Using Simplex Centroid Mixture Design to Study the Effect of Chia Seeds, Sesame Seeds, and Flaxseed Powders on the Production of Saj Bread.

Dr. Noura Mohammad Naaman Jamal*

(Received 15 / 2 / 2026. Accepted 8 / 4 /2026)

□ ABSTRACT □

Individuals are showing increasing interest in adopting a healthy lifestyle, which is consequently reflected in their desire to obtain food that is rich in fiber and antioxidants. This research aimed to study the effect of using powders from seeds (chia CS, sesame SS, and flaxseed FS) on the sensory acceptance of Saj bread produced using wheat flour and a mixture of this ingredients in the ratio of 95:5. A Simplex Centroid Mixture Design was employed to assess the degree of sensory acceptance, followed by rheological tests on the dough and chemical analysis of the resulting bread.

The optimal values for the seed powders in the flour mixture used for producing Saj bread, were found to be 1.146% CS, 3.091% SS, and 0.762% FS. According to this mixture, the theoretical sensory scores were as follows: color 8.03, aroma 8.38, texture 8.07, taste 8.18, and overall acceptance 8.21. In contrast, the experimental scores were: color 8.00, aroma 8.30, texture 8.10, taste 8.20, and overall acceptance 8.20.

When determining the rheological properties of the dough based on these ratios, an improvement in most Mixolab values was observed compared to the control sample. Additionally, an increase in protein, lipid, phenolic content, and antioxidant capacity was noted in the produced bread.

Keywords: Chia seeds, sesame seeds, flaxseeds, Simplex Centroid Mixture (SCM) design.

Copyright **:**Latakia University journal (formerly Tishreen) -Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **Work Supervisor, Department of Food Sciences, Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University Latakia(formerly Tishreen), Syria.** noura.jamal@latakia-univ.edu.sy nouraaimjamal87@gmail.com

استخدام تصميم Simplex Centroid Mixture لدراسة تأثير استخدام مسحوق بذور الشيا والسمسم والكتان في تصنيع خبز الصاج

د. نورا محمد نعمان جمل *

(تاريخ الإيداع 15 / 2 / 2026. قبل للنشر في 8 / 4 / 2026)

□ ملخّص □

يزداد الاهتمام باتباع نمط حياة صحي للأفراد، مما ينعكس بدوره على رغبتهم في الحصول على غذاء غني بالألياف ومضادات الأكسدة، حيث هدف هذا البحث إلى دراسة مدى تأثير استخدام مساحيق بذور (الشيا، والسمسم، والكتان) في القبول الحسي لخبز الصاج الناتج من خلال استخدام دقيق القمح وخليط من هذه المكونات بنسبة (5:95). واستخدم تصميم Simplex Centroid Mixture لمعرفة درجة القبول الحسي، ثمَّ إجراء اختبارات ريولوجية للعجين وكيميائية للخبز الناتج.

تبين أنَّ القيم المثلى لدقيق المساحيق في خليط الدقيق المستخدم لإنتاج خبز الصاج 1.146% بذور الشيا و3.019% بذور السمسم و0.762% بذور الكتان، ووفقاً لهذا الخليط من الناحية النظرية فقد حاز اللون على 8.03 والرائحة 8.38 والقوام 8.07 والطعم 8.18 والقبول العام 8.21، أما من الناحية التجريبية فقد حاز اللون على 8.00 والرائحة 8.30 والقوام 8.10 والطعم 8.2 والقبول العام 8.2، وعند تحديد الخصائص الريولوجية للعجين وفق النسب لوحظ تحسن في معظم قيم الميكسولاب مقارنة بالشاهد، كما لوحظ ازدياد المحتوى البروتيني والليبيدي والفينولي والقدرة المضادة للأكسدة في الخبز المنتج.

الكلمات المفتاحية: بذور الشيا، بذور السمسم، بذور الكتان، تصميم Simplex Centroid Mixture (SCM).

حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً)- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* **مشرف على الأعمال، قسم علوم الأغذية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً) اللاذقية، سوريا.**
noura.jamal@latakia-univ.edu.sy nouraaimjamal87@gmail.com

مقدمة:

اكتسبت البذور في السنوات الأخيرة شعبية واسعة، ويعزى ذلك أساساً إلى تركيبها الغذائي المتميز؛ فهي تحتوي على كميات عالية من الدهون الأساسية والبروتين عالي الجودة، مما يجعلها مصدراً ممتازاً للأحماض الأمينية الأساسية، بالإضافة إلى محتواها المرتفع من الألياف الغذائية الذائبة وغير الذائبة، والفيتامينات، والمعادن، والمركبات متعددة الفينول، وغيرها من المركبات النشطة بيولوجياً، وقد سمحت هذه الخصائص، مدعومةً بالفوائد الصحية المحتملة التي تقدمها، بإدراج البذور في الوصفات الغذائية، سواءً في شكلها الكامل أو المطحون، كما أصبحت البذور مكوناً أساسياً في العديد من المنتجات الغذائية الشائعة والمستهلكة عالمياً، مثل البسكويت، والكعك، والخبز، والمعكرونة، ومنتجات الألبان، وغيرها [1, 2].

من الناحية الغذائية، تعدُّ بذور الشيا (*Salvia hispanica* L.) غنية بالدهون حيث تتراوح نسبتها بين 25%– 40% [3,4]، ويشكل حمض الألفا–لينولينيك (ALA) من نوع أوميغا–3 نسبة 60% منه، بينما يمثل حمض اللينولييك(LA) من نوع أوميغا–6 نسبة 20%، كما يمكن تحويل ALA لاحقاً إلى حمضي الإيكوسابنتاينويك (EPA) والدوكوساهيكسانويك (DHA) الأساسيين، أما المحتوى البروتيني(16%–26%) فيتكون أساساً من البرولامينات، الغلوتيلينات، الغلوبيولينات والألبومينات، كما أنها خالية من بروتينات الغلوتين مما يجعلها مناسبة لمرضى الداء الزلاقي، وتوفر البذور تسعة أحماض أمينية أساسية بكميات ملحوظة [3]، يأتي حمض الغلوتاميك في مقدمتها [4]، كما يتراوح محتوى الألياف الغذائية في بذور الشيا بين(23%–41%)، حيث تمثل الألياف غير الذائبة حوالي 85%منها، بينما لا تتجاوز نسبة الألياف الذائبة القابلة للتخمير في الأمعاء الغليظة 15%[4]، وتشمل هذه الألياف السيليلوز، الهيميسيليلوز، اللجنين، البكتين، الصمغ، المواد الهلامية، وغيرها من السكريات المتعددة، بالإضافة إلى مجموعة من فيتامينات ب المركبة، وتحديداً الثيامين، الريبوفلافين، النياسين، وحمض الفوليك، بالإضافة إلى فيتاميني ج و هـ، كما تحتوي على عناصر كبرى مثل الكالسيوم، البوتاسيوم، المغنيسيوم، الفوسفور، الحديد، الزنك، والسيلينيوم [4]، كما تتميز البذور أيضاً بغناها بمركبات مضادات الأكسدة، مثل أحماض الكلوروجينيك والكافيك، الكيرسيتين، الكامبفيرول، الفيتوستيرولات، الكاروتينويدات، التوكوفيرولات، وغيرها من المركبات الفينولية [4 , 3]، تتمتع بذور الشيا أيضاً بخاصية استحلابية، حيث تُشكّل عند تميُّهها هلاماً عديد السكاريد يعمل كمستحلب، ومثبت، وعامل مُكثّف ومحسّن للقوام، مما يزيد من فائدتها في صناعة الأغذية [3,4]. وتعزى القدرة الجوهرية لهذه البذور على تكوين هيدروجيل يجمع بين احتباس الرطوبة وإطلاقها التدريجي إلى تشكيل شبكة ثلاثية الأبعاد على المقياس النانوي، حيث تتفرع عن الغلاف البذري عند ملامسة الماء حزم من الألياف) يتراوح قطرها بين (20–50 نانومتر) لتشكل هذه الشبكة [5]، علاوةً على ذلك، ارتبط استهلاك هذه البذور بعدد من الفوائد الصحية كخفض مستويات الدهون الثلاثية والكوليسترول، بالإضافة إلى الحماية ضد التهاب المفاصل، وأمراض المناعة الذاتية، والسرطان [2]. تتنوع استخدامات بذور الشيا في تصنيع الأغذية ما بين إضافتها كبذور كاملة أو مطحونها أو مادتها الهلامية أو زيتها، ويتميز الأخير بإمكانات كبيرة للتطبيقات التكميلية والطبية، إذ يُعتبر مصدراً غنياً بأحماض أوميغا–3 الدهنية [3]. وقد تم الاعتراف بأمان هذا الزيت للاستهلاك البشري في دليل الولايات المتحدة للأدوية في ديسمبر 2017 [2]، وقد أسفر التصريح الأخير من البرلمان الأوروبي – بموجب اللائحة (EC) رقم 97/258 – باعتبار بذور الشيا مكوّناً غذائياً جديداً، مما أتاح دمجها في مجموعة واسعة من المنتجات الغذائية المتوفرة تجارياً، وحفّز استهلاكها على نطاق واسع لضمان الحصول على مدخول كافٍ من العناصر الغذائية [3].

