	سكري	$0.14^{A,d}\pm0.01$	$0.17^{A,c}\pm0.02$	$0.24^{A,b}\pm0.01$	$0.28^{A,a}\pm0.01$	$0.19^{B,c}\pm0.01$
		خلاص	$0.14^{A,c}\pm0.01$	$0.18^{A,b}\pm0.00$	$0.25^{A,a}\pm0.01$	$0.25^{B,a}\pm0.01$	$0.25^{A,a}\pm0.02$
		صقعي	$0.12^{B,c}\pm0.01$	$0.14^{B,b}\pm0.00$	$0.18^{B,a}\pm0.01$	$0.20^{C,a}\pm0.01$	$0.19^{B,a}\pm0.00$
ρ_T (g/cm^3)	الورق	سكري	$0.27^{B,d}\pm0.01$	$0.39^{A,c}\pm0.01$	$0.46^{B,b}\pm0.01$	$0.50^{B,a}\pm0.02$	$0.47^{B,b}\pm0.02$
		خلاص	$0.37^{A,d}\pm0.01$	$0.41^{A,c}\pm0.01$	$0.49^{B,b}\pm0.01$	$0.53^{BA,a}\pm0.02$	$0.47^{B,b}\pm0.02$
		صقعي	$0.35^{BA,b}\pm0.07$	$0.39^{A,b}\pm0.01$	$0.55^{A,a}\pm0.00$	$0.55^{A,a}\pm0.01$	$0.53^{A,a}\pm0.01$
	النصل	سكري	$0.33^{C,e}\pm0.01$	$0.38^{B,d}\pm0.01$	$0.40^{B,c}\pm0.00$	$0.43^{B,b}\pm0.00$	$0.46^{A,a}\pm0.00$
		خلاص	$0.35^{B,c}\pm0.02$	$0.37^{B,b}\pm0.01$	$0.39^{C,b}\pm0.00$	$0.41^{C,a}\pm0.01$	$0.43^{B,a}\pm0.01$
		صقعي	$0.39^{A,c}\pm0.00$	$0.41^{A,b}\pm0.01$	$0.44^{A,a}\pm0.00$	$0.45^{A,a}\pm0.00$	$0.45^{A,a}\pm0.01$

يتبع جدول رقم (٦). المتوسط والانحراف المعياري لخصائص التدفقية للمسحوق.

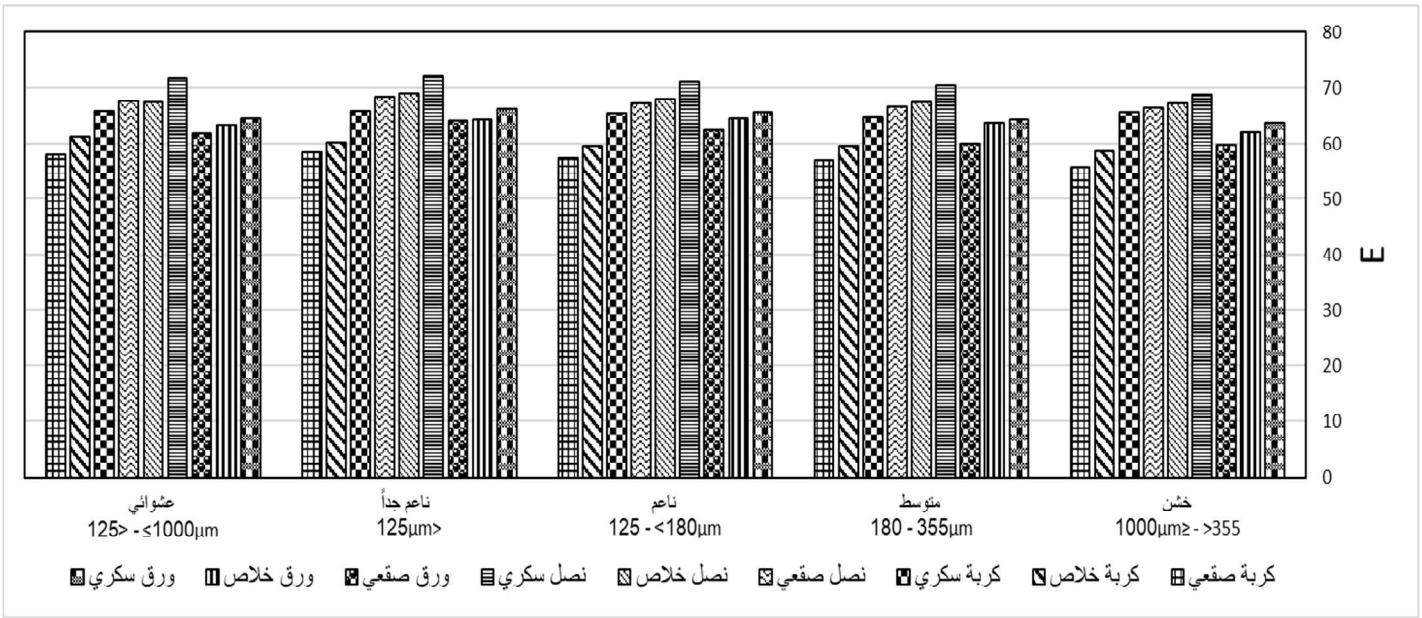
	الكربة	سكري	$0.25^{A,c}\pm0.01$	$0.26^{A,c}\pm0.01$	$0.29^{B,b}\pm0.02$	$0.34^{A,a}\pm0.01$	$0.29^{B,b}\pm0.01$
		خلاص	$0.25^{A,c}\pm0.02$	$0.23^{B,c}\pm0.03$	$0.31^{A,b}\pm0.01$	$0.31^{B,b}\pm0.01$	$0.36^{A,a}\pm0.01$
		صقعي	$0.20^{B,c}\pm0.00$	$0.23^{B,b}\pm0.01$	$0.23^{B,b}\pm0.01$	$0.24^{C,b}\pm0.00$	$0.29^{B,a}\pm0.00$
HR	الورق	سكري	$1.37^{A,a}\pm0.04$	$1.26^{A,b}\pm0.05$	$1.26^{A,b}\pm0.04$	$1.30^{A,ba}\pm0.05$	$1.38^{A,a}\pm0.09$
		خلاص	$1.33^{A,a}\pm0.04$	$1.29^{A,a}\pm0.05$	$1.29^{A,a}\pm0.04$	$1.37^{A,a}\pm0.05$	$1.36^{A,a}\pm0.09$
		صقعي	$1.23^{A,b}\pm0.12$	$1.23^{A,b}\pm0.03$	$1.35^{A,a}\pm0.02$	$1.34^{A,a}\pm0.02$	$1.42^{A,a}\pm0.01$
	النصل	سكري	$1.32^{A,a}\pm0.06$	$1.27^{A,ba}\pm0.01$	$1.26^{A,ba}\pm0.07$	$1.18^{A,b}\pm0.09$	$1.36^{A,a}\pm0.04$
		خلاص	$1.24^{A,a}\pm0.06$	$1.26^{A,a}\pm0.04$	$1.30^{A,a}\pm0.04$	$1.25^{A,a}\pm0.11$	$1.34^{A,a}\pm0.05$
		صقعي	$1.36^{A,a}\pm0.07$	$1.27^{A,a}\pm0.04$	$1.28^{A,a}\pm0.01$	$1.29^{A,a}\pm0.16$	$1.37^{A,a}\pm0.05$
	الكربة	سكري	$1.20^{A,c}\pm0.03$	$1.22^{A,c}\pm0.02$	$1.56^{A,b}\pm0.04$	$1.72^{A,a}\pm0.06$	$1.55^{A,b}\pm0.04$
		خلاص	$1.22^{A,c}\pm0.05$	$1.20^{A,c}\pm0.04$	$1.42^{B,b}\pm0.03$	$1.76^{A,a}\pm0.08$	$1.44^{A,b}\pm0.10$
		صقعي	$1.25^{A,b}\pm0.02$	$1.26^{A,b}\pm0.03$	$1.44^{B,ba}\pm0.03$	$1.72^{A,a}\pm0.37$	$1.47^{A,ba}\pm0.08$
CI (%)	الورق	سكري	$26.87^{A,ba}\pm2.11$	$20.72^{A,c}\pm2.87$	$21.32^{C,c}\pm1.94$	$23.09^{B,bc}\pm3.05$	$29.60^{A,a}\pm1.48$
		خلاص	$19.47^{B,b}\pm0.92$	$19.29^{A,b}\pm1.22$	$29.92^{A,a}\pm1.23$	$32.52^{A,a}\pm1.39$	$31.80^{A,a}\pm2.89$
		صقعي	$22.83^{BA,c}\pm2.68$	$20.01^{A,d}\pm1.09$	$25.65^{B,b}\pm1.29$	$25.41^{B,cb}\pm1.23$	$29.68^{A,a}\pm0.60$
	النصل	سكري	$24.71^{A,ba}\pm2.35$	$21.48^{A,b}\pm0.39$	$18.71^{B,c}\pm2.81$	$20.00^{B,c}\pm2.02$	$26.60^{A,a}\pm2.08$
		خلاص	$20.75^{A,a}\pm2.29$	$21.18^{A,a}\pm1.57$	$23.21^{A,a}\pm2.13$	$22.80^{B,a}\pm3.76$	$24.42^{A,a}\pm1.27$
		صقعي	$26.14^{A,a}\pm3.72$	$21.51^{A,b}\pm2.26$	$21.70^{BA,b}\pm0.58$	$29.62^{A,a}\pm1.13$	$27.05^{A,a}\pm2.68$
	الكربة	سكري	$15.69^{B,d}\pm1.61$	$18.77^{A,c}\pm0.34$	$36.62^{A,a}\pm1.20$	$34.22^{A,b}\pm1.14$	$36.08^{A,ba}\pm0.89$
		خلاص	$20.52^{A,c}\pm2.47$	$19.45^{A,c}\pm0.51$	$30.10^{B,b}\pm1.23$	$33.28^{A,a}\pm1.22$	$31.02^{B,ba}\pm1.88$
		صقعي	$20.00^{A,c}\pm1.73$	$20.33^{A,c}\pm2.08$	$31.00^{B,b}\pm1.00$	$34.55^{A,a}\pm1.40$	$30.00^{B,b}\pm1.00$

