تأثير الاستبدال الجزئي لدقيق القمح بدقيق الشوفان ودقيق الذرة الرفيعة على الخصائص الفيزيائية والحسية للخبز

عبد العظيم امعمر البقار [*1]، اية عادل الزوي [2]، ميلاد موسى عكاشة [3]
[1] قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة بني وليد، ليبيا
[3،2] كلية علوم الأغذية، جامعة وادي الشاطئ، ليبيا
[*] البريد الإلكتروني (للباحث المرجعي): abduladhimalbegar@bwu.edu.ly

Impact of Partial Substitution of Wheat Flour with Oat and Sorghum Flours on the Physical and Sensory Attributes of Bread

Abduladhim M Albegar [*1], Ayay Ezwai [2], Milad Akasha [3]
[1] Department of Food Science, Faculty of Agriculture, Bani WalEEd University, Libya
[2,3] Faculty of Food Science, Wadi Ashatti University, Libya

Received: 12-02-2025; Accepted: 23-04-2025; Published: 06-05-2025

الملخص:

أجريت هذه الدراسة داخل معمل بحوث وتكنولوجيا الأغذية بكلية علوم الأغذية جامعة الشاطئ . ليبيا وذلك لتقدير الخواص الوظيفية لدقيق القمح الكامل المستبدل جزئياً بنسب مختلفة (10%, 20%, 30%) من دقيق الشوفان ودقيق الذرة الرفيعة والدقيق المركب، والخواص الفيزيائية للخبز المنتج من دقيق القمح الكامل المستبدل جزئياً بدقيق الشوفان ودقيق الذرة الرفيعة ودقيق الخليط، وكذلك تقييم الخواص الحسية للخبز المنتج.

أظهرت نتائج الخواص الوظيفية لعينات الدراسة أن قدرة الارتباط بالماء في دقيق القمح الكامل ودقيق الشوفان ودقيق الذرة الرفيعة 1.948, 2.103, 2.150 جم\جم على التوالي، قدرة الارتباط بالزيت للعينات 2.144, 2.189, 2.024 جم\جم على التوالي، أما القدرة على الاستحلاب فقد سجلت 2.366, 2.633, 2.491 جم\جم على التوالي، والقدرة على الانتفاخ سجلت 4.352, 4.903, 3.442 جم\جم على التوالي. كما أشارت النتائج إلى انه كلما زادت نسبة الاستبدال بدقيق الشوفان زادت القدرة على الارتباط بالماء, القدرة على الاستحلاب, القدرة على الانتفاخ, وانخفضت القدرة على الارتباط بالزيت, أما زيادة نسبة الاستبدال بدقيق الذرة الرفيعة أدت إلى زيادة القدرة على الارتباط بالماء, القدرة على الاستحلاب, وانخفضت القدرة على الارتباط بالزيت, والقدرة الانتفاخ, كما انه كلما زادت نسبة الاستبدال بالدقيق المركب زادت القدرة على الارتباط بالماء, القدرة على الاستحلاب, وانخفضت القدرة على الارتباط بالزيت, والقدرة على الانتفاخ.

كما أشارت النتائج إلى انه كلما زادت نسبة الاستبدال بدقيق الشوفان زادت القدرة على الارتباط بالماء, القدرة على الاستحلاب, القدرة على الانتفاخ, وانخفضت القدرة على الارتباط بالزيت, أما زيادة نسبة الاستبدال بدقيق الذرة الرفيعة أدت إلى زيادة القدرة على الارتباط بالماء, القدرة على الاستحلاب, وانخفضت القدرة على الارتباط بالزيت, والقدرة الانتفاخ, كما انه كلما زادت نسبة الاستبدال بالدقيق المركب زادت القدرة على الارتباط بالماء, القدرة على الاستحلاب, وانخفضت القدرة على الارتباط بالزيت, والقدرة على الانتفاخ.

بينت نتائج الخواص الفيزيائية للخبز أن الاستبدال الجزئي بدقيق الشوفان أدى إلى انخفاض حجم رغيف الخبز من 1043 سم3 إلى 1030 سم3 عند الاستبدال بنسبة 10%, و 1030 سم3 عند الاستبدال بنسبة 20%, و 906 سم3 عند

الاستبدال 30%. أما الاستبدال الجزئي بدقيق الذرة الرفيعة أدى إلى ارتفاع حجم رغيف الخبز عند الاستبدال بنسبة 10% وسجل 1086 سم3, بينما انخفض حجم رغيف الخبز عند الاستبدال بنسبة 20% وسجل 1013 سم3, و 1020 سم3 عند الاستبدال بنسبة 30% . وعند الاستبدال الجزئي بالدقيق المركب أدى الاستبدال بنسبة 10% إلى ارتفاع حجم الرغيف حيث سجل 1080 سم3, وكذلك الاستبدال بنسبة 20% حيث سجل 1050 سم3, بينما انخفض حجم الرغيف عند الاستبدال بنسبة 30% وسجل 966 سم3. أظهرت النتائج أن الاستبدال بدقيق الشوفان أدى لانخفاض الحجم النوعي للخبز، أما الاستبدال بنسبة 10% دقيق ذرة رفيعة أدى لارتفاع الحجم النوعي من 2.108 سم3 \جم في عينة الشاهد إلى 2.179 سم3 \جم وزيادة نسبة الاستبدال أدت لانخفاض الحجم النوعي للخبز، والاستبدال بنسبة 10% دقيق مركب أدى أيضاً لارتفاع الحجم النوعي 2.133 سم3 \جم وزيادة الاستبدال أدت لانخفاض الحجم النوعي .

أوضحت نتائج التقييم الحسي أن الخبز المستبدل بنسبة 10% دقيق شوفان، والخبز المستبدل بنسبة 10% دقيق ذرة رفيعة وكذلك الخبز المنتج من الدقيق المستبدل بنسبة 10% دقيق مركب تحصلت على أعلى تقييم وكانت نتائجها مقاربة لعينة الشاهد، وتحصل الخبز المنتج من دقيق مستبدل بنسبة 10% دقيق ذرة رفيعة أعلى تفضيل من حيث اللون 7.7, وتحصل الخبز المنتج من دقيق مستبدل بنسبة 10% دقيق شوفان أعلى تفضيل من حيث الطعم 7.7. وتحصل الخبز المنتج من دقيق مستبدل بنسبة 10% دقيق ذرة رفيعة أعلى تفضيل من حيث الرائحة 6.9. وتحصل الخبز المنتج من دقيق مستبدل بنسبة 10% دقيق شوفان، والخبز المنتج من دقيق مستبدل بنسبة 10% دقيق ذرة رفيعة على أعلى تفضيل من حيث القوام 6.9. كما تحصل الخبز المنتج من دقيق مستبدل بنسبة 10% دقيق ذرة رفيعة على أعلى تفضيل من حيث القبول العام.

الكلمات المفتاحية: الريولوجية، الخواص الوظيفية الدقيق المستبدل جزئياً، الاستحلاب، الانتفاخ، التقييم الحسي، الخواص الفيزيائية.

Abstract:

(This study was conducted at the Food Research and Technology Laboratory, Faculty of Food Science, Wadi Al-Shatti University, Libya, to evaluate the functional properties of whole wheat flour partially substituted with different ratios (10%, 20%, 30%) of oat flour, sorghum flour, and composite flour. The physical properties of bread produced from partially substituted whole wheat flour with oat flour, sorghum flour, and composite flour were also investigated, as well as the sensory evaluation of the produced bread.

The results of the functional properties showed that the water binding capacity of whole wheat flour, oat flour, and sorghum flour were 1.948, 2.103, and 2.150 g/g, respectively. The oil binding capacity was 2.144, 2.189, and 2.024 g/g, respectively. The emulsification capacity was 2.366, 2.633, and 2.491 g/g, respectively. The swelling capacity was 4.352, 4.903, and 3.442 g/g, respectively.

The results indicated that increasing the substitution ratio of oat flour increased the water binding capacity, emulsification capacity, and swelling capacity, while decreasing the oil binding capacity. Increasing the substitution ratio of sorghum flour increased the water binding capacity and emulsification capacity, while decreasing the oil binding capacity and swelling capacity.

The physical properties of bread showed that partial substitution with oat flour decreased the loaf volume from 1043 cm^3 to 1030 cm^3 at 10% substitution, 1030 cm^3 at 20% substitution, and 906 cm^3 at 30% substitution. Partial substitution with sorghum flour increased the loaf volume at 10% substitution (1086 cm^3), while decreasing it at 20% substitution (1013 cm^3) and 30% substitution (1020 cm^3).

