الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشــق

كلية الهندسة الزراعية

قسم علوم الأغذية

تصنيع خبز خالي من الغلوتين خاص بمرضى داء الزلاقي

رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير في الهندسة الزراعية

(علوم الأغذية)

إعداد المهندسة

سوسن منير زينه

إشراف

د. جهاد سمعان

كلية الزراعة- جامعة دمشق

قسم علوم الأغذية

2021 م

قُدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير في العلوم الزراعية اختصاص علوم الأغذية (تكنولوجيا حبوب)، من كلية الزراعة، في جامعة دمشق.

حيث نوقشت هذه الرسالة وأُجيزت بتاريخ 2022/2/13.....

This thesis has been submitted by,

ENG. Sawsan Mouner Zena in partial fulfillment of the requirements for the MSc in Agricultural Science-Food Science (Wheat Quality) at the Faculty of Agriculture, Damascus University.

شهادة

نشهد بأن العمل المقدم في هذه الرسالة هو نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة سوسن منير زينه بإشراف الدكتور جهاد سمعان من قسم علوم الأغذية في كلية الزراعة- جامعة دمشق.

وإن أية مراجع ذُكرت في هذا العمل موثقة في نص الرسالة.

إشراف

الدكتور جهاد سمعان

مشرفاً رئيساً

Certificate

We certify that this work is a result of scientific research carried out by the candidate **Sawsan Mouner Zena**

Under the supervision of **Dr. Jihad Samaan**, Department of food science, Collage of Agriculture, Univ. of Damascus.

Candidate: Sawsan Zena

Supervised by

Dr. Jihad Samaan

تصريح

أصرح بأن هذا البحث (تصنيع خبز خالي من الغلوتين خاص بمرضى داء الزلاقي) لم يسبق أن قُبل للحصول على أية شهادة، ولا هو مُقدم حالياً للحصول على أية شهادة أخرى.

المرشح: سوسن منير زينه

Declaration

I confirm that this thesis titled " **Processing Free Gluten Bread Suitable for Celiac Disease Patients"** has not been submitted previously to get a certificate and is not submitted now to get another certificate.

Candidate: Sawsan Mouner Zena

قُدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير في اختصاص علوم الأغذية (تكنولوجيا حبوب)، من كلية الزراعة، في جامعة دمشق.

حيث نوقشت هذه الرسالة وأجيزت بتاريخ 13\2\2022

السادة أعضاء لجنة الحكم

الأستاذ الدكتور أنور الحاج علي	كلية الزراعة- جامعة دمشق
الدكتور جهاد سمعان	كلية الزراعة- جامعة دمشق
الدكتور رأفت اسماعيل	كلية الزراعة- جامعة دمشق

This thesis has been submitted in accordance with the requirements for the MSc in Food Science (Wheat Quality) at the Faculty of Agriculture, Damascus University.

Refereed committee

Prof. Dr Anour Al-Haj Ali	College of Agriculture, Damascus Univ
Dr Jihad Samaan	College of Agriculture, Damascus Univ
Dr Raafat Ismail	College of Agriculture, Damascus Univ

تصريح خطي

أنا الموقع أدناه سوسن منير زينه

أصرح بعلمي الكامل وقبولي:

1. أن كل ما ينتج عن البحث والرسالة هو ملكية فكرية ومالية شريكة فيه جامعة دمشق، وإنني ألتزم بأخذ موافقة الجامعة في حال رغبتي بنشر البحث أو الأطروحة أو جزء منها نصاً أو مضموناً خارج إطار الجامعة (من دور نشر أو مكتبات أو مواقع إلكترونية وغيرها من وسائل النشر).
2. أنه لا يوجد أي جزء من هذه الأطروحة تم اقتباسه من عمل علمي آخر أو أنجز للحصول على شهادة أخرى في جامعة دمشق أو أية جامعة أو معهد تعليمي داخل أو خارج الجمهورية العربية السورية.

سوسن منير زينه

فهرس المحتويات

تصريح خطي ii

فهرس المحتويات I

قائمة الجداول V

قائمة الأشكال VI

الملخص VII

المقدمة INTRODUCTION:..... 1

تساؤلات البحث 4

فرضيات البحث 4

مبررات البحث 4

أهداف البحث 5

1- الدراسة المرجعية LITERATURE REVIEW: 8

1-1- مرض حساسية الغلوتين:..... 8

1-2- بروتينات القمح: 10

1-3- ألية عمل الغلوتين في العجين:..... 12

1-4- سوق المنتجات خالية الغلوتين:..... 12

1-5- المنهج المتبع لإنتاج المخبوزات خالية الغلوتين:..... 13

1-6- فول الصويا: 14
1-7- الذرة: 16
1-8- الأرز: 16
1-9- الشوفان: 17
1-10- العوامل المستخدمة لتحسين جودة الخبز الخالي من الغلوتين: 18
1-10-1- النشويات والغرويات المائية: 18
1-10-2- بروتين مصل اللبن: 19
1-10-3- الألياف الغذائية: 19
1-10-4- البيض: 20
1-10-5- الملح: 20
1-11- مواصفات الخبز الخالي من الغلوتين: 22
2-مواد وطرائق البحث MATERIALS AND METHODS: 24
2-1- مواد البحث: 24
2-2- تحضير الخبز: 25
2-2-1- الطريقة التقليدية: 25
2-2-2- الطريقة المعدلة: 26
2-3- الاختبارات الفيزيوكيميائية للدقيق: 27
2-3-1- النسبة المئوية للرطوبة: 27

2-3-2- النسبة المئوية للرماد: 27

2-3-3- النسبة المئوية للبروتين: 27

2-3-4- درجة لون الدقيق: 28

2-4- اختبارات جودة الخبز: 28

2-4-1- الخصائص الكيميائية: 28

2-4-2- الخصائص التصنيعية: 30

2-4-3- الخصائص الحسية: 30

2-4-4- تقييم ظاهرة البيات لعينات الخبز خالية الغلوتين: 30

2-5- التحليل الإحصائي: 31

3- النتائج والمناقشة RESULTS AND DISCUSSION: 33

3-1- الخصائص الفيزيوكيميائية لخلطات الدقيق المستخدمة في تحضير الخبز: 33

3-2- الخصائص الكيميائية لعينات الخبز خالية الغلوتين: 35

3-3- الخصائص التصنيعية لعينات الخبز خالية الغلوتين: 37

3-4- الخصائص الحسية لعينات الخبز خالية الغلوتين: 39

3-5- تقييم ظاهرة البيات لعينات الخبز خالية الغلوتين: 42

3-6- تحديد علاقة الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق بالخصائص الكيميائية للخبز خالي الغلوتين: 46

3-7- تحديد علاقة الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق بالخصائص التصنيعية للخبز خالي الغلوتين: 48

3-8- تحديد علاقة الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق بالخصائص الحسية للخبز خالي الغلوتين: . 49

3-9- تحديد أفضل أنواع الخبز من الناحية الحسية والكيميائية والتصنيعية: 50

4- الاستنتاجات والمقترحات:..... 53

4-1- الاستنتاجات CONCLUSIONS: 53

4-2- المقترحات والتوصيات RECOMMENDATIONS:..... 54

المراجع العلمية REFERENCES: 56

1- المراجع العربية: 56

2- المراجع الأجنبية: 56

الملخص باللغة الإنكليزية Abstract 67

قائمة الجداول

الجدول–1. الصفات الفيزيائية والكيميائية والميكروبية للخبز الخالي من الغلوتين 22

الجدول–2. مكونات وتراكيز المواد المستخدمة في تحضير الخبز الخالي الغلوتين (الخلطة 8). 26

الجدول–3. التركيب الفيزيوكيميائي لخلطات الدقيق. 34

الجدول–4. التركيب الكيميائي لعينات الخبز الخالية من الغلوتين..... 37

الجدول–5. الخصائص التصنيعية لعينات الخبز الخالية من الغلوتين..... 39

الجدول–6. الخصائص الحسية لعينات الخبز الخالية من الغلوتين. 41

الجدول–7. مؤشرات البيات لعينات الخبز الخالية من الغلوتين بعد 24 ساعة من التخزين. 43

الجدول–8. مؤشرات البيات لعينات الخبز الخالية من الغلوتين بعد 48 ساعة من التخزين. 44

الجدول–9. مؤشرات البيات لعينات الخبز الخالية من الغلوتين بعد 72 ساعة من التخزين. 46

الجدول–10. قيم معامل الارتباط للخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق بالخصائص الكيميائية للخبز. 47

الجدول–11. قيم معامل الارتباط للخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق بالخصائص التصنيعية للخبز. ... 48

الجدول–12. قيم معامل الارتباط للخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق بالخصائص الحسية للخبز. 49

قائمة الأشكال

الشكل–1. شعار الأغذية خالية الغلوتين. 14

الشكل–2. مخطط مستوى التشابه بين عينات الخبز المدروسة. 51

الملخص

نُفذ هذا البحث في قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، بهدف دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية، التصنيعية والحسية لعينات الخبز الخالية من الغلوتين المنتجة من دقيق حبوب الأرز، الذرة وفول الصويا وخلطات منهم. بينت نتائج التحليل تباين التركيب الفيزيوكيميائي لأنواع الدقيق الأساسية المستخدمة في تحضير الخلطات، فقد تميز دقيق الصويا بارتفاع كل من مؤشرات الرماد، البروتين ودرجة اللون وانخفاض نسبة الرطوبة مقارنةً مع دقيق الأرز ودقيق الذرة، وكانت هناك اختلافات معنوية في محتوى الرطوبة، الرماد، البروتين ودرجة اللون لمختلف أنواع الدقيق المركب، وكما أبدت هذه الخلطات تركيباً فيزيوكيميائياً أعلى بكثير من محتوى دقيق القمح، وبشكل عام، ازداد محتوى البروتين والرماد واللون في الدقيق المركب مع زيادة مستوى دقيق فول الصويا في الخلطة. من جهة أخرى، بيَّن اختبار تحليل التباين وجود فروقات معنوية بين التركيب الكيميائي لجميع عينات الخبز المحضرة في محتواها من البروتين، اللبيدات والرماد، حيث وجد أن محتوى البروتين كان الأعلى في عينات الخبز المحضرة من دقيق فول الصويا، وبالمقابل، أظهر الخبز المحضر من دقيق الذرة أعلى قيمة لبيدات، بينما كان تباين النسبة المئوية للألياف ضمن مجال ضيق، أما الخلطة المعدلة، التي تحتوي على مكون دهني، فقد تميزت عينات الخبز الناتجة عنها بارتفاع نسبة اللبيدات. بالإضافة إلى ذلك، تميزت عينات الخبز المحضرة بخصائص تصنيعية متباينة، وأكدت أن التخلص من الغلوتين في النظام الغذائي للمرضى الذين يعانون من مرض الاضطرابات الهضمية ينطوي على صعوبات أكبر في عملية صنع الخبز، ويعرض خصائص تصنيعية متدنية، وكانت عينات خبز الصويا هي الأكثر وزناً، بينما كانت عينات خبز الأرز هي الأقل وزناً. أظهر التقييم الحسي أن الخبز المحضر بالطريقة المعدلة وخبز الأرز كانا الأكثر تفضيلاً بشكل عام من ناحية اللون، النكهة والقبول العام عن باقي الأنواع الأخرى، كما لوحظ وجود تباين كبير من حيث طعم الخبز الناتج وخاصة

أنواع الخبز المحضرة من أنواع الدقيق الأساسية، وكان الخبز المحضر بالطريقة المعدلة الأعلى بدرجة القوام الجيد المتماسك المقبول ويليه خبز الذرة. بيَّن اختبار التحليل العنقودي أنه يمكن تحضير أنواع من الخبز الخالي من الغلوتين بالطريقة التقليدية من دقيق الأرز والذرة مشابه في خصائصه للخبز المحضر بالطريقة المعدلة المرجعية.

الكلمات المفتاحية: خبز خالي الغلوتين، داء الزلاقي، الخصائص التصنيعية، الخصائص الحسية.