*القيم تعبر عن المتوسط ± الانحراف المعياري. لا تختلف القيم الموجودة في نفس العمود التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الكبير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥% عن طريق اختبار (ANOVA)، وأيضًا لا تختلف القيم الموجودة في نفس الصف التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الصغير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥%.

الخصائص الطبيعية والكيميائية:

من الخواص الهامة في تطبيق واستخدام الألياف هو لونها. ويبيّن الجدول رقم (٧) لون المسحوق لجميع الأصناف والأجزاء للألياف المحضرة من سعف النخيل، وتبيّن أنها قريبة من درجة اللون البنّي. حيث إن مدى قيمة *L للمسحوق الخاصّ بجزء الورق، والنصل، والكربة كان (٥١,٢٨-٥٨,٣٧)، (٦١,١٩-٦٧,٢٨)، (٤٩,٢٨ - ٦٠,٠٩)، على التوالي. وكانت هناك نتائج مشابهة لقيمة *L من الألياف المستخرجة من لبّ ونوى التمر، فقد كان المدى (٤٤,٤١ - ٦١,٩١) (Fikry, 2016). وفي دراسة أخرى (Elleuch et al., 2008) كانت قيم *L قريبة لنتائج الدراسة الحالية، حيث تراوحت قيم *L للألياف المستخرجة من التمر بين (٦١,٩٢ - ٦٥,٢٥). أظهرت نتائج *a (الاخضرار – الاحمرار) للورق، والنصل، والكربة (١١,٠٢- ١٢,٦٧)، (٩,٦٨ - ١٠,٥٨)، (١٠,٢٣ - ١٤,١٣)، على التوالي. ولوحظ أن جزء الكربة هو الأكثر احمرارًا من بين الأجزاء الأخرى. وفي دراسة قام بها (Borchani et al., 2011) و (Fikry, 2016) تبين أن نتائج *a أقل من نتائج الدراسة الحالية، حيث تراوحت قيمة *a للألياف المستخرجة من لبّ التمر بين (٥,٦٥ - ٧,١١) و (٥,٦٤ - ٩,١٢)، على التوالي، وكانت في مدى الدراسة (Elleuch et al., 2008) لألياف مستخرجة من التمر، حيث تراوحت قيمة *a بين (١١,٤٨ - ١٤,٦٨). وفي دراسة (Fikry, 2016) تراوحت قيمة *a للألياف المنتجة من نواة التمر بين (١٥,٠١ - ١٩,١٥)، وهي أعلى من القيم الناتجة في الدراسة الحالية. تراوحت نتائج *b (الزرقة – الاصفرار) للورق، والنصل، والكربة (٢٦,٨٤ - ٢٩,١٦)، (٢٣,٣٩ - ٢٥,٥٦)، (٢٣,٣٨- ٢٩,٠٤٦)، على التوالي. وتبيّن أن قيمة *b تزداد مع صغر الحجم الحُبيبي في صنفي السكري والصقعي لجزء الكربة. وحُصل على نتائج أقل في قيمة *b من الدراسة الحالية، حيث تراوحت قيم *b للألياف المنتجة من لبّ التمر (١٤,٨٥ - ١٦,٢٨)،

وأيضًا أقل في الألياف المستخرجة من التمر، حيث تراوحت (١٠,٤٢ - ٢٢,٣٤) (Elleuch et al., 2008). وفي دراسة أخرى للألياف المستخرجة من لبّ التمر تبيّن أنها أقل من النتائج التي حصلت عليها هذه الدراسة، حيث تراوحت قيمة *b (١٦,٥٩ -٢٣,٩٦)، بينما كانت النتائج الخاصة بالألياف المستخرجة من نواة التمر مشابهة لنتائج هذه الدراسة، حيث تراوحت قيمة *b بين (٢٣,٩٠ - ٣١,١٠) (Fikry, 2016). وكانت مدى اللون الكلي E للورق، والنصل، والكربة تتراوح بين (٥٩,٩٢ - ٦٦,١٢)، (٦٦,٤٥ - ٧٢,٢٦)، (٥٥,٧٢ - ٦٥,٧٤)، على التوالي. وبمقارنة هذه النتائج بنتائج الدراسة التي قام بها (Fikry, 2016) عن الألياف المستخرجة من لبّ التمر ونواته، لوحظ تقاربها تقاربًا بسيطًا، حيث تراوح اللون الكلي بين (٥٣,٩٩ - ٦٥,٦٤) و (٥٢,٦٥ - ٥٨,٦٨)، على التوالي. ولوحظ من الشكل رقم (٢) أن جميع نتائج اللون الكلي للأجزاء المختلفة أنها تزداد مع صغر الحجم الحُبيبي. وتبيّن أن أدكن الأجزاء هو جزء الكربة، ومن ثم الورق، ويليها النصل. ومن المتوقّع أن إضافة مسحوق سعف النخيل في منتج غذائيّ، فسوف يغيّر من لون المنتج النهائيّ.



شكل رقم (٢). اللون الكلي (E).

جدول رقم (٧). المتوسط والانحراف المعياري للون المسحوق

الخاصية	الجزء	الصنف	اللون عند مقاس حبيبات مختلفة (Ave±STD)				
			خشن (Coarse) (1000≥ - >355µm)	متوسط (Moderately fine) (355 - 180µm)	ناعم (Fine) (180> - 125µm)	جدًا ناعم (Very Fine) (125µm>)	المسحوق قبل الفرز (Bulk) (1000≥ - <125µm)
L*	الورق	سكري	$55.89^{A,c}$±0.30	$56.65^{A,b}$±0.46	$57.90^{A,a}$±0.05	$58.37^{A,a}$±0.13	$56.35^{A,cb}$±0.48
		خلاص	$54.76^{B,c}$±0.30	$56.30^{A,b}$±0.46	$57.18^{B,a}$±0.05	$57.02^{B,a}$±0.13	$55.91^{A,b}$±0.48
		صقعي	$51.28^{C,d}$±0.18	$51.58^{B,d}$±0.16	$53.93^{C,b}$±0.17	$55.76^{C,a}$±0.23	$52.80^{B,c}$±0.25
	النصل	سكري	$63.80^{A,d}$±0.35	$65.19^{A,c}$±0.13	$66.14^{A,b}$±0.07	$67.28^{A,a}$±0.34	$66.48^{A,b}$±0.24
		خلاص	$61.42^{B,bc}$±0.27	$61.61^{B,bc}$±0.06	$62.40^{B,ba}$±0.19	$63.38^{B,a}$±0.12	$60.79^{B,c}$±1.23
		صقعي	$61.44^{B,c}$±0.28	$61.19^{C,c}$±0.20	$62.10^{C,b}$±0.10	$63.35^{B,a}$±0.06	$62.16^{B,b}$±0.44
	الكربة	سكري	$59.88^{A,b}$±0.01	$60.09^{A,a}$±0.00	$59.44^{A,d}$±0.16	$59.69^{A,c}$±0.03	$59.89^{A,b}$±0.07
		خلاص	$49.58^{B,d}$±0.34	$51.33^{B,ba}$±0.33	$50.61^{B,c}$±0.35	$51.11^{C,bc}$±0.06	$51.80^{B,a}$±0.30
		صقعي	$49.28^{B,c}$±0.41	$50.32^{C,b}$±0.39	$50.44^{B,b}$±0.10	$51.64^{B,a}$±0.39	$50.97^{C,ba}$±0.53
a*	الورق	سكري	$11.52^{B,c}$±0.08	$11.43^{B,c}$±0.02	$11.40^{B,c}$±0.02	$11.76^{B,b}$±0.02	$11.99^{B,a}$±0.18
		خلاص	$11.02^{C,c}$±0.08	$11.38^{B,ba}$±0.02	$11.27^{C,b}$±0.02	$11.52^{C,a}$±0.02	$11.36^{C,ba}$±0.18
		صقعي	$12.33^{A,b}$±0.04	$11.89^{A,c}$±0.12	$12.23^{A,b}$±0.06	$12.67^{A,a}$±0.13	$12.78^{A,a}$±0.11
	النصل	سكري	$9.68^{C,c}$±0.10	$9.77^{B,bc}$±0.07	$9.90^{B,ba}$±0.07	$9.93^{C,a}$±0.09	$9.97^{B,a}$±0.05
		خلاص	$10.35^{B,b}$±0.08	$10.14^{A,b}$±0.04	$9.98^{B,b}$±0.03	$10.22^{B,b}$±0.05	$11.15^{A,a}$±0.54
		صقعي	$10.61^{A,a}$±0.08	$10.26^{A,b}$±0.15	$10.29^{A,b}$±0.05	$10.58^{A,a}$±0.05	$10.57^{BA,a}$±0.25
	الكربة	سكري	$10.23^{C,e}$±0.01	$10.50^{C,d}$±0.01	$11.20^{C,b}$±0.04	$11.30^{C,a}$±0.02	$10.98^{C,c}$±0.03
		خلاص	$13.18^{A,c}$±0.09	$13.52^{A,b}$±0.01	$14.13^{A,a}$±0.04	$14.06^{A,a}$±0.04	$14.12^{A,a}$±0.02
		صقعي	$11.34^{B,c}$±0.11	$11.79^{B,b}$±0.11	$12.10^{B,a}$±0.12	$12.22^{B,a}$±0.07	$12.30^{B,a}$±0.19
b*	الورق	سكري	$28.09^{B,b}$±0.12	$28.20^{A,b}$±0.04	$28.29^{B,b}$±0.04	$28.77^{B,a}$±0.07	$29.21^{A,a}$±0.55