تُستخلص بذور السمسم من النبات الحولي *Sesamum indicum*، ويُظهر التركيب الكيميائي لهذه البذور أنها مصدر مهم للزيت(44%–58) ، والبروتين(18%–25) ، والكربوهيدرات(13.5%≈) ، والرماد.(5%≈) ، يحتوي زيت بذر السمسم على 43% من الأحماض الدهنية المتعددة غير المشبعة و 40% من الأحماض الدهنية الأحادية غير المشبعة [6]، وكميات كبيرة من فيتامين هـ (40) ملغ/100 غ زيت، وعدة ليغنانات (السيسامين، الإيبيسيسامين، السيسامول والسيساموليين) والتي تُعد مضادات أكسدة فعّالة [7] ويُعد السيسامين بشكل خاص ليغناناً ذائباً في الدهون، وارتبط بخصائص واقية للكبد، مخفضة لسكر الدم، خافضة للضغط، مضادة للإستروجين، ومضادة للسرطان، وقد أثبت محتواه من الليغنانات تأثيرات خافضة للكوليسترول وضغط الدم، بالإضافة إلى زيادة إمدادات فيتامين هـ[7]، تُعتبر بذور السمسم أيضاً مصدراً ممتازاً للكالسيوم والنحاس، كما أنها غنية بالفوسفور، الحديد، المغنيسيوم، المنغنيز، الزنك، وفيتامين ب1 [7]، فيما يتعلق بتركيبه من الأحماض الأمينية :ليوسين، إيزوليوسين، لايسين، ميثيونين وسيستين، فينيل ألانين وتيروزين، تريبتوفان، ثريونين، فالين، و هيستيدين، وتشير القيمة العالية لهضم البروتين في المختبر إلى أن عزلة بروتين السمسم لها تطبيقات كمكون في إغناء الأغذية، خاصة لتوفير مدخول بروتيني كافٍ للأطفال في البلدان النامية، وهو أحد التحديات الصحية الرئيسية [6]، ويرتبط استهلاك بذور السمسم ومشتقاتها بصحة القلب والأوعية الدموية، حيث يظهر تأثيرات إيجابية على مؤشرات ضغط الدم والدهون لدى مرضى ارتفاع ضغط الدم أو اضطراب شحميات الدم[8] ، بالإضافة إلى تأثيراته الخافضة للكوليسترول[7] ، تلعب بذور السمسم دوراً مهماً في الصناعات الغذائية، حيث تُستخدم بشكل أساسي لإنتاج الزيت، وصناعة المعجون (الطحينة)، وفي تركيبات الأغذية مثل الحلاوة الطحينية، والسلطات، كما يتمتع زيت السمسم بنكهة زكية، ولون مميز، ومذاق لذيذ وخصائص جودة أخرى، تسمح باستخدامه في السلطات، والشوربات، والحشوات، والمقبلات، كما يظهر ثباتاً ملحوظاً تجاه الأكسدة بسبب محتواه العالي من التوكوفيرولات، والفيتوستيرولات ومضادات الأكسدة الطبيعية الأخرى(الليغنانات)[8]، ولا يقتصر دور السمسم على التغذية البشرية فحسب، بل له أيضاً استخدامات طبية صيدلانية، وصناعية، وزراعية، وفي الصناعات الغذائية في منتجات المخابز وإنتاج الزيت سواءً من البذور النيئة أو المحمصة).

تنتج بذور الكتان من نبات الكتان الحولي (*Linum usitatissimum*)، يتميز بمحتواه الليبيدي المرتفع (35–45%)، بالإضافة إلى بروتين عالي الجودة سهل الهضم(20%–30) ، وألياف غذائية (10%–22)، وبيتا–كاروتينات، ومركبات فينولية [1 ,9]، حيث يحتوي زيت بذر الكتان على(50–62%) من حمض الألفا–لينولينيك (ALA) ، يبلغ إجمالي محتوى النيتروجين في بذور الكتان3.25 غرام/100 غرام بذرة، حيث يشكل النيتروجين غير البروتيني نسبة 21.7% منه. وتحتوي البذور على كميات مرتفعة نسبياً من حمض الغلوتاميك والأرجينين[9] ، كما تعدُّ البذور غنية بالألياف الغذائية، حيث يتكون الجزء الرئيسي من الألياف غير الذائبة من السيليلوز واللجنين، بينما تضم الألياف الذائبة (الميوسيلاج) [9]، حيث يُستخلص الصمغ الهلامي لبذور الكتان من البذور الجافة الناضجة تماماً، ويمثل حوالي 8% من وزنها، وهو سكر متعدد غير متجانس يتكون من 75% أرابينوكسيلان يحتوي على السيلوز، والأرابينوز والجالاكتوز و25% رامنوجالاكتورونان (L– رامنوز ، D– جالاكتوز ، D– جالاكتورونيك). وله قيمة غذائية كألياف غذائية ذات خصائص هلامية، حيث يساعد في خفض مستوى السكر والكوليسترول في الدم، وله دور في الوقاية من أمراض القلب وسرطان القولون والمستقيم، وذلك بسبب لزوجته العالية في المحلول المائي مع قدرة ممتازة على الاحتفاظ بالماء والانتفاخ، وبالإضافة إلى أغراضه الغذائية حيث يُستخدم كعامل تكثيف واستحلاب غذائي، كما يمكن إضافته إلى منتجات الألبان

المتخمرة لتعزيز نمو بكتيريا حمض اللاكتيك وتحسين قوام المنتج وأظهرت الدراسات الحيوية أنشطة مضادة للقرحة ومضادة للأورام، ويعزى ذلك إلى الخصائص المضادة للأكسدة والنشاط المضاد للجذور الحرة، مما يمنع أكسدة البروتينات، والدهون، (DNA)، يُشكل بذر الكتان مصدراً مهماً للمركبات الفينولية الطبيعية، والمركبات المضادة للأكسدة، وقد تقدم هذه المركبات – بالتزامن مع أحماض أوميغا 3–فوائد لمجموعة واسعة من الحالات الصحية [9].

قام [10] بتحسين جودة خبز القمح الكامل باستخدام الشيا والسمسم وثمر الورد البري من خلال النمذجة الرياضية والتحليل الحسي حيث وجد إمكانية استخدام الشيا بنسبة 7.13%، والسمسم 6.9%، وثمر الورد البري 2.86% في الحصول على خبز القمح الكامل.

قام [11] بدراسة تأثير دقيق السمسم الأسود ودقيق بذور الكتان على جودة الخبز باستخدام منهجية استجابة السطح حيث تبين أن السمسم الأسود يؤدي إلى تقليل قدرة التمدد الكتلي للخبز أكثر من دقيق الكتان. وقد تحسنت القيمة الغذائية للأرغفة من خلال زيادة محتوى البروتين والرماد والدهون والكالسيوم، بالإضافة إلى تقليل نسبة الكربوهيدرات. كما حظيت أنواع الخبز المُطورة بقبول جيد في جميع الصفات التي تم تقييمها. وبذلك، فإنَّ إضافة دقيق السمسم الأسود ودقيق بذور الكتان كمكونين في تركيبات الخبز يُنتج منتجات ذات جودة تكنولوجية وحسية مُرضية.

قام [12] بتطوير تركيبة خبز خالية من الغلوتين تحتوي على دقيق بذور الشيا الكاملة، وتتميز بخصائص حسية مقبولة. حيث استخدم تصميم مزيج لثلاثة مكونات ومنهجية سطح الاستجابة لتحديد نسب نشا البطاطا ودقيق الأرز ودقيق بذور الشيا الكاملة لتحقيق أفضل الخصائص الفيزيائية، والحصول على منتجات مقبولة حسياً، ووجد أن مزيج دقيق الأرز مع 5% و10% و14% من دقيق الشيا الكامل حاز على أعلى درجات القبول.

خبز الصاج وهو الخبز المسطح وحيد الطبقة الذي يخبز على ألواح الخَبز المعدنية المحدبة الدائرية (صاج أو في اليونان (Satsi) يسمى في الأردن ولبنان وسورية الخبز :مشروح، صاج، أما في مصر: فراشيح، وفي اليونان(Fylla Perek (Perek sheets تُستخدم الصاجية المعدنية الدائرية المحدبة المسماة صاج في الشرق الأوسط ومصر وساتسي في اليونان بطريقة مشابهة للشوايات المعدنية، حيث تُوضع على الجمر. يبلغ قطرها الكبير حوالي 50 سم، وهي مناسبة لخَبز الأرغفة المسطحة الكبيرة جداً [13].

يُعدّ البحث عن الظروف التي تُنتج أفضل النتائج هدفًا أساسيًا في أي عملية تصنيعية. تقليديًا، كان يُجرى دراسة كل متغير على حدة؛ إلا أنَّ نقطة ضعفه الرئيسة تكمن في استهلاكه للوقت، واحتمالية الخطأ في تفسير النتائج عند وجود تفاعلات مهمة بين العوامل المدروسة. لذلك برزت أهمية استخدام تصميمSimplex Centroid Mixture لدراسة العلاقات بين نسب المتغيرات المختلفة والاستجابات، نظرًا لقدرته على توفير الوقت والجهد والمال، وإمكانية إنشاء نموذج سطحي للمتغيرات، وتقدير كل عنصر في الخليط وتفاعلاته، وذلك لتحديد النسبة المثلى للمكونات. ويُستخدم هذا التصميم حاليًا على نطاق واسع في تركيبات الصناعات الغذائية [10,11,12].