المقدمة INTRODUCTION:

يعتبر الخبز الغذاء الرئيسي لمعظم شعوب الشرق الأوسط بالرغم من أن استهلاك الخبز يتباين من دولة إلى أخرى وما بين الأشخاص أنفسهم في الدولة نفسها، إلا أن أهميته من الناحية الغذائية ومايوفره من احتياجات غذائية للإنسان قد تم التطرق إليها في دراسات عديدة (الهبيل وغريبي، 2015، ص:191). كما أن الخبز منذ قرون يشكل واحداً من أكثر المنتجات الغذائية استهلاكاً وقبولاً بسبب قيمته الغذائية العالية نسبياً وخصائصه الحسية الفريدة (الملمس والذوق والنكهة)، ومع ذلك فإن عدداً متزايداً من الأفراد يعانون من مرض الاضطرابات الهضمية (Roshid et al, 2016. P:9).

عادةً ما تكون أجزاء الطعام المسؤولة عن التفاعلات التحسسية عبارة عن بروتينات مثيرة للحساسية وأكثر المواد المسببة للحساسية الغذائية شيوعاً، وهي المسؤولة عن ما يصل إلى 90% من جميع أنواع الحساسية، هي البروتينات الموجودة في حليب الأبقار، والبيض، والفول السوداني، والقمح، وفول الصويا، والأسماك، والمحار (Rakkar, 2007. P:2).

يعد مرض الاضطرابات الهضمية وحساسية الغلوتين غير الزلاقي أمراً شائعاً، على الرغم من أنه يتم علاج كلتا الحالتين بنظام غذائي خالٍ من الغلوتين، إلا أن التمييز بين مرض الاضطرابات الهضمية وحساسية الغلوتين غير الزلاقي أمر مهم للعلاج طويل الأمد (Maureen et al, 2017). يمكن وصف مرض الاضطرابات الهضمية على أنه اعتلال معوي مزمن في الأمعاء الدقيقة يبدأ عن طريق التعرض للغلوتين في الأفراد المهيئين وراثياً (Hegazy et al, 2009. P:123)، ويجب متابعة الداء البطني عن كثب من أجل الالتزام بالنظام الغذائي، ونقص التغذية الحاصل، وتطور الأمراض المصاحبة المحتملة. أما حساسية الغلوتين غير الزلاقي فهي مصطلح يستخدم لوصف الأفراد الذين لديهم أعراض معوية، راض خارج

الأمعاء، أو كليهما، المتعلقة بتناول الحبوب المحتوية على الغلوتين، مع شعور بالتحسن عند إزالة الغلوتين من النظام الغذائي للمرض (Maureen et al, 2017. P:647).

يعد مرض الاضطرابات الهضمية الزلاقي أحد أكثر الأمراض الغذائية الوراثية شيوعاً في جميع أنحاء العالم وخاصة في دول أوروبا ويصيب الكبار والأطفال وقد يحدث في أي سن وهو يظهر عندما يتعرض الطفل لأول مرة لتناول الأطعمة المحتوية على الغلوتين عند حوالي 3-4 أشهر من العمر، ومن أعراض هذا المرض الإسهال، نقص الوزن، الأنيميا، وتوجد أعراض أخرى مثل الغثيان، انتفاخ البطن، الاكتئاب، القلق، آلام في المفاصل والعظام، طفح جلدي، كما يزداد وزن الأطفال المصابين بحساسية الغلوتين ببطء أي أقل من المعدل الطبيعي أو قد يعانون من فقد الشهية وفقدان الوزن (Capriles& Alfredo , 2014).

يُعتبر اتباع نظام غذائي خالٍ من الغلوتين هو العلاج المفضل لمرضى الداء الزلاقي، لأنه يحسن أعراض الجهاز الهضمي وفي غضون أسابيع قليلة، وقد ثبت أنه يسبب استجابة نسيجية ومصلية في غضون 1-2 سنة، إذا كان المرضى يلتزمون بشدة بهذا النظام الغذائي إذ يتم حل نقص الفيتامينات، ويقل خطر الإصابة بأمراض المناعة الذاتية المصاحبة والأورام الخبيثة المرتبطة بهذا المرض (Raymond et al, 2006. P:68). ومع ذلك يفشل العديد من المرضى في الامتثال لهذا النظام الغذائي المقيد مدى الحياة، لأن الغلوتين هو عنصر شائع في الأنظمة الغذائية حول العالم والأطعمة الخالية من الغلوتين ليست متاحة على نطاق واسع. حتى إذا بذل المرضى قصارى جهدهم لتجنب الغلوتين في وجباتهم الغذائية فإن مستويات صغيرة من التلوث تحدث بشكل متكرر في المنتجات الغذائية ويستهلك العديد من الأشخاص عن غير قصد الأطعمة التي تحتوي على غلوتين (Bakshi et al, 2012. P:583).

تم في هذا البحث دراسة تصنيع خبز خالي من الغلوتين خاص بمرضى داء الزلاقي وقد تناول كل من الفصول التالية :

تضمن **الفصل الأول** تسليط الضوء على أهم الدراسات المرجعية الحديثة والتي ركزت على مرض حساسية الغلوتين وبروتينات القمح المسببة لهذا المرض وما هي ألية عمل الغلوتين في العجين بالإضافة إلى التعريف بسوق المنتجات خالية الغلوتين والمنهج المتبع لإنتاج المخبوزات خالية الغلوتين، كما بين هذا الفصل بعض أنواع الحبوب الخالية الغلوتين الممكن استخدامها مثل فول الصويا والذرة والأرز والشوفان بالإضافة إلى أهم المواد المستخدمة لتحسين جودة الخبز الخالي من الغلوتين (النشويات والغرويات المائية، بروتين مصل اللبن، الألياف الغذائية، البيض والملح)، كما عرض مواصفات الخبز الخالي من الغلوتين.

تم في **الفصل الثاني** ذكر مواد البحث وطرائقه من حيث مكان تنفيذ البحث وطريقة تحضير خلطات الدقيق ومن ثم كيفية تحضير الخبز بالطريقة التقليدية والطريقة المعدلة، كما تم ذكر أهم المؤشرات المدروسة والتي تضمنت الاختبارات الفيزيوكيميائية للدقيق (% الرطوبة، % الرماد، % البروتين ودرجة لون الدقيق) واختبارات جودة الخبز والتي قسمت إلى أربعة أقسام: 1- الخصائص الكيميائية، 2- الخصائص التصنيعية، 3- الخصائص الحسية، 4- تقييم ظاهرة البيات لعينات الخبز خالية الغلوتين على ثلاث فترات زمنية (24 ساعة -48 ساعة – 72 ساعة)، كما بين هذا الفصل نوع التحليل الإحصائي المستخدم.

بيَّن **الفصل الثالث** النتائج والمناقشة التي تمَّ الحصول عليها للمؤشرات المدروسة كما تم تحديد علاقة الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق بكل من الخصائص الكيميائية، الخصائص التصنيعية، الخصائص الحسية للخبز خالي الغلوتين، وذُكر في هذا الفصل أفضل أنواع الخبز من الناحية الحسية والكيميائية والتصنيعية.

أوضح **الفصل الرابع** أهم الاستنتاجات وفق النتائج التي توصلنا إليها في هذه الدراسة من حيث تباين التركيب الفيزيوكيميائي لأنواع الدقيق الأساسية المستخدمة في تحضير الخلطات (دقيق الأرز، الذرة وفول الصويا منزوع الدسم) وتباين التركيب الكيميائي لعينات الخبز المحضرة، كما أظهر هذا الفصل أن استخدام أنواع

دقيق خالي من الغلوتين في عملية صنع الخبز يعطي خبز ذو خصائص تصنيعية متدنية وتباين في التقييم الحسي من حيث اللون، النكهة، الطعم والقبول العام.

تساؤلات البحث

هل من الممكن تصنيع خبز خالي من الغلوتين مشابه بخصائصه الفيزيوكيميائية والتصنيعية والحسية لخبز القمح القياسي ويلبي حاجة المستهلكين؟

فرضيات البحث

هل هناك فروقات ذات دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة (5%) بين الخصائص الفيزيوكيميائية والتصنيعية والحسية لعينات الخبز خالية الغلوتين؟

هل هناك علاقة ارتباط معنوية بين الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق بالخصائص الفيزيوكيميائية والحسية للخبز خالي الغلوتين؟

مبررات البحث

نظراً لانتشار المرضى الذين يعانون من مرض الاضطرابات الهضمية الناجمة عن استهلاك المنتجات الحاوية على الغلوتين، لذلك فإن إمكانية استبعاد الغلوتين هو واحدة من التحديات الرئيسية في هذه المنتجات، وكانت المهمة الأساسية لمنتجي الأغذية هي إنتاج خبز خالٍ من الغلوتين ذي جودة عالية قابل للاستهلاك وغير مكلف.

يرتكز البحث الحالي على إيجاد مزيج من أنواع مختلفة من الدقيق الخالي من الغلوتين كالأرز، الذرة وفول الصويا منزوع الدسم مع أو بدون إضافة مواد مساعدة كالنشاء، الألياف، الحليب المجفف، بروتين مصل

اللبن وغيرها لإنتاج عجينة لديها القدرة على حجز غاز ثاني أكسيد الكربون في أثناء عمليات الخلط والعجن والخبز للحصول على خبز بحجم كبير مناسب ومرغوب فيه للمستهلكين.

أهداف البحث

1. إنتاج أنواع من الخبز خالية من الغلوتين Gluten Free Bread (GFB) والخاصة بمرضى داء الزلاقي.
2. دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق المستخدم والخصائص الفيزيوكيميائية، التصنيعية والحسية (اللون، النكهة، القوام، الطعم والقبول العام) لعينات الخبز الخالية من الغلوتين المنتجة.
3. تحديد أفضل أنواع الخبز الخالي من الغلوتين من الناحية الحسية والكيميائية والتصنيعية.

خطوات العمل :

تم تنفيذ البحث باتباع الخطوات الآتية:

1. شراء حبوب الأرز، الذرة وفول الصويا المحمص من السوق المحلية وجرى طحنها والحصول على الدقيق المطلوب.
2. تجهيز خلطات الدقيق المستخدمة مع المواد الآتية:
   - ملح معالج باليود.
   - سكر أبيض.
   - خميرة جافة (خميرة الخباز).
   - ماء فاتر.
   - بياض البيض.

- نشاء الذرة.
- دقيق الأرز البني.
- زيت الزيتون.
- ألياف الشوفان.
- الصمغ العربي.

3. دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق المستخدم والخلطات المشكلة منه.
4. تشكيل العجينة والخبز بالفرن والحصول على أنواع الخبز المطلوبة.
5. قياس الخصائص الفيزيوكيميائية للخبز الناتج.
6. تقييم الأنواع المختلفة من الخبز الخالي من الغلوتين حسياً.
7. تحديد خصائص الرغيف التصنيعية.
8. تقدير ظاهرة البيات لعينات الخبز المنتجة على فترات زمنية مختلفة .
9. استخدام اختبار تحليل التباين ANOVA ثم تبع باختبار Tukey لتحديد الفروق المعنوية بين المتوسطات على مستوى ثقة (5% ($p \leq 0.05$).

الفصل الأول

الدراسة المرجعية

Literature Review

1- الدراسة المرجعية LITERATURE REVIEW:

1-1- مرض حساسية الغلوتين:

مرض الاضطرابات الهضمية أو مرض حساسية الغلوتين أو الداء البطني أو داء الزلاق أو مرض السيلياك هي جميعها مسميات لمرض واحد وهو عدم القدرة على تحمل الغلوتين الموجود في بعض الحبوب كالقمح والشعير والشيلم وغيرها. يعد هذا المرض أحد أكثر الأمراض الغذائية الوراثية شيوعاً في جميع أنحاء أوروبا، الشرق الأوسط، أستراليا، أميركا وشمال أفريقيا، حيث يحدث في 1 من 130-300 من السكان الأوربيين و1 من 111 من سكان الولايات المتحدة أي بنسبة 2-3% (Roshid et al, 2016. P:10)، أما بالنسبة لانتشار المرض في الأشخاص ممن لديهم قابلية وراثية للمرض فتصل نسبتهم الى 4% لدى مرضى السكري، 2% للأقرباء من الدرجة الأولى، 3% لدى المرضى المصابين بالتهاب الغدة الدرقية المناعي ومن 5-10% من المرضى المصابين بمتلازمة داون (Hof fenberg et al, 2003؛ Bingley et al, 2004). أشار Ciacci وزملاؤه (2002) في دراستهم أن مرض حساسية الغلوتين يصيب الإناث أكثر مقارنةً بالذكور، وكما أشار Hallert وزملاؤه (1983) إلى أن المرض يظهر في الجنسين ويمكن أن يبدأ في أي مرحلة من مراحل العمر فيظهر في الرضيع من وقت تناوله الحبوب وحتى سن متقدم من العمر (حتى لو كان هذا الشخص يستهلك الحبوب المحتوية على الغلوتين طوال حياته) .

