Wadi Alshatti University Journal of
Pure and Applied Sciences

مجلة جامعة وادي الشاطئ
للعلوم البحتة والتطبيقية

Volume 3, No. 2, July-December 2025 Online ISSN: 3006-0877 المجلد 3، الاصدار 2، يوليو- ديسمبر 2025

RESEARCH ARTICLE FOOD SCIENE

The Effect of Some Hydrocolloids on Physical and Sensory Properties of Gluten-free Cake

Salah Al-Hebeil[1*], Altaher Elfeturi[1], Alfathe Elbarkoli[2], Sumaia Shniba[1]

[1] Food Science and Technology Department, Faculty of Agriculture, University of Tripoli, Tripoli, Libya
[2] Food Science and Technology Department, Faculty of Food Science, University of Wadi Alshatti, Brack, Libya

ARTICLE HISTORY
Received 26 February 2025
Revised 05 May 2025
Accepted 10 May 2025
Online 14 May 2025

KEYWORDS
Gluten-free cake;
Hydrocolloids;
Xanthan and guar gums;
Rice flour;
Corn flour;
Sensory properties.

ABSTRACT

This study aimed to develop gluten-free cake using a blend of rice and corn flour, while enhancing its physical and sensory properties through the addition of xanthan and guar gum. The cake was prepared by incorporating varying proportions of the gums (0.5% and 1%), and their effects were evaluated on physical properties such as bulk density, porosity, specific volume, and weight loss, as well as sensory attributes including color, flavor, freshness, and overall acceptability. The results demonstrated that the addition of 0.5% xanthan and guar gum significantly improved the lightness and aeration of the cake, increased its specific volume, and reduced weight loss, reflecting the gums' ability to enhance moisture and gas retention in the batter. Furthermore, the gum-treated samples exhibited improved flavor and overall acceptability compared to the control, achieving higher scores in taste and aroma. Additionally, the inclusion of the gums contributed to reducing the staling (firming) process of the cake, thereby enhancing its quality and shelf life. The study concluded that the optimal blend (0.5% xanthan and 0.5% guar gum) produces gluten-free cake with physical and sensory properties comparable to traditional cake, making it a suitable option for individuals with gluten sensitivity or celiac disease.

تاثير بعض الغرويات على الخصائص الفيزيائية والحسية للكيك الخالي من الجلوتين

صلاح علي الهبيل [1]، الطاهر عمر الفيتوري [1]، الفتحي أبوبكر البركولي [2]، سمية مفتاح شنيبه [1]

الكلمات المفتاحية
كيك خالي من الجلوتين
الغرويات
صمغ الجوار
دقيق الأرز
دقيق الذرة
الخصائص الحسية.

الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تطوير كيك خالٍ من الجلوتين باستخدام خليط من دقيق الأرز والذرة، مع تحسين خصائصه الفيزيائية والحسية بإضافة صمغ الزانتان والجوار. تم تحضير الكيك بإضافة نسب مختلفة من الصمغين (0.5% و1%) وتقييم تأثيرهما على الخصائص الفيزيائية مثل الكثافة الظاهرية، المسامية، الحجم النوعي، وفقدان الوزن، بالإضافة إلى الخصائص الحسية مثل اللون، النكهة، الطراوة، والقبول العام. أظهرت النتائج أن إضافة 0.5% من صمغ الزانتان والجوار أدت إلى تحسين كبير في خفة الكيك وتهويته، مع زيادة في الحجم النوعي وتقليل فقدان الوزن، مما يعكس قدرة الصمغين على تحسين احتباس الرطوبة والغازات في الخليط. كما أظهرت العينات المعالجة بالصمغ تحسناً في النكهة والقبول العام مقارنة بالعينة الشاهد، حيث سجلت أعلى درجات في الطعم والرائحة. بالإضافة إلى ذلك، لوحظ أن إضافة الصمغين ساهمت في تقليل عملية التجلد (البيات) للكيك، مما يعزز من جودته ومدة صلاحيته. خلصت الدراسة إلى أن المزيج الأمثل (0.5% زانتان و0.5% جوار) يوفر كيكاً خالياً من الجلوتين بخصائص فيزيائية وحسية مماثلة للكيك التقليدي، مما يجعله خياراً مناسباً للأفراد الذين يعانون من حساسية الجلوتين أو مرض الاضطرابات الهضمية.

المقدمة

تغيرت احتياجات المستهلك وكذلك الخيارات المتاحة والمتعلقة بالخبز وانواعه بشكل كبير في العصر الحديث، ولم يعد الغرض الوحيد من تناول منتجات الخبز هو الحصول على الطاقة فقط، ولكن علاوة على ذلك يتوقع المستهلكون قيمة غذائية ووظيفية أعلى [1]، يتزايد عدد الأشخاص الذين يتبعون نظامًا غذائيًا معينًا، إما نظاماً معداً بواسطة الطبيب أو طواعية [1,2]، كما أن ما يسمى بأمراض الحضارة مثل السمنة والسكري من النوع الثاني وأمراض القلب التاجية وكذلك سرطان القولون والمستقيم آخذة في الازدياد بسبب التغيرات في نمط الحياة وسلوك الأكل لدى السكان الغربيين [1]، أصبح من الواضح أن الحبوب بشكل عام لديها القدرة على تعزيز الصحة بما يتجاوز توفير المغذيات الكبيرة والدقيقة اللازمة لنمو الإنسان وصيانته وأن استهلاكها يمكن أن يقلل من خطر الأمراض المرتبطة بالنظام الغذائي إلى حد كبير [2]، لذلك يوجد اهتمام متزايد بتصنيع منتجات الخبز لتغطية المتطلبات الغذائية وخاصة المنتجات ذات القيمة الغذائية العالية، ويعد إنتاج خبز أو كيك خالي من الجلوتين عالي الجودة أحد أكبر التحديات في هذا الصدد [3]، تعتبر منتجات الخبز بشكل عام والكيك بشكل خاص

*Corresponding author
https://doi.org/10.63318/waujpasv3i2_04

من الأطعمة الأساسية واليومية في العديد من الثقافات حول العالم [4]، ويتم تصنيعهما بشكل تقليدي باستخدام دقيق القمح الذي يحتوي على الجلوتين [4, 5] ، ومع ذلك، فإن الأشخاص الذين يعانون من حساسية الجلوتين أو مرض الاضطرابات الهضمية (Celiac Disease) لا يستطيعون تناول الأطعمة التي تحتوي على الجلوتين، لذلك تم تطوير العديد من البدائل الخالية من الجلوتين لدقيق القمح، بما في ذلك استخدام دقيق الأرز والذرة. غالبًا ما يُستخدم دقيق القمح في منتجات المخابز، ويرجع تطبيقه الواسع إلى الخصائص التمددية والمرونة اللزجة التي توفرها بروتينات الجلوتين في عجائن دقيق القمح، لذلك، من المهم وجود مكونات بديلة ذات خصائص تقنية مماثلة للجلوتين للاستخدام في منتجات المخابز، منها حبوب الأرز التي لا تحتوي على الجلوتين، وله نسبة عالية من الكربوهيدرات سهلة الهضم، لهذا يتم استخدامه بشكل متكرر كبديل للقمح في المنتجات الغذائية الخالية من الجلوتين، ولكنه يحتوي على مستويات منخفضة من الصوديوم والبروتين والدهون والألياف [6]، تعد الذرة ايضا مثل الأرز، لا تحتوي على الجلوتين، وبالتالي لا يُظهر العجين المصنعة من دقيق الذرة خصائص جريانية مماثلة لتلك الموجودة في العجين المصنعة من دقيق القمح [7]، لذا يمكن استخدام كل من دقيق الذرة ودقيق الأرز في تركيبة الكيك الخالي من الجلوتين، حيث يوفر دقيق الذرة لونًا أصفر طبيعيًا ونكهة مميزة. يحتوي دقيق الأرز على القليل جدًا من النكهة بمفرده، ولكن عند خلطه مع دقيق الذرة يمكن زيادة نكهة الكيكة دون الحاجة إلى نكهة وإضافات ملونة، ومع ذلك، فإن كلًا من دقيق الذرة ودقيق الأرز يعطي عجينًا ذو لزوجة واستقرار أقل عند مقارنته بدقيق القمح . تعتمد جودة الكيكة على لزوجة واستقرار العجين للحصول على بنية إسفنجية لا تنهار وترتبط خصائص العجين بالنشا والبنتوزان وخصائص البروتين للدقيق [8]، يمكن للمواد الهيدروكولويدية (الغرويات) أن تساهم بشكل ملحوظ في تحسين الخصائص الاسفنجية للمنتجات النهائية، فعلى سبيل المثال صمغ الزانثان له تأثير على الخصائص الحرارية لانسجة العجائن المصنعة من خليط دقيق الأرز ودقيق الذرة [9]، يتمتع صمغ الزانثان وكذلك صمغ الجوار بخصائص جريانية ممتازة يمكن استغلالها عند تصنيع المنتجات الغذائية. يساعد كل من صمغ الزانثان والجوار في احتباس ثاني أكسيد الكربون، وبالتالي يزيد الحجم النوعي لمنتجات المخابز. نظرًا لهذه الخصائص، يتم استخدام صمغ الزانثان والجوار في العديد من الدراسات البحثية[9، 10، 11]، يُمثل تطوير المخبوزات الخالية من الجلوتين تحديًا تقنيًا كبيرًا لخبراء التغذية وتكنولوجيا الأغذية، إلا أنها تُعد حلًا ضروريًا لمرضى الداء البطني (الزُلاقي)، حيث يتسبب بروتين الجلوتين (البرولامين) في تلف الزغابات المعوية، مما يؤدي إلى اضطرابات هضمية حادة وضعف في امتصاص العناصر الغذائية الأساسية والفيتامينات والمعادن. [12]، وجد الجلوتين في القمح بشكل أساسي وفي الجاودار والشعير بنسبة أقل [13]، ويعاني مرضى الاضطرابات الهضمية من قيود غذائية بسبب تقليل تنويع نظامهم الغذائي لقلة الخيارات من الكيك والخبز والمعكرونة والحلويات الخالية من الجلوتين، حيث يعتبر دقيق القمح المكون الرئيسي في تحضير الأطعمة المنزلية، ولتطوير منتجات جيدة ومناسبة لمرضى الاضطرابات الهضمية باستخدام دقيق خالٍ من الجلوتين فقط، يعد تحديًا من حيث الحصول على منتج مقبول حسياً، بجودة مماثلة للمنتجات المصنوعة من دقيق القمح في النكهة واللون والملمس، لجعل الأطعمة الخالية من الجلوتين أكثر جاذبية وتنويعًا في النظام الغذائي. إزالة الجلوتين تسبب مشاكل كبيرة للخبازين، ولذلك، فإن العديد من المنتجات الخالية من الجلوتين المتاحة في الاسواق منخفضة الجودة، وتظهر شعورًا فمويًا ونكهة ضعيفة [3]، وهذا يمثل تحديًا كبيرًا أمام كل من تقني الحبوب والخباز على حد سواء، مما أدى إلى البحث عن بدائل للجلوتين في تصنيع منتجات المخابز الخالية من الجلوتين. يلعب الجلوتين دورًا مهمًا في تكوين عجين متماسك ومرن ويعمل على رفع العجين عن طريق الاحتفاظ بالغاز أثناء عملية التخمير، مما ينتج عنه خبز ذو ملمس إسفنجي، لذلك، تم بذل العديد من الجهود العلمية لحل عقبات تصنيع منتجات الخبيز الخالية من الجلوتين باستخدام بعض الإضافات التي قد تعوض عن عدم وجود الجلوتين وتمنح الخبز ملمسه الإسفنجي [14]، تم استخدام الهيدروكلويدات على نطاق واسع في تصنيع الخبز والكيك الخالي من الجلوتين، بسبب قدرتها العالية على تحسين التعامل مع العجين، والخصائص الريولوجية، والحفاظ على جودة الخبز، فضلاً عن احتفاظها بالغاز أثناء التخمير [15]، لذلك غالبًا ما يتم استخدامها كبدائل للجلوتين أثناء صنع الكيك والخبز الخالي من الجلوتين [10، 15، 16]، يعد صمغ الزانثان من السكريات العديدة التي تنتجها بكتيريا تعرف باسم *Xanthomonas campestris* [17] ، حيث يذوب الزانثان في الماء البارد بسهولة مكون جل غير حقيقي، وتمتاز لزوجة محلول صمغ الزانثان بثباتية عالية في مدي واسع من الرقم الهيدروجيني (pH) ودرجة الحرارة، وهو من السكريات العديدة التي لا تتأثر بفعل الإنزيمات الموجودة في غذاء الإنسان أو قناته الهضمية [16]، يعتبر صمغ الزانتان من المضافات الأمنه في كندا وأمريكا ويحمل رقمE415 ، ويتم إنتاج الزانثان تجارياً باستخدام الطرق الطبيعية وتحت الظروف المثالية المثالية لزراعة بكتريا *Xanthomonas compestris*، حيث يستخدم لذلك بيئة من الكربوهيدرات تحت ظروف هوائية جيدة، ومن أمثلة البيئات المستخدمة بيئة الجلوكوز ومصدر مناسب للنيتروجين والأملاح المغذية، وعندما تنتهي عملية التخمر والتي تستغرق حوالي 80 ساعة، يسخن المحلول الناتج وذلك لقتل البكتريا ثم يستخلص الزانثان عن طريق ترسيبه بواسطة كحول الأيزوبروبيل، ثم يجفف المستخلص بعد ترشيحه ويطحن ويعبأ [18]، يضاف صمغ الجوار في العديد من المنتجات الغذائية كمثبت للآيس كريم والألبان المخضوضة والحليب المثلج، يستخدم أيضاً كمثخن في السلطات المبتلة والمشروبات وله القدرة على التحكم في لزوجة المشروبات والعصائر، ولديه قدرة عالية على الاحتفاظ بالرطوبة، لهذا تم استعماله في منتجات اللحوم والأسماك أثناء العمليات التصنيعية بحيث يعمل كمثبت لمستحلب الماء والدهن والبروتين، ويعطي مظهر شبه طبيعي لمنتجات الأسماك، ويدخل صمغ الجوار في تصنيع أغذية الحمية قلية السكر مثل العصائر والمربيات [19، 20]، كذلك تم استخدامه في مجال الطب يخفض من معدلات الكوليسترول ويخفض من سكر الدم لأنه يؤخر إفراغ المعدة ويبطئ من امتصاص الكربوهيدرات، يستخدم صمغ الجوار أيضا مع منتجات المخابز في صناعة الخبز الخالي من الجلوتين لقدرته على تكوين شبكة تكون بديلة للشبكة الجلوتينة ويعطي صفة المرونة ويخفض المطاطية ويزيد من قدرة رغيف الخبز على الاحتفاظ بحجمه ويمنع تفتت لب الخبز حسب ما ذكره Arendt *et al*. [3].

