DOI: https://doi.org/10.35516/JJAS.3556

A Study of the Chemical Composition of Wheat Bran, Chickpea Flour, and Oat Flour and Their Impact on the Most Important Rheological Properties of Dough and Sensory Properties of Functional Biscuits

***Noura Jamal* [*1], *Samaher Sakkour* [1]**

[1] Scientific supervisor, Department of Food Sciences, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Syria.

Received on 25/10/2024 and Accepted for Publication on 15/9/2025

ABSTRACT

This study examined the chemical composition of different types of functional powders, wheat bran, chickpea flour, and oat flour, and their impact on the properties on some of the rheological, physical, and sensory properties of functional biscuits. Biscuit formulations were prepared using wheat flour combined with a mixture of these three functional ingredients (wheat flour: wheat bran, chickpea flour, and oat flour) in an 80:20 ratio. A Simplex lattice mixture design was employed to assess the influence of mixtures on specific rheological parameters using Mixolab indicators, as well as on the physical and sensory properties of the biscuits. The results showed high protein content in chickpea flour, whereas bran was rich in raw fiber and ash. The optimal formulation for biscuits fortification consisted of 4.46% wheat bran, 5.02% chickpea flour, and 10.5% oat flour. According to this mixture, the water absorption rate was 60.43%, the dough development time was 3.93 minutes, stability 5.65 min, and the corresponding Mixolab torque values were C2 = 0.50N.m, C3 = 2.17 N.m, C4 = 2.09N.m, C5 = 3.04 N.m, with a spread ratio of 6.89. Sensory evaluation scores were as follows: color (5.69), odor (7.41), texture (5.74), taste (6.53), and general acceptance (6.20) theoretically approach. Experimental validation confirmed the reliability of the model, as the actual and predicted values exhibited strong alignment, indicating a favorable sensory acceptance of the developed biscuits.

Keywords: wheat bran, chickpea flour, oatmeal bran, Simplex lattice mixture design, functional biscuits.

* Corresponding author E-mail: noura.jamal@tishreen.edu.sy

© 2025 DSR Publishers/The University of Jordan. All Rights Reserved.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0 /)

دراسة التركيب الكيميائي لنخالة القمح WB ودقيق الحمص CF ودقيق الشوفان OF وتأثير استخدامهم في أهم الخصائص الريولوجية للعجين والحسية للبسكويت الوظيفي

نورا جمل[1*]، سماهر صقور[1]

[1] مشرف على الأعمال، كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، سوريا

تاريخ استلام البحث 2024/10/25 وتاريخ قبوله 2025/9/15

ملخص

تمَّ دراسة التركيب الكيميائي لأنواع مختلفة من المساحيق الوظيفية وهي نخالة القمح WB ودقيق الحمص CF ودقيق الشوفان OF ومدى تأثيرها في بعض الخصائص الريولوجية للعجين والفيزيائية والحسية للبسكويت الوظيفي، حيث تمَّ تحضير البسكويت باستخدام دقيق القمح وخليط من ثلاثة مكونات وظيفية مختلفة (دقيق القمح: نخالة القمح WB ودقيق الحمص CF ودقيق الشوفان OF) بنسبة (20:80). واستخدم تصميمSimplex lattice mixture لتحديد تأثير الخلطات في بعض الخصائص الريولوجية باستخدام مؤشرات الميكسولاب وكذلك الخصائص الفيزيائية والحسية للبسكويت. بيّنت النتائج ارتفاع المحتوى البروتيني في دقيق الحمص وغنى النخالة بالألياف الخام والرماد. تبين أنَّ القيم المثلى لدقيق المساحيق لإثراء البسكويت يتضمن 4.46% نخالة القمح و5.02% دقيق الحمص و10.5% دقيق الشوفان، ووفقاً لهذا الخليط فقد بلغ معدَّل امتصاص الماء 60.43%، زمن تطور العجين 3.93 دقيقة، الثباتية 5.65 دقيقة، بالمقابل بلغت قيم عزوم الميكسولاب C2= 0.50N.m، C3= 2.17 N.m، C4= 2.09N.m، C5= 3.04 N.m، ومعدل التمدُّد 6.89، أما بالنسبة للخصائص الحسية فحاز اللون على (5.69) والرائحة (7.41) والقوام (5.74) والطعم (6.53) والتقبل العام (6.20) من الناحية النظرية، أكدت الاختبارات التجريبية صلاحية النموذج ولوحظ تقارب القيم الفعلية والمتوقعة لدرجة القبول الحسي للبسكويت الناتج.

الكلمات الدالة: نخالة القمح، دقيق الحمص، دقيق الشوفان، تصميم Simplex lattice mixture، بسكويت وظيفي.

المقدمـة

يعتبر البسكويت من منتجات الخبيز شائعة الاستهلاك في جميع أنحاء العالم من قبل شريحة اجتماعية واسعة. وتشكل معامل البسكويت جزءاً أساسياً من الصناعات الغذائية في معظم البلدان ويعود نجاحه إلى عدة أسباب: منها امتلاكه لصلاحية تخزين طويلة، كما أنه منتج غذائي مرغوب وجاهز للأكل، بالإضافة إلى توفره بعدة نكهات، ولامتلاكه قيمة غذائية جيدة مقارنة بسعره، كما يندر أن تخلو مدينة في العالم من وجود مصنع لإنتاجه. (Weibiao Zhou & Hui, 2014)).

الأغذية الوظيفية، والتي تسمى أيضاً الأغذية الفائقة هي مصادر غنية بالعديد من العناصر النشطة بيولوجيًا، والتي تلعب أدوارًا مهمة في الوقاية من الأمراض وقد تدعم العلاجات في بعض الحالات المزمنة والاضطرابات الأيضية. وتظهر الأدلة الوبائية التي تم الحصول عليها من الدراسات الرصدية والتجارب السريرية أنَّ الاستهلاك المنتظم للأغذية الغنية بالمغذيات، وخاصة ذات الأصل النباتي، يمكن أن يزيد من حيوية الجسم، بالإضافة إلى العديد من الفوائد الصحية وتقليل خطر الإصابة بالأمراض المزمنة، بالإضافة إلى وجود أدلة متزايدة على أن بعض هذه المنتجات قد تدعم الصحة العقلية إذا تم تناولها كجزء من نظام غذائي يومي. (Jurek, 2022).

تشكل نخالة القمح 14- 16% من وزن الحبة (Galanakis, 2018)، حيث تحتوي النخالة على السكريات

المتعددة كالأرابينواكزيلان Arabinoxylan (17–33%)، وسليلوز cellulose (9–14%)، وبيتا–د–جلوكان–D–β glucan(1–3%)، ولكنها أيضًا تتكون من النشا (6–30%)، والبروتينات (14–26%)، والدهون (3–4%)، واللجنين Lignans (3–10%)، والمعادن (5–7%)، وحمض الفيتيك phytic acid (4.5–5.5%)، والفركتانات fructans (3–4%)، والمركبات الفينولية phenolic compounds (0.4–0.8%) (Hemdane *et al.*, 2016). وتتركز معظم المركبات البيولوجية الفعالة Phytonutrients في نخالة القمح وجنينه (Onipe *et al.*, 2017)، وبعد تأكيد أهميتها من الناحية التغذوية بدأت إضافة النخالة لأنواع مختلفة من المخبوزات كمكون غذائي، ووفقاً لSang و Zhu (2014) يمكن للمركبات الفعالة في نخالة القمح أن تحمي من سرطان القولون، ووجد Hu وآخرون (2022) أنّ استهلاك الحبوب الكاملة قد يكون عاملاً رئيساً في تخفيض احتمال الإصابة بأمراض القلب والشرايين، ويُمكّن استخدام النخالة في المخبوزات من الحصول على غذاء صحي، إلا أنَّه يؤثر في جودة الدقيق والخصائص الريولوجية للعجين وجودة المنتج النهائي من ناحية الطعم والنكهة ولون المُنتَج (Coda *et al.*, 2014; Alzuwaid *et al.*, 2021).

ومن فئة البقوليات فإنَّ الحمص يوفر مصدراً مهماً للبروتين وفق (Jukanti *et al.,* 2012)، حيث أصبح استخدام البقوليات، مثل الحمص، أكثر أهمية في صناعة المخبوزات، فهو يعتبر مصدرًا غنيًا بالبروتين والكربوهيدرات المعقدة والألياف والفيتامينات والمعادن، وأشارت العديد من الدراسات إلى الآثار الصحية الإيجابية للحمص محتملة مثل الحد من السمنة و مرض السكري من النوع 2، والوقاية من سرطان القولون (Begum, *et al.*, 2023; Jukanti *et al.,* 2012; Yang *et al.,* 2007; Herrera and Gonzalez de Mejia, 2021)، وأوضح (Jukanti *et al.*, 2012) أنَّ الحمص قد يساعد في تقليل خطر الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية. وأدى استخدام دقيق الحمص في تغذية الجرذان المصابة بداء السكري بجرعة (400 ملغم/كغم) إلى انخفاض مستويات الشحوم الثلاثية والجلوكوز (Osorio–Diaz *et al.,* 2008) ، ولاحظ Monk وآخرون (2017) تغيرات إيجابية في الكائنات الحية الدقيقة في أمعاء الحيوانات التي تتغذى على نظام غذائي غني بالحمص، كما تمَّ إجراء دراسة مماثلة في البشر حيث أظهرت النتائج أنَّ للحمص آثار إيجابية على صحة الأمعاء (Ferreira *et al.*, 2020). كما أظهرت عدة دراسات إمكانية استخدام دقيق الحمص في تحسين جودة الأغذية وزيادة قيمتها الغذائية، فهو مصدر جيد للبروتين المتوفر بيولوجياً بتكلفة منخفضة، وهذا يسمح للشركات بتطوير ابتكارات جديدة تلبي الطلب على المخبوزات ذات القيمة الغذائية المضافة، حيث تم استخدامه على نطاق واسع في المخبوزات مثل الخبز والمعكرونة والأطعمة المنتفخة (Altaf *et al.*, 2021; Lu *et al.*, 2022; Mohammed *et al.*, 2012;Herrera and Gonzalez de Mejia, 2021).