أهمية البحث وأهدافه:

تُعدّ منتجات المخابز من بين أكثر المواد الغذائية استهلاكًا على مستوى العالم؛ إلا أن تركيباتها التقليدية تفتقر في كثير من الأحيان إلى العناصر الغذائية الأساسية، مثل البروتينات عالية الجودة، والألياف الغذائية، والمركبات النشطة بيولوجيًا. هدفت هذه الدراسة إلى: (1) تقديم مصدر جديد للألياف الغذائية والمركبات الكيميائية النباتية من خلال استخدام خليط من بذور الشيا وبذور السمسم وبذور الكتان كمكون لخبز الصاج مما يساعد في توفير منتجات جديدة،

(2) استخدام تصميم الخليط Simplex Centroid Mixture (SCM) لتحديد النسب المثلى لخليط بذور الشيا وبذور السمسم وبذور الكتان في تركيبة خبز الصاج التي توفر أفضل الخصائص الحسية، (3) مقارنة الخصائص الريولوجية للعجين والخصائص الكيميائية لأفضل تركيبات خبز الصاج الذي يحتوي على خليط البذور بتلك الخاصة بنظيراتها من خبز الصاج الأبيض الخالي منها.

طرائق البحث ومواده:

1- مواد البحث: دقيق القمح (شركة أبو محمود إخوان، سورية)، ملح(شركة أبو محمود إخوان، سورية)، خميرة جافة نشطة (ريم، سورية)، تم شراء البذور (الشيا، السمسم، الكتان) من السوق المحلية في محافظة اللاذقية في الجمهورية العربية السورية، حيث يظهر الشكل (1) a: بذور الشيا وهي بذور صغيرة بيضاوية إلى دائرية الشكل ذات لون أسود، خفيفة الوزن جداً يبلغ قطرها 0.5±1.5 ملم، أما b: بذور السمسم البيضاء فهي أيضاً بذور صغيرة الحجم مسطحة بيضاوية ذات لون كريمي أو أبيض عاجي ناتج عن إزالة القشرة الخارجية يبلغ طولها 0.5±3.5 ملم وعرضها 0.5±2.0 ملم، c: بذور الكتان بذور صغيرة الحجم بيضاوية ومفلطحة الشكل لونها بني يبلغ طولها 1±5 ملم وعرضها 0.6±2.6 ملم. تمَّ استخدام دقيق قمح أبيض بنسبة استخراج 72% والسكر 2.5% والملح 2% والخميرة الجافة 0.1% وفق الوصفة المتبعة في [14]، تمَّ الحصول على مطحون بذور الشيا وبذور السمسم المقشورة وبذور الكتان بطحنها بواسطة (Moulinex، فرنسا) ونخل المسحوق بواسطة منخل (Italy, Matest) 500 ميكرومتر وجمع الجسيمات المارة عبر المنخل، كما يُظهِر الشكل (1) وتمَّ استخدامها في تحضير خبز الصاج التجريبي وفق [15, 16].

الشكل (1): (a) بذور الشيا و(b) بذور السمسم و(c) بذور الكتان الكاملة والمطحونة.

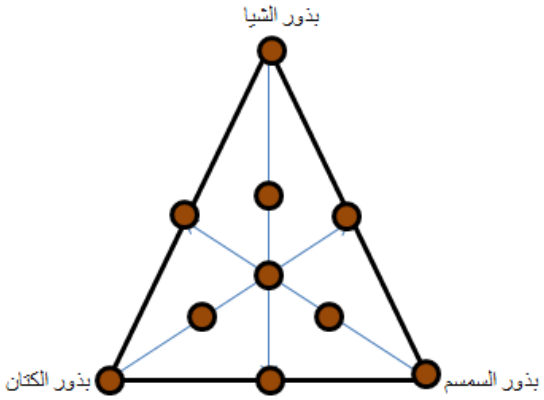
2- طرائق البحث:

أ- تصنيع خبز الصاج: تمَّ أخذ أوزان المكونات بدقة في المختبر، وتمَّ إجراء عملية الخَبز في أحد مخابز خبز الصاج في مدينة اللاذقية حيث بلغ متوسط قطر الخبز 1±35سم، أما سماكته فقد تم تحديدها من خلال وضع عدة أرغفة فوق بعضها البعض وحساب المتوسط نظراً لرقتها ولوحظ عدم تجاوزها 1ملم.

ب-الخصائص الحسية: تمَّ تقييم الصفات الحسية كاللون والرائحة والطعم والطوي والقبول العام في جامعة اللاذقية كلية الهندسة الزراعية/ قسم علوم الأغذية من قبل 20 شخصاً مدرباً [17]، حيث تم تحديد مدى القبول العام للمستهلك

Acceptance–preference باستخدام استمارة التقويم الحسي وفقاً لطريقة (Nine–point Hedonic Scale) المعتمدة على إعطاء العينات أرقام من (1–9) حيث تتدرج من (9= أعجبني بشدة) إلى (1=كره شديد).

ج– تصميم التجربة: يمكّن استخدام تصميم Simplex Centroid Mixture (SCM) من دراسة خليط المكونات المستخدمة في الأغذية، حيث يدرس التفاعلات بينها [18,19]، بناءً على نتائج تجارب أولية لم يتم إدراجها في المقال تبين أن نسبة استبدال دقيق القمح ب5% من مساحيق البذور كانت مناسبة لإنتاج خبز الصاج، تمَّ استخدام تصميم (SCM) وفيه يتم تمثيل الخليط بواسطة مثلث، تمثل النقاط داخل هذا المثلث أو منطقة المزج للخلطات الممكنة، كما تمثل رؤوس المثلث أحد المكونات، بينما تشير الحواف إلى الخلطات الثنائية، والنقاط داخل المثلث إلى الخلطات الثلاثية، ومركز المثلث إلى مزيج متساوٍ من جميع المكونات الثلاثة، على عكس شبكة سيمبلكس، لا يتطلب مركز سيمبلكس تحديد ترتيب النموذج لاختيار نقاط التصميم، كما يستخدم البرنامج النموذج لتكرار نقاط التأثير الأعلى [18,19]، حيث يظهر ذلك في الشكل (2):



الشكل (2): تصميم Simplex Centroid Mixture(SCM)

وهي:

1. النقاط المركزية (Centroid Point): حيث يتم خلط المكونات الثلاثة بنسب متساوية (3/1 لكل منها).
2. نقاط التحقق (Check Points): مثل نقاط المنتصف بين المركز والزوايا تُستخدم للتأكد من أن النموذج يتوقع النتائج بدقة في المناطق غير المختبرة.
3. المكونات النقية (Pure Components): وهي الزوايا الثلاث للمثلث، وتعتبر خط الأساس لمعرفة أداء كل عنصر منفرداً.

استُخدمت طريقة تصميم Simplex Centroid Mixture(SCM)، لتحديد النسب والمستويات المثلى لمساحيق البذور، حيث تم إدراج بذور الشيا(CS) Chia seeds، وبذور السمسم Sesame seeds(SS)، وبذور الكتان (FS) Flaxseeds كمتغيرات مستقلة. واعتُبر تركيز 5% في تركيبات الخبز متغيرًا للعملية، حيث يختلف تركيب كل مزيج تبعًا لموقعه؛ على سبيل المثال، تتوافق رؤوس المُركب البسيط مع مزيج نقي مكون من مكون واحد [18,19]. يجب أن يكون لجميع الخلطات نفس الوزن النهائي (CS+SS+FS = 5%) ودقيق القمح 95%، أما الاستجابات المدروسة فهي مختلف الخصائص الحسية، تم إعداد التجارب باستخدام تسلسل تنفيذ عشوائي، كما يظهر في الجدول (1) وهي 14 معاملة تجريبية:

- 6 مكونة من أحد المكونات، كما في رقم (2،1) أي 95% دقيق القمح و5% من بذور السمسم، ورقم (3، 5) أي 95% دقيق القمح و5% بذور الشيا، ورقم (6،9) أي 95% دقيق القمح و5% بذور الكتان، حيث يلاحظ عملية التكرار التي تهدف إلى زيادة دقة وموثوقية النتائج.
- 4 مكونة من مكونين، كما في رقم (4، 8) أي 95% دقيق القمح و 2.5% من بذور الشيا و2.5% من بذور السمسم، ورقم (7) أي 95% دقيق القمح و 2.5% من بذور الشيا و2.5% من بذور الكتان، ورقم (14) أي 95% دقيق القمح و 2.5% من بذور السمسم و2.5% من بذور الكتان.
- 3 مكونة من ثلاثة مكونات بنسب مختلفة، كما في رقم (11) أي 95% دقيق القمح و 0.83% بذور الشيا و 0.83% بذور السمسم و3.33% بذور الكتان، ورقم (12) أي 95% دقيق القمح و 3.33% بذور الشيا و 0.83% بذور السمسم و0.83% بذور الكتان، ورقم (13) أي 95% دقيق القمح و 0.83% بذور الشيا و 3.33% بذور السمسم و0.83% بذور الكتان.
- 1 مكون من ثلاث مكونات بنسبة متساوية كما في التجربة رقم (10) أي 95% دقيق القمح و 1.66% بذور الشيا و 1.66% بذور السمسم و1.66% بذور الكتان.

الجدول (1): تصميم التجربة وفق SCM (Simplex Centroid Mixture).

