International Journal for Scientific Research (IJSR)

المجلة الدولية للبحوث العلمية

Vol. (4), No. (1) January 2025 الإصدار (4)، العدد (1)

تحسين الخصائص الوظيفية لدقيق الشوفان باستخدام الجلوتين الحيوي والشوفان المنبت

نور الهدى محمد خلف الله
باحثة، قسم علوم وتقنية الأغذية، كلية علوم الأغذية، جامعة وادي الشاطئ، ليبيا
nm9088854@gmail.com

منى عبدالسلام لويفة
أستاذ مشارك، قسم علوم وتقنية الأغذية، كلية علوم الأغذية، جامعة وادي الشاطئ، ليبيا
m.ilowefah@wau.edu.ly

فتحي أبوبكر البركولي
أستاذ مساعد، قسم علوم وتقنية الأغذية، كلية علوم الأغذية، جامعة وادي الشاطئ، ليبيا
a.albarkoliy@wau.edu.ly

إبراهيم عبدالرحمن عكاشة
محاضر، قسم الغذاء والتغذية، كلية علوم الأغذية، جامعة وادي الشاطئ، ليبيا
i.akasha@wau.edu.ly

الملخص

هدف هذا البحث إلى تقييم تأثير تدعيم دقيق الشوفان بنسب مختلفة من الشوفان المنبت والجلوتين الحيوي على خصائصه الوظيفية لغرض إنتاج خبز الشوفان الوظيفي بصفات حسية مقبولة، تم أولا إنبات الشوفان لمدة 72 ساعة وتم تجفيف الحبوب المنبتة على درجة حرارة 40 °م ومن ثم طحنت الحبوب المنبتة للحصول على دقيق الشوفان المنبت، كما تم استخلاص الجلوتين الحيوي من الدقيق الأبيض بالطريقة اليدوية وتجفيفه على 40 °م ومن ثم طحن الجلوتين الجاف للحصول على مسحوق الجلوتين الحيوي، تم تحضير ثلاث عينات من دقيق الشوفان احتوت على ثلاثة نسب متفاوتة من الشوفان المنبت مع تثبيت نسبة الجلوتين الحيوي ودرست الخصائص الوظيفية للعينات والتي اشتملت على الارتباط بالماء والزيت، الذوبانية، الانتفاخ وتكوين الرغوة لتحديد أفضل نسبة للشوفان المنبت، تلتها دراسة تأثير إضافة الجلوتين الحيوي بنسب مختلفة لدقيق الشوفان على خصائصه الوظيفية مع تثبيت افضل نسبة للشوفان المنبت، كما تم دراسة افضل نسبة للشوفان المنبت والجلوتين الحيوي على حجم العجينة، أظهرت النتائج أن إضافة 4% شوفان منبت و6% جلوتين حيوي حققت أفضل نتائج للخصائص الوظيفية من حيث اعلى قدرة على الانتفاخ والارتباط بالماء وتكوين الرغوة وأعلى حجم للعجينة.

International Journal for Scientific Research (IJSR)
المجلة الدولية للبحوث العلمية
Vol. (4), No. (1) January 2025 الإصدار (4)، العدد (1)

الكلمات المفتاحية: دقيق الشوفان، الإنبات، الجلوتين الحيوي، الخصائص الوظيفية، حجم العجينة.

Improvement of oat flour functional properties using vital gluten and germinated oats

Nour El-Hoda Mohamed Khalaf Allah
Researcher, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Science, Wadi Al-Shatti University, Libya
nm9088854@gmail.com

Muna Abdul-Salam Ilowefah
Associate professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Science, Wadi Al-Shatti University, Libya
m.ilowefah@wau.edu.ly

Fathi Abu-Bakar Al-Barkouli
Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Science, Wadi Al-Shatti University, Libya
a.albarkoliy@wau.edu.ly

Ibrahim Abdurrhman Akasha
Lecturer, Department of Food and Nutrition, Faculty of Food Science, Wadi Al-Shatti University, Libya
i.akasha@wau.edu.ly

Abstract

This research aimed to evaluate the effects of fortifying oat flour with different proportions of germinated oats and vital gluten on its functional properties for producing functional oat bread with acceptable sensory qualities. First, the oat grains were germinated for 72 h and the germinated grains were dried at 40°C. Then, they were ground to obtain germinated oat flour. Vital gluten was extracted from the white flour manually and dried at 40°C. Then, the dry gluten was ground to obtain vital gluten powder. Three oat flour samples were prepared. They contained three different proportions of germinated oats (4, 24 and 44%) with a fixed value of vital gluten. The functional properties of the samples were studied, which included water and oil binding, solubility, swelling power, and foaming

ability to determine the best level of germinated oats. This was followed by studying the effects of adding vital gluten in different values (6, 12 and 18%) to oat flour on its functional properties with a fixed value of germinated oats. The best proportion of germinated oats and vital gluten on the dough volume was also studied. The results showed that the addition of 4% germinated oats and 6% vital gluten achieved the best results of functional properties in terms of recording the highest swelling power, water binding, foaming ability and dough volume.

Keywords: Oats flour, Germination, Vital gluten, Functional properties, Dough volume.

1. المقدمة

الشوفان من المحاصيل الحبوبية الغذائية التي اكتسبت شعبية كبيرة بسبب تركيبته الغذائية وفوائده المتعددة نتيجة احتوائه على العديد من المركبات النشطة بيولوجيا، حيث أظهرت الدراسات أن حبوب الشوفان تحتوي على تركيبة غذائية متوازنة فهو مصدر جيد للأحماض الأمينية الأساسية فعلى النقيض من الحبوب الأخرى فإن الشوفان غني بمحتواه من اللايسين، بسبب وجود النسبة الاعلى للبروتينات الذائبة (الألبومين والجلوبيولين) (Kosov`a *et al.*, 2020)، أيضا تعتبر حبة الشوفان مصدرا للأحماض الدهنية غير المشبعة والمعادن والفيتامينات والمركبات الفينولية والألياف الغذائية وخاصة الذائبة منها (البيتا جلوكان) (Tian *et al* ., 2010; Head *et al* 2010;Sahchezet al.,2010).