حظي الشوفان أيضاً باهتمام كبير لارتفاع محتواه من المواد الكيميائية النباتية وذلك بسبب غناه بالألياف القابلة للذوبان، والبروتينات، والفيتامينات، والمعادن، والأحماض الدهنية غير المشبعة (Youssef*, et al.*, 2016). إنَّ أهم ما يميز دقيق الشوفان هو محتواه العالي من الألياف، وخاصة بيتا جلوكان، بسبب تأثيره المفيد في خفض مستويات الكوليسترول منخفض الكثافة (LDL–C) في الدم (Wolever *et al.*, 2021). كما تم اعتبار الشوفان مؤخرًا مناسبًا في النظام الغذائي لمرضى الاضطرابات الهضمية نظرًا لقيمته الغذائية العالية، ووفقاً ل Rasane وآخرون(2013) قد يكون البحث والتطوير في مجال الشوفان ومنتجاته مفيدًا في مكافحة الأمراض المختلفة التي عرفتها البشرية، حيث تشير الدراسات الحديثة إلى فوائده في العديد من الأمراض غير المعدية مثل أمراض القلب والأوعية الدموية والسكري والسمنة وارتفاع ضغط الدم وما إلى ذلك. لذلك من المهم زيادة الوعي بفوائده الصحية وبالتالي التشجيع على زيادة وتيرة استهلاكه في النظام الغذائي، كما أوصت العديد من الدراسات باستخدام دقيق الشوفان كمصدر للألياف الغذائية في العديد من المنتجات مثل الخبز والبسكويت (Youssef, *et al.,* 2016; El–Qatey *et al.,* 2018).

أهمية الدراسة وأهدافها:

إن ازدياد الاهتمام برفع القيمة الغذائية من خلال زيادة المحتوى من الألياف والبروتينات والمركبات الكيميائية النباتية

للبسكويت عن طريق إضافة مساحيق مختلفة مما يساعد في توفير منتجات جديدة، إنَّ الهدف من العمل الحالي هو إثراء البسكويت بثلاثة أنواع مختلفة من المساحيق وهي نخالة القمح WB ودقيق الحمص CF ودقيق الشوفان OF وبنسبة لا تتجاوز 20% من خلطة دقيق القمح المستخدم في صناعة البسكويت، ودراسة تأثيرها على بعض الخصائص الريولوجية للعجين والفيزيائية والحسية للمنتجات النهائية باستخدام Simplex Lattice Mixture Design (SLMD).

مواد البحث وطرائقه:

مواد البحث:

دقيق القمح (شركة أبو محمود إخوان، سورية)، نخالة القمح، دقيق الشوفان (أُحد، سورية)، سكر (شركة أبو محمود إخوان، سورية) تمَّ تنعيمه باستخدام مطحنة (مولينكس، فرنسا)، دهون نباتية مهدرجة (أصيل، الإمارات العربية المتحدة)، حليب مجفف خالي الدسم (نيوبارك، سورية)، ملح طعام (نضَر، سورية)، بيكربونات الصوديوم، بيكربونات الأمونيوم تم شراؤها من السوق المحلية في محافظة اللاذقية في الجمهورية العربية السورية، حيث أجري هذا البحث خلال عامي (2023-2024)، تمَّ تحضير البسكويت وفقاً للمكونات التالية (Ajila, *et al.*,2008): لكل 200غ دقيق تمَّ استخدام 40-42 مل ماء، 60غ سكر ناعم، 50غ دهون نباتية مهدرجة، 4غ حليب مجفف خالي الدسم، 2غ ملح طعام، 0.8غ بيكربونات الصوديوم، 3غ بيكربونات الأمونيوم.

دقيق الحمص: تم غسل الحمص بالماء وتجفيفه في فرن تجفيف عند 40 درجة مئوية لمدة 3 ساعات. بعد ذلك، تم طحن دقيق الحمص عن طريق طحن الحمص باستخدام مطحنة عالية السرعة مصنعة في الجمهورية العربية السورية كما هو موضح في الشكل (1)، وتمَّ تنخيلها بواسطة هزاز مناخل (MATEST، إيطاليا) وتمريرها عبر منخل 250ميكرون. (Lu *et al.*, 2022)

الشكل (1): المطحنة المستخدمة لطحن الحمص.

طرائق البحث:

تحضير البسكويت:

تمَّ تحضير البسكويت وفقاً لـ(Ajila, *et al.*,2008)، حيث أُضيف السكر الناعم أولاً ثم الدهن النباتي المهدرج وخلط في العجان الكهربائي (مولينكس، فرنسا) لمدة 3 دقائق ثم أذيبت بيكربونات الصوديوم وبيكربونات الأمونيوم بالماء ثم أضيفت إلى الخليط السابق، وبعدها مزج الحليب المجفف في الماء وأضيف إلى الخليط، وأخيراً أضيف دقيق القمح المنخول وعجن جيداً حتى تجانست المكونات، ثم رقّت العجين حتى الوصول إلى سماكة 2-3 مم وقطعت بشكل دائري، بعدها تمَّ الخبز باستخدام فرن (WIESHEU، ألمانيا) عند درجة حرارة 205 مْ لمدة 8-9 دقائق وبعد الخَبز تم التبريد البطيء لدرجة حرارة الغرفة، عُبأ البسكويت في أكياس وترك لحين التحليل أو الاستهلاك، حيث بلغ وزن قطعة البسكويت 20غ ، وقطرها بحدود 7سم.

الخصائص الكيميائية:

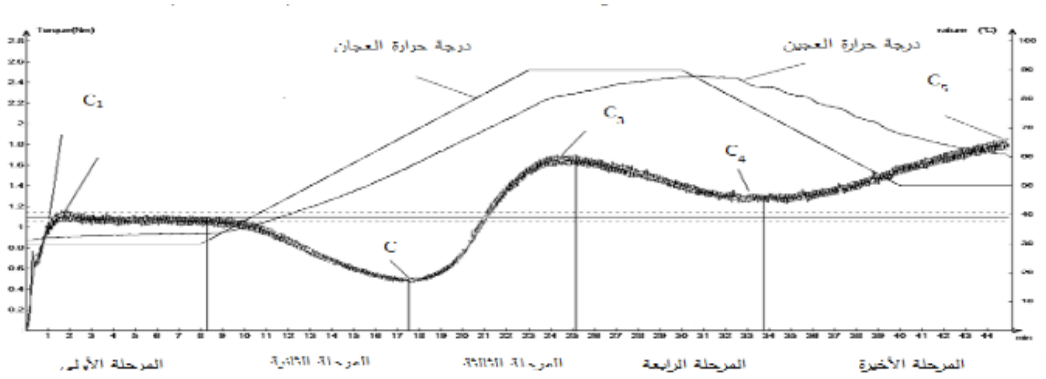
تمَّ التقدير على أساس الوزن الجاف dw (dry weight).

- محتوى الرطوبة وفقاً لـ (AACC, 44-15.02).
- محتوى الرماد وفقاً لـ(AACC, 08-01.01).
- محتوى البروتين وفقاً لـ(AACC, 46-12.01).

- محتوى الدهن وفقاً لـ(AACC, 30–10.01).
- محتوى الألياف الخام وفقاً لـ(AACC, 32–10.01).
- محتوى الكربوهيدرات وفقاً لـ (FAO, 2003).

الخصائص الريولوجية:

تمَّ قياس الخصائص الريولوجية للعجين باستخدام جهاز ميكسولاب (Mixolab, Chopin, France) وفقاً لـ (AACC, 2010, 54–60.01)، فمن خلال هذا الاختبار تمّ الحصول على معلومات تتعلق بجودة الشبكة الغلوتينية وتغيرات النشا أثناء عملية التسخين والتبريد، مما يجعله قادراً على تحديد مساهمة كل من البروتين والنشا في خصائص العجين في اختبار واحد، ويبين الشكل (2) المنحنى القياسي لجهاز الميكسولاب.



الشكل (2): المنحنى القياسي لجهاز الميكسولاب.

حيث يمكن استخدام بيانات الميكسولاب لتحديد:

C1: الاتساق في حده الأقصى أثناء تطوير العجين، تقدر ب (نيوتن. متر)، وتشير إلى كمية الماء الممتص water absorption WA، زمن تطور العجين (dough development time DDT)، زمن الاستقرار (الثباتية) stability.

