مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
المجلد 41 العدد 1 (2025): 257 – 274

Damascus University Journal of Agricultural Sciences
Vo 41 No.1 (2025): 274 – 257

شدراسة الخصائص الكيميائية والفيزيائية والمحتوى من المركبات الفعالة حيوياً لقشور السمسم الناتجة عن صناعة الحلاوة الطحينية

محمد الحقل[1*]، هدى حبال[2]، بسام العقلة[3]

[1] طالب دكتوراه في قسم علوم الأغذية –كلية الزراعة–جامعة دمشق.

[2] أستاذ مساعد في قسم علوم الأغذية –كلية الزراعة–جامعة دمشق.

[3] باحث في قسم التقانات الغذائية –الهيئة العامة للتقانة الحيوية.

الملخص:

نُفذ البحث في مخابر قسم علوم الأغذية –كلية الزراعة–جامعة دمشق، ومخبر التقانات الحيوية الغذائية في الهيئة العامة للتقانة الحيوية، ومخابر قسم تقانات الهندسة الغذائية – كلية الهندسة التقنية – جامعة حلب في عامي 2022– 2023، بهدف دراسة الخصائص الكيميائية والفيزيائية والوظيفية، واستخلاص وتقدير المركبات الفعالة حيوياً في قشور السمسم الناتجة عن صناعة الحلاوة الطحينية. أظهرت نتائج الاختبارات الكيميائية ارتفاع محتوى قشور السمسم من الألياف والرماد إذ بلغت 35.97، 30.17% على التوالي على أساس الوزن الجاف، أما المحتوى من الرطوبة، الزيت، البروتين، الملح NaCl فقد بلغت 5.07، 8.09، 9.63، 1.24% على التوالي على أساس الوزن الجاف. كما أظهرت نتائج الاختبارات الفيزيائية للقشور انخفاض النشاط المائي 0.39، في حين بلغت الكثافة الظاهرية وكثافة الربت 0.52، 0.72 غ/سم^3 على التوالي، وبلغت قيم مؤشرات اللون L، a، b، C، 48.03، 6.35، 18.81، 20.59 على التوالي. بينت الاختبارات الوظيفية قدرة قشور السمسم على ربط كلٍّ من الماء والزيت. في حين أظهرت اختبارات مضادات التغذية ارتفاع محتوى القشور من حمض الأوكزاليك 2.52%، وحمض الفايتيك 1.7%. كما بلغت نسبة مردود المستخلص الإيثانولي (70%) لقشور السمسم 3.26%، وأظهرت النتائج ارتفاع محتوى هذا المستخلص من الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة، وكان النشاط المضاد للأكسدة في مستخلص القشور أقل مقارنة مع حمض الأسكوربيك إذ بلغت قيمة الـ IC_{50} 39.39، 6.65 ميكروغرام/مل على التوالي. يمكن الاستفادة من قشور السمسم كمكون وظيفي في صناعة أغذية غنية بالألياف الغذائية، وكمصدر جيد لمضادات الأكسدة الطبيعية، وبالتالي إعطاء قيمة مضافة تخفف المشاكل البيئية والمالية الناتجة عن التخلص من هذه القشور.

الكلمات المفتاحية: قشور السمسم، التركيب الكيميائي، مضادات التغذية، الفينولات، مضادات الأكسدة.

تاريخ الايداع 2023/7/12
تاريخ القبول 2023/9/7

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب **CC BY-NC-SA**

Study of the Chemical and Physical Properties and Biologically Active Compounds of Sesame Husks By-Products of Tahini Halvah

Mohammed Alhaql[1] , Hoda Habbal [2], Bassam Al Oklah[3]

[1] PhD student, Department of Food Sciences, Faculty of Agriculture, Damascus University.

[2]Ass. Professor in the Department of Food Sciences - Faculty of Agriculture - Damascus University.

[3]Researcher in the Department of Food Technology –National Commission for Biotechnology, Damascus, Syria.

Abstract:

This Research was carried out at the laboratories of the Department of Food Sciences – Faculty of Agriculture- University of Damascus and Food biotechnology laboratory at the National Commission for Biotechnology and the laboratories of the Department of Food Engineering Technologies – Faculty of Technological Engineering - University of Aleppo during 2022- 2023. The aim of this Research was to study the chemical, physical and functional properties, extraction and quantification of biologically active compounds in sesame husks By-Products of Tahini Halvah. The results of the chemical Analysis of sesame husks showed a high content in fiber and ash, 35.97, 30.17%, respectively. As for the content of moisture, oil, protein, and NaCl, were 5.07, 8.09, 9.63, and 1.24%, respectively. The results of the physical Analysis showed a decrease in water activity 0.39, while the bulk and Tapped Density were 0.52 and 0.72 g/cm^3, respectively. The values of Color Indicators, L, a, b, C, were 48.03, 6.35, 18.81, and 20.59, respectively. The Functional Analysis showed the ability of sesame husks to bind both water and oil. While anti-nutritional Analysis showed a high content of oxalic acid 2.52%, and 1.7% by Phytic acid. The yield of the ethanol extract for sesame husks was 3.26%, and the results showed an increase in the content of this extract in total phenols, and antioxidant activity by the free radical method DPPH. The antioxidant activity of the husks extract was lower than ascorbic acid, with an IC50 value of 39.39 and 6.65 µg/ml, respectively. Sesame husks can be used as a functional ingredient in the manufacture of food rich in dietary fiber, and as a good source of natural antioxidants, thus giving a benefit value that alleviates the environmental and financial problems resulting from the disposal of these husks.

Key Words: Sesame Husks, Chemical Composition, Anti-Nutritional, Phenols, Antioxidants.

Received:12/7/2023
Accepted:7/9/2023

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

المقدمة والدراسة المرجعية:

ينتمي السمسم Sesamum indicum .L Sesame إلى الفصيلة السمسمية Pedaliaceae، والجنس Sesamum والنوع indicum ، الذي يضم عدداً من الأصناف، ويعد السمسم الأبيض والأسود الصنفان الأكثر انتشاراً (Wei *et al*, 2022, 2). تحظى أصناف السمسم البيضاء باهتمام أكثر في أوروبا والشرق الأوسط، بينما تحظى الأصناف السوداء باهتمام أكثر في دول شرق آسيا (Kandangath *et al*, 2010, 160). يزرع السمسم في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية والمعتدلة من العالم، وتعد أثيوبيا الموطناً الأصلي للسمسم، ومع ذلك يعتقد أنه نشأ في الهند منذ 5000 عام (Hegde, 2004, 268).

ازداد إنتاج السمسم عالمياً من 2.8 إلى 6.2 مليون طناً بين عامي 2002م و2016م على التوالي، وتساهم قارة آسيا بحوالي 62.6% من إجمالي الإنتاج العالمي بينما تساهم إفريقيا بحوالي 33.1% (FAO STAT,2018). تعد الصين والهند أكبر الدول المنتجة للسمسم إذ يبلغ إنتاج كل منهما حوالي 750 ألف طناً سنوياً، تليهما ميانمار (425 ألف طناً) والسودان (300 ألف طناً). وتحتل الهند المركز الأول من حيث تصدير بذور السمسم (180000 طن/سنة) تليها السودان (138000 طن/سنة) (FAO STAT,2018).

يزرع السمسم في القطر العربي السوري مروياً في محافظات دير الزور، وحلب، والرقة، أما الزراعة المطرية فتتركز في محافظات حلب، ودرعا، وإدلب (المحاسنة، 2014، 81). ارتفع إنتاج سورية من السمسم من 1900 طناً عام 2014 إلى 3000 طناً عام 2017 (المجموعة الإحصائية الزراعية السورية، 2018، الجدول رقم 162).

أظهرت العديد من الدراسات أن التركيب الكيميائي لبذور السمسم يتكون من الرطوبة بنسبة 4.5–11%، والزيت بنسبة 45–58%، والبروتين بنسبة 19–26%، والكربوهيدرات بنسبة 10–17% والألياف بنسبة 2.5–4% والرماد بنسبة 2–5%، ويعود اختلاف التركيب الكيميائي إلى العوامل الوراثية والبيئية والأصناف، ومرحلة نضج البذور وموسم الحصاد، ويطلق على بذوره "ملكة البذور الزيتية" لارتفاع محتواها من الزيت وجودته العالية، إضافةً إلى سهولة تصنيعه وتنقيته مقارنة مع البذور الزيتية الأخرى (Pathak, *et al*., 2014, 148 ؛ Onsaard, 2012, 1288 ، Kandangath, *et al*., 2010, 162).