أشارت الدراسات الى أن حبة الشوفان تحتوي على 60% نشا ويعد أحد المكونات الرئيسية في السويداء، هذا وقد وجد أن نشا حبة الشوقان ينقسم الى 7% نشا سريع الهضم، و22% نشا بطيء الهضم، و25% من النشا المقاوم، مما يجعله غذاءً منخفض المؤشر الجلوكوزي (Low glycemic index) (Xu *et al.*, 2017; Zhu., 2017)، يعتبر الشوفان غذاءً وظيفيًا بسبب احتوائه على البيتا جلوكان ومضادات الأكسدة، فالبيتا جلوكان عرف بفعاليته في خفض مستويات الكوليسترول في الدم وتنظيم مستويات السكر، كما تحتوي حبوب الشوفان على مركبات فعالة حيويًا مثل المركبات الفينولية، التي تعمل كمضادات للجذور الحرة وتساهم في تقليل خطر تصلب الشرايين وبعض أنواع السرطان وأمراض القلب التاجية (Mao et; al., 2022; Ferguson et al., 2020).

من الممكن استخدام الشوفان في تحضير الخبز الوظيفي، ولكن نظرا لارتفاع نسبة الالياف فيه وانعدام محتواه من الجلوتين الامر الذي يؤدي الى انتاج خبز غير مقبول من الناحية الحسية، عليه قد يستلزم اجراء بعض العمليات التصنيعية مثل الإنبات، والتحميص، والتخمير او اضافة مكونات وظيفية اخرى

مثل الجلوتين الحيوي لتحسين القيمة الغذائية والخصائص الفيزيائية والوظيفية لدقيق الحبة الكاملة، فمثلا يعتبر الإنبات تقنية تقليدية منخفضة التكلفة وسهلة التطبيق، حيث يُساهم في زيادة نشاط الإنزيمات المحللة للمكونات الكبرى في الحبة، وتحسين محتوى الأحماض الأمينية الأساسية، والسكريات الكلية، وفيتامينات ب، كما يُقلل من كمية النشا ومضادات التغذية، كما يؤدي إلى تعديل التوافر الحيوي للمغذيات، وتشكل مركبات نشطة حيويا مختلفة وجديدة في العمليات الايضية، الامر الذي يؤدي الى تخفيف تأثير الالياف غير الذائبة على الصفات الحسية للمنتج النهائي (Chavan,1989; Schlörmann et al., 2020).

الجلوتين هو مكون بروتيني فريد يُوفر خصائص المرونة واللزوجة التي تجعل الخبز ومنتجات المخابز الأخرى مميزة بصفات حسية مقبولة للمستهلك، حيث يتم استخدام حوالي مليوني طن من القمح في انتاج النشا وبالتالي يعتبر الجلوتين من المنتجات الثانوية لهذه الصناعة (FAO, 2020)، الامر الذي يشجع استخدامه كمضاف غذائي, توجد بروتينات تخزين مشابهة للجلوتين في حبوب الشوفان يسمى بالأفينين، ولكنها لا تتصف بخصائص المرونة والمطاطية التي يتميز بها بروتين الجلوتين (Li, 2018)، وبالتالي دمج الجلوتين في حبوب خالية من الجلوتين قد يعمل على تحسين قوة العجين ومرونتها وقدرتها على الاحتفاظ بالغاز أثناء التخمير، وبالتالي يتم التغلب على مشاكل الخبز المحضر من الحبوب الخالية من الجلوتين مثل انخفاض امتصاص الماء، وانخفاض حجم الخبز، وخشونة القوام مما يحسن جودة الخبز بشكل عام (Bardini *et al*., 2018; Emire, 2011).

تحسن خصائص الخبز بشكل عام ينتج أيضا نتيجة التأثير الإيجابي على الخصائص الوظيفية مثل الارتباط بالماء والزيت، الاستحلاب والرغوة وغيرها، فدقيق حبة الشوفان الكامل يتميز بخصائص ربط الماء والزيت وتثبيت المستحلب وتكوين الرغوة وهي خصائص مهمة جدا في صناعة الخبز، مما يحسن من الخصائص التركيبية والانسيابية للمنتجات الغذائية (Ferguson *et al*., 2020; Mao *et; al*., 2022)، نظريا قد تساعد تقنيات الإنبات والتدعيم بالجلوتين الحيوي في التعزيز من قابلية استخدام الشوفان في صناعة الخبز المشابه في خصائصه لخبز القمح، حيث أن الدراسات حول هذا الموضوع مازالت قليلة، وعليه هدفت هذه الدراسة الى تحسين جودة خبز الشوفان من خلال تدعيمه بالشوفان المنبت والجلوتين الحيوي ودراسة تأثير ذلك على خصائص الدقيق الوظيفة وحجم العجين والخبز المنتج منه.

2. المواد وطرق العمل

1.2 المواد:

تم الحصول على عينة حبوب الشوفان صنف (انتربرايز أسترالية) من أحد مزارع مدينة سمنو.

2.2 استخلاص الجلوتين:

تم تحضير مسحوق الجلوتين الحيوي عن طريق استخلاص الجلوتين من دقيق القمح الأبيض (دقيق الموسم نسبة استخلاص 75%) وبطريقة الغسل اليدوية وتم التجفيف على درجة حرارة الغرفة ومن ثم طحن الجلوتين المجفف الى مسحوق ناعم (AACC,2008).

3.2 عملية الإنبات:

بعد تنظيف حبوب الشوفان من الشوائب تم إجراء عملية الإنبات، وذلك بنقع حبوب الشوفان في محلول من ثايوكبريتات الصوديوم (2%) لمدة 40 دقيقة، و من ثم غسلت الحبوب بالماء المقطر، بعد ذلك تم نقع الحبوب في الماء المقطر لمدة 20 دقيقة لإزالة تأثير محلول الثايوكبريتات وكذلك حتى تصل الحبة الى درجة التشبع بالماء، ثم أزيل الماء الزائد وتركت الحبوب مندية لتنمو على قماش الجوخ على درجة حرارة الغرفة لمدة 72 ساعة (Elkhalifa and Bernhardt.,2010).