C2: مقاومة البروتين لعملية إضعافه، وتقدر ب (نيوتن. متر).

C3: تجلتن النشا (تهلمه)، وتقدر ب(نيوتن. متر).

C4: ثباتية الجل المتشكل (النشا المتجلتن)، وتقدر ب(نيوتن. متر).

C5: إعادة تشكل النشا خلال عملية التبريد وتعبر عن البيات، وتقدر ب (نيوتن. متر).

الخصائص الفيزيائية:

تم قياس عرض وسمك قطع البسكويت لحساب معدل التمدد Spread Ratio. ولقياس السماكة، تم وضع 6 حبات من البسكويت فوق بعضها البعض وتم تحديد متوسط السماكة ب(سم). لتحديد القطر، تم وضع 6 حبات بسكويت بجانب بعضها البعض وتم قياس القطر الإجمالي ب(سم). ثم تم تدوير البسكويت بمقدار 90° درجة وتم قياس قطره الإجمالي مرة أخرى ب(سم). وكان القطر النهائي هو متوسط هذين القياسين مقسومًا على ستة. تم حساب معدل التمدد بقسمة متوسط قيمة القطر على متوسط قيمة السماكة. (Drakos *et al.*, 2018)

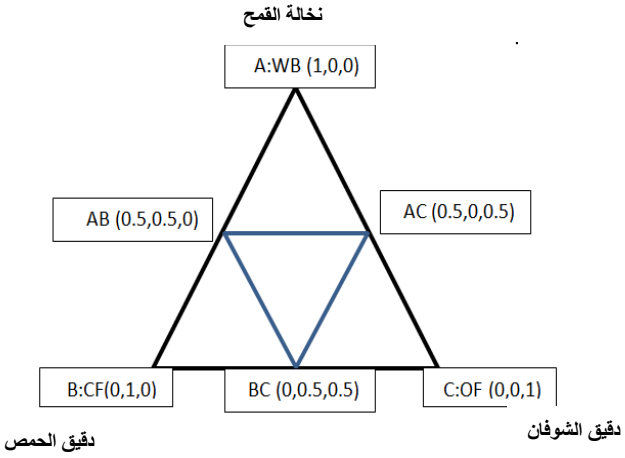
الخصائص الحسية:

تمَّ تقييم عينات البسكويت حسياً بالنسبة إلى اللون والرائحة والقوام والطعم والقبول العام من قبل 10 أشخاص مدربين في قسم علوم الأغذية من كلية الهندسة الزراعية في (جامعة اللاذقية، الجمهورية العربية السورية)، طبقاً لاستمارة التقويم الحسي، وذلك اعتماداً على مجموع النقاط لكل نوع وفق لـ 9 درجات(Nine–point Hedonic Scale) تتوزع من الأعلى الدرجة :9 أعجبني بشدة، إلى الأدنى حيث تعد الدرجة :1 لم يعجبني إطلاقاً، وذلك وفقاً لـ (Oluwamukomi *et al.*, 2011).

تصميم التجربة:

يمكّن استخدام Simplex Lattice Mixture Design (SLMD) من دراسة المكونات الوظيفية في الأغذية المصنعة، حيث يؤكد على أهمية التفاعلات بين هذه المكونات، SLMD هو شكل متخصص من منهجية سطح الاستجابة Response Surface Methodology (RSM)(Leardi, 2009) ، ويعتبر من الاستراتيجيات الهادفة لإجراء الدراسات التجريبية بأقل تكلفة وفي ظل الظروف المثلى، فمن خلال تحديد عدد التجارب وحدود العوامل التجريبية، يمكن التعرف على العلاقة بين النتائج التجريبية والعوامل، كما أنه طريقة فعالة لتحديد نسب المكونات أو المتغيرات في خليط مكون من ثلاث مكونات، وقد تمَّ استخدامها في العديد من الدراسات الهادفة لإنتاج أغذية وظيفية (Guedes-Oliveira *et al.*, 2019; *et al.*, Kayacier 2014; Rad *et al.*, 2019).

تم استخدام تصميم (SLMD) وفيه يتم تمثيل الخليط بواسطة مثلث، تمثل النقاط داخل هذا المثلث أو منطقة المزج خلطات ممكنة، كما تمثل رؤوس المثلث أحد المكونات، بينما تشير الحواف إلى الخلائط الثنائية، والنقاط داخل المثلث إلى الخلائط الثلاثية، ومركز المثلث إلى مزيج متساوٍ من جميع المكونات الثلاثة، وقد رمز لنخالة القمح A: Wheat Bran(WB=X1)، بينما لدقيق الحمص B: Chickpea Flour (CF=X2)، ولدقيق الشوفان C: Oat Flour (OF=X3)، كما يظهر في الشكل (3).



الشكل (3): Simplex Lattice Mixture Design (SLMD)

الجدول (1): تصميم التجربة وفق (SLMD).

التجربة	A:WB	B:CF	C:OF	نسبة الإضافة (%) X1	نسبة الإضافة (%) X2	نسبة الإضافة (%) X3
1	0	1	0	0	20	0
2	0.666667	0.166667	0.166667	13.33	3.33	3.33
3	0.5	0.5	0	10	10	0
4	0.5	0	0.5	10	0	10
5	0	0.5	0.5	0	10	10
6	0	0	1	0	0	20
7	0.333333	0.333333	0.333333	6.61	6.61	6.61
8	1	0	0	20	0	0
9	1	0	0	20	0	0

10	0.166667	0.666667	0.166667	3.33	13.33	3.33
11	0	0	1	0	0	20
12	0	1	0	0	20	0
13	0.166667	0.166667	0.666667	3.33	3.33	13.33
14	0.5	0.5	0	10	10	0

نخالة القمح (A: WB =X1) ودقيق الحمص (B:CF =X2) ودقيق الشوفان (C: OF =X3)، X1+X2+X3=20%

ويظهر الجدول (1) استخدام (SLMD) لتقييم تأثير X1,X2,X3 في الخصائص الريولوجية للعجين والخصائص الفيزيائية والحسية للبسكويت الوظيفي لتحديد المنتج الأكثر قبولًا بأعلى درجات حسية، حيث يلاحظ التكرار في تجارب SLMD مثل التجربة رقم 8 و9 وتهدف عملية التكرار إلى زيادة دقة وموثوقية النتائج من خلال توفير معلومات إحصائية قيّمة حول التباين العشوائي وتأكيد دقة النموذج.

التحليل الإحصائي:

تمَّ إجراء الاختبارات الكيميائية بأخذ ثلاثة مكررات وتحديد الانحراف المعياري، وتمَّ اختبار أسلوب تحليل التباين الأحادي ANOVA One-Way عند مستوى معنوية 0.05 واستخدام اختبار Duncan لتحديد اتجاهات الفروق بين الخلطات، حيث تمَّ تحليل البيانات باستخدام برنامج (IBM, SPSS 25).

نمذجة البيانات التجريبية:

تم استخدام برمجيات Design Expert ver. 11. (Stat Ease, USA) لتحليل البيانات، حيث تمَّ تقييم كل عامل في كل نقطة تجريبية من خلال معادلة كثير حدود التالية للدالة xi. نموذج:

$$Y=\beta1X1+\beta2X2+\beta3X3+\beta12X1X2+\beta13X1X3+\beta23X2X3$$

حيث Y متحول التابع الاستجابة بينما β1, β2, β3 عبارة عن ثوابت يراد تقديرها، X1 X2, X3, هي المتغيرات المستقلة، إنَ مدى ملاءمة معادلة النموذج تظهر من خلال تحديد معامل التحديد R2 واختبار نقص المطابقة، وكلما اقتربت قيمة R2 من الواحد كلما ازداد تطابق البيانات التجريبية والقيم النظرية.

النتائج والمناقشة:

التركيب الكيميائي للمواد الخام:

تظهر نتائج التحليل الكيميائي لدقيق القمح ونخالة القمح WB ودقيق الحمص CF ودقيق الشوفان OF من حيث الرطوبة والرماد والبروتين والدهون والألياف الخام والكربوهيدرات في الجدول (2).

الجدول (2) التركيب الكيميائي لدقيق القمح والمساحيق المستخدمة.

	دقيق القمح	نخالة القمح	دقيق الحمص	دقيق الشوفان
الرطوبة	11.2 ± 0.08^{b}	13.1 ± 0.09^{a}	8.45 ± 0.05^{d}	10.1 ± 0.09^{c}

الرماد	0.54±0.01^{d}	2.19±0.01^{b}	2.5±0.05^{a}	1.79±0.01^{c}
البروتين	10.42±0.28^{c}	13.6±0.1^{b}	22.48±0.12^{a}	11.8±0.2^{b}
الدهون	0.9±0.06^{d}	2.41±0.04^{c}	5.1±0.1^{b}	7.45±0.05^{a}
الألياف الخام	0.97±0.03^{c}	11.67±0.13^{a}	3.6±0.01^{b}	3.24±0.06^{b}
الكربوهيدرات	76.96±0.04^{a}	68.7±0.33^{b}	61.47±0.03^{c}	68.86±0.14^{b}

القيم لثلاث مكررات معبراً عن النتيجة المتوسط والانحراف المعياري.