ويعرَّف مرض الداء الزلاقي (الداء البطني) Celiac disease على أنه اضطراب مزمن يصيب الجهاز الهضمي كردة فعل على التعرض لمادة الغلوتين الموجودة في الخبز، المعكرونة وأنواع أخرى من الطعام التي تحتوي على بروتينات القمح، حيث يقوم الجهاز المناعي الموجود في جسم المصاب بالداء البطني، عند تناول أطعمة تحتوي على الغلوتين بمهاجمة أنسجة الأمعاء الدقيقة فيسبب ضرراً لبطانة الأمعاء مما يجعلها عاجزة عن امتصاص بعض مركبات الغذاء الضرورية، ويؤدي سوء امتصاص المواد الغذائية في نهاية المطاف إلى نقص

في الفيتامينات يحول بدوره دون وصول المركبات الغذائية الأساسية الضرورية لعمل الدماغ والجهاز العصبي في داخل الجمجمة، العظام، الكبد وأعضاء أساسية أخرى مما يؤدي الى حدوث خلل في وظائف هذه الأعضاء (Greco et al, 2010). تظهر أعراض الداء الزلاقي الأكثر شيوعاً على شكل إسهال مزمن، فقدان الوزن، انتفاخ وألام البطن وفقر الدم، وتشمل الأعراض الأخرى تشنجات عضلية بسبب انخفاض الكالسيوم، تباطؤ معدل النمو لدى الأطفال، الطفح الجلدي المؤلم بشكل خاص حول الركبتين والمرفقين والأرداف والظهر، وفي الحالات المتقدمة غير المعالجة يمكن أن يحدث تلف في الجهاز العصبي بما في ذلك التنميل في الأطراف، تغيير السلوك والتهيج والاكتئاب، وكما يمكن أن يحدث نقص اللاكتاز أيضاً بسبب تلف الغشاء المخاطي في الأمعاء مما يؤدي إلى عدم تحمل اللاكتوز. يرتبط مرض الاضطرابات الهضمية غير المعالجة بمخاطر طويلة الأمد مثل هشاشة العظام وفقر الدم والأورام المعدية المعوية، كما تتعرض النساء المصابات بالمرض (غير المعالجة) لخطر متزايد من الإجهاض والأمهات أكثر عرضة لولادة أطفال بأوزان منخفضة (Rakkar, 2007. P:4). لا يمكن الشفاء من الداء الزلاقي لكن بالإمكان السيطرة على المرض عن طريق الالتزام بنظام غذائي ملائم، فعند تناول أطعمة خالية من الغلوتين يبدأ الالتهاب الناشئ في الأمعاء الدقيقة بالتراجع خلال بضعة أسابيع ويبدأ الشعور العام بالتحسن خلال بضعة أيام من بدء التغيير في النظام الغذائي، وقد تستغرق عملية شفاء جدار الأمعاء والزغب المعوي الذي يغلفه بضعة أسابيع لدى المرضى الشباب وبين سنتين وحتى ثلاث سنوات لدى المرضى الكبار في السن (Hegazy et al, 2009). من أجل السيطرة على الداء البطني ومنع حدوث المضاعفات المختلفة يجب على المريض تجنب جميع أنواع الطعام التي تحتوي على الغلوتين حيث إن أي كمية صغيرة جداً من الغلوتين كافية للتسبب بظهور أعراض هذا المرض والمضاعفات المختلفة، لذلك يجب الامتناع كلياً عن مثل هذه الأطعمة كالقمح ومنتجاته (Pietzak et al, 2015). وإن المراقبة الصارمة للنظام الغذائي الخالي من الغلوتين (GFD) ليست سهلة لأنها تساهم في العزلة الاجتماعية للمرضى

الذين يعانون من مرض الاضطرابات الهضمية، بالإضافة إلى ذلك قد يحدث نقص غذائي في الفيتامينات (B Complex، D) والحديد والزنك والكالسيوم والمغنزيوم والألياف.

1-2- بروتينات القمح:

اكتشف أن سمية بروتين القمح المسبب لهذا المرض تعزى إلى بروتين الغليادين الموجود في القمح وخاصة الألفا غليادين، حيث توجد استجابة مناعية غير مألوفة لتتابع معين للأحماض الأمينية في جزيء الغليادين (van den Broeck et al, 2011؛ Prandi et al, 2013).

تصنف بروتينات القمح تبعاً لذوبانيتها في مجموعة من المحاليل إلى 4 أجزاء هي (Shewry et al, 1999):

- الألبومينات: ذوابة في الماء.
- الغلوبيولينات: ذوابة في المحاليل الملحية.
- الغلياديناتت: ذوابة في الكحول 60-70%.
- الغلوتينينات: غير ذوابة في المحاليل السابقة، لكن يذوب جزء منها في القلويات.

وعموماً تجزأ البروتينات حسب هذا النظام إلى بروتينات غلوتينية (Gluten proteins) والتي تشكل 75% من البروتينات الكلية في القمح وتشمل الغليادين والغلوتينين، بينما يعد الألبومين والغلوبيولين من البروتينات غير الغلوتينية (Nongluten proteins) والتي تشكل 25% من البروتينات الكلية في القمح (Eliasson, 1993 &Larsson).

عند مزج الدقيق مع الماء يتحد الغليادين والغلوتينين مع مركبات أخرى مثل اللبيدات والكربوهيدرات وعناصر معدنية لتشكيل كتلة لزجة مطاطية تدعى الغلوتين (Feillet, 1980)، حيث يكون الغليادين مسؤولاً عن صفة اللزوجة والغلوتينين عن صفة المطاطية (Weegels et al, 1996؛ Schofield& Khatkar, 1997). يملك الغلوتين ذوبانية منخفضة في الماء والمحاليل الملحية ويعود ذلك إلى محتواه المنخفض من الأحماض

الأمينية ذات الجذور القطبية ومحتوى عالٍ من الأحماض الأمينية ذات الجذور غير القطبية بالإضافة إلى محتوى عالٍ من الغلوتامين (Veraverbeke& Delcour, 2002)، وتعود أهمية الغلوتين في جودة الخبيز إلى قدرة الغلوتين على تشكيل الشبكة المرنة اللزجة (Gluten complex) والمسؤولة عن التمدد خلال التخمر. يتكون الغلوتين من غلياديين ذات وزن جزيئي بين 30–80 كيلودالتون، وغلوتينين يتراوح وزنه الجزيئي من 80 حتى عدة آلاف كيلودالتون (Kasarda, 1989).

يقسم الغلياديين إلى 4 مجموعات بالاعتماد على حركته باستخدام تقنية الرحلان الكهربائي (SDS– PAGE) وهي ألفا، بيتا، غاما وأوميغا، بينما يقسم الغلوتينين إلى تحت وحدات غلوتينين ذات وزن جزيئي مرتفع (HMW–GS) وتحت وحدات غلوتينين ذات وزن جزيئي منخفض (LMW–GS).

إن الغلوتين هو في الأساس الترجمة اللاتينية لكلمة (Glue) أي "الغراء" (Wieser, 2007)، ويشكل الغلوتين في دقيق القمح شبكة بروتينية ثلاثية الأبعاد عند الترطيب والخلط المناسبين. تُستخدم خصائص تشكيل الشبكة هذه في تطبيقات الخبز لإعطاء عجين لزج مطاطي، وإلى جانب تكوين الشبكة، تشتمل وظيفة الغلوتين في الغذاء على ربط الماء وإعطاء اللزوجة، مما يجعل الغلوتين مضافاً غذائياً مستخدَماً على نطاق واسع (&Capriles Alfredo, 2014).

الغلوتين هو أيضاً مصطلح غذائي يستخدم للإشارة إلى بروﻻمين حبوب معين، أي البروتينات القابلة للذوبان في الإيثانول من القمح والشيلم والشعير وحبوبها المخلوطة وربما الشوفان، وهذه البروﻻمينات مهمة جداً في سياق مرض الاضطرابات الهضمية (Coeliac Disease)، وحساسية الغلوتين غير الاضطرابات الهضمية (Non–Coeliac Gluten Sensitivity)، وترنح الغلوتين (Gluten Ataxia)، والتهاب الجلد الحلئي الشكل (Dermatitis Herpetiformis)، وبالنسبة للأشخاص الذين يعانون من هذه الأمراض، فإن العلاج الوحيد الفعال حتى الآن هو بالتخلص من الغلوتين تماماً لمدى الحياة من نظامهم الغذائي.

1-3- ألية عمل الغلوتين في العجين:

تشكل بوليميرات الغلوتين شبكة مستمرة تعطي العجين قوة ومرونة مستمرة إذ يرتبط جزيء الغلوتينين بروابط ثاني الكبريتيد بين الجزيئات مما يوفر بنية شبكية، كما أن الغليادين (الأحادي) باحتوائه على روابط ثاني كبريتيد داخل الجزيئات يعطي البروتينات هيكلاً كروياً تعمل كملدنات للنظام البوليميري الغلوتيني، هذه الطريقة توفر اللدونة واللزوجة لعجين دقيق القمح تسمح هذه الخصائص بتحويل دقيق القمح إلى عجين بخصائص مناسبة لصنع الخبز (Rakkar, 2007. P:10).

خلال عملية الخلط تؤدي شبكة الغلوتين المجمعة الناتجة دوراً رئيسياً في الاحتفاظ بثاني أوكسيد الكربون الناتج في أثناء التخمير وخلال المراحل الأولية من الخبز لإنتاج خبز خفيف ومنتفخ (احتباس الغاز داخل العجين تحدد بدورها حجم الرغيف وهيكل الفتات للخبز الناتج).

في مرحلة الخبيز تتفتح حبيبات النشاء وتنتفخ نتيجة لتأثير الحرارة والرطوبة خلال مدة معينة كما تحدث تغيرات في بروتينات الغلوتين إذ يتشكل مزيج بين الجزيئات السطحية الكارهة للماء والجسور الكبريتية (-S-S-) وتشكيل روابط شبكية جديدة للكبريتيد نتيجة لهذه التغييرات مجتمعة يتم تحويل البنية النموذجية للعجين المختلط والمخمور جزئياً إلى بنية إسفنجية نموذجية من الخبز المخبوز (Rakkar, 2007. P:10).