إن الحاجة إلى توفير منتجات غذائية آمنة للأشخاص المصابين بالاضطرابات

الهضمية، مثل مرض الاضطرابات الهضمية (Celiac disease)، والذي يسبب تلف الأمعاء الدقيقة عند تناول البروتين، كذلك إستحداث حلويات خالية من الجلوتين لما له من أهمية خاصة لدى فئة كبيرة من الناس، ومن الصعب عليهم الاستغناء عنها، خاصة في المناسبات والأعياد، كان من أهم المبررات لهذه الدراسة، وكذلك من منطلق الاهتمام المتزايد بصحة الإنسان وزيادة الوعي بالفوائد الغذائية للمنتجات الخالية من الجلوتين. عليه فأن اهداف الدراسة الحالية ارتكز على محاولة تحقيق ثلاث اهداف رئيسية وهي: استحداث تركيبة مناسبة لإنتاج كيكة خالية من الجلوتين ذات جودة مماثلة لكيك دقيق القمح تلبي متطلبات مرضى حساسية الجلوتين وبخصائص جودة مقبولة من حيث اللون والنكهة والملمس، والتحقق من التأثير الايجابي لكل من صمغ الجوار وصمغ الزانثان على الخصائص الفيزيائية والنسيجية للكيكة الخالية من الجلوتين، وتحديد النسب المثلى لكل من صمغ الزانثان وصمغ الجوار للحصول على أفضل خصائص للكيك الخالي من الجلوتين.

مواد وطرق البحث

المواد الخام

زيت نباتي ذرة ذو علامة تجارية (الصافي) من السوق المحلي، سكر ذو علامة تجارية (الاسرة) من السوق المحلي، بيكنج باودر خالي من الجلوتين ذو علامة تجارية (Vanoise) من السوق المحلي، سكر الفانيليا الخالي من الجلوتين ذو علامة تجارية (Vanoise) من السوق المحلي، دقيق أرز ابيض Oryza sativa من السوق المحلي، دقيق ذرة صفراء Zea mays من السوق المحلي، صمغ الزنتان إنتاج شركة LOBACHEMI بلد المنشأ الهند، صمغ الجوار إنتاج شركة LOBACHEMI، بلد المنشأ الهند، الاصماغ تم الحصول عليها من قسم علوم وتقنية الاغذية، كلية الزراعة، جامعة عمر المختار- البيضاء.

حفظ وتخزين العينات

عينات دقيق القمح والذرة والأرز تم تخزنها في اكياس النايلون عند درجة حرارة 5-7°س إلى حين تحليل الخواص الطبيعية والكيميائية عليها .

مكونات الكيك الخالي من الجلوتين لدقيق الأرزودقيق الذرة:

المكونات الرئيسية لعجينة الكيك كانت 100 جرام من الأرز و100 جرام من دقيق الذرة و100 جرام من السكر و100 جرام من الزيت و136 جرام من البيض و13 جرام من البيكنج بودر و8 جرام من الفانيليا وكمية كافية من الماء للتحكم. العينات الأخرى هي: أربع معاملات مركبة من صمغ الزانثان وصمغ الجوار (0.5٪ زانثان و0.5٪ صمغ جوار، 1٪ زانثان و0.5٪ صمغ جوار، 0.5٪ زانثان و1٪ صمغ جوار، 1٪ زانثان و1٪ صمغ جوار) بناءً على 100 غرام من وزن الدقيق الخليط.، وبما ان كمية الدقيق المستخدمة كانت 200 جم (100جم دقيق ذرة + 100جم دقيق ارز) فأن نسبة اضافة الاصماع تتضاعف، عينة الشاهد كانت عبارة عن خليط 50:50 ما بين دقيق الارز والذرة من غير اضافة اصماغ.

طريقة إنتاج الكيك الخالي من الجلوتين

لتحضير عجينة الكيك، تم خلط الزيت والسكر والبيض باستخدام خلاط كهربائي نوع Kenowood موديل (England PRO 1600 بسرعة 2300 دورة في الدقيقة لمدة 6 دقائق للحصول على كريمة تحتوي على فقاعات هواء، واستمر التقليب لمدة 4 دقائق. بعد ذلك، تمت إضافة البيكنج بودر والفانيليا إلى خليط دقيق الأرز والذرة، وتم إضافة الخليط الناتج تدريجيًا إلى الكريمة. تمت إضافة صمغ الجوار بمستويين (0.5 و1٪) وصمغ الزانثان بمستويين (0.5 و1٪) لكل 200 جرام من خليط دقيق الارز والذرة.

أخيرًا، باستخدام قمع تم صب العجين الشبه سائل في مخبار مدرج لاجراء الاختبارات الخاصة بالعجين قبل عملية الخبز، ثم الخبز في الفرن بالهواء الساخن عند 180 درجة مئوية لمدة 40 دقيقة .

طرائق البحث

الاختبارات الفيزيائية للخليط والكيك في معمل تقنية الحبوب، كذلك الاختبارات الحسية تمت بمعمل تقنية الحبوب بكلية الزراعة، جامعة طرابلس. تم إجراء هذه الدراسة خلال الفترة من (يونيو/ 2024 إلى سبتمبر/ 2024)

الاختبارات الفيزيائية لخليط الكيك

اختبار الكثافة الظاهرية والكثافة السائبة

"الكثافة النوعية" أو كثافة" الخليط، والتي في الغالب تشير إلى الكثافة الظاهرة حيث يتم قياسها قبل الخبز وتشمل الهواء المدمج، نسبة وزن الخليط إلى حجمه هي طريقة قياسية معتمدة [23,22, 21, 11].

الثقل النوعي

"تم تحديد الكثافة النوعية للعجين وفقًا للمنهجية القياسية عن طريق قياس كتلة حجم معروف من العينة (W_1) ثم قسمتها على كتلة نفس الحجم من الماء المقطر (W_2) عند درجة حرارة قياسية (25°C). تعكس قيم الكثافة النوعية المُحسوبة كفاءة عملية الخلط في احتجاز فقاعات الهواء داخل البنية الدقيقة للعجين، حيث تشير القيم الأقل إلى زيادة محتوى الهواء المحبوس." [24].

اختبار المسامية

• تم حساب المسامية وفق بالمعادلة التالية]25[:

المسامية = 1 - (الكثافة الظاهرية / الكثافة السائبة)

الاختبارات الفيزيائية للكيك:

اختبار الحجم النوعي للكيك

استخدمت بذور اللفت لأجراء حساب حجم الكيك، هذه الطريقة تعتمد على اساس الازاحة لحجم معلوم من بذور اللفتج [26].