تستعمل بذور السمسم الخام أو المقشرة محمصة أو غير المحمصة في إنتاج الزيت وفي صناعة الأغذية مثل المخبوزات، البسكويت، السلطات، الشوربات، تزيين الحلويات، وفي صناعة الطحينية والحلاوة الطحينية (Kandangath, *et al*., 2010, 164 ؛ Onsaard, 2012, 1287). كما تعد البذور أحد المكونات الرئيسة للزعتر في بعض بلدان الشرق الأوسط، وينتج عن صناعات السمسم منتجات ثانوية تشمل الكسبة Sesame Cake، والقشور Sesame Husks (Morsy, *et al*., 2022, 2).

تخضع بذور السمسم أثناء صناعة الحلاوة الطحينية والطحينية لعملية فصل القشور عن البذور من أجل التخلص من الألياف واللون والطعم المر، والملائمة للعمليات التصنيعية (Görgüç and Yılmaz., 2019, 625)، وتشكل القشور 14–18% من وزن بذور السمسم، والتي تهمل كنفايات دون الاستفادة منها (Özdemir, *et al*., 2022, 1)، أشار Kandangath, *et al* (2010، 161) إلى أن سعر البذور المقشرة يزيد بنسبة 30% على الأقل عن البذور غير المقشرة.

بين Elleuch, *et al* (2007, 642) مراحل إزالة قشور السمسم أثناء تحضير الحلاوة الطحينية، إذ تجمع النسبة العظمى من القشور غير المحمصة 13.6–15% من وزن البذور الإجمالي، بعد النقع في الماء المالح وفصل البذور منزوعة القشور، بينما يتم إزالة الجزء المتبقي من القشور 0.7–0.9% من وزن البذور الإجمالي بعد مرحلة التحميص عند 120 °م لمدة ساعة.

تتكون قشور السمسم من 9.97% رطوبة، 12.54% بروتين، 48% ألياف غذائية، 6.80% زيت، و25% رماد على أساس الوزن الجاف (Zouari *et al*., 2016, 762)، وبينت دراسة قام بها Ortega-Hernández, *et al* (2018, 816) أن قشور السمسم تتكون من 6% رطوبة، 9.4% بروتين، 38.9% ألياف، 15% زيت، و27.2% رماد، كما بلغت نسبة الكالسيوم والمغنيسيوم والحديد 1.63 و0.43 و0.052% على التوالي على أساس الوزن الجاف، وأشار الباحثون إلى إمكانية استخدام قشور السمسم في الصناعات الغذائية كمكمل غذائي ومصدراً للمركبات الفعالة حيوياً إذ يبلغ محتواها من الفينولات الكلية 171.37 مغ حمض غاليك/100غ. وفي دراسة أُخرى وجد Elleuch *et al* (2007, 648) أن محتوى قشور السمسم من الرطوبة، والبروتين، والألياف الغذائية، والزيت، والرماد بلغ 16.21، و10.23، و42.03، و12.21، و23.90% على التوالي، وكان محتوى القشور من المركبات الفينولية أعلى بستة أضعاف من محتوى البذور الكاملة.

تعتبر قشور السمسم غنية بالألياف الغذائية والتي تتميز بقدرة عالية على ربط الماء والزيت 3.52 و2.15غ/غ قشور على التوالي، لذلك يمكن استخدامها في تحسين ثبات المنتجات الغذائية الغنية بالماء والزيت (Elleuch *et al*., 2014, 765)، كما بين Khaldi *et al* (2018, 4) أن القدرة على ربط الماء والقدرة على ربط الزيت لقشور السمسم قد تراوحت بين 3.15–3.90 و1.10–1.50 غ/غ قشور على التوالي، ويمكن استخدامها كمكون وظيفي منخفض السعرات الحرارية يحسن قوام أو لزوجة بعض المنتجات الغذائية وربط الدهن في منتجات اللحوم.

يعد السمسم من المصادر الجيدة للمركبات الفعالة حيوياً كالفينولات والفلافونيدات، والتوكوفيرولات، والليغنان lignans (سيسامين sesamin، سيسامولين sesamolin، سيساميول sesaminol) والتي ثبت أنها توجد في القشور بنسبة أعلى من البذور، وينسب إليها العديد من الفوائد الصحية كالوقاية من الأمراض المزمنة، كما أن هذه المركبات مسؤولة عن الثبات التأكسدي ومدة صلاحية زيت السمسم الطويلة (Pathak, *et al*., 2014, 148 ؛ Elhanafi, *et al*., 2020, 289).

لمضادات الأكسدة الصناعية تأثيرات ضارة على صحة الإنسان، لذلك هناك اهتمام متزايد لاستبدالها بمضادات الأكسدة الطبيعية، والتي يمكن الحصول عليها من مخلفات الصناعة الزراعية منخفضة التكاليف (El-Beltagy and Alharthi, 2021, 472)، وجد Mohdaly *et al* (2011، 954) أن النشاط المضاد للأكسدة في قشور السمسم المقدرة بطريقة الجذر الحر DPPH كان أعلى من BHT وBHA عند نفس التركيز وعزا ذلك إلى المركبات الفينولية الموجودة في قشور السمسم، في حين وجد Elleuch *et al* (33 ,2012) أن النشاط المضاد للأكسدة في قشور السمسم كان أقل من BHA، وكانت نسبة تثبيط الجذر الحرDPPH 94.5% عند استخدام 0.5 مغ/مل مستخلص قشور، أما Chang *et al* (2002, 350) فوجد أن نسبة تثبيط الجذر الحرDPPH بلغت 94.9% عند استخدام 10 مغ/مل مستخلص قشور.

وتجدر الاشارة إلى أن قشور السمسم تحتوي على بعض مضادات التغذية، مثل حمض الأوكزاليك وحمض الفايتيك، والتي يمكن أن تؤثر على امتصاص العناصر المعدنية والبروتينات في القناة الهضمية وزيادة مخاطر حصى الكلى (Wei *et al*., 2022, 6).

وتشير التقديرات إلى أن 2–5% من الأوكزالات المتناولة تمتص عند الإنسان، ولكن كان الامتصاص أعلى عند الجرعات المنخفضة (Noonan and Savage, 1999, 66). أثبتت العديد من الدراسات أن لحمض الفايتيك العديد من الفوائد منها الحد من خطر الإصابة بأورام القولون والثدي والكبد، وله تأثير وقائي ضد مرض باركنسون ويخفض مستوى الغلوكوز والدهون الثلاثية في الدم، وله فعالية مضادة للأكسدة حيث يمنع تكوين الجذور الحرة، ويحافظ على الصبغات النباتية في المشروبات، ويمنع اسمرار الفواكه، ولحامض الفايتيك دوراً في منع تكون حصى الكلى وتسوس الاسنان (Hong et al., 2017, 226؛ Norhaizan et al., 2011, 368)،

مبررات وأهداف البحث:

نظراً إلى كمية قشور السمسم الناتجة عن العديد من الصناعات الغذائية وخاصة الحلاوة الطحينية، والتي يتم التخلص منها دون الاستفادة منها، مما يؤدي إلى مشاكل بيئية وأعباء مالية إضافية على المنشآت الصناعية، وبسبب احتواء هذه القشور على العديد من العناصر الغذائية والمركبات الفعّالة حيوياً، وعدم وجود دراسات محلية تعنى بقشور أو مخلفات صناعة السمسم، فقد هدف البحث إلى:

1–دراسة الخصائص المختلفة لقشور السمسم (كيميائية، فيزيائية، وظيفية، مضادات التغذية).

2–استخلاص وتقدير المركبات الفعالة حيوياً في قشور السمسم.

مواد البحث وطرائقه:

الحدود المكانية والزمنية لتنفيذ البحث:

أُجري البحث في مخابر قسم علوم الأغذية – كلية الزراعة – جامعة دمشق، ومخبر التقانات الحيوية الغذائية في الهيئة العامة لتقانة الحيوية، ومخابر قسم تقانات الهندسة الغذائية – كلية الهندسة التقنية – جامعة حلب في الفترة الممتدة بين 2022/10–2023/6.