المعاملة	A:CS	B:SS	C:FS	بذور الشيا (%)	بذور السمسم(%)	بذور الكتان(%)
1	0	1	0	0	5	0
2	0	1	0	0	5	0
3	1	0	0	5	0	0
4	0.5	0.5	0	2.5	2.5	0
5	1	0	0	5	0	0
6	0	0	1	0	0	5
7	0.5	0	0.5	2.5	0	2.5
8	0.5	0.5	0	2.5	2.5	0
9	0	0	1	0	0	5
10	0.333333	0.333333	0.333333	1.66	1.66	1.66
11	0.166667	0.166667	0.666667	0.83	0.83	3.33
12	0.666667	0.166667	0.166667	3.33	0.83	0.83
13	0.166667	0.666667	0.166667	0.83	3.33	0.83
14	0	0.5	0.5	0	2.5	2.5
A: بذور الشيا(CS)Chia seeds ، B: بذور السمسم Sesame seeds (SS)، C: بذور الكتانFlaxseeds (FS)						

ويظهر الجدول (1) استخدام تصميم (SCM) لتقييم تأثير بذور الشيا وبذور السمسم وبذور الكتان، ومجموع نسب الإضافة 5% في الخصائص الحسية لخبز الصاج الذي تم تصنيعه وفق[14] لتحديد المنتج الأكثر قبولًا بأعلى درجات حسية، حيث دُرست التأثيرات المشتركة للمتغيرات المستقلة، من خلال تطبيق نسب مختلفة من بذور الشيا وبذور السمسم وبذور الكتان كبديل لدقيق القمح في خصائص خبز الصاج.

د- اختبارات ريولوجية على العجين: باستخدام جهاز ميكسولاب (Mixolab, Chopin، فرنسا) وفقاً لـ [20].

هـ- القدرة على الاحتفاظ بالمذيب للخلطات Solvent Retention Capacity (SRC): وفق [21].

و- دراسة التركيب الكيميائي لخبز الصاج: تمَّ تقدير محتوى الرطوبة والرماد والألياف الخام والبروتين والليبيدات وفقاً لـ[22]، ومحتوى الكربوهيدرات وفقاً لـ[23]، وتمَّ تحضير المستخلصات وفق[24]، وقدّر المحتوى الفينولي الكلي باستخدام طريقة فولين سيوكالتيو Foline–Ciocalteau (India, Himedia) [25 ,26]، تمَّ تحديد فعالية مضادات الأكسدة بطريقة DPPH (India, Himedia) وفقاً لطريقة لـ[25 ,27].

ز- التقييم الإحصائي: تم استخدام برنامجين مختلفين للتقييم الإحصائي، أولاً تمَّ تحليل الانحدار ANOVA باستخدام برمجيات Design Expert ver. 11. (Stat Ease, USA) لتحليل البيانات، حيث يظهر مدى ملاءمة معادلة

النموذج من خلال تحديد معامل التحديد R^2 وهو نسبة التباين في الاستجابة التي يفسرها النموذج. واختبار نقص الملاءمة (Lack of fit) [18,19]، تمَّ اختيار الظروف المثلى باستخدام وظيفة الأمثلة في برنامج Design Expert، حيث اعتمد معيار الأمثلة هو الحصول على أعلى قيم لنسب الاستبدال وأعلى قيم للمتغيرات المستقلة: اللون والرائحة والقوام والطعم والقبول العام. وتمَّ اختيار أفضل تركيبة لتحقيق أفضل الخصائص الحسية، حيث تمَّ تصنيع خبز الصاج وفق [14] بناءً على النسبة المتحصل عليها وفق الأمثلة وتحليلها تجريبياً، وقورنت النتائج إحصائياً بالقيمة المتوقعة من النموذج للتأكد من صحة التركيبة المثلى بالفعل من خلال اختبار موثوقية النموذج، ويلاحظ في تصميم Simplex Centroid لثلاثة عوامل، عدم وجود تجارب شاهد(Control Experiments) بالمعنى التقليدي (أي غياب العوامل تماماً)، لأن طبيعة تجارب الخليط تشترط أن يكون مجموع المكونات دائماً 100%، بدلاً من "الشاهد"، حيث يعتمد هذا التصميم على نقاط مرجعية داخلية للتحقق من دقة النموذج لتقييم الخصائص الحسية.

ثانياً بعد الحصول على نتائج التجارب الحسية والوصول إلى أفضل خلطة من البذور، تمَّ إجراء اختبارات ريولوجية على العجين، والقدرة على الاحتفاظ بالمذيب للخلطات، ودراسة التركيب الكيميائي لخبز الصاج الناتج وذلك لتحديد الفروق بين خبز شاهد خالي من أي مسحوق وخبز الصاج المنتج وفق النسب المثلى من خليط البذور بأخذ ثلاث مكررات وتحديد الانحراف المعياري، حيث تمَّ التقييم الإحصائي للنتائج باستخدام برنامج حاسوب إحصائي (IBM, SPSS 19) بإجراء اختبار *t* The Student's.

النتائج والمناقشة:

1- **النتائج التجريبية للخلطات:** يظهر الجدول (2) النتائج التجريبية لتأثير البذور في الخصائص الحسية لخبز الصاج، حيث لوحظ من خلاله أنَّ استخدام بذور الشيا في الخبز بنسبة 5% كما في التجربة رقم (3 و5) كان له تأثير في مختلف الصفات الحسية، حيث أدى استخدام بذور الشيا إلى الحصول على خبز غامق وتتفق هذه النتائج مع [28] الذي لاحظ ظهور الخبز الخالي من الغلوتين أكثر قتامة بشكل ملحوظ عند استخدام خميرة العجين الحامضية المصنوعة من دقيق الشيا بدلاً من دقيق الذرة الرفيعة؛ حيث أصبح لون القشرة والفتات أكثر قتامة، وفسر [29] ذلك بسبب الكاروتينات في غلاف البذرة، وعلى الرغم من تأثير بذور الشيا على اللون، إلا أنه لم تحدث تغييرات كبيرة في معايير النكهة والملمس، وكان المنتج مقبولاً بشكل جيد من قبل المستهلكين، وفقاً ل [30] فإنَّ زيادة إضافة بذور الشيا إلى المافن أثّر سلباً على اللون، واعتبرت نسب التدعيم بين 5–15% مقبولة بشكل عام، بينما أدت الكميات الأعلى إلى تقليل الحجم والمرونة والمظهر العام للقشرة والفتات. وقد قللت إضافة 1% من بذور الشيا من القساوة، بينما زادت النسب الأعلى مثل 5% من القساوة عن طريق تقليل حجم الرغيف، مما يجعلها غير مرغوبة للاستهلاك [31]، ووفقاً ل [32] حسّنت نسبة 2–3% من دقيق الشيا بشكل كبير من الرائحة والطعم والمظهر الداخلي والقبول العام للخبز الخالي من الغلوتين، كما وجد [16] أنَّ دمج 10% من وزن دقيق الشيا في التركيبات قد أدى إلى انخفاض في الجودة التقنية للخبز.

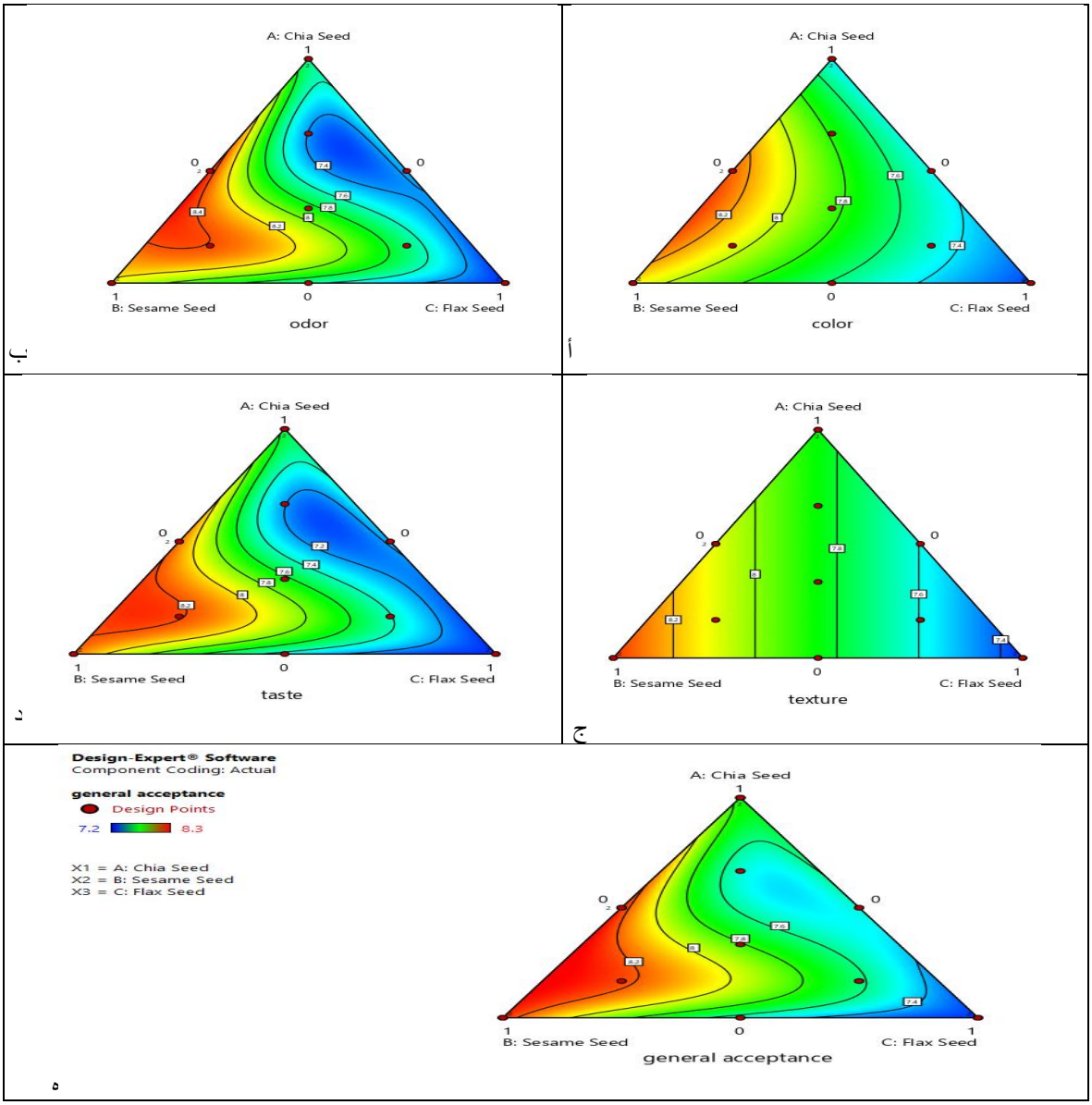
الجدول (2): النتائج التجريبية لتأثير البذور في الخصائص الحسية لخبز الصاج.