الحجم النوعي (سم^3/جم) = الحجم / الوزن

الفقد في الوزن

"خضعت جميع العينات لقياس الوزن باستخدام أوعية زجاجية معايرة قبل وبعد عملية الخبز. وقد تم حساب نسبة الفقدان الوزني وفقًا للمعادلة التالية: نسبة الفقد في الوزن = الوزن الاولي - الوزن النهائي/ الوزن الاولي * 100

اختبار التجلد (البيات) للكيكة

اعتمدت الطريقة على تقدير حجم الراسب في عالق اللب المائي وفق الطريقة المنشورة بمرجع [27].

التقييم الحسي

تم إجراء التقييم الحسي في مختبر تقنية الحبوب بقسم علوم وتقنية الاغذية بكلية الزراعة بجامعة طرابلس، تحت درجة حرارة وجوانب وإضاءة المعمل غير خاضعة للرقابة. التحاور مع المحكمين لمعرفة مدى معرفتهم بالمنتج وقدرتهم على تحديد الاختلافات بين العينات. تم تحديد الخصائص الحسية (بناءً على المظهر والملمس والنكهة) خلال جلسة جماعية بإشراف

الدكتور المشرف. تم اختيار مجموعه من الخصائص الحسية ممثلة للكيك. لتقييم صفات الخصائص الحسية المدروسة وتم إعتماد مقياس (9-point hedonic scale).

التحليل الإحصائي

التصميم المستخدم في التجربة، التصميم العشوائي الكامل Complete Randomized Design (CRD)، والتجربة ذات عامل واحد، بالتالي سيجرى التحليل الاحصائي وفق ANOVA one-way باستخدام General linear model، وأستخدم إختبار دانكن متعدد الحدود (Duncan) لتحديد معنوية الفروق بين متوسطات المعاملات المختلفة عند مستوي إحتمالية < 0.05. تحت حزمة برنامج التحليل الاحصائي Minitab 19 والرسوم البيانية بأستخدام Microsoft Excel Version 2021.

النتائج والمناقشة

اختبارات خليط الكيك

اختبار الكثافة الظاهرية والكثافة السائبة

الكثافة الظاهرية هي خاصية من الخصائص الهامة في عجينة الكيكة، حيث تؤثر على جودة المنتج النهائي وتركيبته وخصائصها العامة [21].

الجدول 1: الخصائص الفيزيائية لأنواع عجائن الدقيق المستخدمة

المعاملات	الكثافة الظاهرية (جم / سم3)	الكثافة السائبة (جم / سم3)	المسامية	الوزن النوعي (جم/سم3)
St	0.01 ± 0.37^{a}	0.04 ± 0.47^{a}	0.05 ± 0.22^{a}	0.02 ± 0.63^{b}
jz1	0.02 ± 0.32^{b}	0.03 ± 0.38^{b}	0.09 ± 0.15^{a}	0.02 ± 0.65^{b}
jz2	0.02 ± 0.31^{b}	0.01 ± 0.39^{b}	0.04 ± 0.21^{a}	0.02 ± 0.65^{b}
jz3	0.02 ± 0.32^{b}	0.02 ± 0.38^{b}	0.09 ± 0.16^{a}	0.02 ± 0.64^{b}
jz4	0.03 ± 0.29^{b}	0.01 ± 0.38^{b}	0.09 ± 0.23^{a}	0.05 ± 0.72^{a}

المتوسطات التي تحمل نفس الحروف (a،b،c،d) في العمود الواحد لا توجد بينها فروق معنوية ($p\geq0.05$)، St = الشاهد، jz1= صمغ الجوار 0.5%+ صمغ الزانثان 0.5%، jz2 = صمغ الجوار 1.0% + صمغ الزانثان 0.5%، jz3 = صمغ الجوار 0.5% + صمغ الزانثان 1.0%، jz4 = صمغ الجوار 1.0% + صمغ الزانثان 1.0%

نلاحظ من خلال الجدول (1) أن أنواع عجائن الدقيق المختلفةjz1 ، jz2، jz3، و jz4 سجلت قيم كثافة ظاهرية أقل بشكل كبير مقارنة بنوع الدقيق St (*p≥0.05*)لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في قيم الكثافة الظاهرية بين أنواع الدقيقjz1 ، jz2، jz3، وjz4.

العديد من الدراسات السابقة اهتمت بدراسة تأثير نوع الدقيق على خصائص خليط عجين الكيك، فعلى سبيل المثال، أظهرت دراسة تمت بواسطة Lee *et al.* [28]، أظهرت النتائج وجود علاقة عكسية بين محتوى البروتين في الدقيق والكثافة الظاهرية للعجين، حيث أدى استخدام دقيق الكيك منخفض البروتين (6-8%) إلى تكوين عجين أقل كثافة ظاهرية (0.85-0.95 جم/سم³) وبنية أكثر ليونة. في المقابل، نتج عن دقيق الخبز عالي البروتين (11-13%) عجين ذو كثافة ظاهرية مرتفعة (1.05-1.15 جم/سم³) وتركيب أكثر تماسكاً.". نتائج الدراسة الحالية متوافقة مع هذه النتائج، حيث أن أنواع خليط العجائن ذات قيم الكثافة الظاهرية الأقل (jz1، jz2، jz3، وjz4) من المحتمل أن يكون لها محتوى بروتين أقل مقارنة بنوع الدقيق St (الشاهد). دراسة أخرى أجريت بواسطة Singh *et al.* [29] ، بحثت في تأثير حجم جزيئات الدقيق على خصائص خليط عجين الكيك، ووجدوا أن جزيئات الدقيق الأصغر تؤدي إلى كثافة ظاهرية أعلى وتركيب مضغوط لقوام خليط عجين الكيكة. عليه من المحتمل أن أنواع الدقيق ذات قيم الكثافة الظاهرية الأعلى (St) كانت ذات جزيئات أكبر، مما أدى إلى خليط عجينة أكثر كثافة. أظهر خليط عجين jz1 انخفاضًا طفيفًا في الكثافة الظاهرية، مما يشير إلى تقليل معتدل في تماسك الخليط وربما قوام كيك أخف، بينما أظهر كل من خليط jz2 و jz4 انخفاض في الكثافة الظاهرية، مما يشير إلى تقليل كبير في التماسك. قد يؤدي هذا إلى انتاج كيكة ذات قوام أخف وأكثر طراوة بشكل ملحوظ. اما بالنسبة لخليط فقد اظهر انخفاضا معتدلا مشابها لخليط jz1 والذي بدوره ينعكس في خفض التماسك وبالتالي تكوين فتات انعم. يشير الانخفاض في الكثافة الظاهرية عبر جميع العينات المعاملة بصمغ الجوار والزانثان إلى أن هذه الصمغيات تزيد من قدرة الخليط على حجز الهواء، وهذا على الأرجح بسبب زيادة اللزوجة والذي بدوره يؤدي ذلك إلى تحسين التهوية وتقليل تماسك الخليط، مما يساهم في إنتاج كيك أخف .Gholamian et al [30]، وجدوا أن صمغ الزانثان يزيد من لزوجة الخليط، مما يمكن أن يعزز احتباس الهواء ويقلل الكثافة الظاهرية في الخليط العجائن، مما يؤدي إلى منتجات مخبوزة أنعم. وفي دراسة اخرى وجدوا أن صمغ الجوار يساهم بشكل مشابه من خلال زيادة قدرة الاحتفاظ بالماء، مما يقلل من الكثافة الظاهرية ويحسن قوام الكي [19] ، كذلك اكدت نفس الدراسة السابقة ان الاستخدام المشترك لصمغ الجوار والزانثان في تركيبات الكيك، مشيرين إلى تأثير تآزري في تقليل الكثافة الظاهرية بشكل أكثر فعالية من استخدامهما بشكل فردي. تدعم هذه الدراسات نتائج الدراسة الحالية، حيث يؤدي إضافة كل من صمغ الجوار وزانثان إلى تقليل الكثافة الظاهرية مقارنة مع العينة الغير محتوية على اي نسبة من كلا الصمغين، مما يعزز خفة الكيك ونسيجه.

المسامية

مسامية العجينة تعتبر من الخصائص الفيزيائية الهامة جدا في خليط مكونات الكيكة، لأنها تؤثر مباشرة على النسيج المكون للهيكل النهائي للكيكة. المسامية تعرف بأنها النسبة المئوية للفراغات الهوائية داخل هيكل خليط الكيك. الخليط الشبه سائل لعجينة الكيك ذو المسامية العالية يكون أخف وأكثر طراوةً، هذه الخاصية تتأثر بالمواد المستخدمة في العجينة، خاصة الدهون والزبدة، وكذلك بعمليات الخلط والتحميص [31]، على العكس من ذلك، يمكن أن تؤدي المسامية المنخفضة إلى كيكة أكثر كثافة وربما أكثر

جفافًا. لذلك، فإن فهم المسامية والتحكم فيها أمر ضروري لتحقيق الجودة المطلوبة في كيك الخليط.

تشير نتائج تحليل التباين الموضحة بالجدول (1) وجود اختلافات ذات دلالة احصائية ما بين مخاليط عجينة الكيك التي تحتوي على نسب من صمغي الجوار والزانثان وعين الشاهد وأن لم تكن ذات دلالة احصائية($p\geq0.05$) ، حيث سجل خليط jz4 أعلى مسامية وسجل خليط jz1 أدنى مسامية. الاختلافات في قيم المسامية تشير إلى أن نوع الدقيق المستخدم يمكن أن يؤثر بشكل كبير على مسامية كيكات الخليط. تتماشى هذه النتائج مع الأبحاث السابقة، مما يبرز أهمية نوع الدقيق وطرق الخلط في تحديد النسيج النهائي وجودة المخبوزات. يبدو أن إضافة صمغ الجوار والزانثان عززت المسامية في عينات خلطات عجائنjz1 ، jz3، و .jz4 من المحتمل أن اضافة صمغ الجوار وصمغ الزانثان قد ساهمت في زيادة لزوجة الخليط، مما يثبت الفقاعات الهوائية ويمنعها من الهروب أثناء الخلط والخبز. يؤدي هذا التثبيت إلى هيكل أكثر تهوية، مما يساهم في قوام كيك أنعم وأخف. يبدو أن إضافة صمغ الجوار والزانثان تعزز المسامية في معظم العينات، خصوصًا في خليط العجائنjz1 ، jz3، و .jz4 من المحتمل أن تزيد هذه الصمغيات من لزوجة الخليط، مما يثبت الفقاعات الهوائية ويمنعها من الهروب أثناء الخلط والخبز. يؤدي هذا التثبيت إلى هيكل أكثر تهوية، مما يساهم في قوام كيك أنعم وأخف [32].