مواد البحث:

استخدم في تنفيذ هذا البحث المواد التالية: قشور السمسم الأبيض (سوداني المنشأ) تم الحصول عليها من شركة أيام زمان لتصنيع الحلاوة الطحينية في مدينة عدرا الصناعية – ريف دمشق، حمض الكبريت 98%، إيثانول 99%، هكسان95%، كاشف فولن Folin-Ciocalteu إنتاج شركة SCHATLAU الإسبانية، 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) ، وكويرسيتين إنتاج شركة Sigma-Aldrich الألمانية، حمض سلفوسالسليك، كلور الحديد $FeCl_3$، كربونات الصوديوم إنتاج شركة HIMEDIA الهندية، فيتات الصوديوم، حمض الغاليك إنتاج شركة SISCO Research Laboratories الهندية.

تحضير العينات:

حُضرت العينات باتباع طريقة (Elleuch *et al.*, 2014, 766) مع بعض التعديلات وفق ما يلي: جُمعت قشور السمسم الناتجة عن تقشير البذور بالطريقة الرطبة، ونُقلت إلى المخبر مباشرة، وتم التخلص من المواد الغريبة، وغُسلت عدة مرات بالماء المقطر لإزالة أكبر قدر ممكن من الملح المستخدم اثناء تقشير البذور، وجُففت في فرن تجفيف موديل (D-3165) صنع شركة (KOTTERMANN) الألمانية. عند 45 °م لمدة 24 ساعة للتخلص من الرطوبة الزائدة وكي يسهل طحنها، بعد ذلك طُحنت

القشور باستخدام مطحنة قهوة صنع شركة (AMANDH) السورية، ونُخلت ووُضعت في أكياس من البولي إيثيلين وأُغلقت بإحكام وخُزنت عند درجة حرارة البراد إلى حين البدء بإجراء الاختبارات.

تحضير مستخلص قشور السمسم:

حُضر مستخلص قشور السمسم باتباع طريقة (Suja *et al.*, 2005, 214) مع بعض التعديلات وفق الآتي: أُزيل الزيت والمواد الشمعية من القشور المطحونة بنقعها في الهكسان عند درجة حرارة الغرفة بنسبة 5:1 لمدة 24 ساعة، رُشحت العينة وجُففت عند درجة حرارة 45°م للتخلص من المذيب، بعد ذلك أُخذ 20 غ من العينة منزوعة الزيت وأُضيف لها 150 مل من الإيثانول 70%، وتركت لمدة 18 ساعة على درجة حرارة الغرفة مع التحريك باستخدام محرك مغناطيسي بسرعة 200 دورة/دقيقة، بعدها رشحت العينة ورُكز المستخلص باستخدام المبخر الدوراني نوع Hei-VAP صنع شركة HEIDOLPH الألمانية، وجُفّيدت باستخدام جهاز تجفيد نوع Alpha 1-2 LD plus إنتاج شركة CHRIST الألمانية، عند −50 °م وضغط 0.12 ملي بار مدة 24 ساعة، وُزن المستخلص الجاف وأُذيب في الإيثانول 70% من أجل الحصول على تركيز معلوم وخُزّن عند درجة حرارة −18 °م لحين إجراء الاختبارات.

الاختبارات الكيميائية والفيزيائية:

1− قُدرت النسبة المئوية للرطوبة في العينات المدروسة عند درجة حرارة 105°م باتباع طريقة (AOAC, 2012) رقم (925.09).

2− قُدرت النسبة المئوية للرماد في العينات المدروسة عند درجة حرارة 550°م باتباع طريقة (AOAC, 2012) رقم (923.03).

3− قُدرت النسبة المئوية للزيت في العينات باستعمال جهاز سوكسلت Soxhlet SY-1L4H صنع شركة BIOBASE الصينية والهكسان كمذيب باتباع طريقة (AOAC, 2012) رقم (920.39).

4− قُدرت النسبة المئوية للبروتين في العينات المدروسة باستعمال جهاز كلدال Kjeldahl صنع شركة PRO-NITRO M الإسبانية، وضربت نسبة الآزوت بعامل التحويل 6.25 باتباع طريقة (AOAC, 2012) رقم (954.01).

5− قُدرت النسبة المئوية للألياف الخام في العينات المدروسة باستعمال جهاز تقدير الألياف صنع شركة VELP SCIENTIFICA الإيطالية وفق طريقة (AOAC, 2012) رقم (962.09).

6− قُدرت النسبة المئوية للكربوهيدرات حسابياً باتباع طريقة (Makinde and Akinoso., 2013, 2295).

7− قُدرت النسبة المئوية لملح كلوريد الصوديوم في العينات المدروسة بالمعايرة بنترات الفضة، وفق الإجراء المذكور في (USDA, 2009) رقم (CLG-SLT.03).

8− قُدر النشاط المائي Water activity في العينات المدروسة باستعمال جهاز Labmaster aw صنع شركة (NOVASINA) السويسرية، عند درجة حرارة 25°م باتباع طريقة (Khaldi *et al.*, 2018, 2).

9− قُدرت الكثافة الظاهرية Bulk Density وكثافة الربت (الرص) Tapped Density باتباع طريقة (Özdemir *et al*., 2022, 3) حيث قدرت الكثافة الظاهرية بقياس الحجم الذي يشغله 50 غ من القشور في سيلندر مدرج سعة 100 مل، أما كثافة الربت فقد قيس الحجم بعد ربت السيلندر 100 مرة.

10− قُدرت القدرة على ربط الماء والقدرة على ربط الزيت Water holding capacity & Fat holding capacity باتباع طريقة

(Sharma *et al*., 2016, 523) وذلك بوضع 1غ من قشور السمسم الجافة في أنبوب طرد مركزي سعة 15 مل وأضيف له 10 مل ماء مقطر أو 10 مل زيت دوار الشمس، ثم رُج المزيج جيداً لمدة 5 دقائق وتُرك لمدة 60 دقيقة، ثم عُرض للطرد المركزي بسرعة 4500 دورة/دقيقة لمدة 15 دقيقة، بعد ذلك تم التخلص من الماء أو الزيت الزائد في الأنابيب ووُزن. وحُسبت القدرة على ربط الماء أو الزيت من خلال المعادلة التالية

$$\text{القدرة على ربط الزيت أو الماء (قشور g/g)} = \frac{W_3 - W_2}{W_1}$$

حيث: W_1 وزن العينة الجافة (غ).

W_2 وزن العينة مع الانبوب (غ).

W_3 وزن العينة مع الانبوب بعد الطرد المركزي (غ).

11- قيست مؤشرات اللون باستعمال جهاز قياس اللون Digital Colorimeter صنع شركة BIOBASE الصينية، وعُبّر عن النتائج وفق قيم (L، a، b، C) باتباع طريقة (Khaldi *et al.*, 2018,2).

12- قُدر محتوى قشور السمسم من حمض الأوكزاليك باتباع طريقة (Toros and Guzmán-Alvarez *et al.*, 2022, 61) وفق الآتي: أُخذ 1غ من العينة ووضع في دورق حجمي سعة 250 مل، وأُضيف له 75 مل من حمض الكبريت H_2SO_4 (3M)، تُرك المزيج لمدة ساعة مع التحريك باستخدام محرك مغناطيسي على درجة حرارة الغرفة، ومن ثم رُشح المزيج، أُخذ 25 مل من الرشاحة وأُضيف لها 5 مل من H_2SO_4 (3M)، و50 مل من الماء المقطر، وتمت معايرتها بمحلول برمنغنات البوتاسيوم (0.1N $KMnO_4$) بدرجة حراة (80-90 °م) حتى ظهور اللون الوردي الفاتح والذي استمر لمدة 30 ثانية، حُسب تركيز حمض الأوكزاليك من خلال المعادلة التالية:

$$\text{حمض الأوكزاليك g/100g} = \frac{\text{Tv} \times \text{N} \times 0.0063 \times \text{Df}}{\text{M}} \times 100$$

حيث: Tv حجم $KMnO_4$ المستهلك في المعايرة

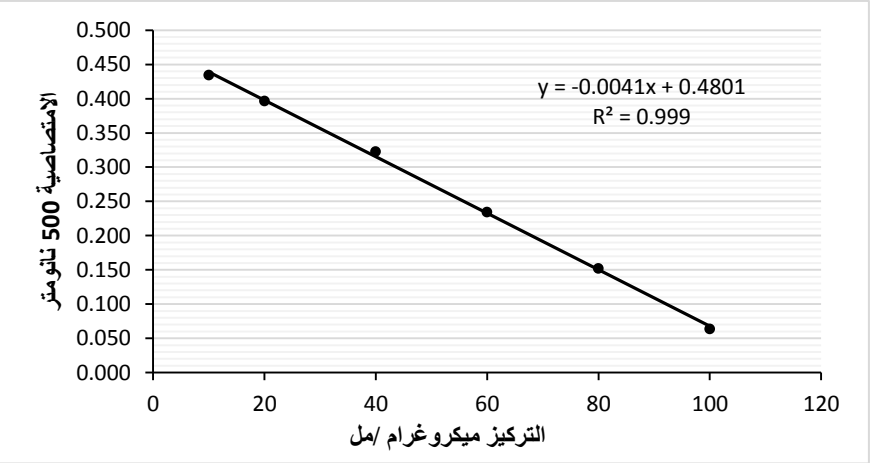
N عيارية $KMnO_4$ حيث 1 مل من برمنغنات البوتاسيوم 0.1 N يكافئ 0.0063 غرام من حمض الأوكزاليك