The sensory evaluation results showed that bread substituted with 10% oat flour, 10% sorghum flour, and 10% composite flour received the highest scores and were comparable to the control sample. The bread produced from flour substituted with 10% sorghum flour received the highest

score for color (7.7), while the bread produced from flour substituted with 10% oat flour received the highest score for taste (7.7).
The study concluded that partial substitution of whole wheat flour with oat flour, sorghum flour, and composite flour can improve the functional and physical properties of bread. The optimal substitution ratio was found to be 10% for all types of flour. The sensory evaluation results showed that bread produced from flour substituted with 10% sorghum flour received the highest score for overall acceptability.

Keywords: Rheology, Functional properties, partially replaced flour, Emulsification, Swelling, Sensory evaluation, Physical properties.

1.المقدمة Introduction

الخبز من أهم وأقدم أنواع الأطعمة التي صنعها الإنسان وغالبا ما يتم صنعها من دقيق القمح الكامل ولكن نظرا لارتفاع أسعار القمح عالميا في الآونة الأخيرة مقارنة بأسعار الشوفان والذرة الرفيعة والذرة الصفراء بالإضافة للقيمة الغذائية المضافة للخبز المصنوع من الدقيق المستبدل جزئيا بنسب مختلفة ومدروسة من الشوفان والذرة أيضا وجد تحسنا في الخصائص الحسية والفيزيائية للخبز من الدقيق المستبدل جزئيا (Vásquez at al 2016) إن استخدام دقيق القمح المستبدل جزئيا بأنواع أخرى يؤدي لتغييرات في خصائص تكوين الخبز , إن نسب الكربوهيدرات والبروتينات والدهون لهذه الحبوب لها تأثيرات حيوية على الخصائص الريولوجية والفيزيائية للعجين ,تحدد قدرة امتصاص الماء جودة الدقيق وقدرته على تكوين عجينة لزجة مرنة، وهما أمران مهمان في صناعة الأغذية نظرًا لتأثيرهما على خصائصه الوظيفية وجودة المنتجات النهائية (الخبز والبسكويت,المكرونة) (Berton, Scher, Villieras, & Hardy, 2002) .

يؤثر النشا بشكل كبير على لزوجة الدقيق، بناءً على المساهمة المحددة لكل دقيق، تؤثر البروتينات والدهون أيضًا على هذه الصفة. يُعد محلل اللزوجة السريع (RVA) أداة فعالة للغاية لقياس خصائص اللزوجة لنشا الدقيق ، وللربط بين وظائف الدقيق. ومن الخصائص الأخرى الناتجة عن هذه المكونات، مثل البروتينات، قدرة دقيق القمح على تكوين شبكة لزجة مرنة (الغلياداين والغلوتينين)، وهي المسؤولة عن احتباس الغاز أثناء التخمير وارتفاع الأرغفة أثناء الخبز (Marchetti وCardós وCampaña و Ferrero2012),يتميز القمح بالبروتينات ذات الخصائص المميزة حيث أنه عندما يمزج دقيق القمح بالماء فأن البروتينات المخزنة (الجلياداين والجلوتينين) تتحد ببعضها وبالمركبات الأخرى كالكربوهيدرات والليبيدات والعناصر المعدنية لتتشكل كتلة مطاطية لزجة تسمى الغلوتين (Rustgi *et al.*, 2019), إن بروتين الجلوتينين مسؤول عن خاصية المطاطية أما بروتين الجلياداين مسؤول عن خاصية اللزوجة (Zilic, 2013), يعتمد حجم رغيف الخبز ومقدار انتفاخه عليهما, حيث أوضحت الدراسات أن مركب الغلوتين وتداخله مع حبيبات النشا يعد المؤثر الرئيسي في خصائص العجين وجودة الخبز الناتج منه (Jekle *et al.*, 2016).

يعد الشوفان (Oat) من الحبوب الغنية بالمواد ذات القيمة الغذائية العالية مثل البروتينات والأحماض الدهنية غير المشبعة والفيتامينات والمعادن والنشا والألياف القابلة للذوبان (البيتاجلوكان) (Flander *et*

2008 ,*al.*). التركيب الكيميائي لحبوب الشوفان 39-55% نشا, 20-39% ألياف غذائية, 9-16% بروتين, 4.5-7% دهون (Skoglund, 2008).

الشوفان غني بالمركبات المضادة للأكسدة وهي مواد تحمي خلايا الجسم من التأكسد الناتج عن زيادة الأكسجين التفاعلي حيث أن جذور الأكسجين الحرة تتسبب في حدوث إجهاد تأكسدي في الجسم والذي بدوره يتسبب في حدوث اضطرابات كما يحدث في أمراض السمنة والسكري والسرطان (Singh *et al.*, 2019).

لا يعد الشوفان محصول مناسب لإنتاج الخبز بسبب خلوه من الغلوتين الذي يتميز به محصول القمح عن غيره من محاصيل الحبوب والذي يعطيه خواصه الخبيزية العالية (Dewettnick *et al.*, 2008), أشارت الدراسات إلى أن استخدام الشوفان كمادة مدعمة في إنتاج الخبز يعطي قيمة تغذوية عالية, ويحسن من خواص الرائحة في الخبز (Flander *et al.*, 2007) كما يزيد من خاصية الاحتفاظ بالماء التي تساعد في تأخير بيات الخبز(McKechnie, 1983), كما أنه من الممكن استهلاكه من قبل المصابين بالداء الإنزلاقي أو حساسية الغلوتين وذلك لنقص محتواه البروتيني من الغلوتين (Webster,2016; Thompson, 2005).

يعد دقيق الذرة الرفيعة كاملة الحبة مصدراً جيدا للألياف الغذائية، البروتين، المواد الكيميائية النباتية النشطة بيولوجياً ومضادات الأكسدة، وبعض العناصر المعدنية مثل الحديد، وفيتامين ب، مقارنة بدقيق الذرة الرفيعة المكرر (Espitia-Hernández *et al.*, 2022; Xiong *et al.*, 2019).

اكتسبت الذرة الرفيعة (Sorghum) اهتماماً عالمياً كمصدر للدقيق الذي يستعمل في صنع المنتجات الغذائية المعتمدة على العجين، والخبز ومنتجات المخابز (Capriles *et al.*, 2016; Khoddami *et al.*, 2023; Rumler & Schönlechner, 2021). ازداد استهلاك الأغذية المصنوعة من الذرة الرفيعة نتيجة لمعرفة الفوائد الصحية المرتبطة بها, يعد من الصعب دمج وخلط نسبة كبيرة من دقيق الذرة الرفيعة لصنع الخبز نتيجة لعدم قابليته لحبس الغاز, كما انه لا يشكل عجين مرن لزج كدقيق القمح (Sharanagat *et al.*, 2022; Taylor *et al*, 2016), وهذا يرجع لاختلاف التركيب والهيكلية بين غلوتين القمح, وبرولامين وكافيرين الذرة الرفيعة حيث أن الكافيرين كاره للماء بنسبة عالية, وغالباً تشكله يكون ألفا مطوي للغاية حلزوني وهذا يحد من تفاعله مع الماء والذي يعد مهم لترطيب العجين وتطويره ((Taylor & Taylor, 2023.

أظهرت بعض الدراسات انه عند استبدال دقيق القمح بنسبة 30% بدقيق الذرة الرفيعة مرتفع في هضمية البروتين فانه يعطي عجين له قابلية تمدد عالية ورغيف خبز له حجم اكبر مقارنة بخبز دقيق الذرة الرفيعة عادية هضم البروتين (Goodall *et al.*, 2012), كما انه كان لدقيق الذرة المتحولة عالية البروتين والتي لها صفات هضم شمعية قابلية أعلى للذوبان مقارنة بالذرة ذات هضم البروتين العادي وغير الشمعي المرتبط بقوة؛ يرجع ذلك إلى ارتفاع محتوى الأميلوبكين, واختلاف تكوين بروتين السويداء وانخفاض كثافة نسيجها (Elhassan *et al.*, 2015).

يعد الخبز من المنتجات الشائعة للحبوب يحتوي على العديد من العناصر الغذائية وبالرغم من أن الخبز أشهر الأغذية الرئيسية في العالم فأن معظمه يصنع من دقيق القمح المكرر والذي يكون فقير في المغذيات الأساسية كالمعادن والفيتامينات والألياف الغذائية (Shewry and Hey,2015), كما أنه يعد فقير في بعض الأحماض الأمينية الأساسية كالتريبتوفان واللايسين والتريونين (Shen *et al.*, 2019).