المعاملة	اللون	الرائحة	القوام	الطعم	القبول العام
1	8.1	8.2	8.3	8.1	8.2
2	8	8.1	8.4	8.2	8.3
3	7.5	7.7	7.9	7.5	7.8
4	8.4	8.5	8.2	8.1	8.3
5	7.4	7.6	7.8	7.6	7.7
6	7.1	7.2	7.3	7.1	7.2
7	7.5	7.4	7.6	7.2	7.5
8	8.2	8.4	8.1	8.2	8.2
9	7.2	7.3	7.4	7	7.3
10	7.6	7.7	7.8	7.5	7.7
11	7.7	7.8	7.8	7.5	7.7
12	7.6	7.5	7.7	7.3	7.6
13	8.3	8.5	8.2	8.3	8.3
14	7.5	7.6	7.6	7.3	7.5

لوحظ من خلال الجدول (2) أنَّ استخدام بذور السمسم الأبيض في الخبز بنسبة 5% كما في رقم (1 ، 2) والذي غالباً ما يتم استخدامه في البرازق والحلاوة الطحينية، لم يؤثر بشكل ملحوظ على لون الخبز، كما أن تأثير إضافة مسحوق بذور بالسمسم على مختلف الصفات الحسية أقل مقارنة ببقية البذور، ووفقاً ل[33] أظهرت الكوكيز المُدعمة بنسبة 10% من دقيق السمسم منزوع الدسم تحسناً في القرمشة وظهور أسطح متشققة مرغوبة، على الرغم من أن المستويات الأعلى من الدقيق خفضت درجات القرمشة والنكهة، ووفقاً ل [34] قُبلت عينات البسكويت المحتوية على 10–25% سمسم قبولاً عالياً، حيث فُضل المظهر عند النسب المنخفضة، بينما فُضلت القابلية للكسر عند النسب الأعلى، وتُبرز هذه النتائج مجتمعة أن السمسم يمكنه تعزيز النكهة والرائحة والقوام، ولكن الإضافة المفرطة قد تُدخل مرارة وتقلل من قبول المستهلك، وفي الخبز خالي الغلوتين عززت إضافة السمسم النكهة، والتي أصبحت أكثر وضوحاً عند نسب الإضافة الأعلى [35].

كذلك يُظهر الجدول (2) تأثر درجة القبول بشكل ملحوظ باستخدام بذور الكتان في دقيق الخلطات، وقد تأثر اللون، والرائحة، والقوام، والطعم، والقبول العام بدرجة كبيرة عند نسبة 5% في التجربة رقم (6 و9)، ويعدُّ اللون واحداً من أهم المعلمات في التقييم الحسي فقد أعطى خبز الصاج مع بذور الكتان لوناً مائلاً إلى البني، وقد يكون السبب في ذلك هو اللون الداكن لدقيق بذور الكتان، وأظهرت دراسة [36] أنَّ إضافة 17 غراماً من بذور الكتان إلى كوكيز خالٍ من الغلوتين حظيت بأعلى تفضيل لدى المستهلكين مع تقديم قيمة غذائية عالية، أما على صعيد النكهة، فقد أثرت إضافة بذور الكتان بشكل ملحوظ على النكهة حيث أضافت بذور الكتان نكهة جوزية، وتتفق هذه النتائج مع [35] حيث وجدت أن إضافة بذور الكتان إلى الخبز الخالي من الغلوتين يساهم في رفع درجة القبول العام، حيث سجلت نسب 3%و 4.5% أعلى درجات القبول، بينما انخفض القبول لدى المستهلكين عند تجاوز نسبة 4.5%، ووفقاً ل[16] يمكن الحصول على خبز مقبول حسياً عند نسبة إضافة 20% من مسحوق بذور الكتان، بينما وجد [37] أنَّ استخدام بذور الكتان بنسبة 15% قد أثر سلباً على خصائص الخبز. وبشكل عام، يجب أن تكون إضافة بذور الكتان ضمن النطاق المقبول لتعزيز القيمة الغذائية والجاذبية الحسية، إذ قد تؤدي الإضافة المفرطة إلى التأثير سلباً على القوام

واللون والطعم. ووفقا لهذه الملاحظات يمكن القول أنَّ الصفات الحسية التي تم تحليلها تتعلق بشكل كبير بنوع البذور المضافة، ونسبة إضافتها، كما يظهر في الشكل (3).



الشكل (3). تأثير بذور الشيا وبذور السمسم وبذور الكتان في الخصائص الحسية لخبز الصاج (أ) اللون، (ب) الرائحة، (ج) القوام، (د) الطعم، (هـ) القبول العام، حيث يدل اللون الأحمر على ارتفاع القيم بينما اللون الأزرق على انخفاضها.

كما يظهر الجدول (3) تحليل التباين ANOVA لمختلف الخصائص المدروسة، حيث تشير قيمة F إلى وجود فروق معنوية ناتجة عن تغير البذور المستخدمة، حيث لوحظ أنَّ القيم (0.0015، 0.0026، 0.0001>، 0.0013، 0.0017) أظهرت وجود فروق معنوية من ناحية (اللون، الرائحة، القوام، الطعم، القبول العام على التوالي)، بينما تشير قيمة Lack of fit) إلى أن عدم الملاءمة ليس مهمًا بالنسبة إلى الخطأ النقي، هذا ويعتبر عدم وجود فروق معنوية في عدم الملاءمة أمرًا جيدًا، تشير قيم R^2 (معامل التحديد) إلى نسبة التباين في المتغير التابع التي يفسرها النموذج (المتغيرات المستقلة)، وتتراوح قيمتها عادة من 0 إلى 1، وكلما اقتربت القيمة من 1 كان النموذج أفضل في شرح البيانات [38]، حيث لوحظ أنَّ قيم R^2 (0.8827، 0.9674، 0.8897، 0.9752، 0.9728) من ناحية (اللون، الرائحة، القوام، الطعم، القبول

العام على التوالي)، تراوحت قيم الانحراف المعياري Std. Dev. (0.1789، 0.1287، 0.1215، 0.1152، 0.1024) من ناحية (اللون، الرائحة، القوام، الطعم، القبول العام على التوالي)، ويمثل معامل التباين نسبة الانحراف المعياري إلى المتوسط، حيث تراوحت القيم (2.32، 1.65، 1.54، 1.51، 1.31) من ناحية (اللون، الرائحة، القوام، الطعم، القبول العام على التوالي).

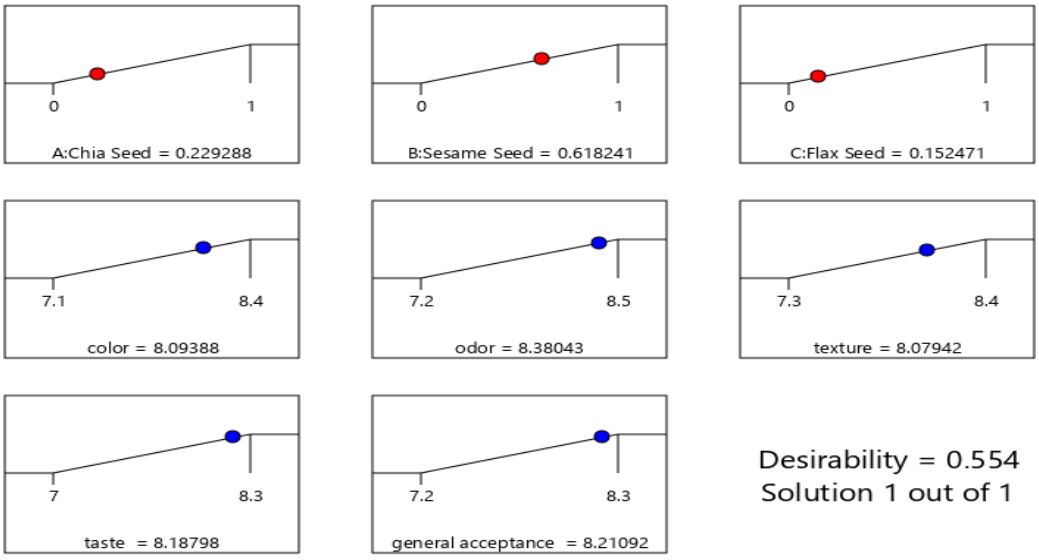
الجدول (3): تحليل التباين ANOVA لثوابت معاملات الانحدار.