1-4- سوق المنتجات خالية الغلوتين:

تشير بيانات السوق العالمية إلى أنه من المتوقع أن تزداد مبيعات المنتجات الخالية من الغلوتين بمعدل نمو سنوي قدره 10.4% بين 2015 و2020. مع تصاعد التطبيق السريري وشعبية النظام الغذائي الخالي من الغلوتين، تستمر مطالب المستهلكين في التأثير على سوق المواد الغذائية ووضع المواصفات على معايير المنتجات الخالية من الغلوتين. في عام 2013، حددت لائحة الاتحاد الأوروبي رقم 2013/609 القواعد الخاصة بمتطلبات الانتاج والتمييز للمنتجات الخالية من الغلوتين (European Parliament Regulation, 2013)

، تضمن هذه الإرشادات أن الأشخاص الذين لا يتحملون الغلوتين يتم إعلامهم بشكل كافٍ بالاختلاف بين الأطعمة الخالية بشكل طبيعي من الغلوتين والأطعمة التي يتم إنتاجها و / أو تحضيرها و / أو معالجتها من أجل تقليل محتوى الغلوتين لديهم. في العام نفسه، اشترطت إدارة الغذاء والدواء بأن المنتجات التي تحمل علامة "خالية من الغلوتين" لا يمكن أن تتجاوز عتبة 20 جزءاً في المليون، على الرغم من أن تاريخ الامتثال الرسمي قد تم تحديده لعام 2014 (Food and Drug Administration, 2018). يساعد هذا المبدأ التوجيهي مرضى الداء الزلاقي على التنقل في السوق الحالية وحماية أنفسهم من استهلاك المنتجات التي قد تؤدي إلى تفاقم أعراضهم و / أو تنشيط تلف الغشاء المخاطي المناعي حتى في حالة عدم وجود أعراض. يشمل النظام الغذائي الخالي من الغلوتين المجموعات الغذائية الخالية بشكل طبيعي من الغلوتين، مثل الفاكهة الطازجة والخضروات والمأكولات البحرية واللحوم والدواجن والبقوليات والمكسرات ومعظم منتجات الألبان (Theethira& Dennis, 2015)، ومع ذلك، قد تحتوي بعض هذه المنتجات أيضاً على غلوتين "مخفي". وبالتالي، يجب قراءة ملصقات المنتجات وقوائم المكونات بعناية. بالنسبة للأطعمة التقليدية المحتوية على الغلوتين، مثل منتجات المخابز، توجد حالياً مجموعة متنوعة من الخيارات الخالية من الغلوتين التي تستخدم الحبوب الخالية من الغلوتين والحبوب الكاذبة، مثل الأرز والذرة والكينوا والدخن والقطيفة كمكونات أساسية لها.

1-5- المنهج المتبع لإنتاج المخبوزات خالية الغلوتين:

تعد الأغذية الخاصة التي يهتم بها مرضى الداء الزلاقي نقطة مهمة يجب التركيز عليها وإعطاؤها الأهمية اللازمة الضرورية.

وعلى الرغم من التحديات فقد تم استخدام أنواع من الدقيق الخالي من الغلوتين، فعلى سبيل المثال، يستخدم دقيق الذرة والبطاطا والأرز والصويا والفاصولياء واللوبياء في عمل منتجات مثل الخبز والمعكرونة وأنواع معجنات أخرى تبيعه شركات متخصصة لهؤلاء المرضى (Fardet, 2015). وحالياً هناك أنواع أطعمة معدلة منزوعة

الغلوتين، ولكن يجب التأكد من ذلك قبل استخدامها (Czaja-Bulsa, 2015). ولقد بدأ الآن بوضع جداول للأطعمة الخالية من الغلوتين وهنالك شعار معروف يشير إلى خلوّ الطعام من الغلوتين ويرمز له بسنبلتين متقاطعتين، ولقد أدرج هذا الشعار على نطاق واسع من قبل شركات الطعام في أوروبا.

الشكل-1. شعار الأغذية خالية الغلوتين.

يتم استخدام دقيق بعض أنواع الحبوب مثل الأرز، الأرز البني، الذرة، الصويا، الفول، البقوليات وكذلك البطاطا والقطيفة ودقيق الدخن بالإضافة إلى مكونات أخرى ضرورية مساعدة لتشكيل هيكل المنتج الخالي من الغلوتين مثل البيض أو بروتين الصويا (Hegazy et al, 2009. P:123).

بالمقارنة مع المنتجات المخبوزة التقليدية، فإن تطوير منتجات خالية الغلوتين وعالية الجودة أمر صعب بسبب الخصائص الفريدة للغلوتين، كما أنها تكون أعلى في التكاليف بسبب استخدام المكونات المتخصصة، وتكون مدة صلاحيتها أقصر (Hosseini et al, 2018).

1-6- فول الصويا:

يزرع فول الصويا ويستخدم كغذاء بشري منذ حوالي 5000 عام بدءاً من الصين، وهو الآن منتشر على نطاق واسع في بلدان الشرق الأقصى. يعد فول الصويا مزيجاً معقداً من المكونات، حيث يحتوي البروتين (يعد غنياً

نسبياً بالليسين وفقيراً بالأحماض الأمينية الكبريتية مثل المثيونين)، حيث عند إضافة بروتين الصويا إلى دقيق القمح يزيد من نسبة البروتين ويحسن توازن الأحماض الأمينية في الطعام ويوفر منتجاً غذائياً ذا قيمة غذائية أعلى. يحتوي الخبز الأبيض عادةً على 8.2% بروتين، إن إضافة 3% دقيق الصويا إلى العجين يزيد من بروتين العجين وإضافة 5% من دقيق الصويا يرفعه إلى 9.2%، كما يحتوي دقيق الصويا على حوالي 6% سكريات غير قابلة للتخمير تعطي القشرة لوناً مرغوباً فيه معيناً عند التحكم في وقت الخبز، بالإضافة إلى محتواه من الألياف، السابونين، الفيتوسيترول وغيرها من العناصر المهمة، لذلك يستخدم دقيق الصويا بكثرة من قبل مصنعي الأغذية وخاصة الخبازين (Stauffer, 2008. P:5). يعد دقيق الصويا منزوع الدسم هو شكل بروتين الصويا الأكثر استخداماً في تطبيقات الخبز، إذ يتم تحميصه على مستويات مختلفة قبل الطحن، يعمل هذا على تعطيل نشاط أنزيمات الأكسدة الدهنية ويزيد من ثبات الدقيق عند التخزين، كما أنه يزيل بعض مكونات النكهة الموجودة في فول الصويا غير المحمصة وهذا ما يسمى (PDI 70) دقيق الصويا منزوع الدسم، وكما أنه يظهر عدة وظائف مرغوب فيها في أثناء تجهيز المخبوزات، حيث إنه يمتص الماء في أثناء الخلط ويحتفظ بالرطوبة في أثناء الخبز، وبالتالي يزيد فترة صلاحية المنتج نتيجة الاحتفاظ بالرطوبة، بالإضافة الى أنه يحسن لون القشرة ويكسب اللون الأبيض للخبز المصنع منه.

ويكمن الفرق بين دقيق الصويا كامل الدسم ودقيق الصويا منزوع الدسم، بأنّ الدقيق كامل الدسم يستخدم كمحسن للخبز والتي تعود نتيجة للأنزيم النشط، وأثناء التخزين تحدث تغيرات تؤدي لظهور نكهات وروائح غير مرغوبة وهذه تنتقل إلى المنتج النهائي، أما الدقيق منزوع الدسم (والذي يحتوي على 6-8% دهن) فالحرارة التي يتعرض لها في أثناء التحميص تثبط نشاط الأنزيمات وبالتالي لايكون لها تأثير في إظهار الروائح الغريبة (Rakkar, 2007).

إن إضافة 10–15% دقيق الصويا منزوع الدسم في الخلطة يوفر كمية جيدة من البروتين ويعطي المنتج النهائي قواماً يشبه قوام الخبز العادي مع مرونة أفضل وعمر افتراضي أطول وألوان قشرة أكثر قبولاً (Stauffer, 2008. P:5).

1-7- الذرة:

تعد الذرة مصدراً غذائياً مهماً لكثير من سكان العالم وتشكل وسيلة لإدخال الفيتامين والمعادن بالإضافة لبعض المغذيات إلى الغذاء ويعد غذاءً أساسياً بعد القمح والأرز (Gwirtz & Garcia-Casal, 2014. P:66).

المرضى الذين يعانون من عدم تحمل الغلوتين والذين يحرمون من جميع المنتجات الغذائية الغنية بالغلوتين، لديهم القليل من الأطعمة للاختيار من بينها، ومن أجل التأكيد على أن هؤلاء المرضى قادرون على تذوق مجموعة أوسع من الأطعمة الخالية من الغلوتين تم إجراء دراسات على الأطعمة البديلة الأخرى ووجدت أن وجبة الذرة بديل ممتاز لمرضى عدم تحمل الغلوتين (Arjun et al, 2015).

من أجل الحصول على الخصائص الهيكلية والتصنيعية المناسبة لمنتجات المخابز النهائية يلزم وجود تركيز كافٍ من السكريات البسيطة التي تعد الغذاء للخميرة في أثناء التخمر الكحولي، إلا أن محتوى السكريات الذائبة في دقيق الذرة منخفض، حيث يصل إلى (1.15%)، كما أن نشاط إنزيمات الأميلاز الداخلية في الدقيق منخفض أيضاً، لذلك من أجل تخمير العجين للحصول على كمية كافية من ثاني أكسيد الكربون يجب إضافة السكريات البسيطة أو إنتاجها عن طريق حلمهة النشاء، لذا فإن دقيق الذرة يعد نوعاً جيداً لتحقيق ذلك حيث يصل محتواه من النشاء إلى (65–70%) في المخبوزات (Khmelevskaya et al, 2019. P:32).

1-8- الأرز:

تمتاز أصناف الأرز وخاصة الأصناف التقليدية منها بقدرتها على التكييف مع جميع الظروف المناخية، كما تظهر مقاومة كبيرة للأمراض والآفات والإجهاد المائي والملوحة العالية، وكما وجد أن دقيق الأرز الذي يتم

الحصول عليه من أصناف تقليدية مغذي ويحتوي على كميات أعلى من أحماض الغلوتاميك والفيتامينات مقارنةً مع الأصناف التجارية، كما أنه يعد بديلاً مثالياً لدقيق القمح في صناعة الخبز (Peries et al, 2017. P:1).

إن استخدام دقيق الأرز في صناعة المخبوزات يحتاج إلى تحسين الخصائص الوظيفية للدقيق باستخدام الطرائق الكيميائية والفيزيائية والأنزيمية وذلك لعدم احتوائه على الغلوتين التي تعد مهمة للحفاظ على الهيكل الصحيح لعجين الخبز (Peries et al, 2015. P:69). غالباً ما ينتج عن نقص الغلوتين خليط مائي بدلاً من عجينة، ويمكن أن يؤدي إلى خبز ذي بنية ولون رديء وعيوب أخرى في جودة مابعد الخبز (Peries et al, 2017. P:1). إن دقيق الأرز ذو محتوى منخفض من البرولامين (2.5-3.5%)، يمكن دمج مختلف الكربوهيدرات لإنتاج الخبز المرغوب فيه (Rakkar, 2007. P:13).

يمكن توسيع تطبيقات دقيق الأرز عن طريق ربط بروتينات الأرز سواء داخل الجزيئات أو بين الجزيئات لتكوين شبكة مستقرة تم تحقيق ذلك باستخدام أنزيم ترانس غلوتاميناز الميكروبي وأوكسيداز الغلوكوز في تركيبة مع 2% Hydroxyl Propyl Methyl Cellulose (HPMC) (Rakkar, 2007. P:13).

1-9- الشوفان:

يعد استخدام دقيق الشوفان أمراً مثيراً للجدل، لكن الدراسات السابقة أظهرت أن الاستهلاك المعتدل للشوفان لا يؤدي إلى أي آثار صحية ضارة في معظم مرضى داء الزلاقي (Hager et al, 2012)، ومع ذلك، يجب أن يكون الشوفان المستخدم خالياً من الغلوتين. غالباً ما يتلوث الشوفان بالحبوب التي تحتوي على الغلوتين في أثناء الحصاد، ولا يعد فصل هذه الحبوب المحتوية على الغلوتين والشوفان أمراً سهلاً.

1-10- العوامل المستخدمة لتحسين جودة الخبز الخالي من الغلوتين:

شبكة الغلوتين هي هيكل رئيسي للاحتفاظ بالغاز واكتساب الحجم والملمس الناعم في عجين الخبز، وهو مهم من أجل مظهر الخبز وأيضاً لتكوين هيكله في أنظمة العجين (Meybodi et al, 2015. P:81)، ومن أجل الحصول على هذه المواصفات في الخبز الخالي من الغلوتين يمكن إضافة عدة مواد تعمل معاً للحصول على الخبز المطلوب، ومنها:

1-10-1- النشويات والغرويات المائية:

النشويات والغرويات المائية هي مجموعتان رئيسيتان تستخدمان على نطاق واسع في صياغة منتجات المخابز لتحسين خواص قوامها ومظهرها (التبلور، تمدد النسيج وتوسعه) وتكون بشكل متعدد السكاريد أو البروتين الذي ينشأ من مصادر مختلفة من البذور والفواكه والمستخلصات النباتية والأعشاب البحرية والكائنات الدقيقة (Meybodi et al, 2015. P:82).