يتبع جدول رقم (٧). المتوسط والانحراف المعياري للون المسحوق

		خلاص	$26.84^{C,d}\pm0.12$	$27.49^{B,bc}\pm0.04$	$27.65^{C,a}\pm0.04$	$27.62^{C,ba}\pm0.07$	$27.44^{B,c}\pm0.55$
		صقعي	$28.43^{A,d}\pm0.03$	$28.18^{A,d}\pm0.10$	$28.87^{A,c}\pm0.12$	$29.16^{A,b}\pm0.20$	$29.52^{A,a}\pm0.25$
	النصل	سكري	$24.09^{B,d}\pm0.14$	$24.56^{B,b}\pm0.11$	$24.28^{B,cd}\pm0.05$	$24.41^{B,cb}\pm0.18$	$24.93^{B,a}\pm0.06$
		خلاص	$25.56^{A,b}\pm0.28$	$25.21^{A,b}\pm0.17$	$25.14^{A,b}\pm0.12$	$25.09^{A,b}\pm0.11$	$26.87^{A,a}\pm0.56$
		صقعي	$24.07^{B,a}\pm0.11$	$23.82^{C,b}\pm0.17$	$23.39^{C,c}\pm0.06$	$23.77^{C,b}\pm0.08$	$24.22^{C,a}\pm0.11$
	الكربة	سكري	$24.41^{B,c}\pm0.01$	$24.41^{B,c}\pm0.00$	$25.05^{B,a}\pm0.06$	$25.11^{B,a}\pm0.04$	$24.96^{B,b}\pm0.03$
		خلاص	$28.17^{A,d}\pm0.04$	$28.52^{A,c}\pm0.03$	$29.04^{A,b}\pm0.08$	$28.66^{A,c}\pm0.09$	$29.55^{A,a}\pm0.21$
		صقعي	$23.38^{C,e}\pm0.04$	$24.04^{C,d}\pm0.07$	$24.34^{C,c}\pm0.13$	$24.52^{C,b}\pm0.07$	$24.81^{B,a}\pm0.09$
E	الورق	سكري	$63.61^{A,d}\pm0.33$	$64.30^{A,c}\pm0.42$	$65.45^{A,b}\pm0.06$	$66.12^{A,a}\pm0.10$	$64.60^{A,c}\pm0.16$
		خلاص	$61.98^{B,c}\pm0.33$	$63.68^{B,b}\pm0.42$	$64.50^{B,a}\pm0.06$	$64.40^{B,a}\pm0.10$	$63.31^{B,b}\pm0.16$
		صقعي	$59.92^{C,d}\pm0.15$	$59.97^{C,d}\pm0.20$	$62.38^{C,b}\pm0.11$	$64.19^{B,a}\pm0.15$	$61.83^{C,c}\pm0.27$
	النصل	سكري	$68.88^{A,e}\pm0.36$	$70.34^{A,d}\pm0.16$	$71.14^{A,c}\pm0.04$	$72.26^{A,a}\pm0.39$	$71.69^{A,b}\pm0.23$
		خلاص	$67.16^{B,c}\pm0.02$	$67.34^{B,cb}\pm0.09$	$68.01^{B,b}\pm0.22$	$68.93^{B,a}\pm0.14$	$67.40^{B,cb}\pm0.81$
		صقعي	$66.45^{B,c}\pm0.63$	$66.56^{C,c}\pm0.09$	$67.15^{C,b}\pm0.06$	$68.48^{B,a}\pm0.05$	$67.54^{B,b}\pm0.34$
	الكربة	سكري	$65.47^{A,a}\pm0.01$	$64.81^{A,b}\pm0.85$	$65.27^{A,ba}\pm0.21$	$65.74^{A,a}\pm0.02$	$65.80^{A,a}\pm0.04$
		خلاص	$58.53^{B,d}\pm0.28$	$59.59^{B,c}\pm0.31$	$59.70^{B,c}\pm0.34$	$60.26^{B,b}\pm0.01$	$61.29^{B,a}\pm0.36$
		صقعي	$55.72^{C,c}\pm0.36$	$57.00^{C,b}\pm0.31$	$57.30^{C,b}\pm0.09$	$58.45^{C,a}\pm0.30$	$58.01^{C,a}\pm0.45$

*القيم تعبر عن المتوسط ± الانحراف المعياري. لا تختلف القيم الموجودة في نفس العمود التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الكبير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥% عن طريق اختبار (ANOVA)، وأيضًا لا تختلف القيم الموجودة في نفس الصف التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الصغير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥%.

بيّن الجدول رقم (٨) نتائج المحتوى الرطوبي لمسحوق سعف النخيل بأجزائه وأصنافه المختلفة، حيث تراوح المحتوى الرطوبي في الورق، والنصل، والكربة بين (٦,٠٧ - ٦,٩١%)، (٥,١٩ - ٧,٢٩%)، (٥,٧٧ - ٨,٣٨%)، على التوالي. ولوحظ في جزء النصل والكربة أن المحتوى الرطوبي يزداد مع صغر الحجم الحُبيبي. كما لوحظ من نتائج

المحتوى الرطوبي أن مسحوق سعف النخيل جافّ جدًّا. وتتقارب هذه النتائج مع نتائج الدراسة التي قام بها (Fikry, 2016) على لبّ التمر ونواه، حيث تراوح المحتوى الرطوبي بين (٤,٩٦ - ٧,٨٧%) و (٤,٤٣ - ٦,٠٢%)، على التوالي.

جدول رقم (٨). المتوسطات والانحراف المعياري للمحتوى الرطوبي للمسحوق.