4.2 تحضير العينات:

تم تحضير ست عينات، ثلاثة منها اختلفت في نسبة الشوفان المنبت مع تثبت نسبة الجلوتين الحيوي (6%)، والثلاثة الأخرى تم فيها تثبيت نسبة الشوفان المنبت (4%) واختلفت في نسبة الجلوتين الحيوي كما يبينه جدول (1) وتم حفظ هذه العينات في عبوات محكمة لحين إجراء الاختبارات.

جدول رقم (1): عينات دقيق الشوفان المحضرة من الشوفان المنبت والجلوتين الحيوي

رمز العينة	نسبة الشوفان خام	نسبة الشوفان منبت	نسبة الجلوتين حيوي
م4	%90	%4	%6
م24	%70	%24	%6
م44	%50	%44	%6
ج6	%90	%4	%6
ج12	%84	%4	%12
ج18	%78	%4	%18

5.2 قياس القدرة على ربط الماء والزيت:

تم إجراء هذا الاختبار طبقا لما ذكره Elkhalifa and Bernhardt, (2010) ، وتم حساب القدرة على ربط الماء والزيت (جم/جم).

6.2 قياس القدرة على تكوين الرغوة:

تم قياس القدرة على تكوين الرغوة وثباتها بناء على ما ذكره Maninder et al. (2007).

7.2 قياس القدرة على الانتفاخ:

تم تقدير القدرة على الانتفاخ تبعا لطريقة Li et al. (2018)، وتم حساب نتائج القدرة على الانتفاخ وفقا للمعادلة الآتية:

$$\text{القدرة على الانتفاخ (جم/جم)} = \frac{\text{وزن الجل}}{\text{وزن العينة}}$$

8.2 قياس الذوبانية:

تم تقدير الذوبانية تبعا للطريقة التي ذكرها Elkhalifa et al. (2020).

9.2 قياس حجم العجينة:

تم قياس حجم العجين وفقا لطريقة Shah et al. (2006) ، وذلك باستخدام مخبار مدرج.

10.2 التحليل الاحصائي:

تم إجراء التحليل الإحصائي باستخدام البرنامج الإحصائي Minitab19 وذلك عند مستوى معنوية 0.05 ولإيجاد الفروق المعنوية بين المتوسطات تم استخدام تحليل التباين One Way ANOVA.

3. النتائج والمناقشة

1.3. القدرة على الارتباط بالماء والزيت:

تظهر النتائج (الجدول 2) ان التغير في نسبة الشوفان المنبت من 4% الى 44% مع ثبات نسبة الجلوتين عند 6% لم تحدث اي تغير معنوي في القدرة على ربط الماء والزيت، توافقت نتائج هذه الدراسة مع دراسة سابقة والتي وجد فيها ايضا ان عملية الانبات لم يكن لها تأثير معنوي على خصائص ربط الماء والزيت للشوفان المنبت (Al-Sadiq and Ilowefah., 2020)، وفي دراسة اخرى وجد ان قدرة عينات الدقيق من انواع مختلفة من الشوفان على امتصاص الماء تراوحت بين 3.35 جم/جم و2.83 جم/جم، حيث ان هذه النتائج مقاربة لنتائج الدراسة الحالية، يعتبر مؤشر القدرة على الارتباط بالماء والانتفاخ مهم للحصول على القوام المرغوب في الانظمة الغذائية ويساعد في اعطائها الشكل المرغوب (Choi et al., 2012).

أما بالنسبة للعينات التي اختلفت فيها نسبة الجلوتين مع ثبات نسبة الشوفان المنبت عند 4% فقد لوحظ وجود فروق معنوية بين العينات (الجدول2)، حيث تفوقت العينة ج1 المحتوية على 6% جلوتين حيوي عن باقي العينات المحتوية على 12% و18% جلوتين حيوي في القدرة على ربط الماء، حيث لوحظ انه مع زيادة نسبة الجلوتين الحيوي انخفضت القدرة على الارتباط بالماء، قد يرجع ذلك

الى ان الجلوتين الحيوي غير قطبي ويحتوي على سلاسل جانبية كارهة للماء اكثر من تلك المحبة للماء ومع زيادة نسبته تقل المساحات القطبية المتاحة لامتصاص الماء او الارتباط به، حيث أن الجلوتين يميل الى تكوين شبكة جلوتينية ذات طبيعة مطاطية ما يعيق الارتباط بالماء لأنه يحفظ جزيئات الماء بدلا من التفاعل معها (Wieser, 2007)، كما انه قد يكون السبب ان زيادة نسبة الجلوتين قللت من كمية المكونات المحبة للماء مثل النشا والالياف.

اشارت النتائج الى عدم وجود فروق معنوية بين العينات المختلفة في نسبة الجلوتين الحيوي في القدرة على ربط الزيت، بشكل عام نلاحظ ان العينات المدروسة قدرتها عالية على ربط الماء والزيت حيث وصلت الى أكثر من الضعف وهذه الخصائص مفيدة جدا في تصنيع المخبوزات، الارتباط بالزيت خاصية ترجع الى ارتباطه بالسلاسل الجانبية الكارهة للماء في الاحماض الامينية في البروتينات (Spaen et al., 2021).