2.مواد وطرق البحث:

1.2 القدرة على الارتباط بالماء

تم اخذ 1جم من العينات ووضعت في أنبوبة الطرد المركزي، أضيف لها 10مل من الماء المقطر، وأجريت عملية الخلط لمدة 1 دقيقة، وتركت العينات على درجة حرارة الغرفة لمدة 10–15 دقيقة، ثم تم إجراء عملية الطرد المركزي centrifugation على سرعة 3000 دورة في الدقيقة لمدة 15 دقيقة، وتمت إزالة الماء الزائد حسب ما ذكر (Abd Elmoneim *et al.*, 2017) وتم حساب النتائج في صورة (جم/جم) بالمعادلة التالية:

$$\text{جم/جم} = \frac{(\text{وزن الانبوبة مع العينة} - \text{وزن الانبوبة فارغة})}{\text{وزن العينة}}$$

2.2 القدرة على الارتباط بالزيت

تم أخذ 1جم من العينات المدروسة ووضعت في أنابيب الطرد المركزي، وأضيف إليها 10مل من زيت عباد الشمس، وأجريت لها عملية خلط لمدة 1 دقيقة، ثم تركت على درجة حرارة الغرفة لمدة 10–15 دقيقة، ثم أجريت عملية الطرد المركزي centrifugation على سرعة 3000 دورة\الدقيقة لمدة 15 دقيقة، ثم تمت إزالة الزيت الزائد وذلك بحسب ما ذكر (Abd Elmoneim *et al.*, 2017), حسبت النتائج في صورة (جم\جم) من المعادلة التالية:

$$\text{جم/جم} = \frac{(\text{وزن الانبوبة مع العينة} - \text{وزن الانبوبة فارغة})}{\text{وزن العينة}}$$

3.2 تقدير خاصية الاستحلاب

تم وزن 1جم من العينة (و1)، ووضعت في أنبوبة الطرد المركزي (و2) , وأضيف إليها 5مل من الماء المقطر و 5 مل من زيت عباد الشمس، وأجريت لها عملية خلط لمدة 5 دقائق، ثم أجريت لها عملية الطرد المركزي centrifugation لمدة 15 دقيقة على سرعة 3000 دورة\دقيقة، وتمت إزالة المستحلب الزائد بحسب ما ذكر (Yasumatsu, 1972) وحسبت النتائج بصورة (جم\جم):

$$\text{جم/جم} = \frac{(\text{و3} - \text{و2})}{\text{و1}}$$

4.2 القدرة على الانتفاخ

وضع وزن 1 جم من العينة في أنبوبة الطرد المركزي، وأضيف إليها 10 مل من الماء المقطر، تم خلطها لمدة 1 دقيقة، وضعت العينات في حمام مائي على درجة حرارة 80°م لمدة 15 دقيقة، وتركت على حرارة

الغرفة لتبرد، ثم أجريت عملية الطرد المركزي على سرعة 3000 دورة في الدقيقة لمدة 15 دقيقة حسب ما ذكر (Liu *et al.*,2018) وتم حساب القدرة على الانتفاخ وفق المعادلة التالية:

$$\text{جم/جم} = \frac{\text{وزن الانبوبة مع العينة} - \text{وزن الانبوبة فارغة}}{\text{وزن العينة}}$$

5.2 طريقة إعداد رغيف الخبز

تم استخدام الطريقة المباشرة Straight dough method حسب الطريقة 10-10 المعتمدة من (AACC, 2000).

وزن 300جم من دقيق القمح الكامل وأضيف إليه 6جم من خميرة الخبز, 18جم سكر, 3جم ملح الطعام، وتم خلط المواد في عجان كهربائي لضمان تجانسها، تم نقلت إلى وعاء العجن وأضيف إليها الماء درجة حرارته 30°م، وتم عجنها حتى الوصول إلى قوام متماسك، تم وضعت في قوالب الخبز وتركت لتختمر لمدة 60 دقيقة، ثم وضعت في الفرن للخبز على درجة حرارة 230°م لمدة 25 دقيقة.

6.2 الاختبارات الفيزيائية

1.6.2 قياس حجم رغيف الخبز

تم ملئ قالب قياس الحجم ببذور اللفت وسوي سطحه بالمسطرة، تم وضعت البذور في مخبار مدرج لمعرفة حجم قالب القياس (ص)، تم وضع رغيف الخبز في قالب القياس وتمت تغطيته ببذور اللفت وسوي سطحه بالمسطرة، تم وضع بذور اللفت في المخبار المدرج لمعرفة حجمه (س). تم تقدير حجم رغيف الخبز من المعادلة التالية:

حجم الرغيف بالمليتر= ص- س= مليتر (سم^3).

2.6.2 قياس الحجم النوعي للخبز

تم تقديره حسب الطريقة 10-72 المعتمدة من (AACC, 2000).

تم وزن عينات الخبز بعد ساعة من عملية الخبز وحسب الوزن النوعي لجميع العينات.

الحجم النوعي (سم^3/جم)=الحجم/الوزن

3.6.2 قياس ارتفاع رغيف الخبز

تم قياس ارتفاع الرغيف بعد تقطيعه إلى شرائح، تم قياس ارتفاع 3 شرائح من أماكن مختلفة من الرغيف باستخدام المسطرة، ثم تم حساب المتوسط الحسابي للارتفاعات الثلاثة.

7.2 التقييم الحسي للخبز

استخدمت طريقة 9-Point Hedonic Scale للتقييم الحسي، تم التحكيم بواسطة محكمين (طلاب)، اشتمل التقييم على 5 صفات جودة: القبول العام، القوام، الطعم، اللون، النكهة عند استبدالات مختلفة.

8.2 التحليل الإحصائي

تم تصميم التجربة وتحليلها إحصائياً باستخدام التصميم العشوائي الكامل (C.R.D)، وتمت مقارنة المتوسطات باستخدام اختبار (LSD) عند مستوى معنوية 0.05 باستخدام برنامج SPSS, وتم رسم الإشكال البيانية باستخدام برنامج (Microsoft Excel).

3_ النتائج والمناقشة

ذكر (Badia *et al.*, 2023) أن قدرة الارتباط بالماء في دقيق الشوفان 1.60±0.13 جم\جم، قدرة الارتباط بالزيت 0.97±0.09 جم\جم وهذه النسب كانت أقل من النتيجة المتحصل عليها في هذه الدراسة. ذكر (Adebo & Kesa, 2023) أن قدرة الارتباط بالماء في دقيق الذرة الرفيعة 15.51±0.24 جم\جم، ونسبة الارتباط بالزيت 15.38±0.14 جم\جم هذه النتيجة أعلى من المتحصل عليها في هذه الدراسة.

1.3 الارتباط بالماء لدقيق القمح الكامل المستبدل جزئياً بدقيق الشوفان

اظهرت النتائج ان دقيق القمح الكامل المستبدل 30% دقيق شوفان سجل أعلى قدرة على الارتباط بالماء وكانت (2.177±0.085جم\جم)، مقارنة بالدقيق المستبدل 20% دقيق شوفان حيث كانت قدرته على الارتباط بالماء(2.175±0.021جم\جم)، أما الدقيق المستبدل 10% دقيق شوفان سجل أقل مقدرة على الارتباط بالماء وكانت (2.107±0.030جم\جم).

اشارت النتائج الى عدم وجود فرق معنوي بين العينات

2.3 الارتباط بالزيت لدقيق القمح الكامل المستبدل جزئياً بدقيق الشوفان

حسب النتائج المتحصل عليها سجل دقيق القمح الكامل المستبدل 10% دقيق شوفان أعلى قدرة على الارتباط بالزيت وبلغت (2.394±0.060جم\جم)، مقارنة بالدقيق المستبدل 20% دقيق شوفان والدقيق المستبدل 30% دقيق شوفان مقدرة على الارتباط بالزيت وكانت (2.194±0.068جم\جم) و(2.204±0.067جم\جم) على التوالي.

هناك فرق معنوي بين الدقيق المستبدل 10% دقيق شوفان والدقيق المستبدل 20% دقيق شوفان، وبين الدقيق المستبدل 10% دقيق شوفان والدقيق المستبدل 30% دقيق شوفان، ولا يوجد فرق بين الدقيق المستبدل 20% دقيق شوفان والدقيق المستبدل 30% دقيق شوفان.

3.3 خاصية الاستحلاب لدقيق القمح الكامل المستبدل جزئياً بدقيق الشوفان

اشارت النتائج الى ان دقيق القمح الكامل المستبدل 30% دقيق شوفان سجل أعلى قدرة على الاستحلاب وبلغت (2.463±0.064جم\جم)، يليه الدقيق المستبدل 20% دقيق شوفان وكانت قدرته على الاستحلاب (2.458±0.021جم\جم)، بينما كان الدقيق المستبدل 10% دقيق شوفان اقلها مقدرة على الاستحلاب وكانت(2.390±0.045جم\جم).

لا يوجد فرق معنوي بين الاستبدالات المختلفة من دقيق الشوفان.

4.3 القدرة على الانتفاخ لدقيق القمح الكامل المستبدل جزئياً بدقيق الشوفان

بينت النتائج المتحصل عليها ان دقيق القمح الكامل المستبدل 30% دقيق شوفان كان أعلى العينات مقدرة على الانتفاخ وبلغت (4.239±0.052جم\جم)، مقارنة بالدقيق المستبدل 20% دقيق شوفان حيث كانت قدرته على الانتفاخ (3.848±0.049جم\جم)، وأقل مقدرة على الانتفاخ سجلت لدقيق القمح الكامل المستبدل 10% دقيق شوفان وكانت (3.423±0.345جم\جم).