اظهر Vincová et al. [33]، أن صمغ الجوار يزيد من قدرة الاحتفاظ بالماء في الخليط، مما يعزز بشكل غير مباشر المسامية عن طريق الحفاظ على مستويات الرطوبة التي تساعد في الحفاظ على هيكل الجيوب الهوائية. وفي دراسة مشابهة حول دمج صمغ الجوار مع صمغ الزانثان اجراها Saraf *et al.* [34] ، اكدا فيها التأثير التآزري والذي بدوره يحسن المسامية بشكل أكثر فعالية من استخدامهما بشكل منفصل عن طريق تحسين التوازن بين اللزوجة والمرونة. يؤثر تضمين صمغ الجوار والزانثان في خليط الكيك بشكل كبير على المسامية، مما يساهم في نسيج كيك أخف وأكثر تهوية في معظم العينات. تتماشى نتائج الدراسة الحالية مع نتائج الدراسات السابقة، مما يؤكد أهمية التحكم في تركيزات الصمغ لتحقيق خصائص نسيجية مرغوبة.

الوزن النوعي

يشير جدول تحليل التباين رقم (1) إلى أن وجود اختلافات في الوزن النوعي بين أنواع مخاليط العجين المحتوية على نسب من صمغ الزانثان وصمغ الجوار وعينة الشاهد الخالية من اي اصماغ الي اختلافات ذات دلالة إحصائية ($p\geq0.05$) باستخدام اختبار Tukey المتعدد اشار الي ان الاختلافات المسجلة ليست مجرد نتائج للصدفة. يُظهر خليط عجينة jz4 وزنًا نوعيًا أعلى بكثير وذو دلالة احصائية ($P<0.05$) مقارنةً بجميع أنواع مخاليط العجين الأخرى. بينما لا تختلف أنواع مخاليط العجين المتبقية St ، jz1، و jz3 عن بعضها والفوارق بينها لا تظهر اي دلالة احصائية($p\geq0.05$) تشير البيانات إلى أن النسب المضافة من صمغ الجوار والزانثان في مخاليط العجائنjz1 ، jz2، jz3 أظهرت قيم للكثافة النوعية متقاربة مع عينة الشاهد (St)، مما يشير إلى أن هذه النسب لا تؤثر بشكل كبير على الدمج الهوائي. ومع ذلك، عند التركيزات الأعلى كما هو الحال في خليط عجينة jz4 ، ازدادت قيمة الكثافة النوعية، هذا قد يكون نتيجة للزيادة في اللزوجة بسبب زيادة تركيز الصمغيات المضافة، مما قد يعيق عملية الخلط ويقلل من الدمج الهوائي. الدراسة التي اجراها Theocharidou et al. [20] ، أوضحت أن صمغ الجوار يمكن أن يزيد من لزوجة خليط العجينة، مما قد يثبت الفقاعات الهوائية بنسب متوسطة ولكن يؤدي إلى تقليل الدمج الهوائي بنسب أعلى. كما اشارت نفس الدراسة الي ان الدمج ما بين صمغ الجوار والزانثان يمكن أن يؤثر بشكل تآزري على كثافة الخليط، حيث تؤدي النسب الأعلى إلى زيادة الكثافة النوعية بسبب زيادة اللزوجة وتقليل الدمج الهوائي. تتماشى هذه الدراسات مع نتائج الدراسة الحالية، مما يشير إلى أن النسب المتوسطة من هذه الاصماغ تحسن من الكثافة النوعية، بينما تؤدي النسب الأعلى إلى زيادة الكثافة النوعية، مما يؤثر على قوام ونوعية الكيك النهائي.

الخصائص الفيزيائية للكيك

وزن الكيك

يُعتبر وزن الكيكة من المعايير الحيوية في صناعة الخبز، حيث يؤثر بشكل مباشر على نسيج الكيكة وحجمها وجودتها العامة.

الجدول (2) يمثل أوزان الكيك نلاحظ ان اعلى قيم للوزن سجلتها العينة jz4 والتي احتوت على نسب متساوية من صمغ الجوار وصمغ الزانثان 1.0%، النسب الأعلى المشتركة لكلا الصمغين أدت لتحقيق أقصى وزن، مما يبرز التأثير التآزري لصمغ الجوار وصمغ الزانثان في احتباس الرطوبة وزيادة وزن الكيكة. الزيادة التي سجلتها العينة jz4 كانت ذات دلالة احصائية ($p\geq0.05$) مع باقي العينة الاخرى المحتوية عللى نسب مختلفة من صمغ الجوار وصمغ الزانثان وكذلك مع عينة الشاهد .St العينة jz1 (0.5% صمغ الجوار + 0.5% صمغ الزانثان) أظهرت هذه العينة زيادة كبيرة في الوزن إلى 720.25 جم مقارنة بعينة التحكم. يؤدي إضافة كلا الصمغين بنسبة 0.5% لكل منهما إلى زيادة وزن الكيكة، على الأرجح بسبب خصائصهما في ربط الماء، مما يعزز احتباس الرطوبة. العينة jz1 والعينة jz2 لم تكن الفوارق بينهم ذات دلالة احصائية ($p\geq0.05$) ، الا أنهم سجلوا وزن أقل من العينة jz3 و jz4 العينة jz3 (0.5% صمغ الجوار +1.0% صمغ الزانثان)، ارتفع الوزن إلى 752.57 جم. من الملاحظ أن زيادة نسبة صمغ الزانثان مع الحفاظ على نسبة صمغ الجوار ثابتة أدى لزيادة الهوائي.

أظهرت الأبحاث السابقة أن الوزن النوعي مرتبط ارتباطًا وثيقًا بنوع الدقيق، ونسب المكونات، وطرق الخلط المستخدمة في الخَبز. على سبيل المثال، أظهرت الدراسات أن أنواع القمح المختلفة تؤثر على محتوى البروتين وخصائص النشا في الدقيق [35]، يمكن أن يؤثر هذا الاختلاف على كل من لزوجة العجين وقدرته على ربط الماء، مما يؤثر بدوره على الوزن النوعي [36]، بالإضافة إلى ذلك، فإن وجود مكونات أخرى، مثل الدهون المضافة، سيغير الكثافة أيضًا وسيؤثر نوع عامل التخمير المحدد (مثل مسحوق الخَبز) أيضًا على خصائص العجين التي تؤثر على الوزن النوعي أيضًا [37] .

الجدول 2: تأثير أضافة صمغ الجوار وصمغ الزانثان على الخصائص الفيزيائية للكيك الخالي من الجلوتين

العينات	الوزن (جم)	الحجم (سم^3)	الحجم النوعي (سم^3/غم)	الارتفاع (سم)
St	18.11±657.14^{d}	27.11±694.01^{b}	0.11±1.32^{b}	0.24±6.39^{a}
jz1	12.03±720.25^{c}	13.25±941.30^{a}	0.12±1.65^{a}	0.33±6.38^{a}
jz2	11.89±727.27^{c}	9.70±983.09^{a}	0.11±1.51^{ab}	0.45±6.54^{a}
jz3	12.40±752.57^{b}	30.01±1026.2^{a}	0.10±1.58^{a}	0.23±6.76^{a}
jz4	5.96±786.08^{a}	27.11±1119.7^{a}	0.15±1.64^{a}	0.45±6.95^{a}

المتوسطات التي تحمل نفس الحروف (d،c،b،a) في العمود الواحد لا توجد بينها فروق معنوية ($p\geq0.05$)، St = الشاهد، jz1= صمغ الجوار 0.5%+ صمغ الزانثان 0.5%، jz2 = صمغ الجوار 1.0% + صمغ الزانثان 0.5%، jz3 = صمغ الجوار 0.5% + صمغ الزانثان 1.0%، jz4 = صمغ الجوار 1.0% + صمغ الزانثان 1.0%

كبيرة في الوزن، مما يشير إلى أن صمغ الزانثان يساهم بشكل مماثل في احتباس الرطوبة. الدراسات السابقة تناولت تأثير الهيدروكلويدات على وزن وخصائص أخرى للكيك. على سبيل المثال، وجد Crawford *et al.* [38] أن إضافة صمغ الزانثان وهيدروكسي بروبيل ميثيل سلولوز (HPMC) أثرت بشكل كبير على حجم وقوام الكيك، حيث أدى صمغ الزانثان إلى زيادة لزوجة الخليط واحتباس الرطوبة. وبالمثل، أبلغ Azmoon *et al.* [39] أن خليط الهيدروكلويدات، بما في ذلك صمغ الجوار، زاد من محتوى الرطوبة والحجم النوعي للكيك الخالي من السكر. أظهر Sung and chai, [40] في دراسة أخرى، أن صمغ الزانثان حسن من احتباس الرطوبة ونعومة الكيك الخالي من الجلوتين. تتماشى هذه النتائج مع الدراسة الحالية، حيث أدت إضافة صمغ الجوار وصمغ الزانثان إلى زيادة وزن الكيك، مما يشير إلى محتوى رطوبة أعلى وربما قوام ونعومة محسنة. أدت إضافة صمغ الجوار وصمغ الزانثان إلى زيادة كبيرة في وزن الكيك، حيث لوحظ أعلى وزن في العينة التي تحتوي على 1.0% من كلا الصمغين. من المحتمل أن تكون هذه الزيادة في الوزن ناتجة عن خصائص احتباس الرطوبة المحسنة لهذه الهيدروكلويدات. تتوافق النتائج من هذه الدراسة مع الأبحاث السابقة، التي تسلط الضوء أيضًا على التأثير الإيجابي للهيدروكولويدات على وزن وجودة الكيك.