الجدول رقم (2): القدرة على الارتباط بالماء والزيت لعينات الشوفان المدروسة

الشوفان المنبت			الجلوتين الحيوي		
العينة	الارتباط بالماء (جم/جم)	الارتباط بالزيت (جم/جم)	العينة	الارتباط بالماء (جم/جم)	الارتباط بالزيت (جم/جم)
م1	0.27±^{a}2.91	0.52±^{a}2.12	ج1	0.05±^{a}2.94	0.44±^{a}2.19
م2	0.10±^{a}2.73	0.39±^{a}2.43	ج2	0.24±^{b}2.24	0.51±^{a}2.14
م3	0.06±^{a}2.93	0.44±^{a}2.25	ج3	0.08±^{b}2.39	0.01±^{a}2.01

القيم الجدولية متوسط لثلاثة مكرر ± الانحراف المعياري، القيم التي تحمل نفس الحرف في العمود ليس بينها اختلافات معنوية عن مستوى $p\leq0.05$، م1(50%شوفان خام،44%شوفان منبت،6% جلوتين حيوي)، العينة م2(70%شوفان خام،24%شوفان منبت،6%جلوتين حيوي)، م3 (90% شوفان خام، 4% شوفان منبت، 6% جلوتين حيوي)، العينة: ج1(90% شوفان خام ، 4% شوفان منبت، 6%جلوتين حيوي)،العينة ج2 (84%شوفان خام،4% شوفان منبت،12%جلوتين حيوي)، العينة ج3 (78%شوفان خام، 4%شوفان منبت، 18% جلوتين حيوي).

2.3 القدرة على الانتفاخ:

أظهرت نتائج التحليل الاحصائي (الجدول 3) ارتفاع غير معنوي في القدرة على الانتفاخ بين العينة م2 و م3 مقارنة بالعينة م1 وهذه العينات مختلفة في كمية الشوفان المنبت ومحتوية على نفس كمية الجلوتين الحيوي (6%)، واختلفت هذه النتائج مع نتائج دراسة اخرى وجد فيها انخفاض غير معنوي في قدرة دقيق الشوفان المنبت على الانتفاخ ومع زيادة زمن الانبات ازداد انخفاض القدرة على الانتفاخ (Al-Sadiq and Ilowefah., 2020)، قد يرجع الانخفاض الى النشاط الإنزيمي أثناء عملية الانبات والذي أدى الى تحلل مكونات النشا من الاميلوز والاميلوبكتين وأيضا البروتين والالياف الى مكونات اقل في الوزن الجزيئي (Ghuman et al.,2016; Ding et al., 2018)، اما نتائج هذه الدراسة فقد يكون الارتفاع في القدرة على الانتفاخ راجع الى وجود الجلوتين في الدقيق بنسبة 6% والذي قد يكون عوض الانخفاض في

الوزن الجزيئي للمكونات الكبرى نتيجة النشاط الإنزيمي، حيث انه ينافس النشا على الارتباط بالماء اثناء المعاملة الحرارية للدقيق وبالتالي يزداد حجمه، اظهرت دراسة اخرى ان قدرة دقيق الشوفان على الانتفاخ كانت 3.05 جم/جم (Badia-Olmos et al., 2023) وتعتبر هذه القيمة قريبة من نتائج هذه الدراسة.

ومع زيادة نسبة الجلوتين الحيوي في العينات من 6% الى 12% و18% أظهرت نتائج اختبار الانتفاخ فروقا معنوية فيما بينها (الجدول 3)، حيث كانت اعلى قيمة للانتفاخ عند نسبة الاضافة 6% وانخفضت القدرة على الانتفاخ مع زيادة نسبة الجلوتين الحيوي، تفسير ذلك غير معروف بالضبط ولكن قد يكون راجع الى ان الزيادة في نسبة الجلوتين تقل بالمقابل نسبة الكربوهيدرات، فخاصية الانتفاخ مرتبطة بالدرجة الاولى بالمحتوى النشوي (kovacs et al., 2004).

الجدول رقم (3): القدرة على الانتفاخ لعينات الشوفان المدروسة

الشوفان المنبت		الجلوتين الحيوي	
العينة	القدرة على الانتفاخ (جم/جم)	العينة	القدرة على الانتفاخ (جم/جم)
م1	$3.68^{a}\pm0.32$	ج1	$4.85^{a}\pm0.93$
م2	$5.20^{a}\pm0.27$	ج2	$4.27^{b}\pm0.38$
م3	$4.85^{a}\pm0.39$	ج3	$3.20^{c}\pm0.14$

القيم الجدولية متوسط لثلاثة مكرر ± الانحراف المعياري، القيم التي تحمل نفس الحرف في الصف ليس بينها اختلافات معنوية عن مستوى $p\leq0.05$، م1(50%شوفان خام،44%شوفان منبت،6% جلوتين حيوي)، العينة م2(70%شوفان خام،24%شوفان منبت،6%جلوتين حيوي)، م3 (90% شوفان خام، 4% شوفان منبت، 6% جلوتين حيوي)، العينة: ج1(90% شوفان خام ، 4% شوفان منبت، 6%جلوتين حيوي)،العينة ج2 (84%شوفان خام،4% شوفان منبت،12%جلوتين حيوي)، العينة ج3 (78%شوفان خام، 4%شوفان منبت، 18% جلوتين حيوي).

3.3 الذوبانية:

تشير نتائج التحليل الاحصائي (الجدول 4) الى انه لا توجد فروق معنوية للذوبانية بين العينات، الذوبانية هي مؤشر على نسبة المكونات ذات الوزن الجزيئي المنخفض الى تلك ذات الوزن الجزيئي العالي، وبالتالي فان الاختلاف في نسب الشوفان المنبت المضافة الى الشوفان الخام لم تؤثر على الذوبانية بالرغم من زيادة نسبة الاضافة الى 44% شوفان منبت، هذا وقد اشارت دراسة اخرى الى ان ذوبانية عينات مختلفة من دقيق الشوفان تراوحت بين 8.67 إلى 11.08%، حيث انها تعتبر منخفضة جدا مقارنة بنتائج العينة الحالية (Choi et al., 2012)، قد يكون السبب راجع الى الشوفان المنبت المضاف لعينة الدراسة الحالية، يفيد استخدام الدقيق ذو القدرة العالية على الارتباط بالماء في الانظمة الغذائية التي تعتبر فيها اللزوجة من اهم خواصها.