هناك فرق معنوي بين الدقيق المستبدل 10% دقيق شوفان والدقيق المستبدل 30% دقيق شوفان، ولا يوجد فرق بين الدقيق المستبدل 20% دقيق شوفان والدقيق المستبدل 30% دقيق شوفان، وكذلك بين الدقيق المستبدل 10% دقيق شوفان الدقيق المستبدل 20% دقيق شوفان.

الجدول (1): الخواص الوظيفية لعينات دقيق القمح الكامل المستبدل جزئياً بدقيق الشوفان.

العينة الخصائص الوظيفية(جم\جم)	دقيق مستبدل 10% دقيق شوفان	دقيق مستبدل 20% دقيق شوفان	دقيق مستبدل 30% دقيق شوفان
القدرة على الارتباط بالماء	2.107^{a}±0.030	2.175^{a}±0.021	2.177^{a}±0.085
القدرة على الارتباط بالزيت	2.394^{ab}±0.060	2.194^{b}±0.068	2.204^{a}±0.067
خاصية الاستحلاب	2.390^{a}±0.045	2.458^{a}±0.021	2.463^{a}±0.064
القدرة على الانتفاخ	3.423^{b}±0.345	3.848^{ab}±0.049	4.239^{a}±0.052

*القيم المبينة في الجدول= المتوسط الحسابي± الانحراف المعياري لأربعة مكررات؛ الحروف المتشابهة في الصف الواحد تدل على عدم وجود فرق معنوي.

5.3 الارتباط بالزيت لدقيق القمح الكامل المستبدل جزئياً بدقيق الذرة الرفيعة

بحسب النتائج المتحصل عليها سجل الدقيق المستبدل 20% دقيق ذرة رفيعة أعلى قابلية على الارتباط بالزيت وبلغت (2.318±0.086جم\جم)، يليه الدقيق المستبدل 10% دقيق ذرة رفيعة الذي كانت قابليته على ربط الزيت (2.304±0.074جم\جم) ثم الدقيق المستبدل 30% دقيق ذرة رفيعة وكانت(1.956±0.031جم\جم).

هناك فرق معنوي بين الدقيق المستبدل 20% دقيق ذرة رفيعة والدقيق المستبدل 30% دقيق ذرة رفيعة، ولا يوجد فرق معنوي بين الدقيق المستبدل 10% دقيق ذرة رفيعة والدقيق المستبدل 20% دقيق الذرة الرفيعة، لا يوجد فرق معنوي بين الدقيق المستبدل 10% دقيق ذرة رفيعة والدقيق المستبدل 30% دقيق ذرة رفيعة.

6.3 خاصية الاستحلاب لدقيق القمح الكامل المستبدل جزئياً بدقيق الذرة الرفيعة

اظهرت النتائج ان الدقيق المستبدل 30% دقيق ذرة رفيعة تميز بأعلى قدرة على الاستحلاب وبلغت (2.223±0.119جم\جم)، يليه الدقيق المستبدل 10% دقيق ذرة رفيعة حيث كانت قابليته على ربط المستحلب (2.177±0.066جم\جم)، ثم الدقيق المستبدل 20% دقيق ذرة رفيعة الذي كان أقل العينات في القدرة على ربط المستحلب (2.168±0.058جم\جم).

لا يوجد فرق معنوي بين الاستبدالات المختلفة من دقيق الذرة الرفيعة.

7.3 القدرة على الانتفاخ لدقيق القمح الكامل المستبدل جزئياً بدقيق الذرة الرفيعة

اشارت النتائج الى ان الدقيق المستبدل 10% دقيق ذرة رفيعة كان الاعلى قدرة على الانتفاخ وبلغ (3.829±0.023 جم\جم)، يليه الدقيق المستبدل 20% دقيق ذرة رفيعة ثم الدقيق المستبدل 30% دقيق

ذرة رفيعة الذي كان أقل قدرة على الانتفاخ وكانت النتائج (3.588±0.062جم\جم) و (3.498±0.035 جم\جم) على التوالي.

هناك فرق معنوي بين الدقيق المستبدل 10% دقيق ذرة رفيعة والدقيق المستبدل 30% دقيق ذرة رفيعة، ولا يوجد فرق بين الدقيق المستبدل 20% دقيق ذرة رفيعة والدقيق المستبدل 30% دقيق ذرة رفيعة، وكذلك بين الدقيق المستبدل 10% دقيق ذرة رفيعة الدقيق المستبدل 20% دقيق ذرة رفيعة.

الجدول (2): الخواص الوظيفية لعينات دقيق القمح الكامل المستبدل بدقيق الذرة الرفيعة .

العينة الخصائص الوظيفية(جم\جم)	دقيق مستبدل 10% دقيق ذرة رفيعة	دقيق مستبدل 20% دقيق ذرة رفيعة	دقيق مستبدل 30% دقيق ذرة رفيعة
القدرة على الارتباط بالماء	2.437^{a}±0.099	2.338^{a}±0.046	2.498^{a}±0.094
القدرة على الارتباط بالزيت	2.304^{ab}±0.074	2.318^{a}±0.086	1.956^{bc}±0.031
خاصية الاستحلاب	2.177^{a}±0.066	2.168^{a}±0.058	2.223^{a}±0.119
القدرة على الانتفاخ	3.829^{a}±0.023	3.588^{ab}±0.062	3.498^{bc}±0.035

*القيم المبينة في الجدول= المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لأربعة مكررات؛ الحروف المتشابهة في الصف الواحد تدل على عدم وجود فرق معنوي.

8.3 الارتباط بالماء لدقيق القمح الكامل المستبدل جزئياً بالدقيق مركب

اشارت النتائج المتحصل عليها إلى أن دقيق القمح الكامل المستبدل 30% دقيق مركب سجل أعلى قابلية على الارتباط بالماء وبلغت (1.952±0.035جم\جم)، يليه الدقيق المستبدل 10% دقيق مركب الذي كانت قدرته على ربط الماء (1.929±0.056جم\جم)، ثم الدقيق المستبدل 20% دقيق مركب حيث كانت قدرته على الارتباط بالماء (1.878±0.034جم\جم).

لا يوجد فرق معنوي بين العينات.

9.3 – الارتباط بالزيت لدقيق القمح الكامل المستبدل جزئياً بالدقيق المركب

سجل الدقيق المستبدل 10% دقيق مركب أعلى قدرة على الارتباط بالزيت وبلغت (2.191±0.062جم\جم)، ثم الدقيق المستبدل 20% دقيق مركب والدقيق المستبدل 30% دقيق مركب (2.097±0.054جم\جم) و (2.054±0.052جم\جم) على التوالي.

يوجد فرق معنوي بين الدقيق المستبدل بالدقيق المركب 10% والدقيق المستبدل بالدقيق المركب 30%، وبين الدقيق المستبدل بالدقيق المركب 10% والدقيق المستبدل بالدقيق المركب 20%، والدقيق المستبدل بالدقيق المركب 20% والدقيق المستبدل بالدقيق المركب 30%.

9.1.3 – خاصية الاستحلاب لدقيق القمح الكامل المستبدل جزئياً بالدقيق المركب

اشارت النتائج المتحصل عليها إلى أن الدقيق المستبدل بالدقيق المركب 30% أعلى قابلية على ربط المستحلب وبلغت (2.268±0.078جم\جم)، يليه الدقيق المستبدل بالدقيق المركب10% ثم الدقيق المستبدل بالدقيق المركب 20% والذي كان أقلها قابلية على ربط المستحلب وكانت (2.220±0.068جم\جم) و (2.169±0.053جم\جم) على التوالي.

لا يوجد فرق معنوي بين عينات الدقيق المركب المختلفة.

10.1.3– القدرة على الانتفاخ لدقيق القمح الكامل المستبدل جزئياً بالدقيق المركب

بحسب النتائج سجل الدقيق المستبدل بالدقيق المركب 10% أعلى قدرة على الانتفاخ وبلغت (2.999±0.065جم\جم)، يليه الدقيق المستبدل بالدقيق المركب 20% وكانت قدرته على الانتفاخ (2.956±0.018جم\جم)، أما الدقيق المستبدل بالدقيق المركب 30% اقلها قدرة على الانتفاخ وكانت (2.754±0.079جم\جم).

هناك فرق معنوي بين الدقيق المستبدل بالدقيق المركب 10%، والدقيق المستبدل بالدقيق المركب 30%، وبين الدقيق المستبدل بالدقيق المركب 20% والدقيق المستبدل بالدقيق المركب 30%، ولا يوجد فرق معنوي بين الدقيق المستبدل بالدقيق المركب 10% والدقيق المستبدل بالدقيق المركب 20%.