الجزء	الصنف	المحتوى الرطوبي (%) عند مقاس حبيبات مختلفة (Ave±STD)				
		خشن (Coarse) (1000≥ - >355µm)	متوسط (Moderately fine) (355 - 180µm)	ناعم (Fine) (180> - 125µm)	ناعم جدًا (Very Fine) (125µm>)	قبل الفرز (Bulk) (1000≥ - <125µm)
الورق	سكري	$6.91^{A,a}$±0.13	$6.91^{A,a}$±0.07	$6.90^{A,a}$±0.03	$6.85^{A,a}$±0.07	$6.82^{A,a}$±0.03
	خلاص	$6.13^{B,b}$±0.13	$6.07^{B,b}$±0.07	$6.37^{C,ba}$±0.03	$6.28^{C,b}$±0.07	$6.66^{BA,a}$±0.03
	صقعي	$6.16^{B,b}$±0.29	$6.59^{A,a}$±0.06	$6.64^{B,a}$±0.03	$6.65^{B,a}$±0.06	$6.56^{B,a}$±0.12
النصل	سكري	$6.34^{A,d}$±0.03	$6.55^{A,c}$±0.55	$6.78^{A,b}$±0.09	$6.94^{B,a}$±0.06	$6.55^{B,c}$±0.07
	خلاص	$6.40^{A,d}$±0.06	$6.65^{A,c}$±0.08	$6.88^{A,b}$±0.07	$7.29^{A,a}$±0.07	$6.89^{A,b}$±0.07
	صقعي	$5.19^{B,d}$±0.05	$5.58^{B,c}$±0.12	$5.96^{B,b}$±0.06	$6.29^{C,a}$±0.16	$5.99^{C,b}$±0.03
الكربة	سكري	$6.39^{A,c}$±0.13	$6.62^{A,c}$±0.46	$8.00^{A,ba}$±0.17	$8.38^{A,a}$±0.60	$7.51^{A,b}$±0.15
	خلاص	$6.19^{A,d}$±0.12	$6.52^{A,c}$±0.08	$6.88^{B,b}$±0.13	$7.30^{B,a}$±0.13	$6.50^{B,c}$±0.11
	صقعي	$5.77^{B,d}$±0.09	$6.08^{A,c}$±0.09	$6.34^{C,b}$±0.09	$6.80^{B,a}$±0.11	$6.00^{C,c}$±0.19

*القيم تعبر عن المتوسط ± الانحراف المعياري. لا تختلف القيم الموجودة في نفس العمود التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الكبير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥% عن طريق اختبار (ANOVA)، وأيضًا لا تختلف القيم الموجودة في نفس الصف التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الصغير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥%.

يتّضح من الجدول رقم (٩) النشاط المائيّ لمسحوق سعف النخيل، حيث تبيّن أن النشاط المائي في الورق، والنصل، والكربة يتراوح بين (٠,٢٦ - ٠,٣٥)، (٠,١٦ - ٠,٣١)، (٠,١٣ - ٠,٢٣)، على التوالي. وتعتبر جميع قيم النشاط المائي أقلَّ من (٠,٦١)، وهو المستوى الأدنى لتنبؤ نموّ الكائنات الحية الدقيقة (Beuchat, 1981)، إذ يستخدم مفهوم النشاط المائيّ لتقييم استقرار المنتجات الغذائية (Sablani et al., 2007).

وتتقارب نتائج النشاط المائي الناتجة في هذه الدراسة مع النتائج الناتجة من قبل (Borchani et al., 2010; Hasnaoui et al., 2012; Fikry, 2016).

جدول رقم (٩). المتوسطات والانحراف المعياري للنشاط المائي للمسحوق.

الجزء	الصنف	النشاط المائي عند مقاس حبيبات مختلفة (Ave±STD)				
		خشن (Coarse) (1000≥ - >355µm)	متوسط (Moderately fine) (355 - 180µm)	ناعم (Fine) (180> - 125µm)	ناعم جدًا (Very Fine) (125µm>)	المسحوق قبل الفرز (Bulk) (1000≥ - <125µm)
الورق	سكري	$0.35^{A,a}$±0.05	$0.33^{A,a}$±0.01	$0.32^{A,a}$±0.01	$0.35^{A,a}$±0.01	$0.32^{A,a}$±0.01
	خلاص	$0.27^{B,b}$±0.05	$0.29^{B,ba}$±0.01	$0.30^{B,ba}$±0.01	$0.30^{B,ba}$±0.01	$0.31^{A,a}$±0.01
	صقعي	$0.26^{B,c}$±0.00	$0.28^{B,bc}$±0.01	$0.29^{B,ba}$±0.02	$0.31^{B,a}$±0.02	$0.28^{B,bc}$±0.01
النصل	سكري	$0.21^{B,c}$±0.01	$0.21^{B,c}$±0.01	$0.23^{B,bc}$±0.03	$0.31^{A,a}$±0.05	$0.28^{A,ba}$±0.02
	خلاص	$0.26^{A,cb}$±0.01	$0.27^{A,b}$±0.00	$0.28^{A,a}$±0.00	$0.28^{A,a}$±0.00	$0.25^{B,c}$±0.00
	صقعي	$0.16^{C,d}$±0.01	$0.17^{C,dc}$±0.00	$0.17^{C,bc}$±0.00	$0.18^{B,ba}$±0.00	$0.18^{C,a}$±0.00
الكربة	سكري	$0.18^{A,b}$±0.01	$0.20^{A,ba}$±0.02	$0.20^{A,ba}$±0.02	$0.20^{B,ba}$±0.01	$0.22^{A,a}$±0.02
	خلاص	$0.18^{A,c}$±0.00	$0.21^{A,ba}$±0.02	$0.21^{A,b}$±0.01	$0.23^{A,a}$±0.01	$0.20^{A,b}$±0.01
	صقعي	$0.13^{B,c}$±0.00	$0.14^{B,b}$±0.01	$0.14^{B,b}$±0.00	$0.15^{C,a}$±0.01	$0.13^{B,cb}$±0.00

*القيم تعبر عن المتوسط ± الانحراف المعياري. لا تختلف القيم الموجودة في نفس العمود التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الكبير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥% عن طريق اختبار (ANOVA)، وأيضًا لا تختلف القيم الموجودة في نفس الصف التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الصغير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥%.

ويبيّن الجدول رقم (١٠) الأسّ الهيدروجينيّ لمسحوق سعف النخيل، حيث تراوحت في الورق، والنصل، والكربة بين (٥,٠٩ - ٥,٥٩)، (٥,١٩ - ٥,٧٨)، (٥,١١ - ٥,٧٣)، على التوالي. ولوحظ أن الأسّ الهيدروجينيّ ينقص مع صغر الحجم الحُبيبي في صنفي ورق السكري وورق الخلاص. كما لوحظ أن جميع قيم الأسّ الهيدروجينيّ أكبر

من ٤,٦، لذلك يمكن تصنيف مسحوق سعف النخيل بمنخفض الحموضة (Bacon, 2019). وتطابقت هذه النتائج مع نتائج مماثلة للدراسة التي قام بها (Borchani et al., 2010) على الألياف المستخرجة من ١١ صنفًا من التمر، حيث تراوحت نتائج الأسّ الهيدروجينيّ بين (٥,١٩ - ٥,٦٧).

جدول رقم (١٠). المتوسطات والانحراف المعياري للأس الهيدروجيني للمسحوق.

الجزء	الصنف	الأس الهيدروجيني عند مقاس حبيبات مختلفة (Ave±STD)				
		خشن (Coarse) (1000≥ - >355µm)	متوسط (Moderately fine) (355 - 180µm)	ناعم (Fine) (180> - 125µm)	ناعم جدًا (Very Fine) (125µm>)	المسحوق قبل الفرز (Bulk) (1000≥ - <125µm)
الورق	سكري	$5.36^{A,a}$±0.05	$5.22^{C,b}$±0.02	$5.22^{B,b}$±0.05	$5.19^{B,b}$±0.01	$5.39^{A,a}$±0.04
	خلاص	$5.33^{A,a}$±0.05	$5.28^{B,ba}$±0.02	$5.17^{B,c}$±0.05	$5.09^{C,d}$±0.01	$5.25^{B,b}$±0.04
	صقعي	$5.35^{A,dc}$±0.05	$5.59^{A,a}$±0.02	$5.51^{A,b}$±0.03	$5.41^{A,c}$±0.03	$5.32^{BA,d}$±0.05
النصل	سكري	$5.22^{C,b}$±0.02	$5.19^{C,b}$±0.03	$5.22^{C,b}$±0.03	$5.30^{B,a}$±0.02	$5.36^{B,a}$±0.05
	خلاص	$5.43^{B,ba}$±0.02	$5.42^{B,ba}$±0.02	$5.48^{B,a}$±0.04	$5.35^{B,c}$±0.05	$5.41^{B,bc}$±0.04
	صقعي	$5.78^{A,a}$±0.10	$5.57^{A,bc}$±0.08	$5.53^{A,c}$±0.01	$5.72^{A,ba}$±0.14	$5.72^{A,ba}$±0.11
الكربة	سكري	$5.45^{B,a}$±0.06	$5.20^{C,b}$±0.03	$5.23^{C,b}$±0.05	$5.11^{B,c}$±0.04	$5.38^{B,a}$±0.05
	خلاص	$5.50^{BA,d}$±0.05	$5.71^{A,a}$±0.06	$5.73^{A,a}$±0.06	$5.58^{A,c}$±0.04	$5.67^{A,b}$±0.03
	صقعي	$5.58^{A,a}$±0.01	$5.58^{B,a}$±0.02	$5.53^{B,a}$±0.03	$5.42^{A,b}$±0.08	$5.58^{A,a}$±0.08

*القيم تعبر عن المتوسط ± الانحراف المعياري. لا تختلف القيم الموجودة في نفس العمود التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الكبير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥% عن طريق اختبار (ANOVA)، وأيضًا لا تختلف القيم الموجودة في نفس الصف التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الصغير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥%.