يمكن استخدام نشاء الأرز كبديل عن نشاء القمح في صياغة المخبوزات الخالية من الغلوتين إلا أنه قد يخلق بعض المشكلات في صنع الخبز، حيث كشفت دراسات أن استبدال دقيق الأرز بدلاً من دقيق القمح بكميات تصل إلى 30% يجعل جودة الخبز الخالية من الغلوتين مقبولة أكثر (Meybodi et al, 2015. P:82).

كما يمكن استخدام بعض الغرويات بما في ذلك HPMC (Hydroxyl Propyl Methyl Cellulose)، Methyl Cellulose، Carboxymethyl Cellulose، صمغ الغوار، صمغ الزانتان والآغار وبيتا جلوكان لتكوين خبز الأرز وتحسين جودة الخبز الخالي من الغلوتين (Curic et al, 2007. P:228)، وقد تمت دراسة تأثير عوامل الربط السابقة كبديل للغلوتين في تركيبات GFB التي تحتوي على نشاء الذرة، وأظهرت النتائج أن هذه العوامل قادرة بشكل كبير على زيادة حجم الرغيف وتقليل هيكل اللبابة، كما تبين أن استبدال

10% و20% من دقيق الصويا زاد من تماسك الخليط 2 و4 مرات على التوالي مقارنةً مع التركيبات المصنوعة بالكامل مع دقيق الأرز (Meybodi et al, 2015. P:82).

1-10-2- بروتين مصل اللبن:

السمة الخاصة لدقيق القمح في صناعة الخبز هي قدرته على إنشاء هيكل ميزوسكوبي هذا الهيكل يؤخر حركة الماء في هيكل الخبز ويخلق فتات أكثر نعومة، إن بروتينات مصل اللبن قادرة أيضاً على إنشاء بنية ميزوسكوبية في الخليط وتعطي خصائص مناسبة للحصول على خليط يشبه العجين إذ إن إضافة 6% من مسحوق بروتين مصل اللبن في GFB قادر على تعزيز محتواه من البروتين بمقدار مرتين ولكنه يؤدي إلى انخفاض كمية الألياف الغذائية (van Riemsdijk et al, 2011).

بروتين مصل اللبن هو عامل فعال يضاف إلى الخبز لتعزيز امتصاصه للماء وقيمته الغذائية، ويعطي بروتين مصل اللبن الخبز المكمل به اللون البني المرغوب فيه كما يحسن من أنسجة الخبز الناتج ويزيد من حجم الرغيف، وبشكل عام هو بديل مناسب للغلوتين لتحسين مظهر الخبز الخالي من الغلوتين وتأخير معدل البيات (Meybodi et al, 2015. P:83).

تحتوي مساحيق الألبان على نسبة عالية من البروتين (80-90%) تعمل على تحسين المحتوى الغذائي للخبز الخالي من الغلوتين كما تعطي القشرة واللبابة خصائص جيدة (Rakkar, 2007. P:32).

1-10-3- الألياف الغذائية:

تعرف الألياف الغذائية بأنها المكونات الغذائية غير القابلة للهضم والتي تتضمن السيللوز والهيميسيللوز واللغنين والبكتين والصموغ ومواد هلامية أخرى.

ذكر Elleuch وزملاؤه (2011) إن إضافة الألياف الغذائية لمنتجات المخابز يؤدي لزيادة كمية الألياف التي يتناولها الإنسان ويخفض من مقدار الطاقة للمنتج الغذائي ويحسن من قدرته على الاحتفاظ بالماء. ومن وجهة

نظر تكنولوجية فإن الألياف المضافة لمنتجات المخابز تعمل على تعديل في التركيب والخصائص الحسية إذ تعمل على زيادة مدة صلاحية المنتج والذي يرجع لقابليتها في ربط الماء وتشكيل الهلام وتأثيرها في قوام المنتج (Capriles& Alfredo, 2014).

إن ألياف التفاح والليمون لها القدرة العالية على احتجاز الماء لذلك فهي تستعمل بكثرة في الكيك والخبز ومنتجات الحبوب المشابهة لتحسين الطراوة، كما يمكن استعمال تفل الجزر ودقيق الموز ونخالة الذرة وغيرها من الألياف التي يكون لكل منها تأثير مختلف في المنتج بنسب مختلفة (مصري وعبد الحميد، 2016. ص:932).

1-10-4- البيض:

يملك زلال البيض قدرة عالية على تكوين الرغوة مما يسهل تكوين الخصائص الهيكلية والميكانيكية لمنتجات المخابز. تؤثر منتجات البيض في تكوين المسامية كما تعمل على تقليل التوتر السطحي من خلال امتلاكها خواص محبة للماء وخواص كارهة للماء، بالإضافة إلى اغناء منتج الخبز بالبروتين عالي الجودة (Khmelevskaya et al, 2019. P:32).

1-10-5- الملح:

إن الدور الأساسي للملح هو المساهمة في إعطاء النكهة للمنتج، إلا أن له تأثيراً معطلاً لتشكل شبكة الغلوتين في أثناء عملية العجن وهو يخفض درجة حرارة الكرملة وهو بذلك يحسن تشكل لون القشرة الخارجية (Patel et al, 2003).

يوجد علاقة عكسية قوية بين مستويات الملح وفعالية الخميرة، فالملح له تأثير كبير في الضغط الأسموزي لخلية الخميرة ويمكن استخدامه لضبط عملية التخمير، فكلما زادت مستويات الملح المستخدم قلت فعالية الخميرة وبالتالي ازدادت الحاجة لكميات أكبر من الخميرة لإنجاز عملية التخمير في الزمن نفسه (Williams & Pullen, 1998).

فيما يلي قائمة من المكونات التي يمكن أن تستخدم في صناعة المنتجات خالية الغلوتين:

1. دقيق الأرز البني والأبيض، الذرة، فول الصويا، وطحين اللوز لتحل محل دقيق القمح.
2. بروتين الصويا، بروتين الأرز ومسحوق البيض لربط الماء.
3. نشاء الأرز، والذرة والصويا والبطاطا للحصول على المرونة المطلوبة والالتصاق.
4. الزيوت النباتية.
5. صمغ زانثان أو CMC (كربوكسي ميتيل سيللوز) أو صمغ الغوار لتشكيل الشبكة وربط الماء.
6. السكروز لربط الماء وتشكيل الغازات.
7. حليب مجفف.
8. الخميرة: فعالية الخميرة تعتمد بشكل كبير على مصدر البروتين وتركيز الأنزيم.
9. الألياف: ألياف التفاح والبازيلاء.

1-11- مواصفات الخبز الخالي من الغلوتين:

الجدول-1. الصفات الفيزيائية والكيميائية والميكروبية للخبز الخالي من الغلوتين.

الصفة		النتيجة
الفيزيائية	الرائحة	خال من الروائح الغريبة
	الطعم	طبيعي
	اللون	أبيض إلى كريمي شاحب
الكيميائية (مقدرةً على أساس المادة الجافة)	الرطوبة	8% كحد أقصى
	البروتين	50% كحد أدنى
	الدهن	1% كحد أقصى
الميكروبيولوجية	مجموع القولونيات	100/10 غ كحد أقصى
	بكتيريا القولونية	سالب / 100غ
	السالمونيلا	سالب / 100غ
	المكورات	100/10غ

(Rakkar, 2007)

الفصل الثاني

مواد وطرائق

البحث

Materials And Methods

2- مواد وطرائق البحث MATERIALS AND METHODS:

2-1- مواد البحث:

1. الحبوب: تم اختيار حبوب الأرز، الذرة وفول الصويا المحمص، والتي أُشتريت من السوق المحلية من الأنواع الجيدة، نُظفت العينات السابقة باستخدام منخلين شقيين الأول قطر فتحاته (20 × 2 مم) والثاني قطر فتحاته (20× 1 مم) للتخلص من الشوائب والأجرام، طحنت الحبوب النظيفة باستخدام مطحنة Brabender للحصول على الدقيق المطلوب.
2. الملح المعالج باليود (2%).
3. سكر أبيض (3%-2).
4. خميرة جافة (خميرة الخباز) نسبة (4%).
5. ماء فاتر 40 °م.
6. بياض البيض.
7. نشاء الذرة.
8. دقيق الأرز البني.
9. زيت الزيتون.
10. ألياف الشوفان.
11. الصمغ العربي.

2-2- تحضير الخبز:

تم تحضير الخبز بطريقتين:

2-2-1- الطريقة التقليدية:

حُضِّر الخبز بالطريقة التقليدية حسب الطريقة الموصوفة في (Hegazy et al, 2009. P:124) تبعاً للخطوات الآتية:

1. تذوب 4 غ من الخميرة مع 3 غ سكر في الماء الفاتر وتغطى لمدة 5 دقائق.
2. يخلط 100غ دقيق مع 2غ ملح في وعاء عميق خلطاً جيداً.
3. ثم تضاف الخميرة المذابة في الماء إلى خليط الدقيق وتخلط جيداً وتعجن بالماء (60 غ ماء درجة حرارته 40 °م) لمدة 10 دقائق حتى الحصول على القوام المطلوب للعجينة ثم تترك لتختمر مدة ساعتين بدرجة حرارة 40-35 °م.
4. تقسم العجينة إلى عدة أقسام متساوية الحجم ثم ترقق جيداً وتخبز بالفرن على درجة حرارة 225 °م لمدة 10-15 دقيقة.
5. تبرد الأرغفة لمدة 15 دقيقة بعد الخَبز عند درجة حرارة الغرفة ثم تختبر المؤشرات المدروسة.
6. تعاد التجربة تبعاً لنوع الدقيق كالتالي:
   - الخلطة 1: 100% دقيق الأرز.
   - الخلطة 2: 100% دقيق الذرة.
   - الخلطة 3: 100% دقيق الصويا منزوع الدسم.
   - الخلطة 4: 50% دقيق الذرة + 50% دقيق الأرز.
   - الخلطة 5: 50% دقيق الذرة + 50% دقيق الصويا منزوع الدسم.

- الخلطة 6: 50% دقيق الصويا منزوع الدسم + 50% دقيق الأرز.
- الخلطة 7: 33.33% دقيق الذرة + 33.33% دقيق الأرز + 33.33% دقيق الصويا منزوع الدسم.

2-2-2- الطريقة المعدلة:

تمَّ تصنيع الخبز الخالي من الغلوتين حسب الطريقة المعدلة والموصوفة في (Rakkar, 2007) مع التعديل (الخلطة 8) حسب الجدول التالي:

الجدول-2. مكونات وتراكيز المواد المستخدمة في تحضير الخبز الخالي من الغلوتين (الخلطة 8).

العنصر	الكمية (%)
ماء	32
دقيق الأرز الأبيض	16
بياض البيض	13
نشاء الذرة	12
دقيق الذرة	9
دقيق الأرز البني	8
زيت الزيتون	3
السكر	3
خميرة	2
ألياف الشوفان	1
ملح	0.50
الصمغ العربي	0.50

2-3- الاختبارات الفيزيوكيميائية للدقيق ولخلطات الدقيق:

2-3-1- النسبة المئوية للرطوبة:

قدّرت النسبة المئوية للرطوبة في عينات الدقيق حسب AACC رقم 44-A15 (AACC, 2000)، حيث تم وضع عينة من الدقيق (2-3 غ) في أطباق التجفيف، وجُففت لمدة (60 دقيقة) على درجة حرارة (103 مْ) ثمّ حُسبت النسبة المئوية للرطوبة من المعادلة:

الرطوبة (%) = (الفقد في الرطوبة (غ) / الوزن الأولي للعينة) x 100

2-3-2- النسبة المئوية للرماد:

قيست النسبة المئوية للرماد حسب AACC رقم 01-08 (AACC, 2000) ويُعبر عنها كنسبة مئوية من الوزن الجاف، حيث تم وضع (2-3 غ) من عينة الدقيق في أطباق الترميد ورُمدت العينة على درجة حرارة (575-590 مْ) حتّى الحصول على لون رمادي فاتح.