DF عامل التخفيف

M وزن العينة بالغرام

13- قُدر محتوى قشور السمسم من حمض الفايتيك باتباع طريقة (Gao *et al.*, 2007, 1798) وفق ما يلي: أُخذ 0.5 غ من قشور السمسم الجافة وأُضيف لها 10 مل من حمض كلور الماء (2.4%) وتُركت لمدة 16 ساعة على درجة حرارة الغرفة، وعُرضت للطرد المركزي بسرعة 5000 دورة/دقيقة مدة 15 دقيقة، نُقلت الرشاحة إلى أنبوب آخر يحتوي على 1 غ كلوريد الصوديوم، بعد إذابة الملح تُركت عند 4 °م لمدة ساعة، وعُرضت للطرد المركزي بسرعة 5000 دورة/دقيقة لمدة 15 دقيقة، أُخذ 1 مل من السائل الرائق وخُفف 25 مرة بالماء المقطر، بعد ذلك أُخذ 3 مل من السائل المخفف وأُضيف له 1 مل من كاشف (Wade reagent) المحضر بإذابة (0.03% $FeCl_3 \cdot 6H2O$، و0.3% sulfosalicylic acid، في الماء المقطر)، عُرض المحلول للطرد المركزي بسرعة 5000 دورة/دقيقة لمدة 15 دقيقة وسُجلت الامتصاصية عند 500 نانومتر باستخدام جهاز spectrophotometer نوع SP-V1000، صنع شركة DLAB، بعد تصفير الجهاز على الماء المقطر، حُضرت سلسلة عيارية من فيتات الصوديوم تراوحت بين

(10–100 ميكروغرام/مل) في الماء المقطر، ورُسمت العلاقة بين التراكيز والامتصاص الضوئي المقابل لها، وعُبر عن النتيجة بـ غ حمض فايتيك/100غ عينة.



الشكل (1) المنحنى القياسي لفيتات الصوديوم

14– قُدر محتوى قشور السمسم من الفينولات الكلية كميا باستخدام كاشف فولن Folin – Ciocalteu، باتباع طريقة (Elhanafi *et al.*, 2020, 290) وفق الآتي: أُخذ 1 مل من مستخلص القشور (1 ملغ/مل)، وأُضيف له 2 مل ماء مقطر و0.2 مل كاشف فولن ومُزج الخليط باستخدام رجاج الأنابيب لمدة 30 ثانية، بعد 3 دقائق أُضيف إلى الخليط 4 مل من محلول (Na_2CO_3 %7.5) وأُكمل الحجم إلى 10 مل بالماء المقطر، وترك في الظلام مدة 90 دقيقة وقيست الأمتصاصية عند 750 نانومتر، حضرت سلسلة عيارية من حمض الغاليك القياسي تراوحت بين 10–40 ميكروغرام/مل، وعُبر عن النتيجة بـ ميلي غرام مكافئ حمض غاليك /1غ مستخلص.

$y = 0.0172x + 0.3664, \quad R^2 = 0.9989$

15– قُدرت الفلافونيدات الكلية في قشور السمسم كمياً باستخدام الطريقة اللونية باتباع طريقة (Dravie *et al.*, 2020, 3) وفق الآتي: أُخذ 1 مل من مستخلص القشور (1 ملغ/مل) في أنبوب معياري سعة 10 مل، وأُضيف له 2 مل ماء مقطر، و0.3 مل نتريت الصوديوم $NaNO_2$ (5%) وبعد الانتظار 5 دقائق أضيف 0.3 مل من كلور الألمنيوم AlCl3 (10%)، وبعد 5 دقائق أخرى أُضيف 2 مل من ماءات الصوديوم NaOH (1 M)، ثم أُكمل الحجم بالماء المقطر حتى العلامة، قيست الامتصاصية عند 510 نانومتر، بوساطة جهاز المطياف الضوئي، حُضرت سلسلة عيارية من الكويرسيتين تراوحت بين 2.5–15 ميكروغرام/مل وعُبر عن النتيجة بـ مغ مكافئ كويرسيتين/1 غ مستخلص.

$y = 0.0318x - 0.0048, \quad R^2 = 0.9984$

16– تقدير النشاط المضاد للأكسدة بطريقة كبح جذور DPPH الحرّة:

قُدر النشاط المضاد للأكسدة في قشور السمسم بتعيين القدرة على تثبيط الجذر الحر ثنائي فينيل بيكريل هيدرازيل (DPPH) 1,1-Diphenyl -2-Picryl–Hydrazyl، باتباع طريقة (Elhanafi *et al.*, 2020, 290)، حيثُ أخذت تراكيز متدرجة من مستخلص القشور تراوحت بين (30–180 ميكرو غرام/مل) وأُضيف لها نفس الحجم من محلول DPPH في الإيثانول (0.1 mM حُضر

بإذابة 3.94 مغ DPPH في 100 مل إيثانول)، وتُركت في الظلام مدة 30 دقيقة ثم قيست الامتصاصية عند 517 نانومتر (A_1)، وأُجري اختبار البلانك باستعمال الإيثانول بدلاً من العينة، وعُبّر عن النشاط المضاد للتأكسد بالعلاقة التالية:

$$\% \text{ النشاط الكابح للجذور الحرة DPPH} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100$$

حيث: A_0 امتصاصية البلانك عند 517 نانومتر.

A_1 امتصاصية العينة عند 517 نانومتر.

كما حضرت تراكيز متدرجة من حمض الأسكوربيك كشاهد إيجابي تراوحت بين (4–14 ميكروغرام/مل) وعُوملت نفس الخطوات السابقة، وحُسبت قيمة الـ IC_{50} والتي هي عبارة عن تركيز المستخلص الذي يسبب كبح أو تخفيض 50% من الجذر الحرDPPH، من المعادلة ($R^2 = 0.9987$) $y = 9.2362x - 11.489$ ، و($R^2 = 0.9970$) $y = 0.6163x + 25.72$ والتي تم الحصول عليها من رسم نسبة التثبيط مقابل التركيز لحمض الأسكوربيك والقشور على التوالي.

النتائج والمناقشة:

يؤدي المحتوى الرطوبي والنشاط المائي المنخفض دوراً مهماً في إطالة مدة صلاحية المنتجات الغذائية من خلال الحد من النشاط الميكروبي ومنع حدوث التحلل الإنزيمي (Khaldi *et al.*, 2018, 2)، يشير الجدول (1) إلى نتائج التركيب الكيميائي لقشور السمسم الناتجة عن صناعة الحلاوة الطحينية، إذ بلغت النسبة المئوية للرطوبة في قشور السمسم 5.07%، واتفقت هذه النتائج مع النتائج التي توصل اليها (Zhang *et al.*, 2021, 2؛ Elleuch *et al.*, 2014, 768)، وكانت هذه النتائج أقل من النتائج التي توصل إليها (Bonos *et al.*, 2017, 2)، وأعلى من النتائج التي توصل إليها (Khaldi *et al.*, 2018, 2)، ويعود ذلك إلى اختلاف صنف السمسم وطريقة التجفيف المتبعة ومصدر القشور.

الجدول (1) التركيب الكيميائي لقشور السمسم الناتجة عن صناعة الحلاوة الطحينية

الاختبار	على أساس الوزن الجاف %
المادة الجافة	0.09±94.92
الرطوبة	0.09±5.07
الرماد	0.16±30.17
الزيت	0.27±8.09
البروتين	0.14±9.63
الكربوهيدرات	0.16±52.10
الالياف	0.81±35.97
الملح (NaCl)	0.03±1.24

يعبر الرماد عن محتوى المادة الغذائية من العناصر المعدنية، ويشير الجدول (1) إلى ارتفاع محتوى قشور السمسم من الرماد إذ بلغت نسبته 30.17%، واختلفت هذه النتائج مع ما توصل إليه (Zhang et al., 2021, 2؛ Elleuch et al., 2014, 768)، إذ كانت النتائج المتحصل عليها أعلى من الأول وأقل من الثاني، ويعود هذا إلى اختلاف صنف السمسم وإلى الطريقة المتبعة لفصل القشور عن البذور، ونسبة البذور الصغيرة وأجزاء البذور المحطمة التي تنفصل مع القشور، وذلك لأن نسبة الرماد في قشور

السمسم أعلى من نسبته في البذور الكاملة والمقشرة بحوالي 4 و7 أضعاف على التوالي (Makinde and Akinoso., 2013, 2296).