أظهرت النتائج في الجدول رقم (١١)، أن الموصلية الكهربائية للمسحوق تراوحت في الورق، والنصل، والكربة بين (٣,٤٤ - ٤,٣١)، (٣,٦٣ - ٤,٤٥)، (٣,٨٢ - ٤,٠٩) ميلي/سيمنز، على التوالي، حيث تعكس الموصلية الكهربائية وجود أيونات ثنائية الأقطاب في المسحوق، أي أنه كلما زادت الموصلية الكهربائية زاد عدد الأيونات

في المسحوق (Sun Da-Wen., 2005). ولوحظ أن مسحوق سعف النخيل موصل ضعيف للكهرباء. وبمقارنة هذه النتائج مع نتائج دراسة أخرى قام بها (Fikry, 2016) تبيّن أنها أقل، إذ كانت الموصلية الكهربائية للألياف المستخرجة من لبّ التمر ونواته (٠,٥٤ - ٠,٩٥) ميلي/سيمنز، و (١,٠٥ - ١,٤٦) ميلي/سيمنز، على التوالي.

جدول رقم (١١). المتوسطات والانحراف المعياري للموصلية الكهربائية للمسحوق.

الجزء	الصنف	الموصلية الكهربائية (ميلي/سيمنز) عند مقاس حبيبات مختلفة (Ave±STD)				
		خشن (Coarse) (1000≥ - >355µm)	متوسط (Moderately fine) (355 - 180µm)	ناعم (Fine) (180> - 125µm)	ناعم جدًا (Very Fine) (125µm>)	المسحوق قبل الفرز (Bulk) (1000≥ - <125µm)
الورق	سكري	$3.67^{C,a}$±0.08	$3.77^{B,a}$±0.11	$3.44^{C,b}$±0.10	$3.77^{B,a}$±0.10	$3.84^{A,a}$±0.08
	خلاص	$3.97^{B,ba}$±0.08	$3.97^{A,ba}$±0.08	$3.91^{B,b}$±0.10	$4.10^{A,a}$±0.10	$3.89^{A,b}$±0.08
	صقعي	$4.31^{A,a}$±0.11	$3.92^{BA,c}$±0.07	$4.17^{A,ba}$±0.07	$3.98^{A,bc}$±0.12	$4.01^{A,bc}$±0.17
النصل	سكري	$3.84^{A,a}$±0.26	$3.79^{B,a}$±0.12	$3.85^{B,a}$±0.06	$3.63^{B,a}$±0.08	$3.82^{A,a}$±0.17
	خلاص	$4.11^{A,a}$±0.11	$3.96^{B,ba}$±0.06	$3.86^{B,b}$±0.06	$3.93^{A,b}$±0.13	$3.99^{A,ba}$±0.09
	صقعي	$3.98^{A,c}$±0.07	$4.21^{A,b}$±0.11	$4.45^{A,a}$±0.23	$3.66^{B,d}$±0.05	$3.96^{A,c}$±0.08
الكربة	سكري	$3.98^{A,a}$±0.11	$3.89^{A,a}$±0.11	$3.82^{B,a}$±0.07	$3.92^{A,a}$±0.07	$3.89^{B,a}$±0.12
	خلاص	$3.86^{A,b}$±0.04	$4.09^{A,a}$±0.11	$3.92^{BA,b}$±0.10	$4.00^{A,ba}$±0.10	$3.90^{B,b}$±0.06
	صقعي	$3.94^{A,ba}$±0.09	$4.08^{A,a}$±0.12	$4.09^{A,a}$±0.11	$3.85^{A,b}$±0.14	$4.13^{A,a}$±0.07

*القيم تعبر عن المتوسط ± الانحراف المعياري. لا تختلف القيم الموجودة في نفس العمود التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الكبير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥% عن طريق اختبار (ANOVA)، وأيضًا لا تختلف القيم الموجودة في نفس الصف التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الصغير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥%.

الخصائص الوظيفية:

يبيّن الجدول رقم (١٢) قدرة الاحتفاظ بالماء لمسحوق سعف النخيل، حيث تراوحت في الورق، والنصل، والكربة بين (٢,٧٢ - ٤,٣١)، (٣,٤٢ - ٥,٣٣) (٣,٢٣ - ٥,٢٨) جم ماء/ جم ألياف، على التوالي. وتزداد القدرة على الاحتفاظ بالماء مع صغر الحجم الحُبيبي للمسحوق المنتج من الكربة. ولوحظ أن الورق أقلّ قدرة بالاحتفاظ بالماء من باقي الأجزاء. وكانت هذه القيم في مدى نتائج دراسة قام بها (Fikry, 2016) لمساحيقَ من لبّ التمر ونواه، حيث تراوحت بين (٢,٩ - ٦,٤) جم ماء/ جم ألياف. وأيضًا في مدى دراسات على ألياف مستخرجة من التمر قام بها (Borchani et al., 2011) و (Borchani et al., 2010)، حيث تراوحت بين (٣,٦٤ - ٦,٢٨) جم ماء/ جم ألياف، و (٣,٩٧ - ٦,٢٠) جم ماء/ جم ألياف، على التوالي. وبمقارنتها مع دراسة أخرى أجراها (Elleuch et al., 2008) تبيّن أنها أقلّ من النتائج التي تم الحصول عليها من ألياف لبّ التمر، حيث تراوحت القدرة على الاحتفاظ بالماء بين (١٥,٤٥ - ١٥,٩٠) جم ماء/ جم ألياف. وأيضًا بأنها أقل قدرة بالاحتفاظ بالماء لمسحوق لبّ المانجو، حيث تساوي (11) جم ماء/ جم ألياف (Vergara-Valencia et al., 2007). بينما تبيّن أن قدرة الاحتفاظ بالماء في مسحوق سعف النخيل أعلى من برتقال الفالنسيا، والجريب فروت، والليمون، والتفاح، التي جاءت: (١,٦٥)، (٢,٠٩)، (١,٧٤)، (١,٦٢) جم ماء/ جم ألياف، على التوالي (Figuerola et al., 2005).

جدول رقم (١٢). المتوسطات والانحراف المعياري لقدرة الاحتفاظ بالماء للمسحوق.

الجزء	الصنف	قدرة الاحتفاظ بالماء (g/g) عند مقاس حبيبات مختلفة (Ave±STD)				
		خشن (Coarse) (1000≥ - >355µm)	متوسط (Moderately fine) (355 - 180µm)	ناعم (Fine) (180> - 125µm)	ناعم جدًا (Very Fine) (125µm>)	المسحوق قبل الفرز (Bulk) (1000≥ - <125µm)
الورق	سكري	$3.52^{A,a}$±0.71	$3.43^{A,a}$±0.23	$4.09^{A,a}$±0.77	$3.94^{A,a}$±0.22	$3.56^{A,a}$±0.33
	خلاص	$3.55^{A,a}$±0.70	$3.66^{A,a}$±0.66	$3.38^{A,a}$±0.29	$4.31^{A,a}$±0.24	$3.82^{A,a}$±0.63
	صقعي	$2.72^{A,b}$±0.51	$3.19^{A,ba}$±0.21	$3.26^{A,ba}$±0.21	$3.55^{A,ba}$±0.67	$3.84^{A,a}$±0.80
النصل	سكري	$4.17^{A,cb}$±0.45	$3.91^{A,cb}$±0.39	$4.40^{A,b}$±0.46	$5.33^{A,a}$±0.30	$3.57^{A,c}$±0.41
	خلاص	$3.42^{A,b}$±0.52	$4.05^{A,ba}$±0.71	$4.28^{A,ba}$±0.65	$4.86^{A,a}$±0.30	$3.48^{A,b}$±0.74
	صقعي	$3.85^{A,b}$±0.54	$3.83^{A,b}$±0.43	$4.06^{A,b}$±0.24	$5.04^{A,a}$±0.55	$3.62^{A,b}$±0.50
الكربة	سكري	$3.54^{A,c}$±0.29	$4.57^{A,b}$±0.29	$4.67^{A,b}$±0.32	$5.25^{A,a}$±0.32	$4.49^{A,b}$±0.31
	خلاص	$3.60^{A,b}$±0.30	$3.60^{B,b}$±0.59	$5.02^{A,a}$±0.39	$5.28^{A,a}$±0.61	$3.23^{B,b}$±0.39
	صقعي	$3.23^{A,b}$±0.34	$3.43^{B,b}$±0.26	$3.73^{B,b}$±0.06	$4.48^{A,a}$±0.41	$3.64^{B,b}$±0.51

*القيم تعبر عن المتوسط ± الانحراف المعياري. لا تختلف القيم الموجودة في نفس العمود التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الكبير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥% عن طريق اختبار (ANOVA)، وأيضًا لا تختلف القيم الموجودة في نفس الصف التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الصغير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥%.