الجدول (3): الخواص الوظيفية لعينات دقيق القمح الكامل المستبدل بالدقيق المركب.

العينة الخصائص الوظيفية(جم\جم)	دقيق مستبدل10% (5% دقيق ذرة رفيعة + 5% دقيق شوفان)	دقيق مستبدل20% (10% دقيق ذرة رفيعة + 10% دقيق شوفان)	دقيق مستبدل30% (15% دقيق ذرة رفيعة + 15% دقيق شوفان)
القدرة على الارتباط بالماء	1.929^{a}±0.056	1.878^{a}±0.034	1.952^{a}±0.035
القدرة على الارتباط بالزيت	2.191^{b}±0.062	2.097^{a}±0.054	2.054^{c}±0.052
خاصية الاستحلاب	2.220^{a}±0.068	2.169^{a}±0.053	2.268^{a}±0.078
القدرة على الانتفاخ	2.999^{a}±0.065	2.956^{ab}±0.018	2.754^{c}±0.079

*القيم المبينة في الجدول= المتوسط الحسابي± الانحراف المعياري لأربعة مكررات؛ الحروف المتشابهة في الصف الواحد تدل على عدم وجود فرق معنوي.

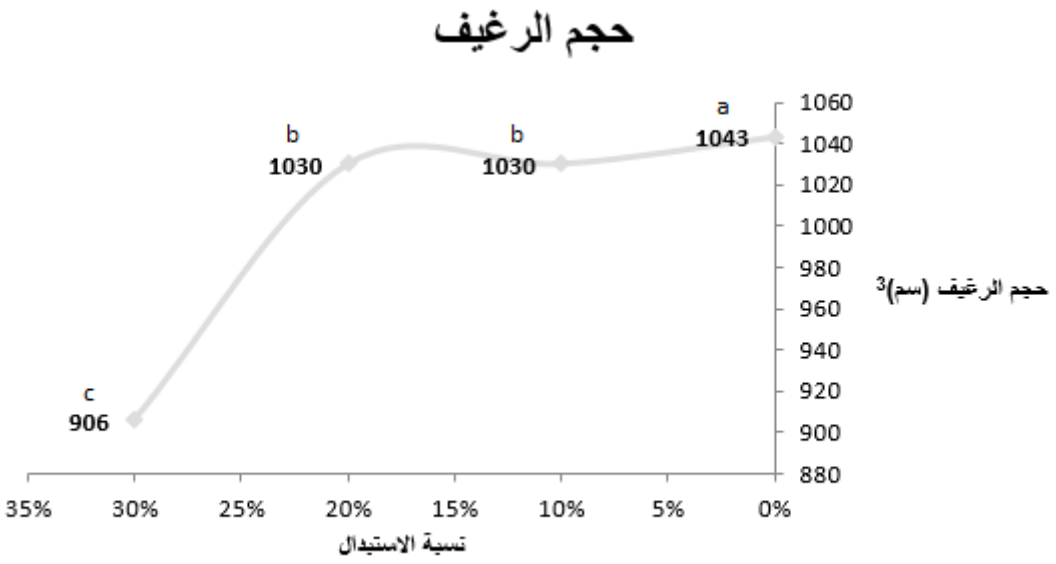
3.4- الخواص الفيزيائية للخبز المنتج من دقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق الشوفان ودقيق الذرة الرفيعة:

1.3.4 -تأثير الاستبدال الجزئي لدقيق القمح الكامل على حجم رغيف الخبز

يوضح الشكل (1) تأثير الاستبدال الجزئي بدقيق الشوفان على حجم رغيف الخبز، كان حجم خبز القمح الكامل 1043 سم^3، بينما أدى الاستبدال الجزئي بدقيق الشوفان إلى انخفاض حجم رغيف الخبز سجل أقل حجم عند الاستبدال 30% دقيق الشوفان وكان 906 سم^3 ، وأعلى حجم كان 1030 سم^3 عند الاستبدال 10% والاستبدال 20% دقيق شوفان.

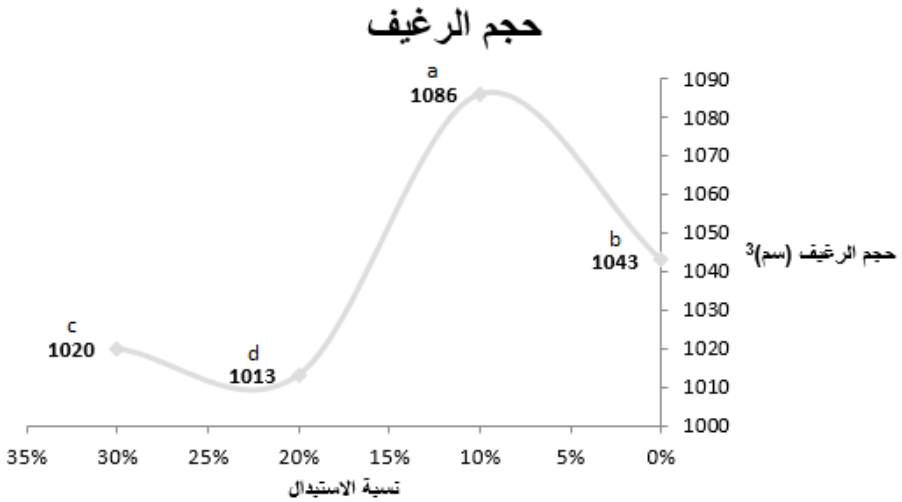
يوضح الشكل (2) تأثير الاستبدال الجزئي بدقيق الذرة الرفيعة على حجم رغيف الخبز أدى الاستبدال بدقيق الذرة الرفيعة إلى ارتفاع حجم رغيف الخبز وكان أعلى ارتفاع عند الاستبدال 10% دقيق ذرة رفيعة حيث وصل الارتفاع إلى 1086 سم^3، بينما انخفض حجم رغيف الخبز عند زيادة الاستبدال بدقيق الذرة الرفيعة وسجل 1020 سم^3 عند الدقيق المستبدل 30% دقيق ذرة رفيعة، وكان اقل حجم 1013 سم^3 عند الاستبدال 20% دقيق ذرة رفيعة.

يوضح الشكل (3) تأثير الاستبدال الجزئي بالدقيق المركب على حجم رغيف الخبز، أدى الاستبدال بالدقيق المركب إلى ارتفاع حجم رغيف الخبز عند الاستبدال 10% دقيق مركب حيث بلغ الارتفاع 1080 سم^3، وكذلك عند الدقيق المستبدل بالدقيق المركب 20% وسجل 1050 سم^3، بينما انخفض الحجم عند زيادة نسبة الاستبدال وكان حجم الرغيف 966 سم^3 عند الدقيق المستبدل 30% دقيق مركب.



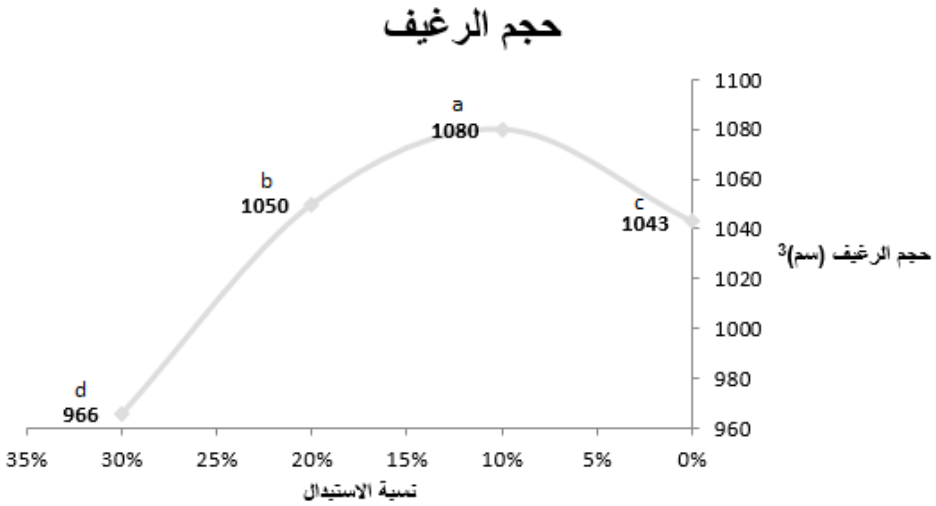
الشكل (1): تأثير الاستبدال الجزئي بدقيق الشوفان على حجم رغيف الخبز.

*القيم= المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري، الحروف المتشابهة تدل على عدم وجود فرق معنوي



الشكل (2): تأثير الاستبدال الجزئي بدقيق الذرة الرفيعة على حجم رغيف الخبز.