يوضح الجدول (1) أن نسبة الزيت في قشور السمسم بلغت 8.09%، وهذا يشير إلى انخفاض نسبة البذور المتبقية مع القشور إذ يؤدي تواجدها الى زيادة نسبة الزيت في القشور، وتتوافق هذه النتائج مع نتائج دراسة (Makinde and Akinoso., 2013, 2296)، ولكنها تختلف مع ما توصل إليه (Zouari *et al.*, 2016, 762 ؛Zhang *et al.*, 2021, 2).

يتميز بروتين السمسم باحتوائه على كمية كافية من الأحماض الأمينية الأساسية الميثيونين والتريبتوفان مقارنة مع البذور الزيتية الأخرى، ويمكن استخدام مخلفات صناعة السمسم كمصدر للبروتين أو كمكون في الصناعات الغذائية (Fasuan *et al.*, 2018, 1؛ Bukya and Vijayakumar, 2013, 85)، بلغت نسبة البروتين في قشور السمسم 9.63% وتوافقت هذه النتائج مع نتائج (Elleuch *et al.*, 2007, 644)، واختلفت مع نتائج نفس الباحث في دراسة أخرى (Elleuch *et al.*, 2014, 768).

نلاحظ من الجدول (1) ارتفاع محتوى قشور السمسم من الكربوهيدرات 52.10% منها 35.97% ألياف غذائية، وهذه الألياف ذات أهمية صحية إذ تقلل من نسبة امتصاص السكر والكوليسترول والإصابة بأمراض القلب والسمنة وسرطان القولون (Elleuch *et al.*, 2014, 765)، وكانت هذه النتائج قريبة من النتائج التي توصل اليها (Zouari *et al.*, 2016, 762)، واختلفت مع ما توصل إليه (Bonos *et al.*, 2017, 2 ؛ Nandi and Ghosh, 2015, 132) ويعود ذلك إلى اختلاف صنف السمسم وطريقة التقدير، إذ تكون نسبة الألياف في قشور السمسم المقدرة بالطريقة الإنزيمية الكيميائية أقل بحوالي 1.3 مرة من طريقة AOAC الإنزيمية الوزنية (Elleuch *et al.*, 2012, 35).

ومن الجدير بالذكر أن نسبة ملح كلوريد الصوديوم في قشور السمسم كانت مرتفعة حيث بلغت 1.24%، واختلفت هذه النتيجة مع ما توصل إليه (Görgüç and Yılmaz., 2019, 627) وهي الدراسة الوحيدة المنشورة التي أشارت إلى نسبة الملح المتبقية في قشور السمسم، ويعود ذلك إلى استخدام ملح كلوريد الصوديوم أثناء تقشير بذور السمسم إذ تُفصل البذور وتغسل بالماء لإزالة الملح أما القشور فيتم التخلص منها دون إزالة الملح.

الخصائص الفيزيائية والوظيفية:

يشير الجدول (2) إلى نتائج بعض الخصائص الفيزيائية والوظيفية لقشور السمسم الناتجة عن صناعة الحلاوة الطحينية، نلاحظ من الجدول (2) أن النشاط المائي في قشور السمسم قد بلغ 0.39، اتفقت هذه النتائج مع النتائج التي توصل اليها (Khaldi et al., 2018 , 2)، ويعود ذلك إلى اختلاف طريقة التجفيف المتبعة. وتوضح النتائج في الجدول (2) أن قيمة الكثافة الظاهرية Bulk density لقشور السمسم قد بلغت 0.52 غ/مل، وكانت هذه القيمة ضمن المجال (0.41–0.61) الذي ذكره Elleuch *et al* (2012, 31) في دراسته حول قشور السمسم وعزا التفاوت إلى حجم الجسيمات فكلما قل حجم الجسيمات زادت الكثافة الظاهرية، وفي الوقت نفسه اختلفت قيمة الكثافة الظاهرية مع دراسة أخرى لنفس الباحث (Elleuch *et al.*, 2014, 768)، ومع دراسة أخرى قام بها (Zouari *et al.*, 2016, 762)، وتعد الكثافة الظاهرية (كثافة التعبئة) مؤشراً هاماً للمساحيق الجافة إذ تؤثر في وزن المسحوق وقابلية ذوبانه وكذلك متطلبات التعبئة والتغليف، فكلما زادت الكثافة الظاهرية زادت مساحة التغليف المطلوبة (Orngu and Mbaeyi-Nwaoha., 2022, 88).

الجدول (2) الخصائص الفيزيائية والوظيفية لقشور السمسم

الاختبار	قشور السمسم
النشاط المائي aw	0.01±0.39
الكثافة الظاهرية غ/سم^3	0.01±0.52
كثافة الربت غرام/سم^3	0.01±0.72
القدرة على ربط الماء غرام/غرام	0.10±2.52
القدرة على ربط الزيت غرام/غرام	0.08±1.53

أما كثافة الربت Tapped density فقد بلغت 0.72 غ/سم^3، وذلك نتيجة لطرد الهواء من الفرغات البينية للقشور، إذ تؤدي الكثافة العالية إلى ارتفاع مخاطر أكسدة المنتجات الجافة بسبب وجود جزيئات الهواء/الأكسجين في الفراغات بين الحبيبات (Özdemir, *et al*., 2022, 6).

كما نلاحظ من الجدول (2) أن الخصائص الوظيفية لقشور السمسم القدرة على ربط الماء والقدرة على ربط الزيت قد بلغتا 2.52 و1.53 غ/غ على التوالي، وتوافقت هذه النتائج مع دراسة (Zouari *et al*., 2016, 762)، ودراسة أخرى قام بها (Nandi and Ghosh, 2015, 132)، وكانت النتائج المتحصل عليها أقل من نتائج (Elleuch *et al*., 2012, 31) من حيث القدرة على ربط الماء وأعلى من حيث القدرة على ربط الزيت، ويعود ذلك إلى طبيعة الألياف ونسبتها وحجم الجسيمات التي بصغر حجمها تزداد القدرة على ربط الماء والزيت (Elleuch *et al*., 2014, 765)، وأيضاً تؤثر طريقة التجفيف دوراً مهما في الخصائص الوظيفية لقشور السمسم حيث يؤدي التجفيف بالميكروويف إلى زيادة القدرة على ربط الماء والزيت مقارنة بطريقة التجفيف التقليدية (Khaldi *et al*., 2018, 4)، وأشار Elleuch *et al* (2014, 765) إلى أن قشور السمسم تعد من المنتجات الثانوية الغنية بالألياف والتي تتميز بقدرة جيدة على الاحتفاظ بالماء والزيت لذلك يمكن استخدامها كمكونات تسمح بتثبيت المواد الغذائية الغنية بالماء والدهن ولتحسين اللزوجة والقوام والخصائص الحسية وفترة صلاحية المنتجات الغذائية.

يوضح الجدول (3) نتائج قيم مؤشرات اللون لقشور السمسم (درجة السطوع) L=48.03، و(الاحمرار/الاخضرار) a= 6.53، و(الاصفرار/الزرقة) b=18.81، وشدة اللون C=20.59 حيث تميزت القشور المجففة والمطحونة بلون رمادي ورائحة السمسم المميزة. وتوافقت هذه النتائج مع نتائج دراسة (Elleuch *et al*., 2014, 765) باستثناء مؤشر شدة اللون C لم يرد في دراسة الباحث.

ويعد اللون أحد أهم الصفات الحسية التي تؤثر على تفضيل المستهلك لأنواع معينة من الغذاء، وتكمن أهميته بالنسبة لقشور السمسم في تحديد أوجه الاستخدام ونسبة إضافته بحيث لا يؤثر سلباً على القبول العام للمنتج الغذائي. ويرتبط لون قشور السمسم بالخصائص البيوكيميائية والنشاط المضاد للأكسدة والأصبغة الطبيعية في صنف السمسم (Ölmez *et al*., 2022, 74).