نتائج القدرة على التمدّد للمسحوق موضّحة بالجدول رقم (١٣)، ففي الورق، والنصل، والكربة تراوحت (٤٩ -٥٢)، (٤٨,٨٣ - ٥٢,٦٧)، (٤٨,١٧ - ٥٢,٣٣) ملم/ جم، على التوالي. وتشير النتائج إلى أن القدرة على التمدّد في ألياف مسحوق سعف النخيل أكبر من التمدّد في ألياف لبّ التمر ونواته، وأيضًا في ألياف برتقال القالنسيا، والليمون، وجوز الهند (Borchani et al., 2010; Raghavendra et al., 2006; Figuerola et al., 2005; Fikry, 2016).

يوضّح الجدول رقم (١٤) مؤشر الذوبانية في الماء لمسحوق سعف النخيل، فقد لوحظ أنها تزداد مع صغر الحجم الحُبيبي للمسحوق. فتبيّن من الورق، والنصل، والكربة أنها تتراوح بين (١٦ - ٥٢%)، (١٧ - ٦٠%)، (١٠,٦٧ - ٥٤,٦٧%)، على التوالي. كما يبيّن الجدول رقم (١٥) القدرة على الاحتفاظ بالزيت لمسحوق سعف النخيل، فقد لوحظ أن القدرة تزداد مع صغر الحجم الحُبيبي للمسحوق. وتراوح في الورق، والنصل، والكربة (٣,٢٩ - ٤,٤٢)، (٣,٧٧ - ٤,٩٦)، (٣,٥٥ - ٥,٢٠) جم زيت/ جم ألياف، على التوالي. وبمقارنة هذه النتائج مع نتائج دراسات أخرى عن ألياف مستخرجة من لبّ التمر ونواته، ومن التمر، تبيّن أنها أقلّ من النتائج التي حصلت عليها دراستا (Fikry, 2016) و (Elleuch et al., 2008)، حيث تراوح مدى القدرة على الاحتفاظ بالزيت بين (٨,٨٣ - ١١,٢٠) جم زيت/ جم ألياف و (٩,٦٠ - ٩,٩٠) جم زيت/ جم ألياف، على التوالي. بينما كانت في مدى النتائج التي حصلت عليها هذه الدراسة (Borchani et al., 2012) و (Borchani et al., 2011)، فقد تبيّن أن قدرة الاحتفاظ بالزيت الخاصة بألياف مستخرجة من التمر تراوحت بين (٢,٠٣ - ٤,٨٦) جم زيت/ جم ألياف، و (٢,٨٧ - ٥,٠٢) جم زيت/ جم ألياف، على التوالي. وفي دراسة أخرى (Chau & Huang, 2003) تبيّن أن مدى قدرة ألياف قشور الحمضيات على الاحتفاظ بالزيت مقارِبة للنتائج التي حصلت عليها هذه الدراسة، فقد تراوحت بين (٢,٣٥ - ٥,٠٩) جم زيت/جم ألياف، بينما كانت أعلى من قدرة ألياف مستخرجة من فاكهة المانجو بالاحتفاظ بالزيت (١,٥) جم زيت/ جم ألياف.

جدول رقم (١٣). المتوسطات والانحراف المعياري لقدرة التمدد للمسحوق.

الجزء	الصنف	قدرة التمدد (ml/g) عند مقاس حبيبات مختلفة (Ave±STD)				
		خشن (Coarse) (1000≥ - >355µm)	متوسط (Moderately fine) (355 - 180µm)	ناعم (Fine) (180> - 125µm)	ناعم جدًا (Very Fine) (125µm>)	المسحوق قبل الفرز (Bulk) (1000≥ - <125µm)
الورق	سكري	$51.17^{A,a}$±0.76	$52.33^{A,a}$±2.52	$51.33^{BA,a}$±1.26	$52.33^{A,a}$±0.29	$52.17^{A,a}$±2.47
	خلاص	$49.50^{B,a}$±0.50	$50.00^{A,a}$±1.00	$49.33^{B,a}$±0.76	$49.00^{A,a}$±3.50	$49.17^{A,a}$±0.76
	صقعي	$51.67^{A,a}$±1.04	$51.17^{A,a}$±0.76	$51.67^{A,a}$±1.26	$52.67^{A,a}$±1.04	$51.83^{A,a}$±1.76
النصل	سكري	$49.83^{A,a}$±0.76	$52.00^{A,a}$±1.22	$51.50^{BA,a}$±0.75	$50.00^{A,a}$±2.00	$51.50^{A,a}$±1.50
	خلاص	$50.50^{A,a}$±0.50	$51.33^{A,a}$±1.61	$51.67^{A,a}$±1.04	$52.67^{A,a}$±2.25	$50.17^{A,a}$±.2.02
	صقعي	$50.33^{A,ba}$±1.26	$51.33^{A,a}$±0.76	$48.83^{B,b}$±0.16	$49.67^{A,ba}$±0.47	$51.67^{A,a}$±1.06
الكربة	سكري	$49.67^{A,a}$±1.53	$50.50^{A,a}$±2.00	$50.67^{A,a}$±2.57	$52.33^{A,a}$±2.31	$49.50^{BA,a}$±1.80
	خلاص	$48.50^{A,b}$±1.32	$48.17^{A,b}$±1.15	$49.00^{A,b}$±1.32	$51.00^{A,a}$±0.50	$48.83^{B,b}$±0.58
	صقعي	$50.83^{A,a}$±0.71	$50.83^{A,a}$±0.76	$51.17^{A,a}$±0.29	$52.17^{A,a}$±0.76	$51.33^{A,a}$±0.76

جدول رقم (١٤). المتوسطات والانحراف المعياري لمؤشر ذوبانية في الماء للمسحوق.

الجزء	الصنف	مؤشر الذوبانية في الماء (%) عند مقاس حبيبات مختلفة (Ave±STD)				
		خشن (Coarse) (1000≥ - >355µm)	متوسط (Moderately fine) (355 – 180µm)	ناعم (Fine) (180> - 125µm)	ناعم جدًا (Very Fine) (125µm>)	المسحوق قبل الفرز (Bulk) (1000≥ - <125µm)
الورق	سكري	$22.33^{A,d}$±6.81	$26.67^{A,cd}$±4.04	$36.67^{A,b}$±3.21	$52.00^{A,a}$±4.58	$33.67^{A,cb}$±3.06
	خلاص	$16.00^{A,d}$±3.61	$27.00^{A,c}$±4.00	$37.67^{A,b}$±4.16	$51.67^{A,a}$±7.02	$30.00^{A,cb}$±2.00
	صقعي	$20.67^{A,c}$±2.52	$30.00^{A,b}$±3.00	$36.67^{A,b}$±6.37	$45.00^{A,a}$±4.36	$34.67^{A,b}$±2.08
النصل	سكري	$17.33^{A,d}$±5.51	$36.33^{BA,c}$±5.03	$46.33^{BA,b}$±4.51	60.00A,a±5.57	$38.33^{A,cb}$±4.04
	خلاص	$18.00^{A,d}$±4.58	$40.67^{A,c}$±4.04	$50.00^{A,b}$±2.00	$57.00^{A,a}$±4.00	$40.67^{A,c}$±3.06
	صقعي	$19.00^{A,c}$±1.00	$28.33^{B,b}$±3.79	$42.00^{B,a}$±2.00	$45.33^{B,a}$±2.52	$30.33^{B,b}$±1.53
الكربة	سكري	$18.00^{BA,d}$±3.61	$31.33^{A,c}$±1.53	$38.00^{B,b}$±3.61	$52.00^{A,a}$±5.00	$30.67^{A,c}$±2.08
	خلاص	$20.33^{A,d}$±3.51	$35.00^{A,c}$±5.29	$44.67^{A,b}$±2.52	$54.67^{A,a}$±4.73	$36.33^{A,c}$±4.73
	صقعي	$10.67^{B,e}$±4.04	$22.00^{B,d}$±3.61	$40.33^{BA,b}$±3.06	$53.00^{A,a}$±2.65	$31.67^{A,c}$±3.06

*القيم تعبر عن المتوسط ± الانحراف المعياري. لا تختلف القيم الموجودة في نفس العمود التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الكبير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥% عن طريق اختبار (ANOVA)، وأيضًا لا تختلف القيم الموجودة في نفس الصف التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الصغير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥%.

جدول رقم (١٥). المتوسطات والانحراف المعياري لقدرة الاحتفاظ بالزيت للمسحوق.