تشير الأحرف المختلفة في الصف الواحد إلى وجود فرق معنوي عند مستوى ($P<0.05$) وفق اختبار دانكن.

لوحظ ارتفاع نسبة الرماد لجميع العينات باستثناء دقيق القمح، حيث تمَّ العثور على أعلى نسبة الرماد في نخالة القمح يليه دقيق الحمص ثم دقيق الشوفان. واختلف محتوى البروتين بشكل كبير حيث وصل إلى (22.48±0.12%) لدقيق الحمص. فيما يتعلق بمحتوى الدهون فجميع العينات منخفضة في محتواها من الدهون باستثناء دقيق الشوفان (7.45±0.05)%، بينما تم العثور على أقل نسبة دهون في دقيق القمح. لوحظ ارتفاع نسبة الألياف الخام في نخالة القمح، في حين أظهر دقيق القمح أقل نسبة من الألياف الخام (0.97±0.03%). كما تظهر البيانات انخفاض محتوى الكربوهيدرات في العينات باستثناء دقيق القمح.

لوحظ ارتفاع نسبة الألياف الخام في نخالة القمح وهذا يتفق مع نتائج (Majzoobi *et al.*, 2013) حيث بلغت نسبة الألياف الخام 11.67% وهي أعلى مما حصل عليه Heshe (*et al.*, 2016) فقد بلغت نسبتها 9.97%.كما ارتفعت نسبة البروتين حيث تحتوي النخالة على كمية أكبر من البروتينات من تلك الموجودة في الدقيق، إذ تتضمن البروتينات الموجودة في النخالة الألبيومين والغلوبيولين، حيث بلغت نسبة البروتين في نخالة القمح 13.6% ولكنها أقل مما حصل عليه (Heshe *et al.*, 2016) حيث وصلت نسبة البروتين في النخالة إلى 15.26%، كما لوحظ انخفاض المحتوى من الكربوهيدرات في النخالة مقارنة بالدقيق.

وتتفق النتائج التي تمّ الحصول عليها بالنسبة لتركيب دقيق الحمص مع نتائج (Mohammed *et al.*, 2012) حيث بلغت نسبة البروتين ,(25.5±1.05)% وهي أقل مما أبلغ عنه (Lu *et al.*, 2022) حيث بلغت نسبة البروتين 21.33%، أما بالنسبة للدهون فقد بلغت النسبة 5.1% وهي أقل مما أبلغ عنه (Lu *et al.*, 2022) وأعلى مما أبلغ عنه (Mohammed *et al.*, 2012) ، وبالنسبة للرماد فقد بلغت النسبة 0.01±2.5 وهي أقل مما أبلغ عنه Mohammed (*et al.*, 2012) فقد وصلت إلى (2.8±0.07)%.

وتتفق النتائج التي تمّ الحصول عليها بالنسبة لتركيب الشوفان مع نتائج (Youssef*, et al.*, 2016) فقد راوح التركيب الكيميائي للشوفان الأحمر والشائع بين 9.96%-10.47% رطوبة،11.61% -13.62% البروتين، 7.23% -8.92% الدهون، 3.535% -5.875% ألياف خام، 2% -2.15% الرماد، و69.435% - 75.625% كربوهيدرات، حيث يمكن أن يشكل دقيق الشوفان مصدراً جيداً للبروتين والألياف والرماد مقارنة مع دقيق القمح، كما بيّن El-Qatey وآخرون (2018) التركيب الكيميائي لدقيق الشوفان فقد بلغت نسبة الرطوبة 0.22±9.51%، أما البروتين 0.39±12.92% والرماد 0.07±1.87%، والدهون 0.42±6.20%، والألياف 0.26±8.40%.

النتائج التجريبية للخلطات:

حيث يظهر الجدول (3) النتائج التجريبية لتأثير إضافة نخالة القمح WB ودقيق الحمص CF ودقيق الشوفان OF في الخصائص الريولوجية للعجين والخصائص الفيزيائية والحسية للبسكويت الوظيفي، وذلك لامتصاص الماء (WA)، زمن تطور العجين (DDT)، الثباتية (stability)،C2 (نيوتن. متر)، C3 (نيوتن. متر)، C4 (نيوتن. متر).C5 (نيوتن. متر)، بالإضافة إلى تحديد معامل التمدد spread ratio(SR)، والخصائص الحسية.

الجدول (3): النتائج التجريبية لتأثير إضافة نخالة القمح WB ودقيق الحمص CF ودقيق الشوفان OF في الخصائص الريولوجية للعجين والخصائص الفيزيائية والحسية للبسكويت الوظيفي.

Overall acceptability	Taste	Texture	Odor	Color	SR	C5 (N.m)	C4 (N.m)	C3 (N.m)	C2 (N.m)	Stability (min)	DDT (min)	WA (%)	التجربة
6.5	7.1	6.1	7.2	5.2	7.2	3.1	2	2.1	0.51	5.2	4.6	57.4	1
5.5	5.8	4.7	6.5	4.8	5.8	2.65	1.75	1.85	0.49	4.9	5	63.2	2
6	6.4	5.3	6.7	4.9	6	2.84	1.74	1.8	0.5	4.8	4.8	61.2	3
5.6	6	4.9	7.1	5.4	7.3	2.98	2.03	2.14	0.51	5.5	4.5	61.3	4
6.4	6.8	5.7	7.1	5.9	7.4	3.01	2.15	2.24	0.51	5.8	3.9	58.7	5
6	6.5	5.3	7.2	6.4	7.7	3.21	2.31	2.4	0.51	6.2	3.2	60.4	6
6.1	6.6	5.5	6.9	5.8	6.45	2.94	1.99	2.06	0.51	5.3	4.4	60.4	7
4.6	5	4.1	7.5	4.5	5.4	2.54	1.52	1.61	0.49	4.8	5.3	64.1	8
4.7	5.2	4.2	7.4	4.6	5.3	2.67	1.51	1.62	0.48	4.7	5.4	64.1	9
6.45	7.1	5.9	7.2	5	6.9	3.02	1.95	2.04	0.5	5.4	4.8	59.4	10
6.2	6.7	5.4	7.3	6.3	7.6	3.17	2.21	2.3	0.52	6.3	3.1	60.5	11
6.6	7.2	6.1	7.1	5.1	7.3	3.4	1.98	2.05	0.51	5.1	4.5	57.3	12
6.4	6.9	5.7	7.5	6.1	7.2	3.25	2.17	2.21	0.51	6	3.7	60.7	13
5.9	6.5	5.2	6.8	4.8	6.1	2.56	1.64	1.75	0.49	4.9	4.9	61.3	14

الخصائص الريولوجية:

لإنتاج بسكويت نموذجي يجب أن يكون دقيق القمح ضعيف ذو قدرة منخفضة على امتصاص الماء، والحد الأدنى من قوة الغلوتين، بالإضافة إلى محتوى منخفض من النشا التالف والبنتوزان pentosans، حيث أنَّ ارتفاع مستويات النشا والبنتوزان التالف يؤدي إلى زيادة كبيرة في قدرة القمح على الاحتفاظ بالماء، حيث يتيح انخفاض القدرة على امتصاص الماء للدقيق إمكانية استخدام كمية أقل من الماء لإنتاج عجينة بسكويت قابلة للتشكيل، وهي مياه يمكن إزالتها بسهولة وسرعة أكبر أثناء الخبز، مما يؤدي إلى منتجات منخفضة الرطوبة ذات مدة صلاحية طويلة ونسيج مقرمش مرغوب فيه. (Kweon *et al.*, 2014)

تمَّ إجراء التجارب المختلفة كما هو موضح في الجدول (1) والنتائج التجريبية موضحة في الجدول (3)، حيث ارتفعت نسبة امتصاص الماء عند استخدام النخالة التي تنتج من أغلفة حبة القمح حيث تحتوي قدراً أكبر من الألياف مما يؤدي لزيادة القدرة على امتصاص الماء للخلطات المحتوية عليها Majzoobi (*et al.*, 2013)، كما أدى استخدام دقيق الحمص إلى ازدياد امتصاص الماء، حيث يزداد امتصاص الماء مع زيادة كمية دقيق الحمص المضاف. وكانت النتيجة مماثلة ل

(Mohammed *et al.*, 2012) حيث تعزى زيادة امتصاص الماء إلى زيادة البروتين الكلي ومحتوى البنتوزان لقدرتها على التنافس على الماء مع المكونات الأخرى في العجين، وتعتبر كمية الماء المضافة مهمة جدًا لترطيب مكونات العجين وتطور شبكة الغلوتين. كذلك أظهر تحليل الميكسولاب أنَّ استخدام دقيق الشوفان أدى إلى ارتفاع نسبة امتصاص الدقيق للماء وهذا عائد إلى مركب-β غلوكان الذي يلعب دوراً هاماً في زيادة امتصاص الماء. (Skendi *et al.*, 2010)

زمن تطور العجين dough development time (DDT) وهو الوقت اللازم لوصول العجينة إلى 1.1N.m، حيث يقوم الماء خلال هذه المرحلة بترطيب مكونات الدقيق وبالتالي يتشكل العجين، حيث لوحظ ازدياد زمن تطور العجين (DDT) في جميع الخلطات، وهذا قد يعود إلى امتصاص الماء حيث تحتاج الإضافات إلى زمن أطول لإتمام عملية الترطيب ولتشكيل روابط الشبكة الغلوتينية من خلال ارتباط معقدات البروتين وتجمعات الروابط الهيدروجينة، إنَّ الزيادة في زمن تطور العجين في الخلطات المختلفة تعود إلى الاختلافات في الخصائص الفيزيوكيميائية بين مكوناتها ودقيق القمح حيث يؤثر اختلاف نوع البروتينات الموجودة في نخالة القمح ودقيق الحمص والشوفان عن تلك الموجودة في دقيق القمح مما يؤثر في تشكيل الشبكة الغلوتينية وينعكس على قوام البسكويت، وهذا يتفق مع (Mohammed *et al.*, 2012) الذي درس تأثير عملية دمج دقيق الحمص في دقيق القمح لإنتاج الخبز. كما ارتفع أيضاً زمن تطور العجين عند استخدام دقيق الشوفان وهذا ما وجده أيضاً (حبال وسمعان، 2012) عند دراسة تأثير إضافة دقيق الشوفان إلى دقيق القمح في الخصائص الريولوجية للعجين.