تحسب النسبة المئوية للرماد من المعادلة:

الرماد (%) = (الوزن المتبقي / وزن العينة) x 100

الرماد (%) على أساس المادة الجافة = (% للرماد / 100- % للرطوبة) x 100

2-3-3- النسبة المئوية للبروتين:

قدر النتروجين الكلي في الدقيق بطريقة كلداهل Crude Protein-Improved Kjeldahl حسب AACC رقم 10-46 (AACC, 2000)، ثم حسب البروتين الكلي باستخدام معامل التحويل:

- ثابت الحبوب N 5.7
- بالنسبة للذرة N 6.22

- بالنسبة لدقيق الصويا N 6.25

حولت النسبة المئوية للبروتين الرطب إلى الوزن الجاف من المعادلة:

البروتين (%) على أساس المادة الجافة = (% للبروتين / 100− % للرطوبة) x 100

2−3−4− درجة لون الدقيق:

أجري اختبار تحديد درجة اللون للدقيق التي ترتبط بشكل أساسي بكمية أصبغة الكاروتين (Pigments Carotenoid) الموجودة في الحبوب، ويتعلق لون الدقيق أيضاً بظروف التخزين، ويحدد لون الدقيق مدى احتواء الدقيق على الأغلفة ومدى تضرر الاندوسبرم بالفطور ويكشف عن وجود بذور أعشاب مطحونة مغايرة في اللون.

قيست درجة اللون باستخدام جهاز Satake Colour Grader PCGA Series4.

تم وضع عينة (30 غ) من الدقيق في بيشر وأضيف 50 مل ماء مقطر مع المزج الجيد، وضع قسم من المزيج في خلية خاصة بجهاز تقدير اللون حتى الإشارة المحددة، ثم وضعت الخلية في جهاز اللون، (تم تشغله قبل 15 دقيقة تقريباً من بدء الاختبار لاستقرار كاشفه الضوئي)، وسجلت قراءة الجهاز الذي يعتمد على انعكاس الأشعة في مجال الطيف المرئي خلال 90 ثانية من بدء القياس.

تعبر القيمة الظاهرة على شاشة الجهاز عن درجة لون عينة الدقيق.

2−4− اختبارات جودة الخبز:

2−4−1− الخصائص الكيميائية:

1− النسبة المئوية للرطوبة: حسب AACC رقم 15A−44 (AACC, 2000).

2− النسبة المئوية للرماد: حسب AACC رقم 01−08 (AACC, 2000).

3- النسبة المئوية للبروتين: حسب AACC رقم 10-46 (AACC, 2000).

4- النسبة المئوية للبيبيدات: تم تقدير اللبيدات باستخدام جهاز سوكسليت (Soxhlet) تبعاً للطريقة المعتمدة في AACC رقم 25-30 (AACC, 2000).

5- النسبة المئوية للألياف: تم تقدير الألياف بجهاز تقدير الألياف ماركة (Selecta) الإسباني، بطريقة تقدير الألياف الكلية، وذلك حسب الطريقة السويسرية المطورة المنفذة من قبل الشركة الصانعة وحسب الطريقة المعتمدة في AACC رقم 45-32 (AACC, 2000)، حيث اتبعت الخطوات الآتية:

1. يوضع 2غ من الدقيق في بوتقة ترشيح سعة 30 مل، ووضعت في جهاز استخلاص الألياف وأضيف إلى الأنبوب المركب على البوتقة 150 مل من محلول حمض الكبريت 1.25% مع نقطة مزيل رغوة، وشغل الجهاز لمدة 30 دقيقة مع التبريد المكثف.
2. يفرغ محتوى العينة من الرشاحة وتغسل آثار حمض الكبريت بالماء المقطر الساخن ثم يضاف حوالي 150 مل ماءات الصوديوم 1.25% لمدة 30 دقيقة مع التبريد المكثف.
3. يفرغ محتوى الأنبوب بشكل آلي ثم تغسل آثار القلوي بالماء المقطر الساخن.
4. يرفع الأنبوب عن البوتقة وتؤخذ البوتقة للتجفيف على درجة حرارة 105°م لمدة 2 ساعة ثم يسجل الوزن بعد التجفيف.
5. تنقل البوتقة إلى فرن الترميد على درجة حرارة 460 °م لمدة ساعة.
6. تحسب النسبة المئوية للألياف من المعادلة:

الألياف الكلية (%) = {(الوزن بعد التجفيف- الوزن بعد الترميد) / وزن العينة} x 100

6- النسبة المئوية للكربوهيدرات: تم تحديد إجمالي الكربوهيدرات بطرح 100 غ مطروحاً منه مجموع البروتين والرماد واللبيدات والألياف (FAO, 2003).

2-4-2- الخصائص التصنيعية:

حددت خصائص الرغيف الطازج (بعد ساعة من الخَبز) حسب الطريقة المتبعة في (Aleid et al, 2014) وهي:

1- القطر: تم قياس متوسط طول خطين متعامدين على رغيف الخبز مقدرة بالسنتيمتر وذلك لعشرة عينات.

2- السماكة: تم قياس متوسط السماكة مقدرة بالميليمتر لعشرة عينات من الخبز باستخدام جهاز البياكوليس.

3- الوزن: تم قياس متوسط الوزن مقدراً بالغرام وذلك لعشرة عينات من الخبز.

2-4-3- الخصائص الحسية:

قيّمت الأنواع المختلفة من الخبز الخالي من الغلوتين حسياً بالنسبة الى اللون، النكهة، القوام، الطعم والقبول العام خلال الساعات الأولى بعد الخَبز من قبل 10 أشخاص، وتم التقييم اعتماداً على مجموع النقاط لكل نوع وفق لـ 5 درجات تتوزع كالتالي: النقطة 5: ممتازة، النقطة 4: جيدة جداً، النقطة 3: جيدة، النقطة 2: مقبولة والنقطة 1: سيئة.

2-4-4- تقييم ظاهرة البيات لعينات الخبز خالية الغلوتين:

يعبر مصطلح البيات عن الانخفاض المستمر لقبول المستهلكين لمنتجات المخابز الناتج عن التغيرات الفيزيائية والكيميائية لمكونات القشرة واللب ومركبات النكهة والرائحة المتشكلة خلال عملية الخبيز باستثناء أي فساد ميكروبي لاحق (Choi, 2008).

تم قياس ظاهرة البيات (التجلد) حسب المواصفة القياسية السورية رقم /473/ لعام (1987) وتبعاً للطريقة الموصوفة في (الهبيل وغريبي، 2015، ص:193)، حيث تم تقييم ظاهرة البيات من خلال تقييم الخصائص الحسية للخبز الناتج والمعبأ في أكياس من البولي إتلين من حيث النكهة، القوام والقبول العام على ثلاث فترات زمنية بعد عملية الخبز (24، 48 و72 ساعة) على درجة حرارة الغرفة ورطوبة نسبية

65% من قبل 10 أشخاص لديهم القدرة على التقييم، وأُستعمل درجات (15 درجة) لتقييم الخصائص الحسية.

2-5- التحليل الإحصائي:

1. أجريت الاختبارات السابقة بثلاثة مكررات وسجلت النتائج كمتوسطات ± الانحراف المعياري.
2. أجري اختبار تحليل التباين (ANOVA) باستخدام تحليل General Linear Model (GLM)، ثم تُبع باختبار (Tukey) لتحديد الفروق المعنوية بين المتوسطات على مستوى ثقة (5%) ($P \leq 0.05$).
3. دُرست علاقات الارتباط، معامل بيرسون، بين الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق مع كل من الخصائص الكيميائية، التصنيعية والحسية للخبز الناتج.
4. أُجريت جميع التحاليل الإحصائية السابقة باستخدام برنامج Minitab 14.

الفصل الثالث

النتائج والمناقشة

Results And Discussion

3- النتائج والمناقشة RESULTS AND DISCUSSION:

3-1- الخصائص الفيزيوكيميائية لخلطات الدقيق المستخدمة في تحضير الخبز:

دُرست الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأنواع الدقيق المستخدم (الأرز والذرة والصويا) والخلطات المحضرة منها والمعدة لتحضير أنواع من الخبز الخالية الغلوتين (الجدول 3) حيث تباين التركيب الفيزيوكيميائي لأنواع الدقيق الأساسية (الخلطات 1، 2 و3)، فقد تميز دقيق الصويا منزوع الدسم (الخلطة 3) بارتفاع كل من مؤشرات الرماد (4.65%)، البروتين (35.22%) ودرجة اللون (5.75 درجة) وانخفاض نسبة الرطوبة (10.22%) مقارنةً مع دقيق الأرز (الخلطة 1) ودقيق الذرة (الخلطة 2)، حيث كانت القيم (13.25%، 12.10%) للرطوبة، (0.51%، 1.35%) للرماد، (8.10%، 7.33%) للبروتينات و(0.65 درجة، 1.10 درجة) للون. وبشكلٍ عام، كانت القيم في الجدول (3) قريبة من القيم المذكورة في دراسات سابقة عن التركيب الكيميائي للأرز والذرة والصويا (Sabanis & Tzia, 2009).

بالنسبة للخلطات المحضرة من أنواع الدقيق السابقة، كانت هناك اختلافات معنوية في محتوى الرطوبة، الرماد، البروتين ودرجة اللون لمختلف خلطات الدقيق. كان محتوى الرماد (2.33%، 3.15% و3.24%)، البروتين (22.10%، 21.35% و24.86%) ودرجة اللون (3.10، 3.55 و3.75 درجة) للدقيق المركب الخلطة 5 (دقيق الذرة ودقيق الصويا منزوع الدسم) والخلطة 6 (دقيق الأرز ودقيق الصويا منزوع الدسم) والخلطة 7 (دقيق الأرز ودقيق الذرة ودقيق الصويا منزوع الدسم) على التوالي أكثر معنوياً مقارنةً مع الخلطة 4 (دقيق الأرز ودقيق الذرة) (0.88%، 7.66% و0.85 درجة) للرماد والبروتين واللون على التوالي، كما أبدت هذه الخلطات تركيباً فيزيوكيميائي أعلى بكثير من تركيب دقيق القمح، حيث يعطي دقيق القمح عالي الجودة (دقيق الزيرو) قيماً تتراوح بين (0.55-0.60%) للرماد، (9.50-12.50%) للبروتين و(0.60-1.00 درجة) للون (Bhat et al, 2016). أظهرت عينات دقيق الخلطة (8) قيم متدنية

بمحتواها من جميع العناصر المدروسة الرطوبة، الرماد والبروتين (9.89%، 0.67% و12.51%) بالمقارنة مع جميع الخلطات السابقة. وبشكل عام، ازداد محتوى البروتين والرماد واللون في الدقيق المركب مع زيادة مستوى دقيق فول الصويا، ومن الواضح أن هذا قد يرجع إلى ارتفاع نسبة البروتين والرماد في فول الصويا (Abioye et al, 2011).

الجدول-3. التركيب الفيزيوكيميائي لخلطات الدقيق.

	الرطوبة (%)	الرماد (%)	البروتين (%)	اللون (درجة)
الخلطة 1 دقيق الأرز	13.25 ± 0.12^{a}	0.51 ± 0.02^{a}	8.10 ± 0.15^{a}	0.65 ± 0.01^{a}
الخلطة 2 دقيق الذرة	12.10 ± 0.08^{b}	1.35 ± 0.05^{b}	7.33 ± 0.25^{b}	1.10 ± 0.05^{b}
الخلطة 3 دقيق الصويا منزوع الدسم	10.22 ± 0.05^{c}	4.65 ± 0.04^{c}	35.22 ± 0.55^{c}	5.75 ± 0.22^{c}
الخلطة 4 أرز + ذرة	13.05 ± 0.21^{d}	0.88 ± 0.02^{d}	7.66 ± 0.10^{d}	0.85 ± 0.10^{d}
الخلطة 5 ذرة + صويا منزوع الدسم	12.25 ± 0.11^{b}	2.33 ± 0.01^{e}	22.10 ± 0.21^{e}	3.10 ± 0.02^{e}
الخلطة 6 أرز + صويا منزوع الدسم	11.41 ± 0.14^{e}	3.15 ± 0.05^{f}	21.35 ± 0.20^{f}	3.55 ± 0.10^{f}
الخلطة 7 أرز + ذرة + صويا منزوع الدسم	11.22 ± 0.15^{f}	3.24 ± 0.03^{f}	24.86 ± 0.12^{g}	3.75 ± 0.02^{g}
الخلطة 8	9.89 ± 0.31^{g}	0.67 ± 0.01^{g}	12.51 ± 0.58^{h}	3.40 ± 0.11^{h}

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروقات معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

3-2- الخصائص الكيميائية لعينات الخبز خالية الغلوتين:

قُدِّرت الخصائص الكيميائية (النسبة المئوية للرطوبة، النسبة المئوية للبروتينات، النسبة المئوية للسكريات، النسبة المئوية للبيدات، النسبة المئوية للرماد والنسبة المئوية للألياف الخام لعينات الخبز المحضرة من خلطات الدقيق خالية الغلوتين (الجدول 4).