كما تشير نتائج التحليل الاحصائي (الجدول 4) الى عدم وجود فروق معنوية في الذوبانية بين العينات التي تحتوي عن نسب مختلفة من الجلوتين الحيوي، هذا وتراوحت نسب الذوبانية في عينات الدراسة

مع اختلاف نسب الشوفان المنبت والجلوتين الحيوي بين 17.00% سجلتها العينة المحتوية على 24% شوفان منبت الى 20.70% سجلتها العينة المحتوية على 44% شوفان منبت، من المعروف ان بروتين الجلوتين غير ذائب في الماء فمن المتوقع عدم تأثيره على زيادة الذوبانية، اما بالنسبة للشوفان المنبت فكان من المتوقع ان يرفع من ذوبانية العينة وخاصة مع زيادة نسب الاستبدال، حيث سجلت العينة المحتوية على اعلى نسبة من الشوفان المنبت اعلى ذوبانية، فقد ذكرت الدراسات اخرى ان مؤشر الذائبية يدل على كمية السكريات والدكسترينات الناتجة من تحلل النشا عند إضافة الماء الزائد (Osundahunsi et al., 2003)، وبالتالي يرجع ارتفاع ذائبية عينات الدراسة الحالية الى نواتج تحلل النشا في الشوفان المنبت، كما ذكرت دراسة سابقة انه توجد علاقة ايجابية بين محتوى دقيق الشوفان من البيتا جلوكان والذائبية، وعليه قد يكون احد الاسباب الاخرى في اختلاف الذائبية هو اختلاف المحتوى من البيتا جلوكان (Choi et al., 2012).

الجدول رقم (4): الذوبانية لعينات الشوفان المنبت والجلوتين الحيوي

الشوفان المنبت		الجلوتين الحيوي	
العينة	الذوبانية (%)	العينة	الذوبانية (%)
م1	0.12± ^{a}20.70	ج1	0.25±^{a}17.60
م2	0.26±^{a}17.00	ج2	0.12±^{a}19.30
م3	0.25±^{a}17.70	ج3	0.10±^{a}20.00

القيم الجدولية متوسط لثلاثة مكرر ± الانحراف المعياري، القيم التي تحمل نفس الحرف في الصف ليس بينها اختلافات معنوية عن مستوى p≤0.05، العينة، م1(50%شوفان خام،44%شوفان منبت،6% جلوتين حيوي)، العينة م2(70%شوفان خام،24%شوفان منبت،6%جلوتين حيوي)، م3 (90% شوفان خام، 4% شوفان منبت، 6% جلوتين حيوي) ، العينة: ج1(90% شوفان خام ، 4% شوفان منبت، 6%جلوتين حيوي)،العينة ج2 (84%شوفان خام،4% شوفان منبت،12%جلوتين حيوي)، العينة ج3 (78%شوفان خام، 4%شوفان منبت، 18% جلوتين حيوي).

4.3 القدرة على تكوين الرغوة وثباتها:

القدرة على تكوين الرغوة أحد أهم الخصائص التي تحدد مقدرة الدقيق على إنتاج منتجات غذائية متخمرة كالخبز والكيك، أظهرت نتائج التحليل الإحصائي (الجدول 5) وجود فروق معنوية بين العينات، حيث أدت الزيادة في نسبة الشوفان المنبت في العينات إلى انخفاض مقدرة العينة على تكوين الرغوة، نتائج الدراسة الحالية تؤكد المفاهيم التي ذكرتها الدراسات السابقة والتي افادت ان الانبات أدى الى انخفاض مقدرة حبوب الشوفان على تكوين الرغوة (Al-Sadiq and Ilowefah, 2020)، وقد يرجع ذلك الى تحلل البروتين نتيجة نشاط انزيمات البروتيز أثناء عملية الانبات، المقدرة على تكوين الرغوة خاصية تعتمد على ذوبانية البروتين وقدرته على تقليل التوتر السطحي للماء، حيث أن زيادة ذوبانية البروتين تساعد على تكوين غشاء يحيط بالخلايا الغازية ويزيد من ثباتها، وهذا ما لوحظ في العينة المحتوية على 6% جلوتين و4% شوفان منبت و90% شوفان خام، لوحظ في دراسة سابقة أجريت على انواع مختلفة من البقوليات ودقيق الشوفان، وكان الشوفان اقلهم في نسبة البروتين، لوحظ أن عينات

البقوليات الاعلى في نسبة البروتين لها قدرة اعلى على تكوين الرغوة مقارنة بعينة الشوفان التي لم تظهر قدرة على تكوين الرغوة (Badia-Olmos et al., 2023)، وهذا ما يثبت ارتباط تكوين الرغوة بالمحتوى البروتيني، كما يجب ان يؤخذ في الاعتبار طبيعة البروتين من حيث كراهية الماء او الارتباط به، كما يمكن ان يعزى الاختلاف الى نوعية البروتين، ايضا بينت دراسة ان جلوبيولينات الشوفان تحتوي على اجزاء غنية بالجلوتامين على السطح الامر الذي جعلها كارهة للماء مقارنة بالجلوبيولينات الأخرى المدروسة في تلك الدراسة، كما لاحظ انه في درجة الحموضة الطبيعية تفتقر بروتينات الشوفان للذوبانية وتداخلات سطحية اقل مقارنة ببروتينات الصويا والبازلاء (Mäkinen et al., 2017).