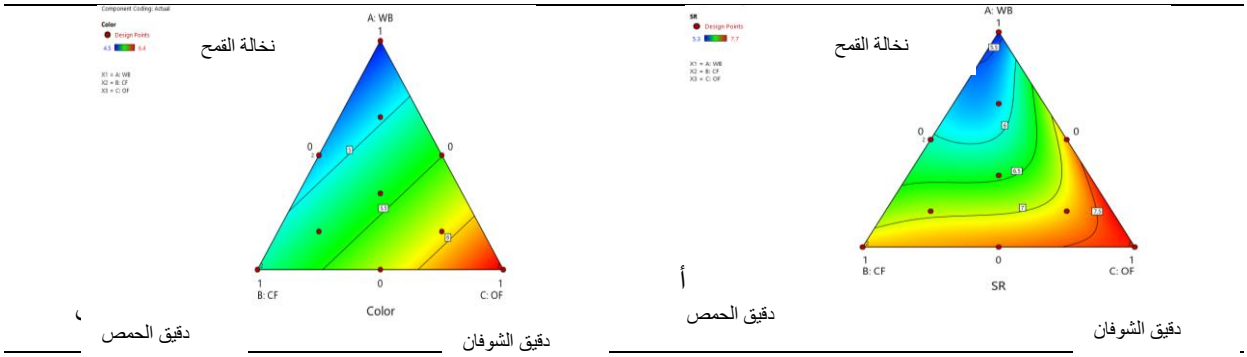
بشكلٍ عام، يشير زمن الاستقرار (الثباتية) إلى قوة العجين، حيث لوحظ انخفاض الثباتية عند استخدام الخلطات المختلفة وذلك يعود لاعتراض الألياف المختلفة شبكة الغلوتين، كما تؤخر تشكلها وتُسرع من تحطمها، حيث تضعف الشبكة الغلوتينية وتصبح أقل استقراراً عند إطالة زمن الخلط، تعزى التغييرات في خصائص العجين عند إضافة الخلطات المختلفة إلى تخفيض نسبة البروتينات القادرة على تشكيل الشبكة الغلوتينية مما يسبب ضعف العجين، كما يعتبر التباين في البروتينات سببًا آخر للاختلافات في خصائص العجين، حيث يؤدي استبدال الغلوتين بواسطة البروتينات النباتية غير المكونة للغلوتين إلى إضعاف شبكة العجين، وحسب (Noort *et al.*, 2010) فإنَّ تفاعل حمض الفيروليك في النخالة مع الغلوتين يسيء إلى الخصائص الوظيفية لشبكة الغلوتين، بالمقابل أظهرت العينة التي تحتوي على 10% من دقيق الحمص ثباتًا أعلى ومقاومة قيم الخلط الميكانيكية من تلك الحاوية على 20% حيث تشير القيم الأعلى إلى أنها أقوى. حيث يتعلق انخفاض زمن الثباتية بنوعية الإضافة ونسبتها، وعندما وصلت نسبة دقيق الحمص إلى 10%، أصبح الدقيق أقوى مع ثبات عالي وأعلى جودة، كذلك فإنَّ إضافة الحمّص يؤدي إلى إضعاف شبكة الغلوتين. وهذا يؤكد أهمية وجود كلا مكوني الغلوتين وهما (الجليادين والغلوتينين) وبنسبة محددة لتطوير شبكة الغلوتين بالشكل الأمثل، كما أن استخدام دقيق الشوفان خفّض من ثباتية العجين وتتفق هذه التأثيرات مع نتائج (Zaki *et al.*, 2018) الذي لاحظ انخفاض الثباتية عند استخدام خلطات مختلفة من دقيق الشوفان لإنتاج البسكويت والكيك، وهو ما كان متوقعًا، لأن زيادة إضعاف العجينة من شأنها أن تؤدي إلى انخفاض قيم صلابة البسكويت، وذلك بسبب قلة الشبكات الهيكلية بين جزيئات العجين.(Nogueira *et al.*, 2021)

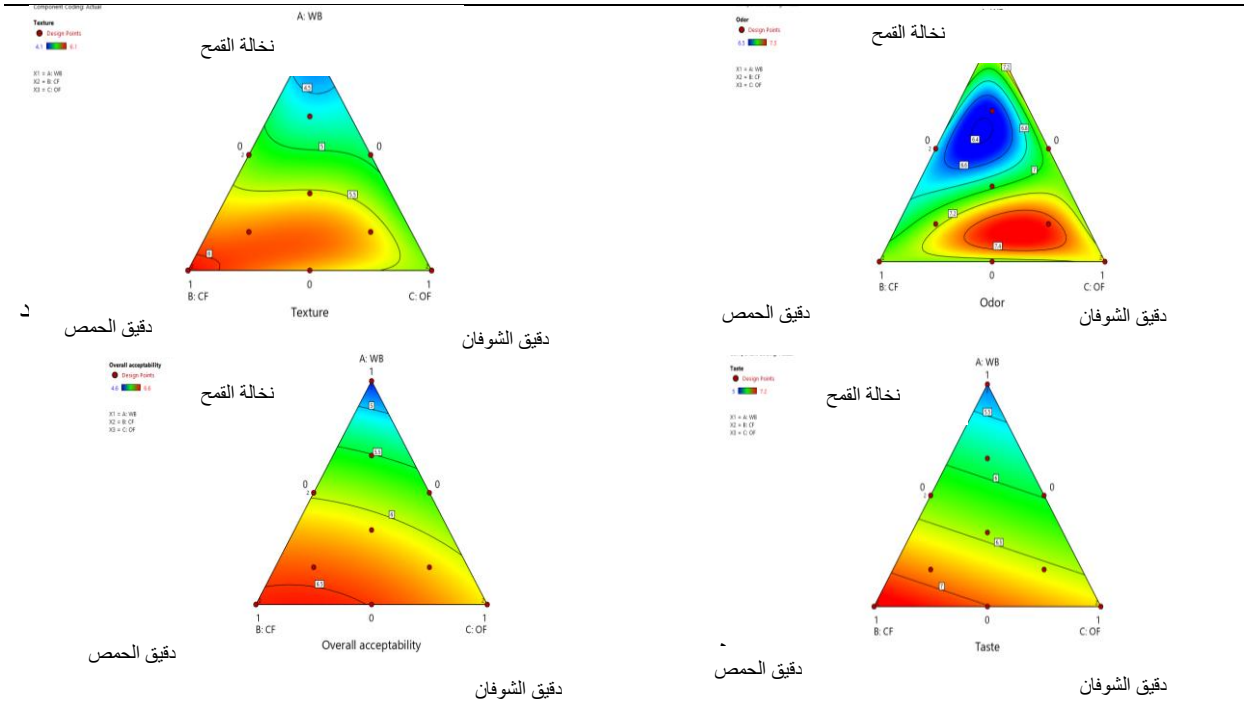
عند دراسة تأثير الإضافات المختلفة على الخواص الفيزيوكيميائية والتحلل المائي للنشا باستخدام الميكسولاب لوحظ تأثر خصائص الجلتنة وانتفاخ حبيبات النشاء، حيث يعبر عزم C3 عن قدرة النشاء على الاحتفاظ بالماء من خلال مساهمة الأميلوبكتين في انتفاخ حبيبات النشا وتهلمها، في حين يمنع الأميلوز والدهون انتفاخها. علاوة على ذلك تؤثر طول سلسلة الأميلوبكتين والوزن الجزيئي للأميلوز بشكل تآزري في لزوجة النشا (Choi *et al.*, 2012) فقد انخفضت قوة انتفاخ العينة أي انخفضت قيم عزم C3 و C4 مع وجود الإضافات المختلفة حيث أنَّ المحتويات العالية من المكونات الأخرى، وخاصة الألياف والدهون والبروتينات، تؤثر في قوة انتفاخ حبيبات النشاء وخصائص تجلتنها، كان لدى C4 علاقة إيجابية مع سمك البسكويت وعلاقة سلبية مع عامل تمدد البسكويت؛ وبعبارة أخرى، أدت زيادة السماكة إلى انخفاض معامل التمدد. مما يقترح أنه كلما كان نشا دقيق القمح أكثر استقرارا سوف يساهم