الجدول (3) مؤشرات اللون لقشور السمسم

مؤشر اللون	القيمة
L	2.15±48.03
a	0.34±6.53
b	0.55±18.81
C	0.72±20.59

مضادات التغذية والمركبات الفعالة حيوياً:

يشير الجدول (4) إلى نتائج مضادات التغذية والمحتوى من الفينولات والفلافونيدات والنشاط المضاد للأكسدة في عينات قشور السمسم المدروسة. يبين الجدول (4) ارتفاع محتوى قشور السمسم من حمض الأوكزاليك 2.52%، وذلك لأن الأوكزالات تتركز في القشور، حيث أشارت العديد من الدراسات إلى أن إزالة القشور يؤدي إلى خفض محتوى البذور من الأوكزالات من 2.2 و3% إلى 0.43 و0.25% على التوالي (Manikantan *et al.*, 2015, 1779؛ Prakash and Naik, 2014, 51). وكانت النتائج المتحصل عليها أعلى مما وجده (Makinde *et al.*, 2013,2299)، وأقل مما توصل إليه (Farran et al., 2000, 457)، ويعود ذلك إلى اختلاف الصنف والعوامل البيئية ووقت الحصاد وحجم البذور وطريقة التحليل المتبعة (Linda, 2007,1191).

يعد حمض الأوكزاليك من مضادات التغذية التي توجد في العديد من الأغذية النباتية، فعند تناول الأوكزالات ترتبط بالكالسيوم والمغنيزيوم لتكوين أملاح غير قابلة للذوبان مما يقلل من التوافر الحيوي لهذه العناصر المعدنية، كما تعد بلورات أوكزالات الكالسيوم مسؤولة عن 70–80% من حصى الكلى (Agbemade et al., 2022, 12؛ Vanhanen, 2018, 9)، كما نلاحظ من الجدول (4) أن محتوى قشور السمسم من حمض الفايتيك (IP6، myo-inositol hexa-phosphoric acid) (سداسي فوسفات مايو الإينوسيتول) قد بلغ 1.7%، وكانت هذه النتائج ضمن المجال 1.44–5.36% الذي ذكره (Gupta *et al.*, 2013, 677)، وقريبة من النتائج التي توصل إليها (Farran et al., 2000, 457)، ومع ذلك كان محتوى القشور في هذه الدراسة أقل من محتوى بذور السمسم الكاملة 4.2% في الدراسة التي قام بها (Embaby, 2010, 34). وتختلف أصناف السمسم اختلافاً كبيراً في محتواها من حمض الفايتيك بسبب العوامل الوراثية ونوع التربة وظروف الري وموسم الحصاد وحجم البذور، ويمكن خفض محتوى الأغذية من حامض الفايتيك من خلال عمليات النقع، السلق، التقشير، التخمير أو المعاملة بإنزيم الفايتيز (Zebib et al., 2015, 243؛ Toros and Guzmán-Alvarez et al., 2022, 63؛ Makinde et al., 2013, 2299).

الجدول (4) مضادات التغذية والمركبات الفعالة حيوياً في قشور السمسم

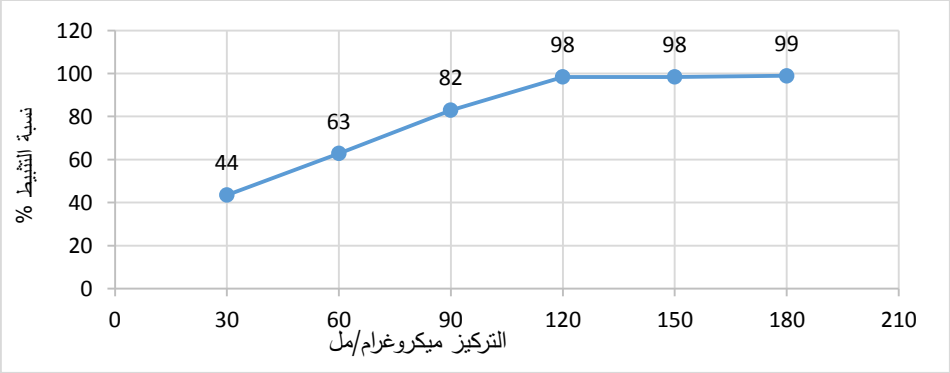
الاختبار	قشور السمسم
حمض الأوكزاليك%	0.11±2.52
حمض الفايتيك%	0.10±1.7
مردود الاستخلاص%	0.10±3.26
الفينولات مغ حمض غاليك/غ مستخلص	1.15±92.16
الفلافونيدات مغ كويرسيتين/غ مستخلص	0.44±13.14
مستخلص قشور السمسم IC50 ميكروغرام/مل	0.05±39.39
حمض الاسكوربيك IC50 ميكروغرام/مل	0.02±6.65

ومن جهة أخرى يعد حمض الفيتيك المخزن الرئيس للفوسفور في معظم البذور والحبوب، ولهذا المركب ميل شديد لتشكيل معقدات (مخلّبات) مع أيونات المعادن متعددة التكافؤ، خاصة الحديد والزنك والكالسيوم، مما يؤدي إلى تشكل أملاح غير قابلة للذوبان من المعادن المذكورة كما يشكل معقدات مع البروتين النباتي وبالتالي انخفاض التوافر البيولوجي ونتيجة لذلك يعد من مضادات التغذية

(Agbemade et al., 2022, 12 ؛Frontela et al., 2008, 344 ؛Makinde et al., 2013, 2298). وأشار Agbemade et al (2022,12) إلى أنه يمكن تصنيف بذور السمسم على أنها تحتوي على نسبة منخفضة من الفيتات والأوكزالات كونها تحتوي على أقل من 5%.

كانت نسبة مردود المستخلص الإيثانولي 70% لقشور السمسم 3.26% وهي أقل من النتائج التي توصل إليها (Chang *et al.*, 2002, 350) 6–8%، و(Elleuch *et al.*, 2012, 33) 10.6%، ويعود الانخفاض في المردود إلى تنقية المستخلص من المواد الدهنية التي تسبب تداخل عند قراءة الامتصاصية (Suja *et al.*, 2005, 218)، بالإضافة إلى أن عملية نقع البذور وغسيل القشور تؤدي إلى إزالة المواد الذائبة في الماء بما فيها جزء من المركبات الفعالة وبالتالي يتبقى الجزء الذائب في الإيثانول، ومع ذلك كانت نسبة الفينولات والفلافونيدات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة في هذا المستخلص مرتفعة مقارنة مع الدراسات التي استخدمت مذيبات مختلفة للحصول على المستخلص الخام بدون تنقية (Suja *et al.*, 2005, 218؛ Elleuch *et al.*, 2012, 31؛ Chang *et al.*, 2002, 350). ومن حيث السمية يعد الإيتانول كمذيب أكثر أماناً من الأسيتون أو الميتانول (Chang *et al.*, 2002, 350)، كما أشار (Elleuch *et al.*, 2012, 34) إلى أن مذيب الإيتانول بنسبة 70% يتفوق على المذيبات الأخرى في استخلاص مضادات الأكسدة.

تحتوي قشور السمسم على كمية أعلى من الفينولات والفلافونيدات الكلية مقارنة بالبذور الكاملة (Elhanafi et al., 2020, 289). أظهرت النتائج المبينة في الجدول (4) أن كمية الفينولات والفلافونيدات الكلية في مستخلص قشور السمسم قد بلغت 92.16 مغ حمض غاليك/ 1 غ مستخلص و13.14 مغ كويرسيتين/ 1غ مستخلص على التوالي، توافقت هذه النتائج مع دراسة (Morsy, et al., 2022, 2)، وكانت النتائج المتحصل عليها أعلى من ما وجده (Mohdaly et al., 2011, 955؛ Elhanafi et al., 2020, 290؛ Elleuch et al., 2012, 31)، ويعود الاختلاف في المحتوى من الفينولات والفلافونيدات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة إلى صنف ونوع السمسم ومصدر القشور وطريقة الاستخلاص المتبعة (Morsy, et al., 2022, 6؛ Elleuch et al., 2012, 31)، بالإضافة إلى العوامل البيئية، إذ يؤدي الجفاف إلى زيادة المحتوى من الفينولات والفلافونيدات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة، وبالمقابل يقل المحصول ونسبة الزيت في البذور (Kermani, et al., 2019, 361)، ومن جهة أخرى كان محتوى قشور السمسم من الفينولات والفلافونيدات الكلية أعلى مقارنة مع قشور بذور عباد الشمس، والترمس، واللوبياء، ونخالة القمح (Mohdaly, et al., 2011, 955؛ El-Beltagy and Alharthi, 2021, 474)