المتغيرات	اللون	الرائحة	القوام	الطعم	القبول العام
Model	**0.0015**	**0.0026**	**<0.0001**	**0.0013**	**0.0017**
Lack of fit	**0.0509**	**0.0239**	**0.0967**	**0.0382**	**0.0635**
R^2	**0.8827**	**0.9674**	**0.8897**	**0.9752**	**0.9728**
Adjusted R^2	**0.8095**	**0.9153**	**0.8697**	**0.9354**	**0.9293**
Std. Dev.	**0.1789**	**0.1287**	**0.1215**	**0.1152**	**0.1024**
Mean	**7.72**	**7.82**	**7.86**	**7.64**	**7.81**
C.V.%	**2.32**	**1.65**	**1.54**	**1.51**	**1.31**
PRESS	**0.6018**	**7.59**	**0.2320**	**5.62**	**3.95**
Adeq Precision	**9.3126**	**11.7123**	**17.7953**	**12.4588**	**12.2570**

يُشير PRESS إلى مجموع مربعات خطأ التنبؤ، حيث يُستخدم لتقييم مدى قدرة النموذج على التعميم على بيانات جديدة غير مرئية، حيث تراوحت القيم (0.6018، 7.59، 0.2320، 5.62، 3.95) من ناحية (اللون، الرائحة، القوام، الطعم، القبول العام على التوالي). تشير النسبة العالية ل "Adeq Precision" إلى قدرة جيدة على التمييز بين القيم المختلفة للمتغيرات المستجيبة [38]، حيث لوحظ أنَّ كافة القيم (9.3126، 11.7123، 17.7953، 12.4588، 12.2570) أعلى من 4 من (اللون، الرائحة، القوام، الطعم، القبول العام على التوالي)، مما يجعل النموذج مناسبًا للاستخدام في التحسين والتنبؤ. ووفق الشكل (4) يظهر تأثير استخدام بذور الشيا والسمسم والكتان للحصول على أعلى قيم للخصائص الحسية لخبز الصاج، حيث بلغت نسب أمثلة الخلطات 1.146% بذور الشيا و3.091% بذور السمسم و0.762% بذور الكتان، وقد تمَّ حسابها وفق ما يلي:

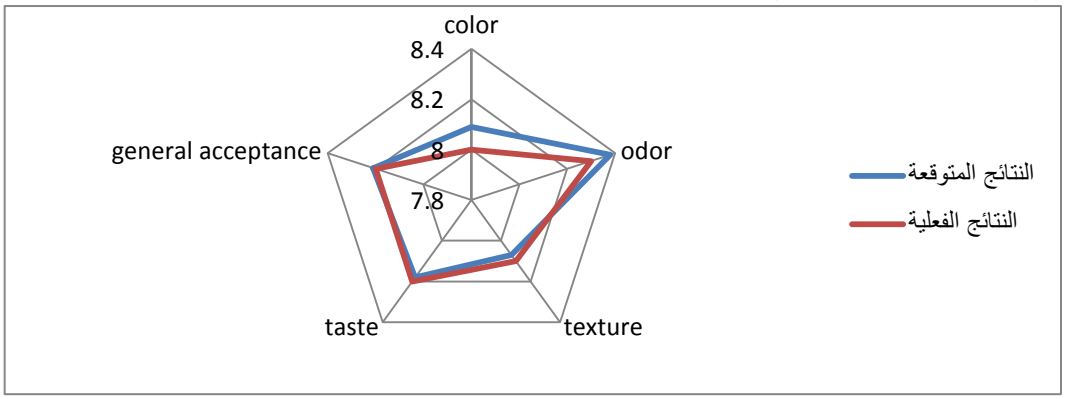
بذور الشيا(%)= 0.2292*5= 1.146%، بذور السمسم(%)= 0.6182*5= 3.091%

بذور الكتان (%)= 0.1524*5= 0.762% وذلك مع ملاحظة أن مجموع النسب هو 5%.



الشكل (4): نسب استخدام مسحوق بذور الشيا وبذور الكتان للحصول على أعلى قيم للخصائص الحسية لخبز الصاج.

كما يبين الشكل (5) نتائج الخصائص الحسية المتوقعة وفق نتائج الأمثلة والفعلية التجريبية لخبز الصاج المنتج بعد استخدام بذور الشيا وبذور السمسم وبذور الكتان.



الشكل (5): نتائج الخصائص الحسية المتوقعة والفعلية لخبز الصاج المنتج بعد استخدام البذور.

تمَّ تصنيع خبز الصاج وفق النسبة السابقة المتحصل عليها نتيجة أمثلة الخصائص الحسية وإجراء اختبارات ريولوجية على العجين واختبارات كيميائية على خبز الصاج المنتج ومقارنتها مع عينة الشاهد الخالية من أي مسحوق.

2- الخصائص الريولوجية: يظهر في الجدول (4) نتائج استخدام مسحوق الشيا والسمسم والكتان في دقيق الخبز، حيث ارتفعت نسبة امتصاص الماء بفرق معنوي من 54.7±0.1% إلى 55.25±0.2% وبلغت قيمة t=4.260 وقيمة Sig.(2-tailed) أقل من 0.05 وأعلى من 0.01 (قيم .Sig غير مدرجة في الجدول 4)، وقد أفاد [15] بأنَّ دمج بذور الكتان في دقيق القمح ينتج ارتفاع كبير في امتصاص الماء نتيجة ارتفاع محتواها من الألياف، كما عزا [16] ذلك إلى زيادة محتوى الألياف الغذائية في خلطات الدقيق لاحتوائها على بذور الشيا، وتتفق هذه النتائج مع [39] الذي لاحظ نفس التأثير عند إضافة بذور السمسم إلى الخبز، كما لوحظ ازدياد زمن تطوير العجين Dough development time (DDT) (min) عند مقارنته بعينة الشاهد من 1.45±0.01 دقيقة إلى 2.81±0.02 دقيقة، قد يكون هذا التأثير مرتبطًا بتخفيض الجلوتين من جهة وصعوبة خلط الألياف ودقيق القمح بشكل متجانس من جهة أخرى وتتفق هذه النتائج مع [39] الذي لاحظ نفس التأثير عند إضافة بذور السمسم إلى الخبز، كما قد يرجع ذلك إلى تأثير وجود ألياف الشيا والكتان في الخلطات. تحدد C2 مقاومة البروتين لعملية إضعافه، لوحظ عدم وجود فروق معنوية في عزم C2 لعجينة الشاهد مقارنة بتلك المحتوية على مسحوق الشيا والسمسم والكتان على الرغم من تخفيف البروتينات المكونة للجلوتين، وقد يعود ذلك لوجود الألياف التي تعمل على استقرار التفاعل بين بروتينات الجلوتين أثناء خطوة الخلط وفقاً ل [16]. تتعلق C3، C4، C5 بالخصائص الحرارية للعينات حيث ترتبط بشكل رئيس بمواصفات النشا فتحدد C3 تجلتن النشا، بينما تحدد C4 ثباتية الجل المتشكل، وتتعلق C5 إعادة تشكل النشا خلال عملية التبريد وتعبر عن البيات، حيث لوحظ وجود فروق معنوية في عزم C3 و C4 عند استخدام البذور نتيجة تخفيض النشا في الخلطة، وتختلف هذه النتائج عن تلك التي أبلغ عنها [40] الذين وجدا أن الخواص الحرارية للنشا لم تتغير بشكل كبير مع إدراج مكونات الشيا بنسبة 5%، كما لوحظ ازدياد قيمة C5 حيث يعد تراجع الأميلوبكتين أحد الآليات الرئيسية المشاركة في بيات الخبز، وقد لاحظ [40] أن دمج بذور الشيا تثبط حركية تراجع الأميلوبكتين أثناء التخزين، والتي قد تكون مرتبطة بشكل مباشر بتأخير بيات الخبز. حيث تعد هجرة الرطوبة وتراجع النشا من الأسباب

الأولية للبيات في الخبز، حيث يعمل مسحوق بذور الشيا على ربط الماء مما يبطئ من البيات ويقلل من فقدان الرطوبة [32].

الجدول (4): الخصائص الريولوجية للخبز الناتج

	WA(%)	DDT(min)	C2(N.m)	C3(N.m)	C4(N.m)	C5(N.m)
دقيق الشاهد	54.7±0.1	1.45±0.01	0.48±0.02	2.15±0.02	1.77±0.02	3.52±0.02
دقيق القمح مع المساحيق	55.25±0.2	2.81±0.02	0.46±0.03	2.04±0.01	1.64±0.01	3.67±0.03
قيمة t	-4.260-	-105.345-	0.961	8.521	11.094	-6.487-

تُعبّر القيم الموجودة في الجدول تعبر عن المتوسط و الانحراف المعياري SD.

3- اختبارات القدرة على الاحتفاظ بالمذيب للخلطات (SRC): يظهر الجدول (5) ارتفاع امتصاص الماء عند استخدام مسحوق بذور الشيا والسمسم والكتان وتتفق هذه النتائج مع ما تم الحصول عليه باستخدام الميكسولاب، قد يكون هذا بسبب الألياف الغذائية والصموغ الموجودة في بذور الشيا والسمسم والكتان. تعبر قيمة SRC السكروز SUSRC عن الخصائص الوظيفية للأرابينواكزيلان ومدى مساهمتها في عملية الخبيز، حيث ارتفعت من 90.4±0.2 % إلى 92.5±0.1% ويعود ذلك لمحتوى البذور من البنتوزان [41].