الهلام الذي يتم إنشاؤه في العجين أثناء الخبز بشكل كبير في تشكيل هيكل البسكويت المخبوز. وبالتالي فإن تأثير تخفيض النشاء في المخاليط المضافة يمكن أن يؤدي إلى إضعاف الهلام، مما يؤدي إلى الحصول على بسكويت أقل هيكلاً بسماكة أقل وعامل تمدد أعلى.(Nogueira *et al.*, 2021)

إنَّ وجود النخالة يُقلّل من انتفاخ الحبيبات، وهذا قد يعود إلى تقليل المحتوى من النشا، بالإضافة إلى غنى النخالة بالألياف التي تنافس على امتصاص الماء مما يقلل من الماء المتاح لحبيبات النشا (Banu *et al.*, 2012). كما أشار (Mohammed *et al.*, 2012) إلى أن البروتينات الموجودة في دقيق الحمص تقيد انتفاخ حبيبات النشا وتقلل من لزوجتها. قد يعود ذلك لارتفاع المحتوى من البروتين ومقاومة أعلى لانتفاخ وتمزق نشاء الحمص، يمكن تفسير التفاعلات الجزيئية بين حبيبات النشا والماء من خلال قابلية الذوبان في الماء وقوة انتفاخ، فأثناء ازدياد الحرارة تنتفخ حبيبات النشاء بسبب دخول الماء الذي يتسبب في انحلال الأميلوز وتوسع الأميلوبكتين. ثم يتغير هيكل النشا الكريستالي من المنتظم إلى العشوائي تدريجياً. في حالة محدودية محتوى الماء يتنافس دقيق الحمص مع دقيق القمح للحصول على الماء مما يحد من انتفاخ دقيق القمح، كما أن ارتفاع قدرة دقيق الحمص على الاحتفاظ بالماء يقلل من عزم الجلتنة، بالمقابل أدت إضافة دقيق الشوفان إلى الخلطات إلى زيادة في عزم C3 عند إضافتها بنسب منخفضة إلا أن ارتفاع نسبتها أثر سلباً على قيم العزم، وقد لاحظ Zaki وآخرون (2018) أن استخدام دقيق الشوفان بنسبة 25% قد ساهم في زيادة قمة اللزوجة بينما ارتفاع النسبة عن ذلك أثر سلبا على قيمها.

فيما يتعلق بعزم C5 بعد التبريد إلى 50 مْ، وهو ما يمثل مقياسا لتراجع النشا خلال مرحلة التبريد، لوحظ انخفاض عند إضافة المساحيق المختلفة كما يظهر في الجدول (3)، إنَّ الانخفاض الكبير في عزم C5 والتي تعبر عن القدرة على مقاومة التدهور (البيات) retrogradation مع استخدام النخالة، وعلى نحوٍ عام انخفضت المؤشرات كافة المعبرة عن خصائص اللزوجة والنشا مع ارتفاع المحتوى من النخالة، ولاحظ Nogueira وآخرون (2021) انخفاضًا في C5 مع إضافة بروتين الصويا، ويظهر الشكل (4): تأثير استخدام نخالة القمح WB ، دقيق الحمص CF، دقيق الشوفان OF, في (أ) WA، (ب) DDT، (ج) stability،(د) C2،(هـ) C3،(و) C4،(ز) C5، حيث يدل اللون الأحمر على ارتفاع القيم بينما اللون الأزرق على انخفاضها.





الشكل (5): تأثير استخدام نخالة القمح WB ودقيق الحمص CF ودقيق الشوفان OF في (أ)SR، (ب) اللون، (ج) الرائحة،(د) القوام، (هـ) الطعم، (و) التقبل العام.

يظهر الجدول (4) تحليل التباين ANOVA لمختلف الخصائص المدروسة، حيث يلاحظ في نموذج Model تشير قيمة النموذج F إلى وجود فروق معنوية ناتجة عن تغير المسحوق المستخدم والتجربة التي تم إجراؤها، وهناك احتمال بنسبة 0.0001> فقط أن تكون قيمة F بسبب الضوضاء. وبشكل عام تشير القيم P الأقل من 0.0500 إلى أن شروط النموذج مهمة.

تشير قيمة عدم الملاءمة (Lack of fit) F إلى أن عدم الملاءمة ليس مهمًا بالنسبة إلى الخطأ النقي، حيث يعتبر عدم وجود فروق معنوية في عدم الملاءمة أمرًا جيدًا – وبالتالي يكون النموذج مناسبًا.

تتوافق قيم R^2 المتوقعة بشكل معقول مع قيم R^2 المعدلة؛ أي أن الفرق أقل من 0.2 من أجل أغلب الخصائص، كما يقيس Adeq Precision نسبة الإشارة إلى الضوضاء، ومن المستحسن أن تكون النسبة أكبر من 4، مما يمكّن من استخدام هذا النموذج للتنقل في مساحة التصميم.

الانحراف المعياري (Std. Dev.(Standard Deviation وهو مقدار بُعد البيانات وانتشارها بالنسبة للوسط الحسابي (Dong, 2023) ، حيث تراوحت قيمه بين 0.0056 ل C2 و0.3767 لامتصاص الماء، كما تمَّ قياس المتوسط الحسابي Mean ومعامل التباين (C.V.) هو مقياس إحصائي يقيس مدى تشتت نقاط البيانات في سلسلة بيانات حول المتوسط. ويمثل معامل التباين نسبة الانحراف المعياري إلى المتوسط (Gonzalez–Longatt, 2025)، حيث تراوحت القيم من 5.03 ل C5، إلى 0.6204 لامتصاص الماء WA.

في الإحصاء، يُشير PRESS إلى مجموع مربعات خطأ التنبؤ. وهو مقياس يُستخدم في تحليل الانحدار لتقييم مدى قدرة النموذج على التعميم على بيانات جديدة غير مرئية، ويعمل أساسًا كشكل من أشكال التحقق المتبادل. يُحسب هذا المقياس بإعادة ملاءمة النموذج بشكل متكرر لجميع نقاط البيانات باستثناء نقطة واحدة، ثم التنبؤ بقيمة النقطة المستبعدة وجمع الفروق التربيعية بين القيم الفعلية والمتوقعة (*et al.*, 2022

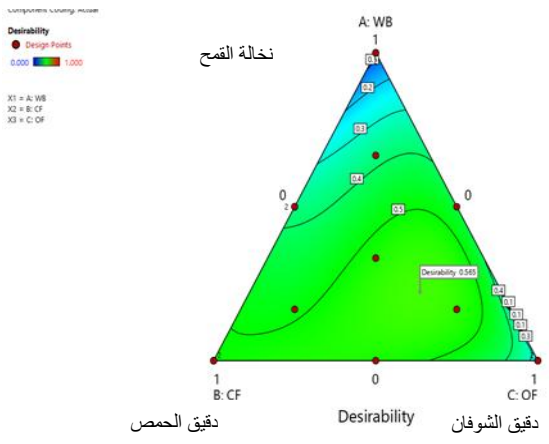
Alcantara)، حيث تراوحت القيم من 0.0006 ل C2، إلى 83.05 لامتصاص الماء WA.

أما مصطلح "Adeq Precision" فيشير إلى نسبة الإشارة إلى الضوضاء في نموذج إحصائي، وتحديدًا في سياق تصميم التجارب، وتعني هذه النسبة مدى قدرة النموذج على التمييز بين القيم المختلفة للمتغيرات المستجيبة، حيث تشير النسبة العالية إلى قدرة جيدة على التمييز (Montgomery, 2019)، حيث لوحظ أنَّ كافة القيم أعلى من 4، مما يجعل النموذج مناسبًا للاستخدام في التحسين والتنبؤ.

الجدول (4): تحليل التباين ANOVA لمختلف الخصائص المدروسة.

الاستجابة													
المتغيرات	**WA**	**DDT**	**Stability**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**معدل التمدد**	**اللون**	**الرائحة**	**القوام**	**الطعم**	**التقبل العام**
Model	0.0002	<0.0001	<0.0001	0.0002	<0.0001	<0.0001	0.0006	<0.0001	<0.0001	0.0015	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Lack of fit	0.0002	0.1384	0.1746	0.6466	0.9231	0.9929	0.5718	0.7099	0.0215	0.2488	0.3130	0.0740	0.2930
R-Square	0.9879	0.9944	0.9696	0.7921	0.9887	0.9873	0.7421	0.9977	0.9320	0.9742	0.9961	0.9228	0.9811
Pred R-Square	0.414-	0.6814	0.9523	0.6623	0.9595	0.9575	0.5720	0.9804	0.9088	0.0321-	0.8737	0.8730	0.9259
Std. Dev.	0.3767	0.0861	0.1024	0.0056	0.0337	0.0367	0.1485	0.0645	0.1823	0.0763	0.0632	0.2069	0.1105
Mean	60.71	4.44	5.35	0.50	2.01	1.93	2.95	6.69	5.34	7.11	5.29	6.41	5.92
C.V.%	0.6204	1.94	1.91	1.12	1.68	1.91	5.03	0.9642	3.41	1.07	1.19	3.23	1.87
PRESS	83.05	2.12	0.1810	0.0006	0.0328	0.0360	0.4028	0.1747	0.4903	1.17	0.6554	0.7746	0.3833
Adeq Precision	22.349	31.866	34.250	11.985	33.03	31.10	9.8472	44.478	22.629	16.3515	38.466	21.511	26.359

بلغت نسب أمثلة الخلطات: 4.46% نخالة القمح و5.02% دقيق الحمص و10.5% دقيق الشوفان، حيث يظهر الشكل (7) الشكل النهائي لعينات البسكويت ووفقاً لهذه النسب فإنّ الخصائص الريولوجية ومعدل التمدد ودرجة القبول الحسي المتوقعة للبسكويت الناتج موضحة في الجدول (5)، وعند تطبيق نسب الاستبدال السابقة فقد توافقت المعايير المدروسة الفعلية مع المتوقعة.