حجم الكيك

نتائج تحايل التبايم الموضحة بالجدول (2) نلاحظ ان عينة الكيك zj1 سجلت زيادة كبيرة في الحجم وصل الى 941.30 سم^3 مقارنة بعينة التحكم التي سجلت 694.0 سم^3. من الواضح أن إضافة كلا الصمغين بنسبة 0.5% لكل منهما أدى إلى تحسين حجم الكيكة، على الأرجح بسبب قدرتهما على تحسين احتباس الغاز ولزوجة الخليط. بالنسبة للعينة jz2 إزداد الحجم إلى 983.09 سم^3، زيادة نسبة صمغ الجوار مع الحفاظ على نسبة صمغ الزانثان ثابتة استمرت في تعزيز حجم الكيكة، مما يشير إلى أن صمغ الجوار له تأثير قوي على احتباس الغاز وتهوية الخليط. أما العينة jz3 فقد أرتفع الحجم إلى 1026.2 سم^3، أدت زيادة نسبة صمغ الزانثان مع الحفاظ على نسبة صمغ الجوار ثابتة أيضًا إلى زيادة كبيرة في الحجم مقارنة بالحجم الذي سجلته العينة القياسية، مما يشير إلى أن صمغ الزانثان ساهم بشكل مماثل في تحسين تهوية الخليط واحتباس الغاز. عينة الكيك التي احتوت على أعلى نسبة من صمغي الجوار والزانثان 1.0% فقد سجلت أعلى قيمة للحجم 1119.7 سم^3، تؤدي النسب الأعلى المشتركة لكلا الصمغين إلى تحقيق أقصى حجم، مما يبرز التأثير التآزري لصمغ الجوار وصمغ الزانثان في تعزيز حجم الكيكة. درست الأبحاث السابقة تأثير الهيدروكلويدات على حجم وخصائص أخرى للكيك. على سبيل المثال، وجد Crawford *et al.* [38] أن إضافة صمغ الزانثان وهيدروكسي بروبيل ميثيل سلولوز (HPMC) أثرت بشكل كبير على حجم وقوام الكيك، حيث أدى صمغ الزانثان إلى زيادة لزوجة الخليط وتحسين احتباس الغاز. وبالمثل، أكد Culetu *et al.* [41] أن الهيدروكلوليدات مثل صمغ الجوار وصمغ الزانثان زادت من الحجم للخبز الخالي من الجلوتين من خلال تحسين خصائص العجين واحتباس الغاز. تتماشى هذه النتائج مع الدراسة الحالية، حيث أدت إضافة صمغ الجوار وصمغ الزانثان إلى زيادة حجم الكيك، مما يشير إلى تحسين احتباس الغاز وتهوية الخليط. أدت إضافة صمغ الجوار وصمغ الزانثان إلى زيادة كبيرة في حجم الكيك، حيث لوحظ أعلى حجم في العينة التي تحتوي على 1.0% من كلا الصمغين. من المحتمل أن تكون هذه الزيادة في الحجم ناتجة عن خصائص احتباس الغاز ولزوجة الخليط المحسنة لهذه الهيدروكلويدات. تتوافق النتائج من هذه الدراسة مع الأبحاث السابقة، التي ناقشت التأثير الإيجابي للهيدروكولويدات على حجم وجودة الكيك.

الحجم النوعي للكيك

يوضح الجدول (2) نتائج تقدير الحجم النوعي لعينات الكيك الخالي من الجلوتين والمخبوزة بإستخدام خليط من دقيق الارز ودقيق الذرة بنسبة متساوية 50:50 والمعاملة بنسب متفاوتة من صمغ الجوار وصمغ الزانثان، من خلال الجدول نلاحظ أن العينة jz1 والمحتوية عاى نسب متساوية من صمغي الجوار والزانثان بنسبة 0.5% سجلت أعلى قيمة للحجم النوعي وكانت 1.65سم^3/غم مقارنة مع باقي العينات، الا ان الزيادة كانت ذات دلالة احصائية فقط مع العينة الشاهد التي سجلت حجم نوعي 1.32سم^3/غم. هذه الزيادة الملحوظة تعود لاضافة كلا الصمغين بنسب متساوية والذي عزز التهوية وعمل على تخفيف الكيك بشكل كبير. العينة jz2 سجلت حجم نوعي بمقدار 1.51سم^3/غم، وهو اعلى مقارنة بالعينة القياسية ولكن الفارق بدون دلالة احصائية($p\geq0.05$) ، هذا الفارق قد يعزى إلى أن زيادة نسبة صمغ الجوار مع الحفاظ على صمغ الزانثان ثابتًا، رغم التحسن المسجل فب الحجم النوعي ولكن ليس بفعالية الإضافة المتوازنة كما هو الحال في العينة jz1 بالنسبة للعينة jz3 وjz4 فقد سجلا حجم نوعي متقارب الا انهما يتفوقان على العينة القياسية بفارق ذو دلالة احصائية ($p\geq0.05$)كما هو موضح بالجدول (2). من الملاحظ في العينة jz4 أن التأثير الايجابي للقيم الاعلى من نسبة الاصماغ المضافة 1.0% أستمر في

الحفاظ على خفة ومسامية الكيك. حسنت إضافة صمغ الجوار وصمغ الزانثان بشكل كبير الحجم النوعي للكيك مقارنة بالعينة القياسية. ساهم كلا الصمغين في تحسين التهوية وتثبيت الخليط، مما أدى إلى لأنتاج كيك أخف وأكثر طراوة. يبدو أن الإضافة المتوازنة لكلا الصمغين كما هو الحال في العينة jz1 يعتبر الأكثر فعالية في زيادة الحجم النوعي. أشارت الدراسات السابقة أيضًا لتأثير الهيدروكلويدات على حجم الكيكة. فعلى سبيل المثال، وجدت دراسة أجراها .Culetu et al [41] أن الهيدروكلويدات مثل صمغ الزانثان وصمغ الجوار تحسن الحجم النوعي والجودة العامة للخبز الخالي من الجلوتين عن طريق تحسين خصائص خليط الكيك وتثبيت خلايا الغاز أثناء الخبز. دراسة أخرى أجراها .Crawford et al [38] ، أبرزت أن صمغ الزانثان وهيدروكسي بروبيل ميثيل سلولوز (HPMC) يؤثران بشكل كبير على حجم ونسيج الكيكات، بالاضافة لذلك صمغ الزانثان يعمل على زيادة لزوجة الخليط والحجم النوعي. تتماشى هذه النتائج مع نتائج الدراسة الحالية، مما يظهر أن الهيدروكلويدات تلعب دورًا حاسمًا في تحسين حجم ونوعية المخبوزات عن طريق تثبيت العجين وتعزيز احتجاز الغاز. من خلال النتائج المذكورة يمكن تأكيد أن إضافة صمغ الجوار وصمغ الزانثان يحسن بشكل كبير الحجم النوعي للكيك، والذي بدوره يساهم في تكوين نسيج أخف وأكثر تهوية. الإضافة المتوازنة لكلا الصمغين هي الأكثر فعالية في زيادة الحجم النوعي. تتماشى هذه النتائج مع الدراسات السابقة، التي أظهرت أن الهيدروكلويدات تحسن حجم وجودة المخبوزات عن طريق تثبيت العجين وتعزيز احتجاز الغاز.

ارتفاع للكيك

نتائج الاختبار والمبينة بالجدول (2) أوضحت الاختلاف ما بين جميع العينات سواء المحتوية على نسبة من الاصماغ او الشاهد لم تكن ذات دلالة احصائية. العينة jz1 سجلت ارتفاع 6.38 سم والذي يكاد يكون مطابقًا لعينة الشاهد التي سجلت أرتفاع قدره 6.39 سم، العينة jz2 والعينةjz3 ايضا أظهرتا زيادة ملحوظة مقارنة بعينة الشاهد، مما يشير إلى تأثير إيجابي لمزيج الصمغ. أما بالنسبة للعينة jz4 فقد سجل أرتفاع 6.95 سم والذي يعتبر هو الأعلى بين جميع العينات المدروسة، وهذا ربما يرجع لاستخدام أعلى نسبة من كلا الصمغين بنسبة 1.0%. يبدو جلياً من خلال النتائج بالجدول (2)، أن إضافة صمغ الجوار وصمغ الزانثان قد عززت من ارتفاع الكيك، خاصة عند التركيزات الأعلى. يمكن أن يُعزى ذلك إلى تحسين احتباس الغاز واستقرار الخليط، مما يمنع الانهيار أثناء الخبز. وجدCrawford et al. [38] ، أن إضافة صمغ الزانثان وهيدروكسي بروبيل ميثيل سلولوز (HPMC)إلى الكيك الخالي من البيض زادت من مؤشر الارتفاع والحجم، حيث إظهر HPMC تأثيرًا أكثر وضوحًا من صمغ الزانثان. وفي دراسة أخرى تمت بواسطة Sung and chai, [40] ، أشارت إلى أن صمغ الزانثان وألجينات الصوديوم زادا من لزوجة الخليط وقللا من الحجم النوعي والارتفاع، بينما حسّن HPMC الحجم وقلل من تصلب الفتات. أما الدراسة التي أجراها Noorlaila *et al.* [42] ، اشارت الي أن أضافة صمغ الزانثان بنسبة تزيد عن 1.0% ليس له تأثير على حجم الكيك وارتفاعه ولكن زاد من صلابة الكيك أثناء التخزين. تتوافق نتائج الدراسة الحالية مع النتائج السابقة التي تشير إلى أن الهيدروكلويدات بشكل عام يمكن أن تؤثر بشكل إيجابي على ارتفاع الكيك وحجمه. الزيادة الكبيرة في الارتفاع التي لوحظت مع التركيزات الأعلى من صمغ الجوار وصمغ الزانثان تتماشى مع التأثيرات المثبتة في الدراسات السابقة.

التجلد (البيات)الكيك

يبين الجدول (3) حجم الرواسب من لبابة الكيك لعينة االشاهد (St) مقارنة مع العينات التي تحتوي على نسب مختلفة من صمغ الجوار وصمغ الزانثان jz1، jz2، jz3، jz4 خلال فترات زمنية مختلفة (4 ساعات، 24 ساعة، و48 ساعة)، من خلال الجدول (3) نلاحظ انه بعد أربع ساعات سجلت عينة التحكم (St) أعلى حجم للراسب بمقدار (26.99 مل) مقارنة مع باقي العينات، هذه المقدار كان ملحوظ وبدلالة احصائية ($p \geq 0.05$)، اما بالنسبة للعينات jz1، jz2، jz3 وjz4 قد أظهرت أحجام رواسب أقل بشكل ملحوظ مقارنة بعينة الشاهد (22.64 مل، 23.26 مل، و22.51 مل على التوالي) ولكن متقاربة من بعضها البعض وبدون اي دلالة احصائية($p \geq 0.05$). أوضحت التغيرات في حجم الراسب والمسجلة في الجدول (3) أن حجم الراسب المسجل لصالح العينة الشاهد مازال الاعلى مقارنة مع باقي الاحجام المسجلة من العينات الاخرى والمحتوية على نسب مختلفة من صمغي الجوار والزانثان، الا ان الفرق المسجل من عينة الشاهد لم يكن `ذو دلالة احصائية مع العينتين jz3 وjz4 فقط، بينما كان الفرق ذو دلالة احصائية مع العينتين jz1 وjz2 تقدير الراسب بعد 48 ساعة أكد تفوق العينة القياسية الخالية من الاصماغ من حيث حجم الراسب المسجل وكان 46.84 مل مما يبن بشكل واضح وجلي ان الاصماغ المضافة ساهمت في منع تفتت لبابة الخبز وبالتالي تقليل كمية الراسب. من خلال الجدول (2) نلاحظ ان العينتين jz1 والعينة jz4 سجلتا اقل حجم للراسب بمقدار 38.19

الجدول 3: تقدير حجم الراسب لعينات لب الكيك خلال 48 ساعة.