الجدول (5): نتائج اختبارات القدرة على الاحتفاظ بالمذيب لخلطات الدقيق SRC

	ماء WASRC%	السكروز SUSRC%	حمض اللاكتيك LASRC%	كربونات الصوديوم SCSRC%
دقيق الشاهد	54.8±0.2	90.4±0.2	110.2±0.3	76.7±0.1
دقيق القمح مع المساحيق	55.5±0.1	92.5±0.1	105.3±0.1	79.8±0.2
قيمة t	-5.422-	-16.267-	26.838	-24.012-

تُعبّر القيم الموجودة في الجدول تعبر عن المتوسط و الانحراف المعياري SD

تعبر قيمة SRC لحمض اللاكتيك LASRC عن جودة الغلوتين، حيث لوحظ انخفاض قيم SRC عند استخدام حمض اللاكتيك من 110.2±0.3% إلى105.3±0.1% مما يشير إلى انخفاض جودة الغلوتين ويعود ذلك لتأثير المسحوق في خفض الخصائص الوظيفية والقدرة على تشكيل الشبكة مقارنة بالشاهد. وتشير ارتفاع قيم SRC لكربونات الصوديوم من 77.7±0.1% إلى 79.8±0.2% تهتك النشا وبشكل غير مباشر إلى القساوة، حيث تنخفض قساوة العجين عند استخدام المساحيق، كما يُظهِر الجدول (4) وتتفق هذه النتائج مع [41] الذين لاحظا ازدياد قيم SRC للماء وSRC للسكروز وانخفاض SRC لحمض اللاكتيك وازدياد SRC لكربونات الصوديوم مع ازدياد نسب الإضافة من بذور الشيا.

4- خصائص الكيميائية: يظهر الجدول (6) نتائج التركيب الكيميائي لعينات الخبز التي تحتوي على مسحوق بذور الشيا والسمسم والكتان حيث لوحظ أن إضافة بذور الشيا والسمسم والكتان للخبز قد عزز قيمته الغذائية وهذا يتفق مع العديد من الدراسات المرجعية [42 ,11]. حيث لوحظ وجود فروق معنوية في محتوى الرطوبة في الخبز عند استخدام بذور الشيا والسمسم والكتان نظراً لازدياد القدرة على امتصاص الماء، حيث تُظهر عينات الخبز المحتوية على المساحيق نسبة رطوبة أعلى، وقد يعود ذلك لارتفاع نسبة الألياف في بذور الشيا والكتان مما يمنع تبخر الماء ويساعد على الحفاظ على الرطوبة أثناء الخبز [31]. لوحظ وجود فروق معنوية في محتوى الألياف الغذائية والرماد في عينات الخبز المدعم بمسحوق بذور الشيا والسمسم والكتان، وتتفق هذه النتائج مع [11] الذي لاحظ زيادة إجمالي محتوى الرماد والألياف عند استخدام بذور السمسم والكتان في الخبز، كما أظهرت النتائج أن إضافة دقيق الشيا والسمسم والكتان قد أدى إلى ازدياد المحتوى البروتيني والليبيدي بشكل ملحوظ مع استخدام مساحيق البذور، وتتفق هذه النتائج مع [11] الذي لاحظ ازدياد المحتوى البروتيني والدهني في عينات الخبز عند استخدام بذور السمسم والكتان، كذلك مع

[43] الذين لاحظوا ازدياد المحتوى البروتيني والدهني في الخبز عند استخدام بذور السمسم. في حين انخفض محتوى الكربوهيدرات في الخبز المدعم بمسحوق البذور مقارنة مع عينة الشاهد، وتتفق هذه النتائج مع نتائج [42] فعند إضافة بذور الشيا والسمسم، تزداد الرطوبة والرماد، وترتفع نسبة البروتين والليبيدات والألياف الغذائية الكلية في الكروسان، في حين تنخفض نسبة الكربوهيدرات وتتفق هذه النتائج مع [39] الذي لاحظ نفس التأثير عند إضافة بذور السمسم إلى الخبز. عند تحليل مستخلصات الخبز لمعرفة محتواها الإجمالي من المركبات الفينولية (TPC) ومضادات الأكسدة، كان لإضافة بذور الشيا والسمسم والكتان تأثير إيجابي على مستويات هذه المواد الكيميائية النباتية في العينات حيث لوحظ وجود فروق معنوية في قيم TPC فيما يتعلق بمستوى المركبات الفينولية في الخبز المحتوي على مطحون بذور الشيا والسمسم والكتان كما أن نتائج المحتوى الفينولي متوافقة مع مضادات الأكسدة حيث ارتفعت كلاهما عند استخدام بذور الشيا والسمسم والكتان. وتتفق هذه النتائج [43] حيث لاحظ ازدياد المحتوى الفينولى مع زيادة نسبة الإضافة من بذور السمسم، وتتفق هذه النتائج [25] حيث لاحظ ازدياد المحتوى الفينولى والقدرة المضادة للأكسدة مع زيادة نسبة الإضافة من بذور الشيا.

الجدول (6) الخصائص الكيميائية للخبز الناتج.

	الرطوبة (%)	الرماد (%)	الألياف الخام(%)	البروتين (%)	الليبيدات (%)	الكربوهيدرات (%)	المحتوى الفينولي	القدرة المضادة للأكسدة
الشاهد	25.9±0.1	0.8±0.02	0.62±0.04	12.1±0.1	0.78±0.03	60.42±0.2	0.91±0.04	1.42±0.02
مع المساحيق*	26.8±0.1	0.94±0.01	1.07±0.13	12.8±0.1	1.87±0.05	57.46±0.1	1.12±0.03	1.91±0.03
قيمة t	−11.023	−10.844	−5.730	−8.573	−32.378	22.928	−7.275	−23.539

تُعبّر القيم الموجودة في الجدول تعبر عن المتوسط و الانحراف المعياري SD

المحتوى الفينولي (مغ مكافئ حمض الغاليكGAE/ غ) القدرة المضادة للأكسدة mmol TEAC/g trolox equivalent antioxidant capacity

الاستنتاجات والتوصيات:

استُخدم تصميم SCM لدراسة إمكانية استخدام نسب من بذور الشيا والسمسم والكتان في تركيبة خبز الصاج، كما أوضحت المخططات المثلثية تأثير المتغيرات على الاستجابات وهي الخصائص الحسية للخبز، وتبين من خلال البحث إمكانية إنتاج خبز الصاج عن طريق استخدام 1.146% بذور الشيا و 3.091% بذور السمسم و0.762% بذور الكتان دون تأثير سلبي في درجة القبول الحسي العام للخبز الناتج، وقد أظهرت النتائج العملية أنَّ البيانات التجريبية تتوافق بشكل جيد مع القيم المتوقعة باستخدام المزيج، مما يؤكد صحة وكفاءة النماذج المتوقعة، ويشير إلى أنها طريقة موثوقة لتحديد المزيج الأمثل، بالإضافة إلى تحسين الخصائص الكيميائية للمنتج النهائي، ونظرًا للنتائج الجيدة التي تم الحصول عليها في خبز الصاج المنتج، فإنَّ إجراء المزيد من الأبحاث ضروري للاستفادة من بذور الشيا والسمسم والكتان في منتجات خبيزية أخرى مثل الكاب كيك وخبز التوست بغرض تحديد نسب الاستخدام المثلى التي تحقق أعلى درجة قبول حسي، حيث يمكن من خلالها زيادة الجودة الحسية والقيمة الغذائية لمنتجات المخابز.

References:

[1]. S., Fatima, A. B., Altemimi, K., Ali, M., Inam-Ur-Raheem Mukhtar, F., Yıkmıs S., Abdi G., and R.M. Aadil."A comprehensive review on effect of chia seed, flaxseed, sesame seed and their derivatives on quality of bakery products" *Applied Food Research* 5, 101534, 2025. https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101534

[2]. D., Melo, T.B., Machado, and M., Oliveira, "Chia seeds: an ancient grain trending in modern human diets". *Food Funct.*vol.10, no.6, pp. 3068-89, 2019.

[3]. R., Ullah, M., Nadeem, A., Khalique, M., Imran, S., Mehmood and A., Javid et al. "Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.): a review".* Journal of food science and technology.* vol. 53, no.4, pp.1750-8, 2016.

[4]. K., Marcinek, and Z., Krejpcio "Chia seeds (*Salvia hispanica*): health promoting properties and therapeutic applications - a review". *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny*.vol.68, no.2, pp.123-9, 2017.

[5]. M., Samateh, N., Pottackal, S., Manafirasi, A.,Vidyasagar, C., Maldarelli and G. John "Unravelling the secret of seed-based gels in water: the nanoscale 3D network formation". *Scientific reports.*vol.8, no. 1, 7315, 2018.

[6]. T. O.,Fasuan, S. O.,Gbadamosi, T.O., Omobuwajo Characterization of protein isolate from Sesamum indicum seed: In vitro protein digestibility, amino acid profile, and some functional properties. *Food Sci. Nutr.*, vol.6, no.6, pp. 15-23, 2018.

[7]. S, Gharby, H., Harhar, Z., Bouzoubaa Asdadi A, El Yadini A, Charrouf Z. "Chemical characterization and oxidative stability of seeds and oil of sesame grown in Morocco".* Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*vol.16, no.2,pp.105-111, 2017.

[8]. C. A.,Cardoso, G.M.M.,Oliveira, L.A.V., Gouveia, A.S.B., Moreira and G., Rosa "The effect of dietary intake of sesame (*Sesamum indicum* L.) derivatives related to the lipid profile and blood pressure: A systematic review". *Crit Rev Food Sci Nutr.*vol.58, no.1, pp. 116-25, 2018.