الشكل (6): نسب استخدام نخالة القمح WB ودقيق الحمص CF ودقيق الشوفان OF في الخصائص الريولوجية والفيزيائية والحسية المدروسة.

الشكل (7): الشكل النهائي لعينات البسكويت باستخدام نخالة القمح WB ودقيق الحمص CF ودقيق الشوفان OF وفق نتائج الأمثلة.

الجدول (5): نتائج الخصائص الريولوجية والفيزيائية والحسية المتوقعة والفعلية.

	القيم النظرية المتوقعة	القيم التجريبية
معدل امتصاص الماءWA (%)	60.43	60.5
زمن تطور العجين DDT (دقيقة)	3.93	3.95
الثباتية Stability(دقيقة)	5.65	5.67
(N.m) C2	0.50	0.50
(N.m)C3	2.17	2.15
(N.m)C4	2.09	2.08
(N.m)C5	3.04	3.01
معدل التمدد	6.89	6.9
اللون	5.69	5.8
الرائحة	7.41	7.5
القوام	5.74	5.6
الطعم	6.53	6.6
التقبل العام	6.20	6.3

الاستنتاجات والتوصيات:

أظهرت دراسة الخصائص الريولوجية للعجينة باستخدام الميكسولاب كمؤشر على امتصاص الدقيق للماء وزمن تطور العجين والعزوم المختلفة وجود فروقات معنوية للمؤشرات مع استخدام المساحيق المختلفة في الخلطة.

كما تبين من خلال البحث إمكانية إنتاج البسكويت الوظيفي عن طريق استبدال دقيق القمح 4.46% نخالة القمح و5.02% دقيق الحمص و10.5% دقيق الشوفان دون تأثير سلبي في درجة القبول الحسي العام للبسكويت الناتج، وهذا يعكس صلاحية هذا النموذج للاستخدام نتيجة تقارب القيم الفعلية والقيم المتوقعة لدرجة القبول الحسي للبسكويت الوظيفي، كما يوصى بدراسة تأثير إضافة المساحيق الثلاث السابقة (نخالة القمح، دقيق الحمص، ودقيق الشوفان) إلى منتجات خبيزية أخرى مثل الكاب كيك وخبز التوست بغرض تحديد نسب الإضافة المثلى التي تحقق أعلى درجة قبول حسي.

REFERENCES

AACC International Methods (2010). *A New AACC International Approved Method To Measure Rheological Properties Of A Dough Sample*, American Association Of Cereal Chemists International Report, 55, 3.

AACC International. Approved Method of Analysis, 11th ed.; Method 44-15.02, 08-01.01, 46-12.01, 30-10.01, 32-10.01; AACC International Inc.: St. Paul, MN, USA, 2010

Ajila, C. M.; Leelavathi, K.; Prasada Rao, U. J. (2008). *Improvement Of Dietary Fiber Content And Antioxidant Properties In Soft Dough Biscuits With The Incorporation Of Mango Peel Powder*. J. Cereal Sci., 48, 319-326.

Alcantara I. M., Naranjo, J. , Lang Y. (2022). Model selection using PRESS statistic, Computational Statistics, Springer, https://doi.org/10.1007/s00180-022-01228-1.

Altaf, U.; S.Z. Hussain, T. Qadri, F. Iftikhar, B. Naseer, A.H.(2021). *Investigation on mild extrusion cooking for the development of snacks using rice and chickpea flour blends*. Journal Of Food Science & Technology, 58 (3) 1143-1155/10.1007 ,S13197-020-04628-7

Alzuwaid, N. T.; Pleming, D.; Fellows, C. M.; Laddomada, B.; Sissons, M. (2021). *Influence Of Durum Wheat Bran Particle Size On Phytochemical Content And On Leavened Bread Baking Quality*.Foods. 10(3): 489. Doi: 10.3390/Foods10030489.

Bala, A.; Gul, K.; Riar, C. S. (2015). *Functional And Sensory Properties Of Cookies Prepared From Wheat Flour Supplemented With Cassava And Water Chestnut Flours*. Cogent Food And Agriculture,1.

Banu, I.; Stoenescu, G.; Ionescu, V., S.; Aprodu, I. (2012). *Effect Of The Addition Of Wheat Bran Stream On Dough Rheology And Bread Quality*.The Annals Of The University Dunarea De Jos Of Galati Fascicle Vi – Food Technology 36(1) 39-52.

Begum, N.; Khan, Q.U., Liu, L.G.; Li, W.; Liu, D.; Haq, I.U. (2023) *Nutritional composition, health benefits and bio-active compounds of chickpea (Cicer arietinum L.)*. Front. Nutr. 10:1218468. doi: 10.3389/fnut.2023.1218468

Chauhan, A.; Saxena, D. C.; Singh, S. (2016). *Physical, Textural, And Sensory Characteristics Of Wheat And Amaranth Flour Blend Cookies*. Cogent Food And Agriculture, 2.

Choi, I.; Han, O.-K.; Chun, J.; Kang, C. S.; Kim, K.-H.; Kim, Y.-K.; Y.-K. Cheong, T.-I. Park, J.-S. Choi, Kim, K.-J. (2012). *Hydration And Pasting Properties Of Oat (Avena Sativa) Flour* Prev Nutr Food Sci 17, 87-91 http://dx.doi.org/10.3746/pnf.2012.17.1.087

Guedes-Oliveira, J. M.; Costa-Lima, B. R. C.; Oliveira, D.; Neto, A.; Deliza, R.; Conte-Junior, C. A.; Guimarães, C. F.M.(2019). Mixture design approach for the development of reduced-fat lamb patties with carboxymethyl cellulose and inulin. Food Sci Nutr. 7:1328–1336. https://doi. org/10.1002/fsn3.965

Hemdane, S.; Jacobs, P. J.; Dornez, E.; Verspreet, J.; Delcour, J. A.; Courtin, C. M. (2016) *Wheat (Triticum aestivum L.) Bran in Bread Making: A Critical Review*. Compr Rev Food Sci Food Saf. Jan;15(1):28-42. PMID: 33371577, DOI: 10.1111/1541-4337.12176

Herrera, C.; Gonzalez de Mejia, E. (2021). *Feasibility of commercial breadmaking using chickpea as an ingredient: Functional properties and potential health benefits*. J Food Sci.;86:2208–2224. https://doi.org/10.1111/1750-3841.15759

Heshe, G. G., Haki, G. D., Woldegiorgis, A. Z., Gemede, H. F. (2016*). Effect Of Conventional Milling On The Nutritional Value And Antioxidant Capacity Of Wheat Types Common In Ethiopia And A Recovery Attempt With Bran Supplementation In Bread*.Food Science & Nutrition, 4(4), 534–543. doi: 10.1002/Fsn3.315.

Hu, Y.; Willett, W. C.; Manson, J.A. E.; Rosner, B.; Hu, F. B.; Sun, Q. (2022)**.** *Intake of Whole Grain Foods and Risk of Coronary Heart Disease in US Men and Women*. BMC Med Jun 10;20:192. doi: 10.1186/s12916-022-02396-z

Jukanti, K.; Gaur, P. M.; Gowda, C. L. L.; Chibbar, R. N. (2012). *Nutritional quality and health benefits of chickpea (Cicer awrietinum L.): a review*. British Journal of Nutrition, 108, S11–S26 doi:10.1017/S0007114512000797

Jurek, J.M. (2022).*Health Benefits of Functional Foods.* 10; 3(11): 1307-1316. Doi: 10.37871/Jbres1598.

Kayacier A.; Yüksel, F., Karaman S. (2014) *Simplex lattice mixture design approach on physicochemical and sensory properties of wheat chips enriched with different legume flours: An optimization study based on sensory*

Coda, R., Kärki, I., Nordlund, E., Heiniö, R.-L., Poutanen, K., Katina, K. J. F. M. (2014). *Influence Of Particle Size On Bioprocess-Induced Changes On Technological Functionality Of Wheat Bran*. Food Microbiology, 37, 69–77. https://doi.org/10.1016/J.Fm.2013.05.011

Dong, Y.(2023). *Descriptive Statistics and Its Applications*. Highlights in Science, Engineering and Technology, 47,16-23. http://dx.doi.org/10.54097/hset.v47i.8159

Drakos, A.; Andrioti-Petropoulou, L.; Evageliou, V.; Mandala, I. (2018) *Physical and textural properties of biscuits containing jet-milled rye and barley flour*. J Food Sci Technol Nov 29; 56 (1):367–375. doi: 10.1007/s13197-018-3497-z PMID: 30728579

El-Qatey, W. A.; Gadallah, M. G. E.; And Z. A. Shabib. (2018). *Enhancement Of Nutritional Value, Quality, And Sensory Properties Of Biscuit By Incorporating Oat Flour*. Journal Of Agricultural And Veterinary Sciences, Qassim University, 11, 2, 213-224.