*القيم= المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري؛ الحروف المتشابهة تدل على عدم وجود فرق معنوي



الشكل (3) تأثير الاستبدال الجزئي بالدقيق المركب على حجم رغيف الخبز.

*القيم= المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري، الحروف المتشابهة تدل على عدم وجود فرق معنوي

2.3.4 –تأثير الاستبدال الجزئي لدقيق القمح الكامل على الحجم النوعي للخبز

يوضح الجدول (4) تأثير الاستبدال الجزئي لدقيق القمح الكامل على الحجم النوعي للخبز مقارنة بالخبز القياسي، أدى الاستبدال بدقيق الشوفان إلى انخفاض الحجم النوعي للخبز كما هو متوقع نتيجة لعدم احتواء دقيق الشوفان على البروتينات التي تكون الشبكة الجلوتينية المسؤولة عن المرونة والانسيابية والتي تساعد في احتجاز غاز ثاني أكسيد الكربون المنبعث من الخميرة والذي يعطي الحجم المميز للخبز، كما انه يخفف بروتينات شبكة الجلوتين داخل العجينة وهذا يتسبب في إنتاج خبز صغير الحجم وهذا يتفق مع ما ذكر (فضل، 2009)، أشارت العديد من الدراسات إلى انه يمكن دمج دقيق الذرة ودقيق الشوفان مع دقيق

القمح لإنتاج الخبز والبسكويت (Mckechinie, 1983)، ولكن قدرة العجينة على احتجاز الغاز ستكون منخفضة بزيادة نسبة الخلط بدقيق القمح.

سجل الخبز المستبدل 10% دقيق شوفان أعلى حجم نوعي وبلغ 2.056 سم^3\اجم، وانخفض الحجم النوعي بزيادة نسبة الاستبدال بدقيق الشوفان حيث سجل 2.053 سم^3 \اجم عند الاستبدال 20% دقيق شوفان، وسجل أقل حجم نوعي عند الاستبدال 30% دقيق شوفان وكان 1.890 سم^3\اجم.

أدى الاستبدال بدقيق الذرة الرفيعة إلى ارتفاع الحجم النوعي عند الاستبدال 10% بدقيق الذرة الرفيعة وبلغ 2.179 سم^3 \اجم مقارنة بعينة الخبز القياسي التي كان حجمها النوعي 2.108 سم^3\اجم ، بينما انخفض الحجم النوعي عند زيادة الاستبدال وسجل الاستبدال 30% دقيق ذرة رفيعة 2.102 سم^3\اجم ، وسجل الدقيق المستبدل20% دقيق ذرة رفيعة أقل حجم نوعي وكان 2.089 سم^3\اجم.

إن متوسط الحجم النوعي للخبز ينخفض بزيادة نسب الاستبدال بدقيق الذرة الرفيعة نتيجة لعدم احتواء دقيق الذرة الرفيعة على بروتينات الجلوتين المسؤولة عن التمدد تحت تأثير ضغط الغازات الناتجة من عملية التخمير والتي تعطي الخبز حجمه، وبالتالي فإن قدرة خبز دقيق الذرة الرفيعة على حجز الغاز منخفضة، وبالتالي يكون حجمه صغير واللب ضعيف وأكثر نعومة (Rao *et al.*, 1997).

أدى الاستبدال بالدقيق المركب إلى ارتفاع الحجم النوعي للخبز سجل الاستبدال 10% دقيق مركب أعلى حجم نوعي وبلغ 2.133 سم^3\اجم، وانخفض الحجم النوعي بزيادة نسبة الاستبدال حيث كان الحجم النوعي لرغيف الخبز المنتج من الدقيق المستبدل 20% بالدقيق المركب 2.107 سم^3\اجم، وأقل حجم نوعي كان 1.957 سم^3\اجم عند الاستبدال 30%.

الجدول (4): الحجم النوعي للخبز المنتج من دقيق القمح الكامل المستبدل جزئياً بدقيق الشوفان ودقيق الذرة الرفيعة.

العينة	الخبز القياسي	خبز 10%	خبز 20% دقيق	خبز 30% دقيق شوفان	خبز 10% دقيق ذرة رفيعة	خبز 20% دقيق ذرة رفيعة	خبز 30% دقيق ذرة رفيعة	خبز 10% دقيق مركب	خبز 20% دقيق مركب	خبز 30% دقيق مركب
الحجم النوعي (سم^3\اجم)	2.108^{b} ±0.04	2.056^{b} ±0.019	2.053^{b} ±0.09	1.890^{c} ±0.02	2.179^{a} ±0.06	2.089^{b}± 0.05	2.102^{b}± 0.04	2.133^{ab}± 0.11	2.107^{b}± 0.15	1.957^{bc}± 0.16

*القيم= المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات؛ الحروف المتشابهة في الصف تدل على عدم وجود فرق معنوي

3.3.4 –تأثير الاستبدال الجزئي لدقيق القمح الكامل على ارتفاع رغيف الخبز

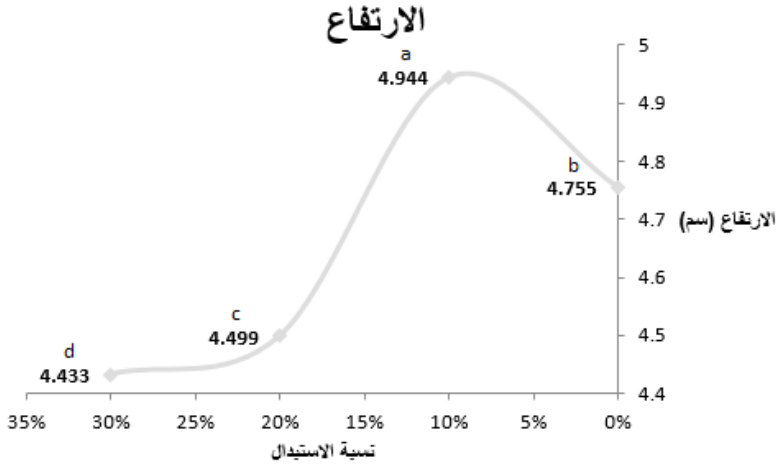
يوضح الشكل (1) تأثير الاستبدال الجزئي بدقيق الشوفان على ارتفاع رغيف الخبز، كان متوسط ارتفاع خبز القمح الكامل (عينة الشاهد) 4.755 سم، عند الاستبدال بنسبة 10% دقيق شوفان انخفض ارتفاع رغيف الخبز وسجل 4.710 سم، وازداد الارتفاع عند الاستبدال 20% وسجل أعلى ارتفاع 4.810 سم وانخفض الحجم عند الاستبدال بنسبة 30% دقيق شوفان وسجل 4.488 سم.

يوضح الشكل (2) تأثير الاستبدال الجزئي بدقيق الذرة الرفيعة على حجم رغيف الخبز، ازداد ارتفاع رغيف الخبز عند الاستبدال 10% بدقيق الذرة الرفيعة وبلغ 4.944 سم وانخفض الارتفاع بزيادة نسبة الاستبدال وسجل أقل ارتفاع 4.433 سم عند الاستبدال بنسبة 30% دقيق ذرة رفيعة.

يوضح الشكل (3) تأثير الاستبدال الجزئي بالدقيق المركب على ارتفاع رغيف الخبز، ازداد ارتفاع رغيف الخبز عند الاستبدال 10% دقيق مركب وبلغ 5.011 سم، وانخفض ارتفاع الرغيف بزيادة نسبة الاستبدال وسجل اقل ارتفاع 4.399 سم عند الاستبدال بنسبة 30% دقيق مركب.

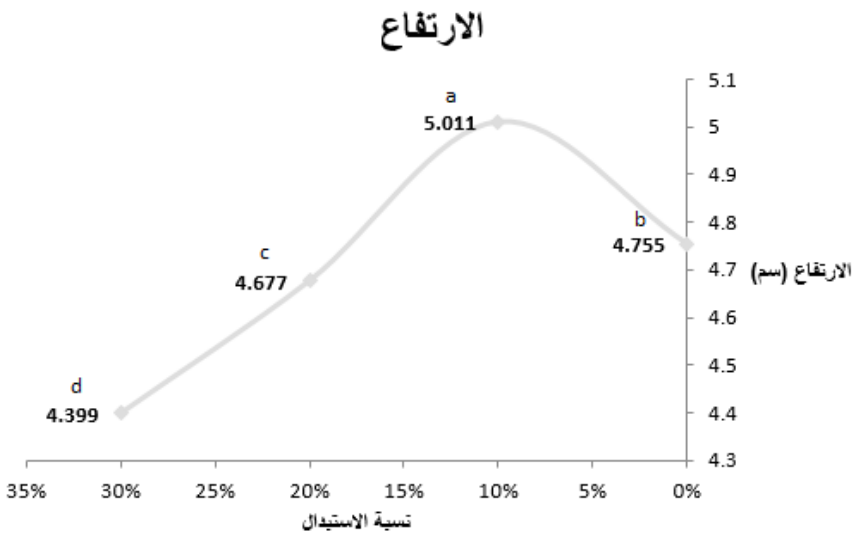
الشكل (4) تأثير الاستبدال الجزئي بدقيق الشوفان على ارتفاع رغيف الخبز.