عينات الكيك	4 ساعات (مل)	24 ساعة (مل)	48 ساعة (مل)
St	2.06 ± 26.99^{a}	1.86 ± 36.23^{a}	1.52 ± 46.84^{a}
jz1	3.08 ± 22.64^{b}	0.95 ± 28.95^{b}	2.16 ± 38.19^{c}
jz2	1.83 ± 23.26^{b}	1.16 ± 29.84^{b}	1.89 ± 41.05^{bc}
jz3	1.32 ± 24.64^{ab}	3.38 ± 33.97^{a}	2.11 ± 42.17^{b}
jz4	1.44 ± 22.51^{b}	2.48 ± 32.58^{ab}	1.76 ± 39.28^{bc}

المتوسطات التي تحمل نفس الحروف (a،b،c،d) في العمود الواحد لا توجد بينها فروق معنوية ($p \geq 0.05$) St = الشاهد، jz1= صمغ الجوار 0.5%+ صمغ الزانثان 0.5%، jz2 = صمغ الجوار 1.0% + صمغ الزانثان 0.5%، jz3 = صمغ الجوار 0.5% + صمغ الزانثان 1.0%، jz4 = صمغ الجوار 1.0% + صمغ الزانثان 1.0%.

و39.28 مل على التوالي.

إن إضافة صمغ الجوار وصمغ الزانثان تقلل بشكل عام من حجم الرواسب مقارنة بعينة التحكم، هذا الانخفاض يكون أكثر وضوحًا عند علامات 4 ساعات و24 ساعة، مما يشير إلى أن اضافة صمغ الجوار وصمغ الزانثان قد ساعدت في الحفاظ على هيكل ورطوبة الكيك، وبالتالي تبطئ عملية التصلب. يبدو أن مزيج صمغ الجوار وصمغ الزانثان فعال في تقليل حجم الرواسب، وخاصة مع النسب المحددة في jz1 وjz4.

أظهرت الدراسة التي أجراها [43] ، أن الهيدروكلويدات مثل صمغ الجوار وصمغ الزانثان يمكن أن تؤثر بشكل كبير على خصائص النسيج والاحتفاظ بالرطوبة في المنتجات المخبوزة. على سبيل المثال، وجدت الدراسة التي قام بها [33] حول إضافة الهيدروكلويدات الطحلبية إلى الجبن الكريمي أن هذه الإضافات حسنت خصائص المرونة والنسيجية للمنتج. في سياق تجلد او بيات الكيك، تتماشى النتائج المتحصل عليها من هذه الدراسة مع الأبحاث المذكورة، مما يظهر أن الهيدروكلويدات يمكن أن تقلل بشكل فعال من حجم الرواسب وتحسن الجودة العامة للكيك. الانخفاض في حجم الرواسب الذي لوحظ في العينات مع صمغ الجوار وصمغ الزانثان يتوافق مع التحسينات في الاحتفاظ بالرطوبة والنسيج التي تم ذكرها في الدراسات السابقة.

الفقد في الوزن للكيكة

فقدان الوزن في المخبوزات، مثل الكيك، يعتبر معيارًا حاسمًا يؤثر على جودتها، وعمرها الافتراضي، وقبول المستهلك. يحدث فقدان الوزن عادةً بسبب تبخر الرطوبة أثناء الخبز والتخزين. يمكن أن يؤدي فقدان الوزن المفرط إلى قوام جاف، وتقليل العمر الافتراضي، وتدهور الخصائص الحسية. لذلك، فإن فهم آلية الفقد في الوزن وأسبابه وطريقة التحكم فيه أمر ضروري للحفاظ على الجودة المطلوبة للكيك.

يبين الشكل (1) قيم الفقد في الوزن لعينة الكيك المخبوزة باستخدام خليط 50:50 من دقيق الارز ودقيق الذرة والمعاملة بنسب من صمغ الجوار وصمغ الزانثان بالمقارنة مع عينة الشاهد الغير محتوية على نسب من الاصماغ خلال فترات زمنية مختلفة (1، 2، 3، 4، 12، و24 ساعة). خلال الساعات الثلاثة الاولي سجلت عينة الشاهد اختلافات ذات دلالة احصائية ($p \geq 0.05$) فقط مع العينة jz3 والعينة jz4، ولكم بعد 12 الي 24 ساعة فقد اختلفت العينة الشاهد مع باقي العينات المحتوية على نسب من صمغي الجوار والزانثان، مما يشير الي استخدام نسب من صمغ الجوار والزانثان عزز الاحتفاظ بالوزن بشكل ملحوظ. العين jz1 والتي احتوت على نسب متساوية من صمغ الجوار وصمغ الزانثان بنسبة 0.5% أظهرت وزنًا أوليًا أعلى وفقدانًا أقل في الوزن مقارنة بالعينة القياسية، حيث كان الوزن النهائي بعد 24 ساعة 639.99 جرام، ونسبة الفقد العام خلال 24 ساعة 5.25%. أما بالنسبة للعينة jz3 والعينة jz4 سجلتا أعلى وزن خلال فترة 24 ساعة، وهذا قد يعزى ذلك لاستخدام نسبة 1.0% من الزانثان، حيث أن إضافة صمغ الجوار وصمغ الزانثان أثر بشكل كبير على فقدان الوزن في الكيك، فكلا الصمغين معروفان بخصائصهما في ربط الماء، مما ساعد في احتفاظ الرطوبة وتقليل التبخر، ركزت الدراسات السابقة بشكل مكثف على تأثير الهيدروكلويدات على فقدان الوزن في أنواع المخبوزات. تُستخدم الهيدروكلويدات مثل صمغ الجوار وصمغ الزانثان بشكل شائع لتحسين القوام، والاحتفاظ بالرطوبة والعمر الافتراضي [43].

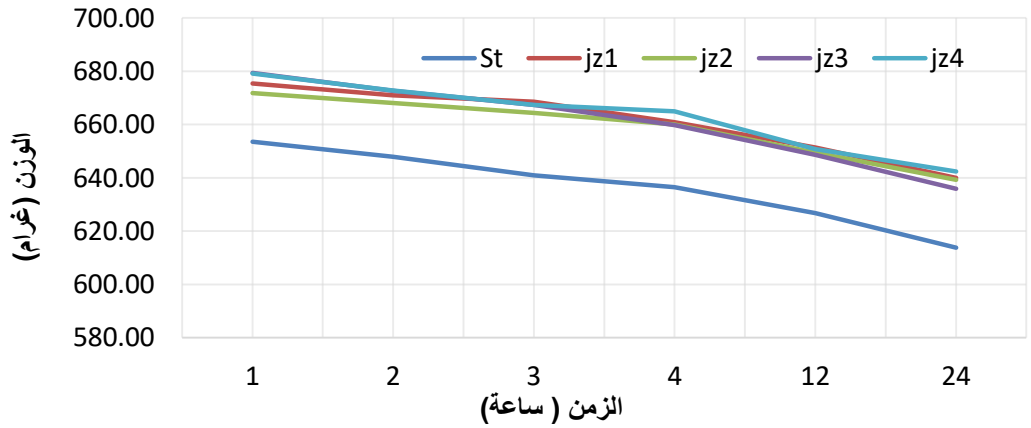
حيث سلطت هذه الدراسة الضوء على دور الهيدروكلويدات في تعزيز الاحتفاظ بالرطوبة وتقليل فقدان الوزن في مختلف المنتجات الغذائية، وكانت النتائج متماشية مع نتائج الدراسة الحالية. وفي دراسة أخرى حول استخدام الهيدروكلويدات في الغذاء أجراها Choton *et al.* [44] ، أكدت أن فعالية صمغ الجوار في تقليل امتصاص الزيت وفقدان الرطوبة، وهذا يدعم الفوائد الملحوظة في تقليل فقدان الوزن.

الخصائص الحسية للكيكة

اللون

اللون هو سمة حسية حاسمة في المنتجات الغذائية، بما في ذلك الكيك، حيث يؤثر بشكل كبير على تفضيل المستهلك وقبوله.

يمكن أن للجاذبية البصرية للكيك أن تعكس الشعور بالنضارة والنكهة والجودة العامة. غالبًا ما يرتبط اللون الموحد والمرغوب فيه بالمكونات عالية الجودة وتقنيات الخبز الصحيحة. لذلك، فإن فهم كيفية تأثير المكونات المختلفة، مثل الهيدروكلويدات مثل صمغ الجوار وصمغ الزانثان، على لون الكيك أمر ضروري لتطوير المنتجات ورضا المستهلك. الجدول (4) يبين نتائج التحليل الحسي لعينات الكيكة المخبوزة باستخدام نسب متساوية من دقيق



الشكل 1: تأثير صمغ الجوار والزانثان على الفقد في وزن الكيك خلال 24 ساعة

الذرة ودقيق الارز وتمت معاملتها بنسب مختلفة من صمغ الجوار وصمغ الزانثان ومقارنتهم بالعينة الشاهد (St).

سجلت العينات المدروسة دراجات لون متقاربة، بالرغم من التفاوت البسيط في الدرجات المعطاء من قبل المحكمين الا ان الاختلافات لم تكن معنوية ملحوظة وليس لها اي دلالة احصائية ($P\geq0.05$) أعلى قيمة لخاصية اللون سجلتها العينة jz4 وكانت 6.93، بينما اقل قيمة لدرجة اللون سجلتها العينة jz1وكانت 6.54، إضافة صمغ الجوار وصمغ الزانثان بنسب مختلفة لم تؤثر بشكل كبير على لون الكيك مقارنة بعينة التحكم. جميع العينات، بغض النظر عن نسبة الصمغ، لديها درجات لون متشابهة إحصائيًا مع عينة الشاهد. هذا يشير إلى أن هذه صمغي الجوار والزانثان ضمن النسب المختبرة لا تغير المظهر البصري للكيك من حيث اللون.

أشارت الدراسة التي أجراها Poonnakasem *et al.* [45] ، الي أن إضافة صمغ الزانثان وصمغ الألجينات الصوديوم زادت من كثافة العجين ولزوجته ولكن لم تؤثر بشكل كبير على لون الكيك الإسفنجي. وفي دراسة أخرى تمت بواسطة Gómez *et al.* [9]، أشاروا إلى أن الهيدروكلويدات، بما في ذلك صمغ الزانثان، حسنت التقييم الحسي العام للكيك الطبقي الأصفر ولكن لم يبرزوا تغييرات كبيرة في اللون. تدعم هذه الدراسات نتائج التحليل الحالي، مما يشير إلى أن إضافة صمغ الجوار وصمغ الزانثان، ضمن التركيزات المختبرة، لا تؤثر بشكل كبير على لون الكيك. هذا التناسق عبر الدراسات المختلفة يعزز الاستنتاج بأن هذه الهيدروكلويدات يمكن استخدامها لتعديل الخصائص الحسية والنسيجية الأخرى دون التأثير على الجاذبية البصرية للمنتج. عليه، فأن إضافة صمغ الجوار وصمغ الزانثان بنسب مختلفة لا تغير بشكل كبير لون الكيك مقارنة بعينة التحكم. هذه النتيجة تتماشى مع الدراسات السابقة، التي تشير أيضًا إلى أن هذه الهيدروكلويدات لا تؤثر بشكل كبير على لون المنتجات المخبوزة. هذه المعلومات قيمة لعلماء الآغذية ومطوري المنتجات الذين يهدفون إلى تحسين الخصائص النسيجية للكيك دون التأثير على جاذبيته البصرية.