أظهرت نتائج التحليل الاحصائي (الجدول 5) وجود فروق معنوية بين العينات في القدرة على تكوين الرغوة وثباتها، فقد سجلت العينة ج1 المحتوية على 6% جلوتين حيوي اعلى كمية من الرغوة، قد يرجع هذا الى ان تكوين الرغوة يعتمد على قدرة البروتين في الانتقال الي السطح البيني بين الهواء والماء وتشكيل غشاء مستقر حول فقاعات الهواء، عند 6% و12% جلوتين حيوي يكون تركيز البروتين مناسبا لتكوين غشاء بروتيني مرن ومستقر يعزز تكوين الرغوة وثباتها وعند زيادة التركيز الى 18% يصبح تركيز البروتين مرتفعا مما يؤدي الى ارتفاع اللزوجة في الوسط السائل وقد يقلل انتقال البروتين الى السطح البيني وتتجمع البروتينات مع بعضها البعض بدلا من تكوين غشاء مستقر مما يضعف تكوين الرغوة Drago& (Gonzalaz.,2000)، البروتينات عند التركيزات المعتدلة تصبح قادرة على الانتشار بسرعة على السطح وتشكيل روابط مرنة تمنع انهيار الفقاعات الهوائية، في العينة ذات التركيز 6% كانت اكثر استقرارا بسبب الغشاء البروتيني المتوازن الذي يمنع خروج الهواء وانهيار الفقاعات، زيادة تركيز البروتين قد يساهم في تكوين شبكة بروتينية كثيفة ولزجة تسبب في طرد الماء من الغشاء المحيط بالفقاعات مما يؤدي الى انهيار الرغوة بشكل اسرع (Drago& Gonzalaz.,2000).

جدول رقم (5): القدرة على تكوين الرغوة للعينات الشوفان المنبت والجلوتين الحيوي

العينة	الشوفان المنبت		
	0 دقيقة	30 دقيقة	60 دقيقة
م1	6.00^{a}±0.00	5.17^{a}±0.29	5.00^{a}± 0.00
م2	7.00^{b}±0.00	5.33^{a}±0.58	5.00^{b}±0.00
م3	11.00^{c}±0.00	9.00^{b}±0.00	7.00^{c}±0.58
العينة	الجلوتين الحيوي		
	0 دقيقة	30 دقيقة	60 دقيقة
ج1	11.00^{a}±0.00	5.17^{a}±0.29	5.00^{a}±0.00
ج2	9.00^{a}±0.00	5.33^{b}±0.58	5.00^{b}±0.00
ج3	9.00^{a}±0.57	^{b}6.00±0.00	4.33^{b}±0.57

القيم الجدولية متوسط لثلاثة مكرر ± الانحراف المعياري، القيم التي تحمل نفس الحرف في الصف ليس بينها اختلافات معنوية عن مستوى p≤0.05، العينة، م1(50% شوفان خام،44% شوفان منبت، 6% جلوتين حيوي)، العينة م2(70%شوفان خام،24%شوفان منبت،6%جلوتين حيوي)، م3 (90% شوفان خام، 4% شوفان منبت، 6% جلوتين حيوي)، العينة: ج1(90%

شوفان خام ، 4% شوفان منبت، 6%جلوتين حيوي)،العينة ج2 (84%شوفان خام،4% شوفان منبت،12%جلوتين حيوي)، العينة ج3 (78%شوفان خام، 4%شوفان منبت، 18% جلوتين حيوي).

5.3 حجم العجين:

يشير حجم العجين الى مقدار الزيادة في ابعاد العجين اثناء عملية التخمير نتيجة لاحتجاز الغاز (ثاني أكسيد الكربون) الناتج عن النشاط الحيوي للخميرة، يعتمد حجم العجين على قدرة شبكة البروتين الموجودة في العجين على الاحتفاظ بالغاز الناتج من التخمير، حجم العجين هو مؤشر مهم على جودة الخبز حيث ان الحجم الأكبر يعكس خبزا خفيفا ومهوى جيدا مقارنة بالحجم الأصغر الذي قد ينتج عنه خبز كثيف وصغير الحجم (Grgi`c et al., 2024) في اختبار حجم العجين في هذه الدراسة تم اجراؤه فقط على العينات المحتوية على نسب مختلفة من الجلوتين مع تثبيت كمية الشوفان المنبت عند 4% لأنها أعطت اعلى نسبة للانتفاخ وربط الماء والرغوة، أظهرت نتائج الدراسة الحالية (الجدول 6) أن إضافة 6% من الجلوتين الحيوي إلى العجين المدعّم بـ 4% من الشوفان المنبت سجلت اعلى حجم للعجينة مقارنةً بنسب الاضافة الأعلى (12 و18%)، هذه النتائج متوافقة مع نتائج القدرة على ربط الماء والانتفاخ والرغوة وهي من الخصائص الهامة جدا في صناعة الخبز، عند إضافة نسب أعلى من الجلوتين الحيوي (12-18%) أدى إلى انخفاض في حجم العجين، يمكن تفسير ذلك بحد التشبع للبروتين أي انه عند تجاوز نسبة معينة من الجلوتين الحيوي يحدث تشبع في قدرة البروتينات على تكوين شبكة مرنة، مما يؤدي إلى انخفاض مرونة العجين وقدرته على احتجاز الغاز، يؤدي ارتفاع نسبة الجلوتين إلى احتجاز كمية كبيرة من الماء، مما يقلل من توفر الماء اللازم لمكونات النشا من الاميلوز والاميلوبكتن الامر الذي يؤدي الى زيادة اللزوجة وبالتالي انخفاض ضعف الجلوتين على التمدد ومنه انخفاض حجم العجين (kovacs et al., 2004)، الألياف الغذائية في الشوفان (مثل البيتا - جلوكان) تمتص كمية كبيرة من الماء، مما يقلل من التفاعل بين البروتينات والنشا ويضعف تكوين الشبكة الجلوتينية، وبالتالي يؤثر سلبًا على حجم العجين، تلعب عديد السكاريد غير النشوية دورا مهما في وظيفة الجلوتين، التأثير الأكثر وضوحا يكون اثناء تحضير منتجات الحبوب الغنية بالألياف الغذائية حيث تضيف الالياف مزيدا من التعقيد الى شبكة النشا والبروتين، ترتبط هذه التفاعلات بالتغيرات في الهياكل الثانوية للبروتين وكيفية تكوين الروابط الهيدروجينية، ان معظم الالياف القابلة للذوبان في الماء تتفاعل مع البروتينات بطريقة غير تساهمية من خلال الروابط الهيدروجينية والتفاعلات الكارهة للماء، علاوة على ذلك، تلعب الاليات الفيزيائية مثل التنافس على الماء والعائق الفراغي (وجود ذرات او مجموعات كبيرة قريبة من بعضها في الجزيء مما يؤدي الى تنافر بينها بسبب الحجم المكاني) دورا مهما في التأثير على حجم العجينة، والجوانب الكيميائية مثل الوزن الجزيئي للالياف القابلة للذوبان في الماء وقدرة

الالياف غير القابلة للذوبان على ربط الماء، حيث أنه لا يمكن تفسير التفاعلات المعقدة بين الالياف وبروتين الجلوتين كألية واحدة حيث تتشابك طرق متعددة للتفاعلات (Zhou et al., 2021).