بيَّن اختبار تحليل التباين وجود فروقات ذات دلالة إحصائية ($P \leq 0.05$) بين التركيب التقريبي لجميع عينات الخبز المحضرة، حيث وجد أن محتوى البروتين، والذي تراوح بين (7.76-33.50%)، قد كان الأعلى في عينات الخبز المحضرة من دقيق فول الصويا (الخلطة 3)، بينما أظهر الخبز المحضر من دقيق الذرة (الخلطة 2) يليه الخبز المحضر من دقيق الأرز(الخلطة 1) أقل القيم (7.82% و8.33%) على التوالي، ووصلت نسبة البروتين في الخبز المحضر من الخلطة (8) إلى حوالي (12.60%)، وهذا يؤكد أن الزيادة في محتوى البروتين في الخبز الناتج مرتبط بوجود دقيق الصويا في الخلطة، والذي يتميز بارتفاع نسبة البروتينات (Marco& Rosell, 2008).

على النقيض من ذلك، أظهرت عينات الخبز المحضرة من دقيق فول الصويا منزوع الدسم (الخلطة 3 و5) أقل قيم لمحتوى اللبيدات (0.35% و0.52%) على التوالي، وهذا يعود إلى استخدام دقيق صويا منزوع الدسم (Julianti et al, 2016)، بالمقابل، أظهر الخبز المحضر من دقيق الذرة (الخلطة 2)أعلى قيمة لبيدات (2.14%)، وبشكل عام، انخفضت نسبة اللبيدات في جميع عينات الخبز، وهو ما يتفق مع عدم وجود مكون دهني في الخلطة. أما الخلطة التي تحتوي على مكون دهني فقد تميزت عينات الخبز الناتجة عنها (الخلطة 8) بارتفاع نسبة اللبيدات التي وصلت إلى حوالي (3.55%).

من جهة أخرى، لوحظ وجود اختلافات كبيرة في محتويات الرماد بين عينات الخبز، وتراوحت بين (0.42-3.55%)، وأيضاً أبدت عينات الخبز المحتوية على دقيق الصويا أعلى محتويات رماد، وهذا يتفق مع (Porter& Jones, 2003).

كان تباين النسبة المئوية للألياف ضمن مجال ضيق (0.60–0.76%)، وهذا يعود إلى تقارب كمية الألياف في أنواع الحبوب المستخدمة (Sabanis& Tzia, 2009)، وقد ذكر Thompson (2000) أن قيم الألياف الغذائية في عينات الخبز التجاري الخالي من الغلوتين تتراوح بين (1.2–5.6%)، بينما تتراوح تلك القيم في الخبز المدعم بالألياف بين (6.1–9.6%)، وفقط لغرض المقارنة، تجدر الإشارة إلى أن الخبز الأبيض يحتوي على (0.81%، 3.13% و3.84%) من الألياف غير الذوابة، الألياف الذوابة والألياف الكلية على التوالي (Saura-Calixto et al, 2000).

اختلف محتوى الكربوهيدرات الكلي من (61.86%) في عينة الخبز المحضرة من دقيق فول الصويا منزوع الصويا (الخلطة 3) إلى (89.55%) في عينة الخبز المحضرة من دقيق الأرز(الخلطة 1).

بشكل عام، يمكن أن يتأثر التركيب الكيميائي للخبز الخالي من الغلوتين بالعديد من العوامل مثل النطاق الواسع للمكونات المعقدة المضافة وتوليفاتها، إلى جانب الإضافات المستخدمة لتحسين بنية هذه المنتجات وخصائصها الحسية وقبولها ومدة صلاحيتها (Lazaridou et al, 2007؛ Marco& Rosell, 2008)، وتظهر الدراسات أن الخبز الخالي من الغلوتين هو منتجات قائمة على الكربوهيدرات الكلية، حيث ظهر تباين كبير في محتواهم من البروتين والدهون والمعادن، على عكس الاختلاف الضيق جداً في التركيب التقريبي الذي يُلاحظ في منتجات الخبز المعتمدة على القمح (Rosell, 2011).

الجدول-4. التركيب الكيميائي لعينات الخبز الخالية الغلوتين مقدرة على أساس المادة الجافة.

	الرطوبة (%)	الرماد (%)	البروتين (%)	اللبيدات (%)	الألياف (%)	الكربوهيدرات الكلية (%)
الخلطة 1 دقيق الأرز	29.30 ± 0.12^{a}	0.42 ± 0.01^{a}	8.33 ± 0.12^{a}	1.10 ± 0.01^{a}	$0.60 \pm 0.02^{a,d}$	89.55 ± 2.02^{a}
الخلطة 2 دقيق الذرة	27.37 ± 0.15^{b}	0.85 ± 0.05^{b}	7.82 ± 0.23^{b}	2.14 ± 0.08^{b}	$0.76 \pm 0.01^{b,c}$	88.43 ± 3.15^{a}
الخلطة 3 دقيق الصويا منزوع الدسم	25.42 ± 0.10^{c}	3.55 ± 0.08^{c}	33.50 ± 2.10^{c}	0.35 ± 0.02^{c}	$0.75 \pm 0.05^{b,c}$	61.86 ± 1.55^{b}
الخلطة 4 أرز + ذرة	29.22 ± 0.05^{a}	0.54 ± 0.02^{d}	7.76 ± 0.11^{b}	1.65 ± 0.01^{a}	$0.69 \pm 0.02^{c,d}$	89.36 ± 2.12^{a}
الخلطة 5 ذرة + صويا منزوع الدسم	27.40 ± 0.10^{b}	1.56 ± 0.05^{e}	21.70 ± 1.15^{d}	0.52 ± 0.05^{c}	$0.70 \pm 0.01^{c,d}$	75.52 ± 1.45^{c}
الخلطة 6 أرز + صويا منزوع الدسم	24.20 ± 0.15^{d}	2.81 ± 0.02^{f}	21.55 ± 0.55^{d}	1.28 ± 0.01^{a}	$0.75 \pm 0.05^{b,c}$	73.61 ± 3.22^{d}
الخلطة 7 أرز + ذرة + صويا منزوع الدسم	24.33 ± 0.11^{d}	2.86 ± 0.01^{f}	23.10 ± 1.10^{e}	1.23 ± 0.01^{a}	$0.70 \pm 0.01^{c,d}$	72.11 ± 2.65^{d}
الخلطة 8	34.10 ± 1.11^{e}	0.66 ± 0.02^{g}	12.60 ± 0.42^{f}	3.55 ± 0.12^{d}	0.66 ± 0.05^{d}	82.53 ± 2.44^{e}

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروقات معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

3-3- الخصائص التصنيعية لعينات الخبز خالية الغلوتين:

قُدرت الخصائص التصنيعية (القطر، السماكة والوزن) لعينات الخبز المحضرة من أنواع الدقيق خالية الغلوتين (الجدول 5) حيث بيَّن اختبار تحليل التباين وجود فروقات ذات دلالة إحصائية ($P \leq 0.05$) بين الخصائص التصنيعية لجميع عينات الخبز المحضرة، حيث تراوح وزن الرغيف بين (88.25-98.22 غ) وكانت عينات خبز الصويا منزوع الدسم (الخلطة 3) هي الأكثر وزناً، بينما كانت عينات خبز الأرز (الخلطة 1) هي الأقل وزناً، أما خبز الذرة (الخلطة 2) فقد وصلت أوزان العينات إلى حوالي (96.10 غ) والخبز المحضر من الخلطة (8) حوالي (90.33 غ).

من جهة أخرى، أظهرت عينات الخبز المحضرة من دقيق الذرة (الخلطة 2) سماكة وصلت إلى (3.38 مم)، وعلى عكس عينات الخبز المحضرة من دقيق الأرز(الخلطة 1)، حيث وصلت سماكة الرغيف إلى (2.51 مم)، أما باقي العينات الخلطة 3 (خبز فول الصويا منزوع الدسم)، الخلطة 4 (الخبز المحضر من دقيق الأرز ودقيق الذرة)، الخلطة 5 (الخبز المحضر من دقيق الذرة ودقيق الصويا منزوع الدسم)، الخلطة 6 (الخبز المحضر من دقيق الأرز ودقيق الصويا منزوع الدسم)، والخلطة 8 فقد كان تحليلها الإحصائي يدل على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة 5% واعطت القيم (3.11، 2.92، 3.10، 3.12 و3.10 مم) على التوالي.

لوحظ من الجدول (5) وجود تباين في قطر رغيف الخبز الناتج وتراوح بين (17.90–20.70 سم)، وقد وجد أن الخبز المحضر من دقيق الأرز والذرة والصويا منزوع الدسم (الخلطة 7) قد وصل قطر رغيفه إلى (20.70 سم) وهو بذلك يتشابه مع مواصفات الخبز العربي المرقد الصغير من ناحية الحجم والذي يتراوح قطر رغيفه بين (20–23 سم)، بينما انخفض في خبز الذرة (الخلطة 2) والخبز المحضر من الخلطة رقم (8) ليصل إلى (20.10 و20.55 سم) على التوالي. أما الخبز المحضر من دقيق الأرز (الخلطة 1) والخبز المحضر من دقيق الذرة والصويا منزوع الدسم (الخلطة 5) فقد وصل قطر رغيفه إلى (19.70 و19.10 سم) على التوالي، وكان الأقل قطراً (17.40 سم) لعينات الخبز المحضرة من دقيق الأرز والصويا منزوع الدسم (الخلطة 6).

توافقت نتائج تقدير الخصائص التصنيعية لعينات خلطات الخبز في هذا البحث مع نتائج دراسات سابقة والتي بينت أن التخلص من الغلوتين في النظام الغذائي للمرضى الذين يعانون من مرض الاضطرابات الهضمية ينطوي على صعوبات أكبر في عملية صنع الخبز، مثل نقص التماسك والمرونة وانخفاض قدرة العجين الخالي من الغلوتين على الاحتفاظ بالغازات، وبالتالي، فإن الخبز الذي لا يحتوي على الغلوتين يظهر خصائص تصنيعية متدنية مثل الحجم المنخفض، والقوام الهش، والنكهة السيئة، والتفتت السريع مقارنةً

بخبز القمح التقليدي (Masure et al, 2016)، لذلك أصبح استخدام محسنات جودة الخبز عنصراً أساسياً في تحسين جودة منتجات المخابز خالية الغلوتين (Bourekoua et al, 2018. P:346).

الجدول-5. الخصائص التصنيعية لعينات الخبز الخالية الغلوتين.

	القطر (سم)	السماكة (مم)	الوزن (غ)
الخلطة 1 **دقيق الأرز**	$19.70 \pm 0.35^{a,d}$	2.51 ± 0.05^{a}	88.25 ± 1.08^{a}
الخلطة 2 **دقيق الذرة**	$20.10 \pm 0.22^{a,e}$	3.38 ± 0.11^{b}	96.10 ± 0.97^{b}
الخلطة 3 **دقيق الصويا منزوع الدسم**	18.80 ± 0.12^{b}	3.11 ± 0.06^{c}	98.22 ± 0.65^{b}
الخلطة 4 **أرز + ذرة**	17.90 ± 0.15^{c}	$2.92 \pm 0.21^{a.c}$	93.15 ± 1.10^{c}
الخلطة 5 **ذرة + صويا منزوع الدسم**	19.10 ± 0.41^{d}	3.10 ± 0.15^{c}	92.55 ± 0.44^{c}
الخلطة 6 **أرز + صويا منزوع الدسم**	17.40 ± 0.33^{c}	3.12 ± 0.20^{c}	89.35 ± 0.60^{a}
الخلطة 7 **أرز + ذرة + صويا منزوع الدسم**	20.70 ± 0.10^{e}	3.23 ± 0.04^{d}	93.21 ± 0.72^{c}
الخلطة 8	20.55 ± 0.45^{e}	3.10 ± 0.10^{c}	90.33 ± 0.88^{d}

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروقات معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

3-4- الخصائص الحسية لعينات الخبز خالية الغلوتين:

تمَّ تحديد الخصائص الحسية لعينات الخبز الخالي من الغلوتين من قبل 10 أشخاص الذين حددوا درجات القبول فيما يتعلق باللون والنكهة والقوام والطعم والقبول العام، وسُجِّلت النتائج في الجدول (6).