الشكل (2) النشاط المضاد للأكسدة في قشور السمسم بطريقة الجذر الحر DPPH

اكتسبت مضادات الأكسدة الطبيعية مؤخراً اهتماماً متزايداً كونها أكثر أماناً من مضادات الأكسدة الصناعية (Mohdaly *et al*., 2011, 952)، يبين الجدول (3) أن الـ IC_{50} اللازمة لتثبيط 50% من الجذر الحر DPPH (0.1 mM) خلال 30 دقيقة قد بلغت 39.39 ميكروغرام/مل، وهذه القيمة تعادل 6.65 ميكروغرام/مل من حمض الأسكوربيك عند الشروط ذاتها، كما يلاحظ من الشكل (3) أن نسبة تثبيط الجذر الحر DPPH عند تراكيز مختلفة من المستخلص الإيثانولي ازدادت بزيادة تركيز المستخلص حيث أدت إلى تثبيط 98.45% من الجذر الحر DPPH عند التركيز 120 ميكروغرام/مل، أما عند التراكيز الأعلى أصبحت نسبة التثبيط ثابتة نتيجة لتثبيط كامل الجذور الحرة وتشكل اللون الأصفر الذي أعطى امتصاصية ثابتة تقريباً، واستبعدت هذه القيم عند حساب قيمة الـ IC_{50}. اقتربت هذه النتائج من النتائج التي توصل إليها (Agbemade *et al*., 2022, 6)، وفي الوقت ذاته كانت النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة أعلى من نتائج كلٌ من (Morsy *et al*., 2022, 6؛ Elhanafi *et al*., 2020, 291؛ Chang *et al*., 2002, 350)، وذلك بسبب اختلاف صنف السمسم ومحتواه من الفينولات والفلافونيدات وطريقة الاستخلاص وتركيز الـ DPPH المستعمل في تنفيذ الاختبار، أظهرت هذه النتائج قدرة عالية لمستخلص قشور السمسم على تثبيط الجذور الحرة DPPH مما يشير إلى أنه يمكن أن تلعب دوراً في العلاج والوقاية من الأمراض المرتبطة بالإجهاد التأكسدي، بالإضافة إلى إمكانية استخدامها كمضادات أكسدة طبيعية في حفظ الأغذية وخصوصاً الزيوت النباتية غير المشبعة (Mohdaly *et al*., 2011, 952, 959).

الاستنتاجات:

1. ارتفاع محتوى قشور السمسم من الألياف والرماد وحمض الأوكزاليك.
2. تمتلك قشور السمسم قدرة جيدة على ربط الماء أو الزيت، ويمكن الاستفادة منها في تحسين الخصائص التكنولوجية للمنتجات الغذائية.
3. ارتفاع محتوى مستخلص قشور السمسم من المركبات الفعالة حيوياً الفينولات والفلافونيدات الكلية، والنشاط المضاد للأكسدة.
4. يمكن الاستفادة من قشور السمسم كمصدر جيد لمضادات الأكسدة الطبيعية والتي يمكن إنتاجها على نطاق تجاري واستخدامها في حفظ المنتجات الغذائية خاصةً الأغذية مرتفعة المحتوى من الدهون.

التوصيات:

1. الأخذ بعين الاعتبار محتوى قشور السمسم من حمض الأوكزاليك وملح الطعام عند استخدامه في تحضير أي منتج غذائي.
2. دراسة محتوى قشور السمسم من العناصر المعدنية الثقيلة.
3. دراسة إمكانية الاستفادة من الألياف الغذائية الموجودة في قشور السمسم في تحضير منتجات غذائية غنية بالألياف أو الحصول على السيللوز.
4. التوجه نحو استخدام طرائق التقشير الميكانيكية التي تلغي استخدام ملح الطعام في عملية التقشير وتوفر الماء المستخدم في التقشير والغسيل، وتوفر تكاليف تجفيف القشور.

التمويل : هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

المراجع:

1. المجموعة الإحصائية الزراعية السورية. (2018). وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. دمشق، سورية. الجدول رقم (162).

2. المحاسنة، حسين. (2014). استجابة أصناف من السمسم (Sesamum indicumL) لمعاملات الري خلال مراحل النمو. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. 30 (2): 79-93.

3. Agbemade, B., Frempong, T. F., Badu, A. M.(2022). Antioxidant Properties of Sesamum indicum Seeds using Different Solvents. Preprints.org, 1-16. https://doi.org/10.20944/preprints202207.0340.v1.

4. AOAC (2012). Association of official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis, 19th Edition International Arligton, Virginia, USA.

5. Bonos, E., Kargopoulos, A., Basdagianni, Z., Mpantis, D., Taskopoulou, E., Tsilofiti, B., and Nikolakakis, I.(2017). Dietary sesame seed hulls utilization on lamb performance,lipid oxidation and fatty acids composition of the meat. Anim Husb Dairy Vet Sci, 1(1): 1-5. https://doi.org/10.15761/AHDVS.1000101.

6. Bukya, A. and Vijayakumar. T. P. (2013). Properties of industrial fractions of sesame seed (Sesamum indicum L.). International Journal of Agricultural and Food Science, 3(3): 86-89.

7. Chang, L. W., Yena, W., Huang, S. C., and Duh, p.(2002). Antioxidant activity of sesame coat. J. Food Chemistry, 78: 347–354.

8. Dravie, E. E., Kortei, N. K., Essuman, E. K., Tettey, C. O., Boakye, A. A., and Hunkpe, G. (2020). Antioxidant, phytochemical and physicochemical properties of sesame seed (Sesamum indicum L). Scientific African, 8, e00349. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00349.

9. El-Beltagy, A.E., and Alharthi, A.(2021). Free Radical Scavenging Activity of Some Legumes Hulls Extract and Its Efficacy on Oil Oxidative Stability. Journal of AOAC INTERNATIONAL, 104 (2), 472–478

10. Elhanafi, L., Benkhadda, Z. B.; Rais, C., Houhou, M., Lebtar, S., Channo, A., and Greche, H.(2020). Biochemical Composition, Antioxidant Power and Antiinflammatory of Dehulled Sesamum indicum Seeds and Its Coat Fraction. Jordan J. Biol. Sci, 12(3): 289–294.

11. Elleuch, M., Bedigian, D., Besbes, S., Blecker, Ch., and Attia, H.(2012). Dietary Fibre Characteristics and Antioxidant Activity of Sesame Seed Coats (Testae). International Journal of Food Properties, 15(1): 25-37. http://dx.doi.org/10.1080/10942911003687231.

12. Elleuch, M., Bedigian, D., Maazoun, B., Besbes, S., Blecker, C., and Attia, H. (2014). Improving halva quality with dietary fibres of sesame seed coats and date pulp, enriched with emulsifier. Food Chemistry, 145, 765–771. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.085

13. Elleuch, M., Besbes, S., Roiseux, O., Blecker, C., and Attia, H. (2007). Quality characteristics of sesame seeds and by-products. Food Chemistry, 103 (2), 641–650.

14. Embaby, H. (2010). Effect of Heat Treatments on Certain Antinutrients and in vitro Protein Digestibility of Peanut and Sesame Seeds. Food Science and Technology Research, 17 (1): 31–38.