النكهة

نلاحظ من خلال نتائج الموضحة بالجدول (4) ان العينة jz1 والتي احتوت على نسب متساوية من كلا الصمغين 0.5% قد سجلت دراجات لكل من خاصيي الطعم والرائحة 6.76 و6.88 على التوالي، والتي كانت متقاربة مع الدراجات المسجلة للعينة الشاهد، مما يشير الي ان النسب المضافة من كلا الصمغين لم يكن لها تأثير معنوي يذكر. بالنسبة للعينة jz2 فقد سجلت دراجات لكل من خاصية الطعم والرائحة أعلى مما سجلت العينة الشاهد مع تطور ملحوظ ولكن بدون دلالة احصائية ($p\geq0.05$) العينة jz3 الطعم والرائحة كلاهما كانت أعلى بشكل ملحوظ من التحكم، مما يشير إلى تأثير إيجابي قوي على النكهة. العينة jz3 التي احتوت على نسبة 0.5% من صمغ الجوار ونسبة 1.0% من صمغ الزانثان، كانت خاصية الطعم فيها متقاربة جدا مع ماسجلته العينة jz1 ولكن الرائحة سجلت درجة أقل بشكل ملحوظ وبدلالة احصائية ($p\geq0.05$) من عينة الشاهد، مما يعكس التأثير الايجابي للاصماغ على تلك الخاصية. أما بالنسبة للعينة التي احتوت على أعلى نسبة من صمغي الجوار والزانثان 1.0% فقد سجلت دراجات للرائحة أقل من العينة الشاهد ولكن بدون دلالة احصائية وايضا أقل من باقي العينات المحتوية على نسب مختلفة من الاصماغ وخاصة من العينة jz3 التي كانت الفروقات المعنوية بينهم ملحوظة ذات دلالات احصائية ($p\geq0.05$) كما هو واضح بالجدول (4). أكدت الدراسة التي اجراها Poonnakasem *et al.* [28] ، أن صمغ الزانثان كان له أكبر تأثير على الخصائص الريولوجية لكيك الأرز الأسود المطهو على البخار ولكن لم يغير النكهة بشكل كبير مقارنة بعينة الشاهد. تدعم هذه الدراسة نتائج التحليل الحسي بالدراسة الحالية، مما يشير إلى أن إضافة صمغ الجوار وصمغ الزانثان يمكن أن تعزز بعض جوانب النكهة. إضافة صمغ الجوار وصمغ الزانثان بنسب مختلفة تؤثر على نكهة الكيك، خاصة الرائحة. أظهرت العينات jz2 و jz3 تحسينات كبيرة في الطعم والرائحة، بينما كان للعينة jz4 تأثير سلبي على العطر. تتماشى هذه النتائج مع الأبحاث السابقة، مما يشير إلى أن الهيدروكلويدات يمكن أن تعزز بعض السمات الحسية دون التأثير على النكهة العامة .

الطراوة

من خلال الجدول (4)، نلاحظ ان جميع العينات سواء العينة الشاهد أو العينات المعاملة بنسب من صمف الجوار وصمغ الزانثان فد سجلت دراجات متقاربة لخاصية الطزاجة، حيث سجلت العينات jz1 ، jz2 وjz4 دراجات متساوية وكانت 6.72 وتعتبر الاعلى مقارنة بالعينة الشاهد التي سجلت درجة 6.48 والعينة jz4 التي سجلت اقل درجة. بالرغم من تلك الفروقات الا انها لم تكن ملحوظة ولم يكن لها اي دلالات احصائية ($p\geq0.05$)، إن إضافة صمغ الجوار وصمغ الزانثان بنسب مختلفة لم تؤثر بشكل كبير على طزاجة الكيك مقارنة بعينة الشاهد. جميع العينات، بغض النظر عن نسبة الصمغ، لديها درجات طزاجة متقاربة ةمن الناحية الاحصائية غير مؤثرة، مما يشير إلى أن هذه الهيدروكلويدات المستخدمة

الجدول 4: الاختبار الحسي لعينات الكيك المخبوزة بخليط دقيق الارز ودقيق الذرة 50:50 ومعاملة بنسب من صمغي الجوار والزانثان

عينات الكيك	اللون	الطعم	الرائحة	الطراوة	التقبل العام
St	6.84^{a}	6.76^{b}	6.88^{ab}	6.48^{a}	6.48^{ab}
jz1	6.54^{a}	6.56^{b}	7.32^{a}	6.72^{a}	6.32^{b}
jz2	6.92^{a}	7.16^{ab}	7.12^{a}	6.72^{a}	7.04^{a}
jz3	6.92^{a}	7.64^{a}	7.32^{a}	6.12^{a}	6.92^{a}
jz4	6.93^{a}	6.56^{b}	6.48^{b}	6.72^{a}	6.32^{b}

(8-9= ممتاز)، (6-7= جيد جداً)، (4-5= جيد)، (2-3= مقبول) و (1= غير مقبول)، المتوسطات التي تحمل نفس الحروف (a، b) في العمود الواحد لا توجد بينها فروق معنوية ($p\geq0.05$)، St = الشاهد، jz1= صمغ الجوار 0.5%+ صمغ الزانثان 0.5%، jz2 = صمغ الجوار 1.0% + صمغ الزانثان 0.5%، jz3 = صمغ الجوار 0.5% + صمغ الزانثان 1.0%، jz4 = صمغ الجوار 1.0%+ صمغ الزانثان 1.0%.

وضمن النسب المختبرة ليس لها تأثير على طزاجة الكيك الخالي من الجلوتين والمخبوز بأستخدام خليط متساوي من دقيق الذرة والارز. الدراسة التي أجراها Wang *et al.* [31] ، أشارت الي أن إستخدام صمغ الزانثان كان له أكبر تأثير على الخصائص الريولوجية لكيك الأرز الأسود المطهو على البخار ولكن لم يؤثر على الطراوة بشكل ملحوظ مقارنة بعينة الشاهد. تدعم هذه الدراسة نتائج التحليل الحسي بالدراسة الحالية، مما يؤكد إلى أن إضافة صمغ الجوار وصمغ الزانثان، ضمن التركيزات المختبرة، لا تؤثر بشكل واضح على خاصية الطزاجة للكيك بشكل كبير على نضارة الكيك، والذي بدوره يعزز الاستنتاج بأن صمغ الجوار وصمغ الزانثان يمكن استخدامها لتحسين الخصائص الحسية والنسيجية الأخرى دون التأثير على الطزاجة.

القبول العام

أكدت النتائج المتحصل عليها من الاختبار الحسي والمعروضة بالجدول (4) أن إضافة صمغ الجوار وصمغ الزانثان بنسب مختلفة لم تؤثر بشكل كبير على القبول العام للكيك مقارنة بعينة الشاهد. جميع العينات، بغض النظر عن نسبة الصمغ، لديها درجات قبول عام متشابهة إحصائيًا مع عينة الشاهد. هذا يشير إلى أن هذه الهيدروكلويدات، ضمن النطاقات المختبرة 0.5 و1.0%، لا تعتبر مؤثرة على معظم الخصائص الحسية المدروسة.

عند مقارنة النتائج بالدراسة الحالية مع الدراسات السابقة حول تأثير الهيدروكلويدات على القبول العام للكيك، نجد أن الدراسة التي اجراها Poonnakasem *et al.* [45]، أكدت أن إضافة صمغ الزانثان وصمغ آلجينات الصوديوم زادت من كثافة خليط الكيك ولزوجته ولكن لم تؤثر بشكل كبير على القبول الحسي العام للكيك الإسفنجي. ايضا الدراسة التي أجراها Gomez *et al.* [9]، أشارت إلى أن الهيدروكلويدات بما في ذلك صمغ الزانثان حسنت التقييم الحسي العام للكيك الطبقي الأصفر، والذي يشمل القبول العام، ولكن لم يلاحظوا اي تغييرات في الطعم أو الرائحة. وفي دراسة اخرى لوحظ أن صمغ الزانثان كان له أكبر تأثير على الخصائص الريولوجية لكيك الأرز الأسود المطهو على البخار ولكنه لم يؤثر على درجة القبول العام بشكل كبير مقارنة بعينة الشاهد [31] .

الخلاصة

نجحت الدراسة الحالية في تطوير تركيبة كيكة خالية من الجلوتين باستخدام دقيق الأرز والذرة، مع تحسينها بصمغي الزانثان والجوار، تشير النتائج الرئيسية إلى أن المزيج الأمثل الذي يحتوي على 0.5% من صمغي الزانثان والجوار أنتج كيكا بأفضل الخصائص الحسية والفيزيائية، مما يجعله مماثلاً لكيك دقيق القمح التقليدي، أشارت الخصائص الفيزيائية إلى أن مزيج صمغي الزانثان والجوار أدى إلى كيك أخف وأكثر تهوية مع استقرار هيكلي أفضل، أكدت التقييمات الحسية أن المزيج المتوازن من صمغي الزانثان والجوار كان الأكثر تقبلا، مما يبرز أهمية هذه الصمغيات في تحسين الجودة العامة للكيك الخالي من الجلوتين.

التوصيات

من خلال نتائج هذه الدراسة نوصي بالأتي: استخدام المزيج الأمثل من 0.5% من صمغي الزانثان والجوار في إنتاج الكيك الخالي من الجلوتين تجاريًا لتحقيق أفضل الخصائص الحسية والفيزيائية، النظر في دمج مزيج دقيق الأرز والذرة في منتجات المخابز الخالية من الجلوتين الأخرى لتعزيز خصائصها الغذائية والحسية، توعية المستهلكين بفوائد المنتجات الخالية من الجلوتين المحسنة بصمغي الزانثان والجوار، مع التركيز على تحسين نسيجها ونكهتها وقيمتها الغذائية، دراسة العمر الافتراضي الطويل للكيك الخالي من الجلوتين المحسن بصمغي الزانثان والجوار لتحديد استقراره وجودته على المدى الطويل.

Author Contributions: All authors have made a substantial, direct, and intellectual contribution to the work and approved it for publication."
Funding: "This research received no external funding."
Data Availability Statement: “The data are available at request.”
Conflicts of Interest: “The authors declare no conflict of interest.”
Acknowledgments: The authors would like to express their appreciations to Faculty of Agriculture, Tripoli University, Tripoli, Libya for the support to accomplish this research.