الجزء	الصنف	قدرة الاحتفاظ بالزيت (g/g) عند مقاس حبيبات مختلفة (Ave±STD)				
		خشن (Coarse) (1000≥ - >355µm)	متوسط (Moderately fine) (355 - 180µm)	ناعم (Fine) (180> - 125µm)	ناعم جدًا (Very Fine) (125µm>)	المسحوق قبل الفرز (Bulk) (1000≥ - <125µm)
الورق	سكري	$4.33^{A,a}$±0.27	$4.34^{A,a}$±0.21	$4.38^{A,ba}$±0.04	$4.42^{A,a}$±0.11	$3.98^{B,b}$±0.04
	خلاص	$4.20^{A,a}$±0.21	$4.23^{A,a}$±0.13	$4.39^{A,a}$±0.24	$4.40^{A,a}$±0.22	$4.51^{A,a}$±0.29
	صقعي	$3.35^{B,b}$±0.04	$3.41^{B,ba}$±0.29	$3.67^{B,a}$±0.02	$3.67^{B,a}$±0.03	$3.29^{C,b}$±0.24
النصل	سكري	$4.03^{A,c}$±0.14	$4.15^{B,c}$±0.12	$4.48^{A,b}$±0.25	$4.56^{B,ba}$±0.07	$4.81^{A,a}$±0.12
	خلاص	$3.77^{A,b}$±0.32	$3.90^{B,b}$±0.41	$4.51^{A,a}$±0.32	$4.68^{BA,a}$±0.14	$3.83^{C,b}$±0.10
	صقعي	$3.81^{A,b}$±0.29	$4.91^{A,a}$±0.29	$4.83^{A,a}$±0.49	$4.96^{A,a}$±0.20	$4.10^{B,b}$±0.04
الكربة	سكري	$3.55^{B,c}$±0.19	$4.21^{B,b}$±0.16	$4.64^{A,b}$±0.11	$5.20^{A,a}$±0.21	$5.16^{A,a}$±0.47
	خلاص	$4.01^{B,bc}$±0.36	$3.95^{B,bc}$±0.15	$4.48^{A,ba}$±0.47	$4.73^{A,a}$±0.45	$3.58^{B,c}$±0.29
	صقعي	$4.59^{A,c}$±0.04	$4.68^{A,bc}$±0.26	$4.96^{A,ba}$±0.12	$5.07^{A,a}$±0.21	$5.10^{A,a}$±0.16

*القيم تعبر عن المتوسط ± الانحراف المعياري. لا تختلف القيم الموجودة في نفس العمود التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الكبير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥% عن طريق اختبار (ANOVA)، وأيضًا لا تختلف القيم الموجودة في نفس الصف التي تحتوي على نفس **الحرف اللاتيني الصغير** اختلافًا كبيرًا بمستوى ثقة ٩٥%.

الخلاصة:

خلُصت نتائج هذا البحث إلى إمكانية استخدام مسحوق سعف النخيل في عدد من التطبيقات المحتملة في تطوير الأطعمة الغنية بالألياف الغذائية، حيث يمكن الاستفادة من المسحوق الناعم والناعم جداً كمدعم غذائي يضاف إلى الخبز او الكعك، بينما المسحوق الخشن والمتوسط في تعليف الحيوانات. وأيضاً يمكن الاستفادة من المسحوق في تطبيقات التعبئة والتغليف. وتبيّن من التحليل الكيميائي أن أعلى مكوّن للمسحوق هو الكربوهيدرات وأن الألياف الغذائية غير الذائبة أعلى من الألياف الغذائية الذائبة. وتزداد الكثافة الظاهرية والكثافة بعد الطَّرْق لمسحوق سعف النخيل بجميع أصنافه وأجزائه، مع صغر حجم الحُبيبات. وتراوح مدى الكثافة الظاهرية في جزء الورق، والنصل، والكربة،

بين (٠,٢٠ -٠,٤١ جم/ سم٣)، (٠,٢٥ - ٠,٣٦ جم/ سم٣)، (٠,١٢ - ٠,٢٨ جم/سم٣)، على التوالي. وتراوح مدى الكثافة بعد الطَّرق للورق، والنصل، والكربة، بين (٠,٢٧ - ٠,٥٥ جم/ سم٣)، (٠,٣٣ - ٠,٤٥ جم/ سم٣)، (٠,٢٠ - ٠,٣٤ جم/ سم٣)، على التوالي. وتبيّن من نتائج نسبة هاوسنر لمسحوق سعف النخيل أنها أقل من (١,٤٠)، ما عدا في جزء الكربة للمقاسين الناعم والناعم جدًّا. كما لوحظ أن نسبة هاوسنر تزداد مع صغر الحجم الحبيبي في جزء الكربة فقط. وتراوح مؤشر الانضغاط في الورق، والنصل، والكربة، بين (١٩,٢٩ - ٣٢,٥٢%)، (١٨,٧١ - ٢٩,٦٢%)، (١٥,٦٩ - ٣٦,٦٢%)، على التوالي. وبذلك يكون مسحوق سعف النخيل عامة ذا تدفّق حرّ وسهل التمييع، سوى جزء الكربة للمقاسين الناعم والناعم جدًّا، حيث يعتبر مسحوقًا ذا تدفّق غير حرّ، وستقع مشكلات في التمييع. جاء لون المسحوق لجميع الأصناف والأجزاء قريبًا من درجة اللون البنّيّ، حيث لوحظ أن جزء النصل أكثر سطوعًا من بقية الأجزاء. ولوحظ أن جزء الكربة هو الأكثر احمرارًا، وجزء الورق أكثر اصفرارًا عمومًا. وتبيّن أن أدكن الأجزاء هو جزء الكربة، ومن ثم الورق، ويليها النصل. كما أن إضافة مسحوق سعف النخيل في منتج غذائيّ سوف يغيّر لونَ المنتج النهائيّ. ولوحظ من نتائج المحتوى الرطوبيّ أن مسحوق سعف النخيل جافّ جدًّا. وتبين أن جميع قيم النشاط المائيّ للمسحوق أقل من (٠,٦١)، وهو المستوى الأدنى لتنبؤ نموّ الكائنات الحية الدقيقة، حيث يمكن أن يساعد المسحوق في استقرار المنتجات الغذائية المضافة فيه. ولوحظ أن جميع قيم الأسّ الهيدروجينيّ أكبر من (٤,٦)، لذلك يمكن تصنيف مسحوق سعف النخيل بمنخفض الحموضة. ولوحظ أن مسحوق سعف النخيل ضعيف التوصيل للكهرباء. وتبين أن قدرة الاحتفاظ بالماء في الورق أقل منها في باقي الأجزاء. وفي الكربة تزداد القدرة مع صغر الحجم الحُبيبي للمسحوق. كما أن القدرة على التمدّد متقاربة بين جميع الأجزاء. ولوحظ كذلك أن مؤشر الذوبانية في الماء والقدرة على الاحتفاظ بالزيت لمسحوق سعف النخيل يزداد مع صغر الحجم الحُبيبي للمسحوق. وتبيّن أنّ مؤشر وسعة امتصاص الماء للنصل والكربة يزداد مع صغر الحجم الحُبيبي.

شكر وتقدير: تحتوي هذه الورقة العلمية على بعض دراسات ونتائج البحث الذي دعمته مدينة الملك عبيدالعزيز للعلوم والتقنية مشكورة بالمنحة رقم ٠٠٣٨-٠٠١-٠٤-١٧-١.

قائمة المراجع

١. الفدا، سعود عبد الكريم، ورمزي عبدالرحيم أبوعاينة. المنتجات الثانوية للنخيل أنواعها وأهميتها الاقتصادية. الطبعة الثانية، الرياض، 2016 م، 47.

٢. المركز الوطني للنخيل والتمور. التقرير السنوي ٢٠٢٠. الضاحي، حطين، الرياض ١٣٥١٢.

٣. عاطف محمد ابراهيم، محمد نظيف . نخلة التمر زراعتها رعايتها وانتاجها في الوطن العربي. منشأة المعارف ، الإسكندرية، ٢٠٠٤ م .

4. Acquarone, C., Buera, P., & Elizalde, B. (2007). Pattern of pH and electrical conductivity upon honey dilution as a complementary tool for discriminating geographical origin of honeys. *Food chemistry*, *101*(2), 695-703.
5. Al-Adili, A. Q. E. E. L., & Al-Soudany, K. (2015). Effect of random inclusion of date palm leaf fibers on some soil properties. Int J Earth Sci Eng, 11, 28-34.
6. Al-Awaadh, A. M., Hassan, B. H., & Ahmed, K. M. (2015). Hot air-drying characteristics of Sukkari date (Phoenix dactylifera L.) and effects of drying condition on fruit color and texture. *International Journal of Food Engineering*, *11*(3), 421-434.
7. ASTM. (1985). *Manual on test sieving methods*. ASTM Committee E-29 on Particle Size Measurement, American Society for Testing and Materials.
8. Ates, S., Durmaz, E., & Hamad, A. (2016). Evaluation possibilities of cellulose derivatives in food products. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 16(2).
9. Bacon, K. (2019). Classifying Your Food as Acid, Low-Acid, or Acidified.
10. Beuchat, L. R. (1981). Microbial stability as affected by water activity. *Cereal Foods World*, *26*(7), 345-349.
11. Borchani, C., Besbes, S., Blecker, C., Masmoudi, M., Baati, R., & Attia, H. (2010). Chemical properties of 11 date cultivars and their corresponding fiber extracts. *African Journal of Biotechnology*, *9* (26), 4096-4105.
12. Borchani, C., Besbes, S., Masmoudi, M., Blecker, C., Paquot, M., & Attia, H. (2011). Effect of drying methods on physico-chemical and antioxidant properties of date fibre concentrates. *Food Chemistry*, *125* (4), 1194-1201.
13. Borchani, C., Besbes, S., Masmoudi, M., Bouaziz, M. A., Blecker, C., & Attia, H. (2012). Influence of oven-drying temperature on physicochemical and functional properties of date fibre concentrates. *Food and Bioprocess Technology*, *5* (5), 1541-1551.
14. Carr, R. L. (1965). Evaluating flow properties of solids. Chem. Eng., 18, 163-168.