15. FAOSTAT (2018). Food and agriculture organization of the United Nations. statistics division, New York. http:/apps.fao.org.
16. Farran M.T.G., Uwayjan, M. G., and Ashkarian, V.M. (2000). Performance of broilers and layers fed graded level of sesame hull. Journal of Applied Poultry Research, 9(4):453-459.
17. Fasuan, T.O., Gbadamosi, S.O., and Omobuwajo, T.O.(2018). Characterization of protein isolate from Sesamum indicum seed: In vitro protein digestibility, amino acid profile, and some functional properties. Food Sci Nutr,1–9. https://doi.org/10.1002/fsn3.743.
18. Frontela, C., García-Alonso, F. J., Ros, G., and martinez, C. (2008). Phytic acid and inositol phosphates in raw flours and infant cereals: The effect of processing. Journal of Food Composition and Analysis, 21: 343-350. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.02.003.
19. Gao, Y., Shang, C., Saghai Maroof, M. A., Biyashev, R. M., Grabau, E., Kwanyuen, P., Burton, J., and Buss, G. R. (2007). A Modified colorimetric method for phytic acid analysis in soybean. J. Crop Science, 47:1797-1803 https://doi.org/10.2135/cropsci2007.03.0122.
20. Görgüç, A., and Yılmaz, F. M. (2019). Investigating the Recovery Potential of Protein and Antioxidant Compounds from Sesame Bran using Selected Basic Component Analyses. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 7(4): 624-630. https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i4.624-630.2347.
21. Gupta, R. K., Gangoliya,S.S., and Singh, N. K.(2013). Reduction of phytic acid and enhancement of bio-available micronutrients in food grains. Journal of Food Science and Technology, 52(2):676–684. https://doi.org/10.1007/s13197-013-0978-y.
22. Hegde, D. M.(2004). Sesame. In A. Peter, K. V. (2004). Handbook of herbs and spices. V2:1- 365. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge CB16AH, England. www.woodhead-publishing.com.
23. Hong, R., Ting, L., and Huijie, W. (2017). Optimization of extraction condition for phytic acid from peanut meal by response surface methodology. Resource-Efficient Technologies, 3. 226–231. http://dx.doi.org/10.1016/j.reffit.2017.06.002.
24. Kandangath, R. A., Ajay, P., Farhath. KH., Amarinder. Singh. B .(2010). Nutritional, Medicinal and Industrial Uses of Sesame (Sesamum indicum L.) Seeds - An Overview. J. Agriculturae Conspectus Scientificus (ACS),75 (4):159-168).
25. Kermania, S. G., Saeidia, G., Sabzaliana, M. and Gianinetti. A. (2019). Drought stress influenced sesamin and sesamolin content and polyphenolic components in sesame (Sesamum indicum L.) populations with contrasting seed coat colors. Food Chemistry, 289: 360–368. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.004
26. Khaldi, Y., Tounsi, L., Balti, M. A., and Kechaou, N. (2018). Impact of microwave drying on sesame coats quality. J. Food Process Eng. e12860:1-7. https://doi.org/10.1111/jfpe.12860
27. LINDA, K. M. (2007).Food Oxalate: Facto Affecting Measurement,Biological Variation, and Bioavailability. Journal of the American Dietetic Association, 107:1191-1194.
28. Makinde, F.M., and Akinoso, R. (2013). Nutrient composition and effect of processing treatments on anti nutritional factors of Nigerian sesame (Sesamum indicum Linn) cultivars. International Food Research Journal, 20(5): 2293-2300.

29. Manikantan, M. R., Sharma, R., Yadav, D. N and Gupta, R. K. (2015).Selection of process parameters for producing high quality defatted sesame flour at pilot scale. J Food Sci Technol, 52(3):1778–1783. https://doi.org/10.1007/s13197-013-1131-7

30. Mohdaly, A.A., Smetanska,I., Ramadan, M.F., Sarhan, M. A., and Mahmoud, M.(2011). Antioxidant potential of sesame (Sesamum indicum) cake extract in stabilization of sunflower and soybean oils. J. Industrial Crops and Products, 34: 952– 959.

31. Morsy, M.K., Sami, R., Algarni, E., Al-Mushhin, A.M., Benajiba, N., Almasoudi, A.G., and Mekawi, E.(2022). Phytochemical Profile and Antioxidant Activity of Sesame Seed (Sesamum indicum) By-Products for Stability and Shelf Life Improvement of Refined Olive Oil. J.Antioxidants, 11, 338:1-18. https://doi.org/10.3390/antiox11020338.

32. Nandi, I. and Ghosh, M. (2015). Studies on functional and antioxidant property of dietary fibre extracted from defatted sesame husk, rice bran and flaxseed. Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre, 5, 129 – 136. http://dx.doi.org/10.1016/j.bcdf.2015.03.001.

33. Noonan, S. C and Savage, G. P. (1999). Oxalate content of foods and its effect on humans. Asia Pacific J Clin Nutr,8(1): 64–74.

34. Norhaizan, M., Ng.S., Norashareena, M. S., and Abdah. M. (2011). Antioxidant and cytotoxicity effect of rice bran phytic acid as an anticancer agent on ovarian, breast and liver cancer cell lines. Malaysian journal of nutrition, 17(3) 367-75.

35. Ölmez, Y. A., Sevilmiş, D., and Bilaloğlu, İ. (2022). Seed coat color of Sesame (Sesamum indicum L.): A review. Muş Alparslan University Journal of Agriculture and Nature, 2(2):72-76.

36. Onsaard, E. (2012). Sesame proteins. International Food Research Journal, 19(4):1287-1295.

37. Orngu, O.A. and Mbaeyi-Nwaoha, I. E.(2022). Assessment of the Anti-Nutritional, Functional and Microbiological Properties of Instant Breakfast Cereals from Yellow Maize (Zea mays), Sesame (Sesamum indicum) and Oyster Mushroom (Pleurotus ostreatus) Flour Blends. J. Food Chem Nanotechnol, 8(3): 83-92. https://doi.org/10.17756/jfcn.2022-130.

38. Ortega-Hernández, E., Coello-Oliemans, C., Ornelas-Cravioto, A., Santacruz, A., Becerra-Moreno., and Jacobo-Velázquez. D. (2018). Phytochemical characterization of sesame bran: an unexploited by-product rich in bioactive compounds, J.CyTA -Journal of Food, 16 (1): 814-821. https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1480534

39. Özdemir, E. E., Görgüç, A., Gençdağ, E., & Yılmaz, F. M. (2022). Physicochemical, functional and emulsifying properties of plant protein powder from industrial sesame processing waste as affected by spray and freeze drying. J. LWT - Food Science and Technology, 154, 112646:1-9. doi: 10.1016/j.lwt.2021.112646.

40. Pathak, N., Rai, A.K., Kumari, R., and Bhat. K.V.(2014).Value addition in sesame: A perspective on bioactive components for enhancing utility and profitability. j. Pharmacognosy Reviews, 8:147-55. https://doi.org/10.4103/0973-7847.134249.

41. Prakash, K and Naik, S. N.(2014). Bioactive Constituents as a Potential Agent in Sesame for Functional and Nutritional Application. Journal of Bioresource Engineering and Technology, 1:48-66.

42. Sharma, L., Singh, C., and Sharma, H. K. (2016). Assessment of functionality of sesame meal and sesame protein isolate from Indian cultivar. Journal of Food Measurement and Characterization, 10(3), 520–526. https://doi.org/10.1007/s11694-016-9330-3 .

43. Suja, K. P., Jayalekshmy, A., and Arumughan, C.(2005). Antioxidant activity of sesame cake extract. J. Food Chemistry, 91: 213–219.

44. Toros, H., and Guzmán-Alvarez, R.(2022). Reduction of Antinutritional Factors of Three Varieties of Sesame (Sesamum Indicum L.) Seeds When Applying Heat-Alkaline Treatments. Acta Scientific Nutritional Health, 6(3): 59-68. https://doi.org/10.31080/ASNH.2022.06.1009.

45. USDA.(2009). United States Department of Agriculture. Determination of Salt .Food Safety and Inspection Service, Office of Public Health Science.1-11.

46. Vanhanen, L. (2018). Oxalate content of green juices and strategies for reduction of soluble oxalate content. Ph.D. Thesis, Lincoln University. New Zealand. Lincoln University Digital Thesis. 1-141.

47. Wei, P., Zhao, F., Wang, Z., Wang, Q., Chai, X., Hou, G., and Meng, Q. (2022). Sesame (Sesamum indicum L.): A Comprehensive Review of Nutritional Value, Phytochemical Composition, Health Benfits, Development of Food, and Industrial Applications. J .Nutrients, 14, 4079: 1-26. https://doi.org/10.3390/nu14194079

48. Zebib, H., Bultosa, G. and Abera, S. (2015). Physico-Chemical Properties of Sesame (Sesamum indicum L.) Varieties Grown in Northern Area, Ethiopia. Agricultural Sciences, 6, 238-246. http://dx.doi.org/10.4236/as.2015.62024.

49. Zhang, R. Y., Liu, H. M., Hou, J., Yao, Y., Ma, Y. X., and Wang, X. D.(2021). Cellulose fibers extracted from sesame hull using subcritical water as a pretreatment. Arabian Journal of Chemistry, 14, 103178:1-10. https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103178.

50. Zouari, R., Besbes, S., Ellouze-Chaabouni, S., and Ghribi-Aydi, D.(2016). Cookies from composite wheat–sesame peels flours: Dough quality and effect of Bacillus subtilis SPB1 biosurfactant addition. J.Food Chemistry, 194, 758–769.