[9]. K.K., Singh, D., Mridula, J., Rehal and P. Barnwal "Flaxseed: a potential source of food, feed and fiber". *Crit Rev Food Sci Nutr.*;vol.51, no.3, pp.210-222, 2011.

[10]. L., Alashbayeva, M., Kenzhekhojayev, A., Borankulova, B., Muldabekova, M., Yakiyayeva, S., Tursunbayeva, and Z. Dyusembaeva "Enhancing the quality of wholemeal bread with chia, sesame, and rosehip: mathematical modelling and organoleptic analysis". *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 18, 993-1005, 2024. https://doi.org/10.5219/2006.

[11]. R. A. Zambelli, L. c. F., Pinto, dos Santos Junior, E. C., de Lima A. C. V., Goiana, M. L., de Mendonça L. G. Effect of black sesame (*Sesamum indicum*) and flaxseed flour (*Linum usitatissimum*) on bread quality using surface response methodology. *J. eng. process. manag.* vol. 10 no.2, 32-40 (2018) DOI 10.7251/JEPM181002032Z

[12]. Luciana T. B. Sandri, Fernanda G. Santos, Camilly Fratelli, Vanessa D. Capriles. Development of gluten-free bread formulations containing whole chia flour with acceptable sensory properties. *Food Sci. Nutr.*;5:1021–1028, 2017. DOI: 10.1002/fsn3.495

[13]. A., Pasqualone, F.; Vurro, C.; Summo, M.H.; Abd-El-Khalek, H.H.; Al-Dmoor, T.; Grgic, M.; Ruiz, C.; Magro, C.; Deligeorgakis, C.; Helou, et al. "The Large and Diverse Family of Mediterranean Flat Breads: A Database". *Foods*, 11, 2326, 2022. https://doi.org/10.3390/foods11152326

[14]. K. J. Quail, "Flatbreads of the World Grain Growers Limited", North Ryde, NSW, Australia Elsevier Reference Module in Food Sciences, 2016.

[15]. A.F.; Koca and M. Anil "Effect of flaxseed and wheat flour blends on dough rheology and bread quality". *J. Sci. Food Agric.*, 87, 1172–1175, 2007.
[16]. E., N., Guiotto; M. C., Tomás and C. M. Haros "Development of Highly Nutritional Breads with By-Products of Chia (*Salvia hispanica* L.) Seeds", *Foods*, 9, 819, 2020. doi:10.3390/foods9060819
[17]. H., Stone, and J., Sidel, "Sensory evaluation practices" 3rd ed.pp. 262-271. San Diego, CA: Academic Press, 2004.
[18]. D.C. Montgomery; S. R. Voth "Multicollinearity and Leverage in Mixture Experiments" *Journal of Quality Technology*, 26(2), 96–108, 1994. https://doi.org/10.1080/00224065.1994.11979510
[19]. R. Leardi, "Experimental design in chemistry: A tutorial". Analytica Chimica Acta, no. 652, pp. 161–172, 2009. Doi:10.1016/j. aca.2009.06.015
[20]. AACC International Methods. A New AACC International Approved Method To Measure Rheological Properties Of A Dough Sample, American Association Of Cereal Chemists International Report, 55, 3, 2010.
[21]. AACC International. Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 56-11.01. Solvent Retention Capacity Profile. Approved November 3,. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A. [Archived method.] 1999, Available online only.
[22]. 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.
[23]. FAO. Food Energy-Methods Of Analysis And Conversion Factors, Rome: Food And Agriculture Organization Of The United Nations, 2003.
[24]. G. Silav-Tuzlu, and Z. Tacer-Caba," Influence of Chia Seed, Buckwheat and Chestnut Flour Addition on the Overall Quality and Shelf Life of the Gluten-Free Biscuits" .*Food Technology and biotechnology* 59, 4, 463-474, 2021. https://doi.org/10.17113/ftb.59.04.21.7204
[25]. B., Sayed Ahmad, T., Talou, E.; Straumite, M.,; Sabovics, Z.,; Kruma Z.,; Saad, A., Hijazi, and O., Merah "Evaluation of Nutritional and Technological Attributes of Whole Wheat Based Bread Fortified with Chia Flour" *Foods*, vol. 7 no.9 . 135, 2018. doi:10.3390/foods7090135
[26]. V.L., Singleton, and J.A. Rossi, "Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents". *American Journal of Enology and Viticulture (AJEV)*, 16, 144–158, 1964.
[27]. L., Yu, A.L., Nanguet, T. Beta, "Comparison of antioxidant properties of refined and whole wheat flour and bread". *Antioxidants*, 2, 370–383, 2013.
[28]. S., Dentice Maidana, S., Finch, M., Garro, G., Savoy, M., G¨anzle, and G. Vignolo, "Development of gluten-free breads started with chia and flaxseed sourdoughs fermented by selected lactic acid bacteria". *Lwt*, 125(March), Article 109189, 2020. https:// doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109189
[29]. E. B., Coronel, E. N., Guiotto, M. C., Aspiroz, M. C., Tom´as, S. M., Nolasco, and M. I. Capitani,"Development of gluten-free premixes with buckwheat and chia flours: Application in a bread product". *Lwt*, 141(January), 1–8, 2021. https://doi.org/ 10.1016/j.lwt.2021.110916
[30]. R., Rabail, M. T., Sultan, A. R., Khalid, A. T., Sahar, S., Zia, , P.Ł., Kowalczewski, P., Je˙zowski, M. A., Shabbir, and R. M. Aadil, "Clinical, nutritional, and functional evaluation of chia seed-fortified muffins". *Molecules* (Basel, Switzerland), vol. 27 no.18, pp. 1–14, 2022 https://doi.org/10.3390/molecules27185907

[31]. G. Adamczyk, E., Ivanišová, J., Kaszuba, I., Bobel, K., Khvostenko, M. Chmiel, and N., Falendysh, "Quality Assessment of Wheat Bread Incorporating Chia Seeds". *Foods*, 10, 2376, 2021. https://doi.org/10.3390/foods10102376
[32]. D., Anwar, H., Eid, S., Rashad, and S. A. Soliman, "Nutritional, physical and microbiological properties of gluten free bread with chia seed flour as alternative thickening agent". *Food Technology Research Journal*, vol. 4, no.2, pp. 92–106, 2024. https://doi.org/ 10.21608/ftrj.2024.290193.1072
[33]. A., Lucini Mas, F. I., Brigante, E., Salvucci, P., Ribotta, M. L., Martinez, Wunderlin, D. A., and M. V. Baroni," Novel cookie formulation with defatted sesame flour: Evaluation of its technological and sensory properties. Changes in phenolic profile, antioxidant activity, and gut microbiota after simulated gastrointestinal digestion". *Food Chemistry*, 389(December 2021), Article 133122, 2022. https://doi.org/10.1016/j. foodchem.2022.133122
[34]. F. B., Karakoç, N., Ertas¸ and M. Aslan," Storage stability, nutritional and qualitative attributes of biscuits enriched with terebinth, flaxseed and sesame seeds".* British Food Journal*, vol. 126, no. 8, 3263–3282, 2024. https://doi.org/10.1108/BFJ-10-2023-0958
[35]. E. Papagianni, K. Kotsiou, A., Matsakidou, C. G., Biliaderis, and A. Lazaridou, "Development of "clean label" gluten-free breads fortified with flaxseed slurry and sesame cake: Implications on batter rheology, bread quality and shelf life". *Food Hydrocolloids*, 150 (January), Article 109734, 2024. https://doi.org/10.1016/j. foodhyd.2024.109734
[36]. S. Bashir, M., Yaseen, V., Sharma, , S. R., Purohit, S., Barak, and D. Mudgil, "Rheological and textural properties of gluten free cookies based on pearl millet and flaxseed" *Biointerface Research in Applied Chemistry*, vol. 10, no.5, 6565–6576, 2020. https://doi. org/10.33263/BRIAC105.65656576
[37]. Y. Xu, C. A. Hall III2 and F. A. Manthey "Effect of Flaxseed Flour on Rheological Properties of Wheat Flour Dough and on Bread Characteristics" *Journal of Food Research*; vol. 3, no. 6;83-91, 2014 doi:10.5539/jfr.v3n6p83
[38]. D.C. Montgomery "Design and Analysis of Experiments" 10th Edition, Wiley, Hoboken, N.J.688, 2019.
[39]. T. A. El-Adawy "Effect of sesame seed protein supplementation on the nutritional, physical, chemical and sensory properties of wheat flour bread"* Food Chemistry*, Vol. 59, No. 1, pp. 7-14, 1997.
[40]. E. Iglesias-Puig, and C. M. Haros, "Evaluation of performance of dough and bread incorporating chia (*Salvia hispanica* L.)" *Eur. Food Res. Technol.*, 237, 865–874, 2013.
[41]. M. Hrušková, and I. Švec "Chemical, rheological and bread characteristics of wheat flour influenced by different forms of chia (*Salvia hispanica* L.)" *Emirates Journal of Food and Agriculture* vol. 27 no.12 pp. 872-877, 2015. doi: 10.9755/ejfa.2015.04.073
[42]. M. Sofyaningsih, and I. Arumsari" The Effect Of Chia And Sesame Flour Substitution To Nutrient Content And Sensory Quality Of Mini Croissant"* Jurnal Pangan dan Agroindustri* vol. 9,no.1:pp. 34-43, 2021.
[43]. F. U. Ugwuona, U. B. Ejinkeonye and H. Ibrahim, "Effect of Added Sesame Seed on Quality Characteristics of Wheat Bread", *JHER* vol. 24, no. 2, December, pp. 1 – 12, 2017.