15. Chau, C. F., & Huang, Y. L. (2003). Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibers prepared from the peel of Citrus sinensis L. Cv. Liucheng. *Journal of agricultural and food chemistry*, *51*(9), 2615-2618.
16. De Moraes Crizel, T., Hermes, V. S., de Oliveira Rios, A., & Flôres, S. H. (2016). Evaluation of bioactive compounds, chemical and technological properties of fruits byproducts powder. Journal of food science and technology, 53(11), 4067-4075.
17. Elleuch, M., Besbes, S., Roiseux, O., Blecker, C., Deroanne, C., Drira, N. E., & Attia, H. (2008). Date flesh: Chemical composition and characteristics of the dietary fibre. *Food chemistry*, *111*(3), 676-682.
18. El-Shafey, E. (2011). Date Palm Trees and Paper Making. *Horizon*, Sultan Qaboos University, Muscat, Sultanate of Oman, 2-6.
19. Eshak, N. S. (2016). Sensory evaluation and nutritional value of balady flat bread supplemented with banana peels as a natural source of dietary fiber. Annals of Agricultural Sciences, 61(2), 229-235.
20. Figuerola, F., Hurtado, M. L., Estévez, A. M., Chiffelle, I., & Asenjo, F. (2005). Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food chemistry*, *91*(3), 395-401.
21. Fikry, M. (2016). Production and characterization of powders rich in fiber from Palm Date flesh and seed. *Riyadh, KSA: King Saud University (Thesis)*.
22. Geldart, D. N. A. C., Harnby, N., & Wong, A. C. (1984). Fluidization of cohesive powders. *Powder Technology*, *37*(1), 25-37.
23. Hasnaoui, A., Elhoumaizi, M. A., Borchani, C., Attia, H., & Besbes, S. (2012). Physicochemical characterization and associated antioxidant capacity of fiber concentrates from Moroccan date flesh. *Int. J. Latest Trends Agric. Food Sci*, *2*, 94-102.
24. Hegazy, S. S., & Ahmed, K. (2015). Effect of date palm cultivar, particle size, panel density and hot water extraction on particleboards manufactured from date palm fronds. *Agriculture*, *5*(2), 267-285.
25. Jeddou, K. B., Bouaziz, F., Zouari-Ellouzi, S., Chaari, F., Ellouz-Chaabouni, S., Ellouz-Ghorbel, R., & Nouri-Ellouz, O. (2017). Improvement of texture and sensory properties of cakes by addition of potato peel powder with high level of dietary fiber and protein. Food Chemistry, 217, 668-677.
26. Kaur, S., Kumar, S., & Bhat, Z. F. (2015). Utilization of pomegranate seed powder and tomato powder in the development of fiber-enriched chicken nuggets. Nutrition & Food Science.
27. Larrauri, J. A. (1999). New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by-products. Trends in Food Science & Technology, 10(1), 3-8.
28. Nasser, R. A., Salem, M. Z., Hiziroglu, S., Al-Mefarrej, H. A., Mohareb, A. S., Alam, M., & Aref, I. M. (2016). Chemical analysis of different parts of date palm (Phoenix dactylifera L.) using ultimate, proximate and thermo-gravimetric techniques for energy production. *Energies*, *9*(5), 374.
29. Pharmacopeia, U. S. (2012). Bulk density and tapped density of powders. *USP*, *36*, 265-268.
30. Raghavendra, S. N., Swamy, S. R., Rastogi, N. K., Raghavarao, K. S. M. S., Kumar, S., & Tharanathan, R. N. (2006). Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. Journal of Food Engineering, 72(3), 281-286.
31. Sablani, S. S., Kasapis, S., & Rahman, M. S. (2007). Evaluating water activity and glass transition concepts for food stability. *Journal of Food Engineering*, *78*(1), 266-271.
32. Saleh, A., Mohamed, A. A., Alamri, M. S., Hussain, S., Qasem, A. A., & Ibraheem, M. A. (2020). Effect of different starches on the rheological, sensory and storage attributes of non-fat set yogurt. Foods, 9(1), 61.
33. Sangnark, A., & Noomhorm, A. (2003). Effect of particle sizes on functional properties of dietary fibre prepared from sugarcane bagasse. Food chemistry, 80(2), 221-229.

34. Sherif, M. K. 2014. Bacterial cellulose production and its industrial applications, J. Bioprocessing and Biotechniques. 4(2). 1-10.
35. Stephen, A. M., Phillips, G. O., Williams, P. A. 2006. Food polysaccharides and their application. Second Edition.
36. Sudha, M. L., Indumathi, K., Sumanth, M. S., Rajarathnam, S., and Shashirekha, M. N. (2015). Mango pulp fibre waste: characterization and utilization as a bakery product ingredient. Journal of Food Measurement and Characterization, 9(3), 382-388.
37. Sun, Da-Wen. (2005) Emerging Technologies for Food Processing (pp. 404-405). London: Academic Press.
38. Tamunaidu, P., & Saka, S. (2011). Chemical characterization of various parts of nipa palm (Nypa fruticans). *Industrial Crops and Products*, *34*(3), 1423-1428.
39. Thiex, N., Novotny, L. & Crawford, A. (2012). Determination of Ash in Animal Feed: AOAC Official Method 942.05 Revisited. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 95(5, 1), 1392–1397,
40. Vergara-Valencia, N., Granados-Pérez, E., Agama-Acevedo, E., Tovar, J., Ruales, J., & Bello-Pérez, L. A. (2007). Fibre concentrate from mango fruit: Characterization, associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient. *LWT-Food Science and Technology*, *40*(4), 722-729.
41. Wahini, M. (2016). Exploration of making date seed's flour and its nutritional contents analysis. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 128, No. 1, p. 012031). IOP Publishing.
42. Yousf, N., Nazir, F., Salim, R., Ahsan, H., & Sirwal, A. (2017). Water solubility index and water absorption index of extruded product from rice and carrot blend. Journal of pharmacognosy and phytochemistry, 6(6), 2165-2168.

Characteristics of palm date fronds powders rich in fiber

Hamad Alaskar[1], Alhussein Al-Awaadh[1], Ali I. Hobani[1], and Abdullatif Mohammed[2]

[1] Department of Agricultural Engineering, College of Food and Agriculture Sciences, King Saud University

[2] Department of Food and Nutrition, College of Food and Agriculture Sciences, King Saud University

Abstract:

Residues are produced from the agricultural operations of palms, the most important of which is fronds, which contain a high amount of fiber, it is important to take advantage of these residues and turn them into a value-added product to support the economy of the agricultural sector in the Kingdom of Saudi Arabia. It will also contribute to solving some of the environmental problems resulting from the disposal of these residues. This research aims to study the characteristics of high fiber powders from some parts of date palm fronds (leaflet, blade, and petiole) of the most important palm varieties (Sukkari, Khalas, and Segai) cultivated in the Kingdom. The results of the study showed that the highest chemical components of the powder were carbohydrates, ash, and fat, respectively, and the lowest was protein. The insoluble dietary fibers were higher than the soluble, and the bulk density and density increased after tapping with the smaller grain size.

The results of the physical characteristics showed that the powder is a weak conductor of electricity, low in acidity, very dry, and all water activity values were less than (0.61). It was also observed that the pH of the leaflet fraction decreases with the small granular size in the Sukkari and Khalas varieties. It also was clear that the highest water activity is the leaflet part, followed by the blade, and then the petiole. It was found that the color of the powder for all varieties and parts was close to the brown color and that the brightness of the powder of the leaflet part decreases with the small grain size, and the value of the total color increases with the smaller size of the granules. The functional characteristics of the powder showed that the granular size did not affect the water holding capacity of the powder of both Sukkari and Khalas leaflets, while it had a noticeable effect on the powder of the Segai leaflet, and also had an effect on the blade powders, and the petiole of all varieties. It was also noted that the oil retention capacity and the water solubility index increase with the smaller grain size, and that the expansion capacity was not affected by the size of the grains except in the powder of the Segai blade and the Khalas petiole. Coarse and medium powder can be used in animal feed, while fine and very fine powder can be used as a nutritional supplement added to bread or cake. The powder can also be used in packaging applications.

Keywords: Powders, fronds, palms, fibers.