أظهرت دراسة (Grgić et al., 2024) أن الشعير المدعم بـ 18% من الجلوتين الحيوي حقق أفضل نتائج لحجم العجين، على عكس الدراسة الحالية حيث انه عند نسبة 18% جلوتين حيوي كانت هي الأقل حجما بين العينات، يُعزى هذا التباين إلى الاختلافات في التركيب الكيميائي بين الشوفان والشعير، خاصةً من حيث المحتوى من الألياف الغذائية الذي قد يسمح للشعير بتحمل نسب أعلى من الجلوتين واحتوائه على الجلوتين الطبيعي بنسبة قد تصل الى 25%، وفي دراسة اخرى أظهرت النتائج زيادة في حجم العجين عند إضافة 15% من الجلوتين إلى دقيق القمح، قبل أن ينخفض مع زيادة النسب المضافة، تتفق هذه النتائج مع الدراسة الحالية من حيث تأثير حد التشبع للبروتين، والذي يختلف حسب خصائص المادة الخام وتركيبها الكيميائي(Dhaka & Khatkar, 2015) .

الالياف الغذائية لها تأثيراً إيجابياً على حجم العجين وأخر سلبي، حيث ان الالياف الغذائية مثل البيتا جلوكان تساعد على زيادة لزوجة العجين وامتصاص الماء مما يُحسن من مرونة العجين عند نسب الجلوتين المعتدلة، اما التأثير السلبي وهو عند زيادة نسبة الجلوتين تصبح الألياف الغذائية عائقًا، حيث تمتص كمية كبيرة من الماء وتقلل من تكوين الشبكة الجلوتينية مما يؤدي إلى ضعف تماسك العجين وانخفاض قدرته على الاحتفاظ بالغاز، عند زيادة نسبة الجلوتين، تتنافس مكونات العجين على الماء مما يؤثر سلبًا على انتفاخ حبيبات النشا وتفاعلها مع الشبكة الجلوتينية، كما ذكر ان إضافة الجلوتين بنسبة كبيرة قد تؤدي إلى تقليل تماسك حبيبات النشا مما يسبب انخفاض حجم العجين (Dhaka & Khatkar, 2015)، كما أشارت دراسة (Codina et al., 2008) ان التباين بين نتائج الدراسة الحالية والدراسات الاخرى هو أهمية التركيب الكيميائي لمكونات العجين في تحديد نسبة الجلوتين المثلى (Grgić et al., 2024; Dhaka and Khatkar, 2015).

الجدول رقم (6): حجم العجين للعينات المدروسة

العينة	حجم العجين سم^3
ج1	$49.66^{a}\pm0.57$
ج2	$38.33^{b}\pm2.88$
ج3	$38.66^{b}\pm0.57$

القيم الجدولية متوسط لثلاثة مكرر ± الانحراف المعياري، القيم التي تحمل نفس الحرف في الصف ليس بينها اختلافات معنوية عن مستوى $p\leq0.05$، العينة: ج1 (90% شوفان خام، 4% شوفان منبت، 6%جلوتين حيوي)، العينة ج2 (84%شوفان خام،4% شوفان منبت،12%جلوتين حيوي)، العينةج3 (78%شوفان خام، 4%شوفان منبت، 18% جلوتين حيوي).

4. الاستنتاجات والتوصيات:

أظهرت النتائج ان إضافة 4% شوفان منبت و6% جلوتين حيوي لدقيق الشوفان الخام كانت نسبة الإضافة الأفضل لتعديل خصائصه الوظيفية، كما أن نسبة الإضافة 6% من الجلوتين الحيوي كانت الافضل في تحقيق أكبر حجم للعجينة، وبالتالي يمكن استخدامه في تحضير خبز الشوفان الوظيفي، ستكون الدراسات المستقبلية على تصنيع الخبز من هذا الدقيق المركب ودراسة خصائص العجين الريولوجية وقيمة الخبز الغذائية.

5. المراجع:

- AACC International Board 2008. Available online: (accessed on 12 July). http://www.aaccnet.org/initiatives/definitions/Pages/ WholeGrain.aspx.
- Abd-El-Khalek, M. H. (2020). Combined effect of vital wheat gluten, ascorbic acid and emulsifier addition on the quality characteristics of whole grain barley bread. SVU-International Journal of Agricultural Sciences, 2(2), 256-277.
- Al-Sadiq, M. Ilowefah, M. (2020). Effect of germination on the functional properties and enzymatic activity of oat grains. Wadi Alshatti University Journal (1),26-36.
- 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.
- Bardini, G., Boukid, F., Carini, E., Curti, E., Pizzigalli, E., & Vittadini, E. (2018). Enhancing dough-making rheological performance of wheat flour by transglutaminase and vital gluten supplementation. LWT, 91, 467-476
- Chavan, J. K., Kadam, S. S., & Beuchat, L. R. (1989). Nutritional improvement of cereals by sprouting. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 28(5), 401-437
- Choi, I., Han, O. K., Chun, J., Kang, C. S., Kim, K. H., Kim, Y. K., ... & Kim, K. J. (2012). Hydration and pasting properties of oat (Avena sativa) flour. Preventive nutrition and food science, 17(1), 87.
- Codina, G. G., Bordei, D. E. S. P. I. N. A., & Paslaru, V. (2008). The effects of different doses of gluten on rheological behaviour of dough and bread quality. Romanian Biotechnological Letters, 13(6), 37-42.