*القيم= المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري، الحروف المتشابهة تدل على عدم وجود فرق معنوي



الشكل(5) تأثير الاستبدال الجزئي بدقيق الذرة الرفيعة على حجم رغيف الخبز.

*القيم= المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري، الحروف المتشابهة تدل على عدم وجود فرق معنوي



الشكل (6) تأثير الاستبدال الجزئي بالدقيق المركب على ارتفاع رغيف الخبز.

*القيم= المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري، الحروف المتشابهة تدل على عدم وجود فرق معنوي

4.4 – التقييم الحسي:

يوضح الجدول 5 التقييم الحسي للخبز المنتج من دقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق الشوفان ودقيق الذرة الرفيعة مقارنة بعينة الشاهد اتضح من النتائج المتحصل عليها أن الخبز المنتج من الدقيق المستبدل بنسبة 10% من دقيق الشوفان والخبز المنتج من الدقيق المستبدل بنسبة 10% من دقيق الذرة الرفيعة وكذلك الخبز المنتج من دقيق مستبدل 10% دقيق مركب تحصل على أعلى نتائج وكانت مقاربة لنتائج خبز الشاهد المنتج من دقيق القمح الكامل، كما تحصل الخبز المنتج من الدقيق المستبدل بنسبة 20% دقيق شوفان على نتائج جيدة من حيث اللون والطعم والقبول العام، أما الخبز المنتج من الدقيق المستبدل بنسبة 20% دقيق ذرة رفيعة تحصل على نتائج جيدة من حيث الطعم والقبول العام.

اشارت النتائج الى ان الخبز المنتج من الدقيق المستبدل بنسبة 10% دقيق مركب كان الأعلى تفضيلاً من حيث اللون والطعم والقبول العام، والخبز المستبدل بنسبة 20% دقيق خليط كان الأعلى تفضيلاً من حيث القوام، والخبز المستبدل بنسبة 30% كان الأعلى تفضيلاً من حيث النكهة.

أشار (Sibanda *et al.*, 2015) إن استبدال دقيق القمح بدقيق الذرة الرفيعة بنسب (10%، 20%، 30%) يؤثر على الخواص الكيميائية والفيزيائية والجودة الحسية للخبز المنتج، حيث أن له تأثير كبير على محتوى الرطوبة والرماد والبروتين، حيث أدت زيادة نسبة الاستبدال بدقيق الذرة الرفيعة إلى ارتفاع محتوى الرماد حيث ارتفاع من 0.66±0.00% في عينة الشاهد الى0.92±0.00% عند الاستبدال 30% وانخفاض محتوى البروتين من 12.1±0.1% في عينة الشاهد إلى 11.0±0.1% عند الاستبدال 30% والرطوبة 13.6±0.2% في عينة الشاهد إلى 13.1±0.1% عند الاستبدال 30%، عند الاستبدال بنسبة تزيد عن 10% من دقيق الذرة الرفيعة أدى إلى إنتاج عجين متماسك صلب وقليل المرونة، أما الاستبدال بنسبة 20% أدى إلى انخفاض كبير في حجم الخبز، وعند الاستبدال بنسبة 30% كان هناك فقدان كامل

في مرونة العجين، بالرغم من أن الاستبدال يؤثر بشكل واضح على الخواص الريولوجية للعجين إلا أن التقييم الحسي أشار إلى عدم وجود فرق كبير في الخواص الحسية الملمس والنكهة والمذاق للخبز المنتج، وكانت نسبة الاستبدال 10% أدت إلى إنتاج خبز بخواص مماثلة لخبز دقيق القمح. إن الخواص الفيزيائية والكيميائية والريولوجية تتأثر سلباً عند زيادة نسبة الاستبدال، ولكن الخواص الحسية تظل مقبولة.

أشار الهبيل (2019) في دراسة لتحسين الصفات الريولوجية والتصنيعية لدقيق القمح عن طريق الإحلال الجزئي بنسب مختلفة من دقيق الشعير (ريحان) بنسب 5، 15%، 25%، 35%، أدت إلى تأثر الخصائص الحسية بشدة، حيث انخفض القبول العام، والنكهة، وطراوة اللب، ودرجة اللون، والحجم بشكل معنوي عند زيادة الإحلال بدقيق الشعير. وبينت الدراسة أن نسبة الاحلال بين 5-15% مقبولة.

جدول (5): التقييم الحسي للخبز المنتج من دقيق القمح الكامل المستبدل جزئياً بدقيق الشوفان ودقيق الذرة الرفيعة.

العينة	اللون 9 درجات	الطعم 9 درجات	النكهة 9 درجات	القوام 9 درجات	القبول العام 9 درجات
ع 1 (الشاهد)	$7.7^{a}\pm0.483$	$7.6^{a}\pm0.516$	$7.8^{a}\pm0.918$	$8.4^{a}\pm0.516$	$8.8^{a}\pm0.421$
ع 2	$7.2^{ab}\pm0.816$	$7.7^{a}\pm0.482$	$6.8^{b}\pm0.871$	$6.9^{b}\pm0.875$	$6.1^{b}\pm0.875$
ع 3	$6.7^{b}\pm0.483$	$6.9^{b}\pm0.875$	$4.9^{c}\pm0.737$	$5.9^{c}\pm0.875$	$6.3^{b}\pm0.483$
ع 4	$5.9^{c}\pm0.994$	$5.7^{c}\pm0.948$	$4.1^{c}\pm0.875$	$5.6^{c}\pm0.960$	$6.1^{b}\pm0.875$
ع 5	$7.7^{a}\pm0.483$	$6.4^{b}\pm0.516$	$6.9^{b}\pm0.875$	$6.9^{b}\pm0.874$	$7.4^{ab}\pm0.516$
ع 6	$4.7^{c}\pm0.948$	$7.0^{b}\pm0.819$	$4.3^{c}\pm0.823$	$5.9^{c}\pm0.875$	$7.1^{ab}\pm0.875$
ع 7	$4.7^{c}\pm0.948$	$4.1^{d}\pm0.875$	$4.7^{c}\pm0.948$	$5.2^{c}\pm0.788$	$4.3^{c}\pm0.948$
ع 8	$6.3^{b}\pm0.823$	$7.1^{b}\pm0.875$	$4.7^{c}\pm0.674$	$5.3^{c}\pm0.823$	$7.0^{b}\pm0.816$
ع 9	$5.9^{c}\pm0.875$	$6.2^{bc}\pm0.788$	$4.7^{c}\pm0.948$	$5.7^{c}\pm0.823$	$5.1^{c}\pm0.994$
ع 10	$5.2^{c}\pm0.788$	$6.6^{b}\pm0.966$	$5.0^{c}\pm0.816$	$4.2^{d}\pm0.788$	$4.3^{c}\pm0.674$

*ع1: خبز القمح الكامل عينة الشاهد، ع2: خبز القمح الكامل المستبدل 10% دقيق شوفان، ع3: خبز القمح الكامل المستبدل 20% دقيق شوفان، ع4: خبز القمح الكامل المستبدل 30% دقيق شوفان، ع5: خبز القمح الكامل المستبدل 10% دقيق ذرة رفيعة، ع6: خبز القمح الكامل المستبدل 20% دقيق ذرة رفيعة، ع7: خبز القمح الكامل المستبدل 30% دقيق ذرة رفيعة، ع8: خبز القمح الكامل المستبدل 10% دقيق مركب، ع9: خبز القمح الكامل المستبدل 20% دقيق مركب، ع10: خبز القمح الكامل المستبدل 30% دقيق مركب.

*القيم= المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري؛ الحروف المتشابهة في العمود الواحد تدل على عدم وجود فرق معنوي.