El-Sharnouby, G. A.; Aleid, S. M.; Al-Otaibi, M. M. (2012). *Nutritional Quality Of Biscuit Supplemented With Wheat Bran And Date Palm Fruits (Phoenix Dactylifera L.)* .Food And Nutrition Sciences. .3.3.

FAO. (2003). *Food Energy-Methods Of Analysis And Conversion Factors*, Rome: Food And Agriculture Organization Of The United Nations.

Ferreira, H.; Vasconcelos, M.; Gil, A. M.; Pinto, E. (2020). *Benefits of pulse consumption on metabolism and health: A systematic review of randomized controlled trials.* Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 61, 85–96. https://doi.org.10408398. 2020.171668

Galanakis, C. M. (2018). *Sustainable Recovery And Reutilization Of Cereal Processing By-Products*. Elsevier—Woodhead Publishing: Amsterdam, The Netherlands, ISBN 978-0-08-102162-0. https://doi.org/10.1016/C2016-0-03883-4

Gonzalez-Longatt, F. M. (2025). Introduction to Data Analytics. Chapter 2. Descriptive Analytics_v2.docx. http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.10986.84163

Noort, M. W.; Van Haaster, D.; Hemery, Y.; Schols, H. A.; Hamer, R. J. (2010). *The Effect Of Particle Size Of Wheat Bran Fractions On Bread Quality: Evidence For Fibre-Protein Interactions.* Journal Of Cereal Science, 52(1), 59-64. Http://dx.doi.org/10.1016/J.jcs.2010.03.003.

Oluwamukomi, M. O.; Oluwalana, I. B.; Akinbowale, O. F. (2011). *Physicochemical and sensory properties of wheat cassava composite biscuit enriched with soy flour*. African Journal of Food Science Vol. 5 (2), 50 – 56.

Onipe, O. O., Beswa, D., Jideani, A. I. O. (2017). *Effect Of Size Reduction On Colour, Hydration, And Rheological Properties Of Wheat Bran.*Food Sci. Technol, Campinas Issn 0101-2061 Http://dx.doi.org/10.1590/1678-457x.12216

Osorio-Diaz P, Agama-Acevedo E, Mendoza-Vinalay M, Tovar J, Bello-Perez LA. (2008) *Pasta added with chickpea flour: chemical composition, in vitro starch digestibility, and predicted glycemic index of pasta. Adicionada con harina de garbanzo: Composición Química, Digestibilidad in vitro del Almidón y Predicción Del Índice Glucémico*. Cyta J Food6:6–12

Ozturk S., K. Kahraman, B. Tiftik, H. Koksel. (2008). *Predicting The Cookie Quality Of Flours By Using Mixolab.* Eur Food Res Technol. 227:1549–1554. doi 10.1007/s00217-008-0879-x

Rad A. H., Pirouzian H. R., Toker O. S., Konar N. (2019) *Application of simplex lattice mixture design for optimization of sucrose-free milk chocolate produced in a ball mill.* LWT Volume 115108435 https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108435

Rasane, P.; A. Jha, L. Sabikhi, A. Kumar, Unnikrishnan, V. S. (2013). *Nutritional Advantages Of Oats And Opportunities For Its Processing As Value Added Foods -A Review;* J Food Sci Technol. 25;52(2):662–675. doi: 10.1007/s13197-013-1072-1

Sadkey, A. A., Abul-Fadl, M. M., Abd-Elazim, E. I. (2023). *Effect of partial replacement of wheat flour by different sources on the quality parameters of dough and hard properties*. LWT - Food Science and Technology 58 639-648 http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.03.032

Kweon, M.; Slade, L.; Levine, H.; Gannon, D. (2014*). Cookie Vs. Cracker-Baking - What's The Difference? Flour Functionality Requirements Explored By SRC and Alveography.* Critical Reviews In Food Science And Nutrition, 54(1), 115–138.

Leardi, R. (2009). Experimental design in chemistry: A tutorial. Analytica Chimica Acta, 652, 161–172. https://doi.org/10.1016/j. aca.2009.06.015

Lu, L.; He, C.; Liu, B.; Wen, Q.; Xia (2022). *Incorporation Of Chickpea Flour Into Biscuits Improves The Physicochemical Properties And In Vitro Starch Digestibility*. Lwt Volume 159, 1 April,113222. Https://doi.org/10.1016/J.Lwt.2022.113222

Majzoobi, M.; Farahnaky, A.; Nematolahi, Z.; Mohamadi Hashemi, M.,Taghipour, M. (2013). *Effect Of Different Levels And Particle Sizes Of Wheat Bran On The Quality Of Flat Bread.* Journal Of Agricultural Science And Technology, 15(1), 115-123.

Mohammed, I.; Ahmed, A. R.; Senge, B. (2012). *Effects Of Chickpea Flour On Wheat Pasting Properties And Bread Making Quality*. J Food Sci Technol Doi 10.1007/S13197-012-0733-9

Monk, J. M.; Lepp, D.; Wu, W.; Graf, D.; McGillis, L. H., Hussain, A., Carey, C., Robinson, L., Liu, R., Tsao, R., Brummer, Y., Tosh, S., & Power, K. A. (2017). *Chickpea-supplemented diet alters the gut microbiome and enhances gut barrier integrity in C57Bl/6 male mice.* Journal of Functional Foods, *38*, 663–674. https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.02.002.

Montgomery, D.C. (2019). Design and Analysis of Experiments, 10th Edition, Wiley, Hoboken, N.J.688.

Nogueira, A. De C., Aguiar, E. V. De, Capriles, V. D., Steel, C. J. (2021*). Correlations Among Src, Mixolab ®, Process, And Technological Parameters Of Protein-Enriched Biscuits*. Cereal Chemistry, 98(3), 716–728. doi:10.1002/Cche 10415

sweet biscuits. Al-Azhar Journal of Agricultural Research. (48) (1) June (1-11).

Sang, S., Zhu, Y. (2014). *Chapter 10 - Bioactive Phytochemicals in Wheat Bran for Colon Cancer Prevention. Wheat and Rice in Disease Prevention and Health Benefits, risks and mechanisms of whole grains in health promotion*, 121-129 https://doi.org/10.1016/B978-0-12-401716-0.00010-6

Skendi A, Biliaderis C. G., Papageorgiou, M., Izydorczyk, M. S. (2010). *Effects of Two Barley β-Glucan Isolates on Wheat Flour Dough and Bread Properties.* Food Chem. 119(3):1159–1167.

Weibiao Zhou, N.; Hui, Y. H. (2014*). Bakery Products Science and Technology*. Wiley-Blackwell Publishing, U K., 776.

Wolever, T. MS; Rahn, M.; Dioum, E.; Spruill, S. E.; Ezatagha, A.; Campbell, J. E.; Jenkins, A. L.; Chu, Y. (2021) *An Oat β-Glucan Beverage Reduces LDL Cholesterol and Cardiovascular Disease Risk in Men and Women with Borderline High Cholesterol: A Double-Blind, Randomized, Controlled Clinical Trial*; The Journal of Nutrition and Disease 2655- 2666. doi: https://doi.org/10.1093/jn/nxab154

Yadav R, Yadav B, Dhull N (2011*) Effect Of Incorporation of Plantain and Chickpea Flours on The Quality Characteristics of Biscuits*. J Food Sci Tech 1–7. doi:10.1007/s13197-011-0271-x.

Yang Y, Zhou L, Gu Y, Zhang, Y., Tang J., Li, F., Shang, W., B., Jiang, X., Yue, M., Chen (2007) *Dietary chickpea reverses visceral adiposity, dyslipidaemia and insulin resistance in rats induced by a chronic high-fat diet*. Br J Nutr 98, 720–726.

Youssef, M. K. E.; A.G. Nassar; F. A. El-Fishawy and Mostafa, M. A. (2016). *Assessment of Proximate Chemical Composition and Nutritional Status of Wheat Biscuits Fortified With Oat Powder.* Assiut J. Agric. Sci., 47, 5, 83-94.

Zaki, H. M.; A.M. Elshawaf; A. El. Makhzangy And A. M. S. Hussein. (2018). *Chemical, Rheological, and Sensory Properties of Wheat- Oat Flour Composite Cakes and Biscuits.* J. Product. & Dev., 23(2): 287- 306.

هدى حبال وجهاد سمعان (2012) استخدام التحليل الإحصائي متعدد المتغيرات في دراسة الخصائص الكيميائية، الريولوجية والتصنيعية لدقيق القمح المدعم بدقيق الشوفان مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية (28) -2 : 374-361.