References

[1] P. Carrera-Bastos, M. Fontes-Villalba, J. H. O’Keefe, S. Lindeberg and L. Cordain, "The western diet and lifestyle and diseases of civilization", Research Reports in Clinical Cardiology, pp.15-35, 2012. https://doi.org/10.2147/RRCC.S16919

[2] K. D. Quintaes and R.W. Diez-Garcia, "The importance of minerals in the human diet", Handbook of mineral elements in food, pp.1-21, 2015. https://doi.org/10.1002/9781118654316.ch1

[3] E.K. Arendt, C.M. O'brien and T.R. Gormley, "Development of gluten-free cereal products", Research Repositore USD,p. 65-71, 2002. http://hdl.handle.net/10197/6892

[4] Wilderjans E, Pareyt B, Goesaert H, Brijs K, Delcour JA. The role of gluten in a pound cake system: A model approach based on gluten-starch blends. Food Chem. 2008;110(4):909-915. doi:10.1016/j.foodchem.2008.02.079

[5] S. A. Siddiqui, M. C. Mahmud, G. Abdi, U. Wanich, M. Q. U. Farooqi, N. Settapramote, S. Khan and S. A. Wani, "New alternatives from sustainable sources to wheat in bakery foods: Science, technology, and challenges", Journal of Food Biochemistry, 46(9), p.p14185, 2022. https://doi.org/10.1111/jfbc.14185

[6] Zhang, Mengli, et al. "Versatile wheat gluten: functional properties and application in the food-related industry." Critical reviews in food science and nutrition, 3(30), 10444-10460..2023. https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2078785

[7] H. Al-Attar, J. Ahmed, and L. Thomas. "Rheological, pasting and textural properties of corn flour as influenced by the addition of rice and lentil flour." *LWT*, vol. 160, p.113231, 2022. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113231

[8] B. Oliete, et al. "Use of wheat, triticale and rye flours in layer cake production", International Journal of Food Science and Technology, 45, 697–706, 2010. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02183.x

[9] M. Gomez, F. Ronda, P. A. Caballero, C. A. Blanco and C. M. Rosell, "Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes, Food Hydrocolloids, 21, 167–173, 2007. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.03.012

[10] A. Ashwini, R. Jyotsna and D. Indrani, "Effect of hydrocolloid and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake", Food Hydrocolloids, 23, p. 700–707, 2009.https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.06.002

[11] E. Tubari, G. Sammu and S. Sahin, "Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and

an emulsifier blend", Food Hydrocolloids, 22, 305–312, 2008. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.11.016

[12] S. Pandey, "Nutritional aspects and health implications of gluten-free products", Challenges and Potential Solutions in Gluten Free Product Development, pp.17-34, 2022. https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4_2

[13] M. Xhaferaj, et al. "Development of a barley reference material for gluten analysis", Food Chemistry, 424, p.136414, 2023. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136414

[14] D. El Khoury, S. Balfour-Ducharme and I. j. Joye, "A review on the gluten-free diet: Technological and nutritional challenges", Nutrients, 10 (10): 1410, 2018. https://doi.org/10.3390/nu10101410

[15] P. Williams, and G. Phillips, "Introduction to food hydrocolloids", In Handbook of hydrocolloids, Woodhead publishing, pp. 3-26,2021. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820104-6.00017-6

[16] A. Anton, S. Artfield, "Hydrocolloids in gluten-free breads: A review", International Journal of Food Science and Nutrition; 59(1):11-23, 2008. https://doi.org/10.1080/09637480701625630

[17] N. E. L. Harding and Y. J. M. Cleary " Genetics and biochemistry xanthan gum production by Xanthomonas campestris in food biotechnology microorganisms, Khachaturian s, VCH publishers, New York, pp.495-514, 1995.

[18] S. Batsilas, M. Liakopoulou, M. Papagianni, D. Paras, and S. Psomas, "Xanthan production by xanthomonas campestris in batch cultures", j. Process Biochem. 37: 73, 2001. https://doi.org/10.1016/S0032-9592(01)00174-1

[19] S. Tahmouzi, H. Meftahizadeh, S. Eyshi, A|. Mahmoudzadeh, B. Alizadeh, N. Mollakhalili-Meybodi and M. Hatami, "Application of guar (Cyamopsis tetragonoloba L.) gum in food technologies: A review of properties and mechanisms of action", Food science and nutrition, 11(9), pp.4869-4897, 2023. https://doi.org/10.1002/fsn3.3383

[20] A. Theocharidou, I. Mourtzinos and C. Ritzoulis, "The role of guar gum on sensory perception, on food function, and on the development of dysphagia supplements–A review", Food Hydrocolloids for Health, 2, p.100053, 2022. https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2022.100053

[21] Slade L, Levine H. A food polymer science approach to structure-property relationships in aqueous food systems: non-equilibrium behavior of carbohydrate-water systems. Adv Exp Med Biol. 302:29-101, 1991. DOI: 10.1007/978-1-4899-0664-9_3

[22] E. Turabi, G. Sumnu and S. Sahin "Optimization of baking of rice cakes in infrared–microwave combination oven by response surface methodology", Food and bioprocess technology, 1, pp.64-73, 2008. https://doi.org/10.1007/s11947-007-0003-4

[23] F. Zambrano, P. Despinoy, R. Ormenese and E. Faria, "The use of guar and xanthan gums in the production of "light" low fat cakes", International Journal of Food Science and Technology, 39(10), pp. 959–966, 2004. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00864.x

[24] E. Berk, S. G. Şumnu and S. Şahin, "Effects of hydrocolloids and carob bean flour on rheological properties of batter and cake quality", GIDA, 42(6), pp. 754–762, 2017. https://doi: 10.15237/gida.GD17079

[25] M. Hojjatoleslami and M. H. Azizi, " Impact of tragacanth and xanthan gums on the physical and textural characteristics of gluten-free cake", Nutrition and food sciences research, 2(2), pp.29-37, 2015. http://nfsr.sbmu.ac.ir/article-1-79-en.html

[26] N. Abdulmola, and A. Elbah. "Studies on the effect of adding different ratios of Arabic gum on the rheological characteristics of varieties of flour derived from two Libyan wheat namely BUC`S and KVZ." *Journal Food and Dairy Science*, vol. 3, no. 12, pp. 761-776, 2012. DOI: 10.21608/jfds.2014.52764

[27] AACC, Approved Methods of the AACC. 10th[ed]. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists,1990.

[28] S. Lee, J. Lee, J. and B. Kim, "Effects of flour type on cake quality", Journal of Food Science, 80(5), P.1448-1456, 2015

[29] Moiraghi, Malena, et al. "Effect of wheat flour characteristics on sponge cake quality." Journal of the Science of Food and Agriculture 93.3 (2013): 542-549. https://doi.org/10.1002/jsfa.5821

[30] Z. Gholamian, E. A. Salehi, E. Mahdian and Z. Sheikholeslami, " Evaluation of the effect of quince seed gum and licorice on the quality properties of batter and cake", Journal of Food Measurement and Characterization, 17(5), pp.4541-4550, 2023. https://doi.org/10.1007/s11694-023-01941-5

[31] L. Wang, Z. Guo, H. Wang, L. Zou, Z. Li, B. Fang, and J. Qiu, "Effect of buckwheat hulls at cell-scale on physiochemical and textural properties of steamed rice cake", LWT, 209, p.116818, 2024. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116818

[32] P. Rakshit, T. K. Giri and K. Mukherjee, "Research progresses on carboxymethyl xanthan gum: Review of synthesis, physicochemical properties, rheological characterization and applications in drug delivery", International Journal of Biological Macromolecules, p.131122, 2024. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131122

[33] A. Vincová, K. Šantová, V. Kůrová, A. Kratochvílová, V. Halámková, M. Suchánková, E. Lorencová, D. Sumczynski and R. N. Salek, "The impact of divergent algal hydrocolloids addition on the physicochemical, viscoelastic, textural, and organoleptic properties of cream cheese products", Foods, 12(8), p.1602, 2023. https://doi.org/10.3390/foods12081602

[34] P. Saraf and M. Montazer, "Extraction, structural properties, and applications of guar gum. In natural gums", Elsevier, pp. 185-260, 2023. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99468-2.00007-3

[35] C. G. Awuchi, V.S. Igwe, and C.K. Echeta, "The functional properties of foods and flours", International Journal of Advanced Academic Research, 5(11), pp.139-160, 2019.

[36] G. Della Valle, M. Dufour, F. Hugon, H. Chiron, L. Saulnier and K. Kansou, "Rheology of wheat flour dough at mixing", Current opinion in food science, 47, p.100873, 2022. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100873

[37] N. Baldino, F.R. Lupi, and D. Gabriele, "Fundamentals of food baking processes: In high-temperature processing of food products", Woodhead Publishing, p. 79-102, 2023. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818618-3.00008-2

[38] K. Crawford, W. Kerr and C. Tyl, "Effect of hydrocolloid addition on cake prepared with aquafaba as egg substitute", International Journal of Food Science and Technology, 59(1),pp.552-559, 2024.https://doi.org/10.1111/ijfs.16492

[39] E. Azmoon, F. Saberi, F. Kouhsari, M. Akbari, M. Kieliszek, and A. Vakilinezam, "The effects of hydrocolloids-protein mixture as a fat replacer on physicochemical characteristics of sugar-free muffin cake: Modeling and optimization", Foods, 10(7), p.1549, 2021. https://doi.org/10.3390/foods10071549

[40] W. C. Sung and P. S. Chai, "Effect of flaxseed flour and xanthan gum on gluten-free cake properties", Journal of Food and Nutrition Research, 5(10), pp.717-728, 2017. DOI:10.12691/jfnr-5-10-1

[41] A. Culetu, D. E. Duta, M. Papageorgiou and T. Varzakas, "The Role of Hydrocolloids in gluten-free bread and pasta; rheology, characteristics, staling and glycemic index", Foods, 10(12), 3121, 2021. https://doi.org/10.3390/foods10123121

[42] A. Noorlaila, H. Hasanah, A. Yusoff, S. Sarijo, and R. Asmeda, "Effects of xanthan gum and HPMC on physicochemical and microstructure properties of sponge cakes during storage", Journal of food science and technology, 54, pp.3532-3542, 2017. https:// DOI 10.1007/s13197-017-2810-6

[43] A. Maitre, and R. Rathod-Annapure, "Effect of hydrocolloids and process parameters on the extrusion behavior of pearl

millet grits." *International Food Research Journal*, vol. 24, no. 4, pp. 1538-1544, 2017. https://org/doi/pdf/10.5555/20173358198

[44] S. Choton, N. Gupta, J. D. Bandral, N. Anjum and A. Choudary, "Extrusion technology and its application in food processing: A review". The Pharma Innovation Journal, 9(2), pp.162-168, 2020. https://doi.org/10.22271/tpi.2020.v9.i2d.4367

[45] N. Poonnakasem, K. Laohasongkram, and S. Chaiwanichsiri, "Influence of hydrocolloids on batter properties and textural kinetics of sponge cake during storage", Journal of Food Quality, 38(6), pp.441-449, 2015. https://doi.org/10.1111/jfq.12167