- Dhaka, V., & Khatkar, B. S. (2015). Influence of gluten addition on rheological, pasting, thermal, textural properties and bread making quality of wheat varieties. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 7(3), 239-249.
- Ding, J., Hou, G. G., Dong, M., Xiong, S., Zhao, S., & Feng, H. (2018). Physicochemical properties of germinated dehulled rice flour and energy requirement in germination as affected by ultrasound treatment. Ultrasonics Sonochemistry, 41, 484-491.
- Drago, S. R., & Gonzalez, R. J. (2000). Foaming properties of enzymatically hydrolysed wheat gluten. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 1(4), 269-273.
- Elkhalifa, A. E. O., & Bernhardt, R. (2010). Influence of grain germination on functional properties of sorghum flour. Food Chemistry, 121(2), 387-392.
- Emire, S. A. (2011). Grain quality evaluation and characterization of vital gluten powder from bread wheat varieties grown in Arsi and Bale, Ethiopia. East African Journal of Sciences, 5(2), 35-41.
- Ferguson, J. J., Stojanovski, E., MacDonald-Wicks, L., & Garg, M. L. (2020). High molecular weight oat β-glucan enhances lipid-lowering effects of phytosterols. A randomised controlled trial. Clinical Nutrition, 39(1), 80-89.
- Ghumman, A., Kaur, A., & Singh, N. (2016). Impact of germination on flour, protein and starch characteristics of lentil (Lens culinari) and horsegram (Macrotyloma uniflorum L.) lines. LWT Food Science and Technology, 65, 137144.
- Grgić, T., Drakula, S., Voučko, B., Čukelj Mustač, N., & Novotni, D. (2024). Sourdough fermentation of oat and barley flour with bran and its application in flatbread made with no-time and dough retardation methods. Fermentation, 10(3), 17
- Head, D. S., Cenkowski, S., Arntfield, S., & Henderson, K. (2010). Superheated steam processing of oat groats. LWT-Food Science and Technology, 43(4), 690-694.
- Kosová, K., Leišová-Svobodová, L., & Dvořáček, V. (2020). Oats as a safe alternative to Triticeae cereals for people suffering from celiac disease? A review. Plant Foods for Human Nutrition, 75, 131-141.
- Kovacs, M. I. P., Fu, B. X., Woods, S. M., & Khan, K. (2004). Thermal stability of wheat gluten protein: its effect on dough properties and noodle texture. Journal of Cereal Science, 39(1), 9-19.

- Li, H., Wen, Y., Wang, J., & Sun, B. (2018). Relations between chain-length distribution, molecular size, and amylose content of rice starches. International journal of biological macromolecules, 120, 2017-2025.
- 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(12), 5142-5152
- Mäkinen, O.E.; Sozer, N.; Ercili-Cura, D.; Poutanen, K. Protein from Oat: Structure, Processes, Functionality, and Nutrition. In Sustainable Protein Sources; Academic Press: Cambridge, MA, USA, (2017); Volume 6, pp. 105–119.
- Maninder, K., Sandhu, K. S., & Singh, N. (2007). Comparative study of the functional, thermal and pasting properties of flours from different field pea (Pisum sativum L.) and pigeon pea (Cajanus cajan L.) cultivars. Food chemistry, 104(1), 259-267.
- Mao, H., Xu, M., Ji, J., Zhou, M., Li, H., Wen, Y., ... & Sun, B. (2022). The utilization of oat for the production of wholegrain foods: Processing technology and products. Food Frontiers, 3(1), 28-45.
- Mao, H., Xu, M., Ji, J., Zhou, M., Li, H., Wen, Y., ... & Sun, B. (2022). The utilization of oat for the production of wholegrain foods: Processing technology and products. Food Frontiers, 3(1), 28-45.
- Osundahunsi, O. F, Fagbemi, T. N, Kesselman, E, Shimoni, E. (2003). Comparison of the physicochemical properties and pasting characteristics of flour and starch from red and white sweet potato cultivars. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 51:2232–2236.
- Sanchez-Pardo, M. E., Jiménez-García, E., & González-García, I. (2010). Study about the addition of chemically modified starches (cross-linked cornstarches), dextrins, and oats fiber in baked pound cake. Journal of Biotechnology, 150: 316.
- Schlörmann, W., Zetzmann, S., Wiege, B., Haase, N. U., Greiling, A., Lorkowski, S., ... & Glei, M. (2020). Impact of different roasting conditions on sensory properties and health-related compounds of oat products. Food Chemistry, 307, 125548.
- Shah, A. R., Shah, R. K., & Madamwar, D. (2006). Improvement of the quality of whole wheat bread by supplementation of xylanase from Aspergillus foetidus. Bioresource technology, 97(16), 2047-2053.

- Spaen, J.; Silva, J.V.C. (2021). Oat Proteins: Review of Extraction Methods and Techno-Functionality for Liquid and Semi-Solid Applications. LWT Food Science and Technology, 147, 111478.
- Tian, B., Xie, B., Shi, J., Wu, J., Cai, Y., Xu, T., ... & Deng, Q. (2010). Physicochemical changes of oat seeds during germination. Food Chemistry, 119(3), 1195-1200
- Wieser, H. (2007). Chemistry of gluten proteins. Food Microbiology, 24(2), 115–119.
- Zhou, Y., Dhital, S., Zhao, C., Ye, F., Chen, J., & Zhao, G. (2021). Dietary fiber-gluten protein interaction in wheat flour dough: Analysis, consequences and proposed mechanisms. Food Hydrocolloids, 111, 106203.
- Zhu, F. (2017). Structures, properties, modifications, and uses of oat starch. Food Chemistry, 229, 329-340.