5- الاستنتاجات:

- بينت النتائج أهمية إضافة دقيق الشوفان إلى دقيق القمح الكامل في إنتاج الخبز لقيمته الغذائية العالية، وخواصه الوظيفية لاحتوائه على الألياف الغذائية (البيتاجلوكان)، ونسبة أعلى من البروتين مقارنة بدقيق القمح، وغناه بالعناصر المعدنية وقدرته على تحسين الطعم.
- كما أوضحت النتائج أهمية إضافة دقيق الذرة الرفيعة إلى دقيق القمح الكامل لإنتاج الخبز، لاحتوائه على العديد من العناصر المعدنية، وغناه بالمواد الفينولية ومضادات الأكسدة، واحتوائه على الألياف الغذائية.
- بينت النتائج انه كلما زاد الاستبدال بدقيق الشوفان زادت القدرة على الارتباط بالماء، والقدرة على الاستحلاب، وكذلك القدرة على الانتفاخ، بينما انخفضت القدرة على ربط الزيت.
- كما أشارت النتائج إلى أن زيادة نسبة الاستبدال بدقيق الذرة الرفيعة أدت إلى زيادة القدرة على الارتباط بالماء، والقدرة على الاستحلاب، وانخفاض القدرة على الارتباط بالزيت، والقدرة الانتفاخ.
- كما انه كلما زادت نسبة الاستبدال بالدقيق المركب زادت القدرة على الارتباط بالماء، والقدرة على الاستحلاب، وانخفضت القدرة على الارتباط بالزيت، والقدرة على الانتفاخ.
- بينت النتائج أن زيادة نسبة الاستبدال بدقيق الشوفان ودقيق الذرة الرفيعة والدقيق المركب لإنتاج الخبز أدى إلى تأثر الخواص الفيزيائية والحسية بشكل سلبي، وبالمقابل فإن النتائج إيجابية على مستوى الصحة.
- أدى الاستبدال بدقيق الشوفان إلى انخفاض حجم رغيف الخبز، بينما الاستبدال بنسبة 10% دقيق ذرة الرفيعة أدى إلى ارتفاع حجم رغيف الخبز، وكذلك الاستبدال بالدقيق المركب بنسبة 10% و20% أدى ارتفاع حجم الرغيف.
- أدى الاستبدال بدقيق الشوفان إلى انخفاض الحجم النوعي مقارنة بعينة الشاهد، أما الاستبدال بنسبة 10% دقيق ذرة رفيعة و10% دقيق مركب أدى لارتفاع الحجم النوعي للخبز بينما أدت زيادة نسبة الاستبدال لانخفاض الحجم النوعي للخبز.
- أدى الاستبدال بدقيق الشوفان بنسبة 20% إلى زيادة ارتفاع رغيف الخبز، وكذلك الاستبدال بنسبة 10% من دقيق الذرة الرفيعة والاستبدال بنسبة 10% من الدقيق المركب.
- أشارت النتائج إلى أن الاستبدال في حدود 10% من دقيق الشوفان أو 10% من دقيق الذرة الرفيعة أو10% من الدقيق المركب، يمكن أن يرفع من القيمة الغذائية للخبز المنتج دون التأثير سلباً على الخواص الحسية.

المراجع

1.6- المراجع العربية

1. الزقطاط، احميده؛ معيو،ماجدة؛ الهبيل، صالح. (2024). تأثير إضافة دقيق فول الصويا على الخواص الفيزيائية، الكيميائية والحسية لرغيف الخبز. *العدد السابع عشر- فبراير 2024، 79-83*. جامعة طرابلس، ليبيا.
2. فضل، جلال أحمد. (2009). الصفات الحسية لخبز القوالب المنتج من دقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق الذرة الرفيعة و تأثير بعض محسنات الدقيق عليها. *مجلة جامعة أسيوط للبحوث البيئية*،مج. 12، ع. 2، ص ص. 1-17.

2.6 -المراجع الإنجليزية

1. Adebo, J. A., & Kesa, H. (2023). Evaluation of nutritional and functional properties of anatomical parts of two sorghum (Sorghum bicolor) varieties. *Heliyon*, *9*(6).
2. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods Committee. (2000). Approved methods of the American association of cereal chemists. AACC.
3. Badia-Olmos, C., Laguna, L., Haros, C. M., & Tárrega, A. (2023). Techno-functional and rheological properties of alternative plant-based flours. *Foods*, *12*(7), 1411.
4. Benjamen Berton, Joel Scher, F.Villeras,Jaol Hardy.(2002). Measurement of hydration capacity of wheat flour: influence of composition and physical characteristics. Powder Technology ,Volum 128 Issues 2-3,pages 326-331.
5. Capriles, V. D., dos Santos, F. G., & Arêas, J. A. G. (2016). Gluten-free breadmaking: Improving nutritional and bioactive compounds. *Journal of Cereal Science*, *67*, 83-91.
6. Dewettinck, K., Van Bockstaele, F., Kühne, B., Van de Walle, D., Courtens, T. M., & Gellynck, X. (2008). Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. *Journal of Cereal Science*, *48*(2), 243-257.
7. Elhassan, M. S., Emmambux, M. N., Hays, D. B., Peterson, G. C., & Taylor, J. R. (2015). Novel biofortified sorghum lines with combined waxy (high amylopectin) starch and high protein digestibility traits: Effects on endosperm and flour properties. *Journal of Cereal Science*, *65*, 132-139.
8. Espitia-Hernández, P., Chavez Gonzalez, M. L., Ascacio-Valdés, J. A., Dávila-Medina, D., Flores-Naveda, A., Silva, T., ... & Sepúlveda, L. (2022). Sorghum (Sorghum bicolor L.) as a potential source of bioactive substances and their biological properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *62*(8), 2269-2280.
9. Flander, L., Rouau, X., Morel, M. H., Autio, K., Seppänen-Laakso, T., Kruus, K., & Buchert, J. (2008). Effects of laccase and xylanase on the chemical and rheological properties of oat and wheat doughs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *56*(14), 5732-5742.
10. Flander, L., Salmenkallio-Marttila, M., Suortti, T., & Autio, K. (2007). Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality. *LWT-Food Science and Technology*, *40*(5), 860-870.
11. Goodall, M. A., Campanella, O. H., Ejeta, G., & Hamaker, B. R. (2012). Grain of high digestible, high lysine (HDHL) sorghum contains kafirins which enhance the protein network of composite dough and bread. *Journal of cereal science*, *56*(2), 352-357.

12. Jekle, M., Mühlberger, K., & Becker, T. (2016). Starch–gluten interactions during gelatinization and its functionality in dough like model systems. *Food Hydrocolloids*, *54*, 196-201.
13. Khoddami, A., Truong, H. H., Liu, S. Y., Roberts, T. H., & Selle, P. H. (2015). Concentrations of specific phenolic compounds in six red sorghums influence nutrient utilisation in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, *210*, 190-199.
14. Liu, Y., Xu, M., Wu, H., Jing, L., Gong, B., Gou, M., ... & Li, W. (2018). The compositional, physicochemical and functional properties of germinated mung bean flour and its addition on quality of wheat flour noodle. *Journal of food science and technology*, *55*, 5142-5152.
15. McKechnie, R. (1983). Oat products in bakery foods. *Cereal Foods World*.
16. Rao, S., Santhakumar, A. B., Chinkwo, K. A., Wu, G., Johnson, S. K., & Blanchard, C. L. (2018). Characterization of phenolic compounds and antioxidant activity in sorghum grains. *Journal of Cereal Science*, *84*, 103-111.
17. Rustgi, S., Shewry, P., Brouns, F., Deleu, L. J., & Delcour, J. A. (2019). Wheat seed proteins: factors influencing their content, composition, and technological properties, and strategies to reduce adverse reactions. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, *18*(6), 1751-1769.
18. Sibanda, T., Ncube, T., & Ngoromani, N. (2015). Rheological properties and bread making quality of white grain sorghum–wheat flour composites. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, *5*(4), 176-182.
19. Singh, A., Kukreti, R., Saso, L., & Kukreti, S. (2019). Oxidative stress: a key modulator in neurodegenerative diseases. *Molecules*, *24*(8), 1583.
20. Skoglund, M. (2008). *Phenolic compounds in oats* (Vol. 2008, No. 2008: 2).
21. Taylor, J. R., & Taylor, J. (2023). Do kafirin bioplastic materials have unique functional characteristics. *Cereal Chemistry*.
22. Vásquez, F., Verdú, S., Islas, A. R., Barat, J. M., & Grau, R. (2016). Effect of low degrees of substitution in wheat flour with sorghum, oat or corn flours on physicochemical properties of composite flours. *Cogent Food & Agriculture*, *2*(1). https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1269979
23. Verardo, V., Serea, C., Segal, R., & Caboni, M. F. (2011). Free and bound minor polar compounds in oats: Different extraction methods and analytical determinations. *Journal of Cereal Science*, *54*(2), 211-217.
24. Webster, F. (2016). *Oats: chemistry and technology*. Academic Press.
25. Xiong, Y., Zhang, P., Warner, R. D., & Fang, Z. (2019). Sorghum grain: From genotype, nutrition, and phenolic profile to its health benefits and food applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *18*(6), 2025-2046.

26. Yasumatsu, K., Sawada, K., Moritaka, S., Misaki, M., Toda, J., Wada, T., & Ishii, K. (1972). Whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agricultural and Biological Chemistry*, *36*(5), 719-727.

27. Žilić, S. (2013). Wheat gluten: Composition and health effects. *Gluten*, 71-86.