أظهر التقييم الحسي أن الخبز المحضر من الخلطة (8) وخبز الأرز (الخلطة 1) كانا الأكثر تفضيلاً بشكل عام من ناحية اللون (13.50 و13.35 درجة)، النكهة (12.00 و10.80 درجة) والقبول العام (12.00 و10.80 درجة) عن باقي الأنواع الأخرى، ويليه خبز الذرة (الخلطة 2) من حيث اللون (11.40 درجة) والقبول العام (10.32 درجة) مع الخبز المحضر من الخلطة (6)، وهي خلطة دقيق الأرز ودقيق الصويا منزوع الدسم، (10.20 درجة)، بينما يعد الخبز المحضر من الخلطة (7)، وهي خلطة دقيق الذرة ودقيق الصويا منزوع الدسم ودقيق الأرز، هو الأقل قبولاً (4.80 درجة)، وتتفق هذه النتائج مع (Hong & Kweon, 2020) اللذين بينوا أن الخبز خالي الغلوتين المحضر من دقيق الأرز يتميز بخصائص حسية أفضل مقارنةً بأنواع الدقيق الأخرى.

لوحظ من الجدول (6) تباين كبير من حيث طعم الخبز الناتج وخاصة أنواع الخبز المحضرة من أنواع الدقيق الأساسية (خبز الصويا منزوع الدسم، خبز الأرز وخبز الذرة)، إذ بلغت درجات القبول (10.35، 9.75 و9.00 درجة) على التوالي مقارنةً مع الأنواع المحضرة من الخلطات (6، 4 و5) بدرجات طعم (9.00، 7.95 و6.60 درجة) على التوالي، أما الخبز المحضر من الخلطة (8) فقد كان ذا طعم جيد جداً (12.00 درجة) على عكس الخبز المحضر من الخلطة (7) (دقيق الأرز والذرة والصويا منزوع الدسم) فقد كان ذا طعم غير مقبول (4.80 درجة).

بالنسبة لقوام الخبز الناتج، فقد كان هناك فروقات معنوية بين درجات القبول، إذ تراوحت بين (4.95-11.25 درجة)، وكان الخبز المحضر من الخلطة (8) من يتمتع بالدرجة الأعلى بالقوام الجيد المتماسك المقبول ويليه خبز الذرة (الخلطة 2) (9.30 درجة)، أما الخبز المحضر من دقيق الأرز والذرة والصويا منزوع الدسم (الخلطة 7) فقد نال الدرجة الأدنى (قوام غير متماسك ومفتت)، وعلى النقيض من ذلك، فقد امتاز هذا الخبز بدرجة لون جيدة (10.95 درجة) مقارنةً مع باقي الخلطات.

بشكل عام، بينت دراسات سابقة أن منتجات المخابز الخالية من الغلوتين تتصف بخصائص حسية متدنية مقارنةً مع منتجات القمح، ويعود ذلك إلى أنّ الارتباط الضعيف بين الماء والنشاء في المخبوزات الخالية من الغلوتين يسمح للرطوبة بالانتقال إلى خارج المنتج والهروب بسرعة، وهذا بدوره يعمل على خفض الخصائص الحسية للمنتج ويُعجل من البيات (Sciarini, 2011)، وبالإضافة إلى ذلك، أجمعت دراسات مرجعية عديدة على وجود قيود في العمل الحسي لهذه الفئة من المنتجات، لذلك هناك حاجة لاستكمال تحليل وصفي أكثر قوة من أجل فهم تأثيرات المكونات المختلفة في الصفات الحسية، والاعتماد باختبارات القبول على المستهلكين المستهدفين الذين يستخدمون منتجات خالية من الغلوتين (Gustafson, 2016).

الجدول-6. الخصائص الحسية لعينات الخبز الخالية من الغلوتين.

	اللون	النكهة	القوام	الطعم	القبول العام
الخلطة 1 دقيق الأرز	13.35 ± 0.15^{a}	10.80 ± 0.35^{a}	7.80 ± 0.15^{a}	9.75 ± 0.04^{a}	10.80 ± 0.10^{a}
الخلطة 2 دقيق الذرة	11.40 ± 0.12^{b}	8.55 ± 0.15^{b}	9.30 ± 0.22^{b}	9.00 ± 0.15^{b}	10.32 ± 0.11^{b}
الخلطة 3 دقيق الصويا منزوع الدسم	7.89 ± 0.25^{c}	9.66 ± 0.01^{c}	7.80 ± 0.31^{a}	10.35 ± 0.05^{c}	9.75 ± 0.06^{c}
الخلطة 4 أرز + ذرة	9.00 ± 0.10^{d}	9.00 ± 0.10^{d}	6.75 ± 0.06^{c}	7.95 ± 0.25^{d}	8.40 ± 0.15^{d}
الخلطة 5 ذرة + صويا منزوع الدسم	$8.55 \pm 0.05^{c,d}$	7.95 ± 0.05^{e}	5.55 ± 0.10^{d}	6.60 ± 0.10^{e}	7.35 ± 0.02^{e}
الخلطة 6 أرز + صويا منزوع الدسم	6.60 ± 0.20^{e}	7.20 ± 0.22^{f}	7.80 ± 0.02^{a}	9.00 ± 0.21^{b}	10.20 ± 0.10^{b}
الخلطة 7 أرز + ذرة + صويا منزوع الدسم	10.95 ± 0.02^{b}	7.50 ± 0.11^{f}	4.95 ± 0.05^{e}	4.80 ± 0.01^{f}	4.80 ± 0.02^{f}
الخلطة 8	13.50 ± 0.11^{a}	12.00 ± 0.21^{g}	11.25 ± 0.09^{f}	12.00 ± 0.10^{g}	12.00 ± 0.05^{g}

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

3-5- تقييم ظاهرة البيات لعينات الخبز خالية الغلوتين:

قُدّرت ظاهرة البيات بعد مرور 24، 48 و72 ساعة لعينات الخبز المحضرة من خلطات الدقيق خالية الغلوتين (الجدول 7، 8 و9). بيّن اختبار تحليل التباين وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.05$) بعد مرور 24 ساعة لعينات الخبز المحضرة من الخلطات السابقة، حيث حصل الخبز المحضر من دقيق الأرز (الخلطة 1) والخبز المحضر من دقيق الذرة (الخلطة 2) على القيم الأعلى لمؤشرات البيات من حيث النكهة (13.55 و13.40 درجة)، القوام (12.40 و12.45 درجة)، القبول العام (12.65 و12.65 درجة) على التوالي. بينما انخفضت هذه المؤشرات في الخبز الناتج عن الخلطة (7) المحضر من دقيق الأرز والذرة وفول الصويا منزوع الدسم معاً (12.65، 11.25 و11.65 درجة) بالنسبة للنكهة، القوام والقبول العام على التوالي. كما عرض الخبز المحضر من الخلطة (8) انخفاضاً في النكهة إلى حوالي (12.85 درجة) بعد مرور 24 ساعة مقارنةً مع نكهة الخبز ذاته خلال الساعة الأولى، وانخفاض القبول العام إلى حوالي (12.45 درجة)، بينما عرض قيماً عالية من ناحية القوام وصلت إلى (12.60 درجة).

الجدول-7. مؤشرات البيات لعينات الخبز الخالية من الغلوتين بعد 24 ساعة من التخزين.

	النكهة	القوام	القبول العام
الخلطة 1 دقيق الأرز	$13.55 \pm 0.44^{a,d}$	12.40 ± 0.85^{a}	12.65 ± 1.10^{a}
الخلطة 2 دقيق الذرة	13.40 ± 0.72^{a}	12.45 ± 0.21^{a}	12.65 ± 0.62^{a}
الخلطة 3 دقيق الصويا منزوع الدسم	13.00 ± 0.87^{b}	11.55 ± 0.69^{b}	12.30 ± 0.45^{b}
الخلطة 4 أرز + ذرة	12.70 ± 0.24^{c}	11.90 ± 0.35^{c}	$11.75 \pm 1.06^{c,e}$
الخلطة 5 ذرة + صويا منزوع الدسم	$12.90 \pm 0.66^{b,e}$	11.60 ± 0.75^{b}	$11.80 \pm 0.81^{c,d}$
الخلطة 6 أرز + صويا منزوع الدسم	$12.95 \pm 0.92^{b,e}$	12.10 ± 0.40^{d}	11.90 ± 0.25^{d}
الخلطة 7 أرز + ذرة + صويا منزوع الدسم	12.65 ± 0.53^{d}	11.25 ± 0.12^{e}	11.65 ± 0.58^{e}
الخلطة 8	12.85 ± 0.56^{e}	12.60 ± 0.43^{f}	12.45 ± 0.29^{f}

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

بعد مرور 48 ساعة، أظهر التحليل الإحصائي لعينات الخبز المحضرة من الخلطات السابقة وجود فروقات معنوية في مؤشرات البيات، إذ لوحظ انخفاض نكهة الخبز بمقدار (0.75-1.65 درجة) بالمقارنة مع الخبز الناتج بعد مرور 24 ساعة إذ انخفضت نكهة خبز الأرز(الخلطة 1) بمقدار ضئيل (12.80 درجة)، بينما انخفضت نكهة الخبز المحضر من الخلطة (8) والخبز المحضر من الخلطة (7) انخفاضاً معنوياً بمقدار كبير (11.20 و11.05 درجة) على التوالي، كما حصل خبز الذرة (الخلطة 2) على قيمة للنكهة حوالي (12.05 درجة) وخبز الصويا منزوع الدسم (الخلطة 3) حوالي (11.75 درجة).

بالإضافة إلى ذلك، عند دراسة مؤشرات البيات تبين انخفاض كبير في قيمة قوام الخبز للخلطة (4) المحضرة من دقيق الأرز ودقيق الذرة إلى حوالي (9.40 درجة) وخبز الخلطة (6) المحضرة من دقيق الأرز ودقيق الصويا منزوع الدسم إلى حوالي (9.75 درجة)، بينما انخفض مؤشر القوام في خبز الصويا منزوع الدسم

(الخلطة 3) بمقدار قليل إلى حوالي (10.40 درجة) وكذلك الخبز المحضر من الخلطة (7) إلى حوالي (9.75 درجة). أما من حيث القبول العام، فقد أظهر التحليل الإحصائي وجود تفاوت كبير بالدرجات التفضيلية للخبز الناتج فقد حصل الخبز المحضر من دقيق الأرز (الخلطة 1) على قيمة الأكثر تفضيلاً حوالي (11.80 درجة) ويليها خبز الذرة (الخلطة 2) وخبز الصويا منزوع الدسم (الخلطة 3) فقد نالا على قيمة (11.60 و11.45 درجة) على التوالي. بينما كان الخبز المحضر من الخلطة (7) هو الأقل قبولاً (9.90 درجة) كما انخفضت قيمة الخبز المحضر من الخلطة (8) إلى حوالي (10.30 درجة) أي بمقدار (2.5 درجة).

الجدول-8. مؤشرات البيات لعينات الخبز الخالية من الغلوتين بعد 48 ساعة من التخزين.

	النكهة	القوام	القبول العام
الخلطة 1 دقيق الأرز	12.80 ± 1.21^{a}	10.55 ± 0.90^{a}	11.80 ± 0.55^{a}
الخلطة 2 دقيق الذرة	12.05 ± 1.42^{b}	10.30 ± 1.25^{b}	11.60 ± 1.11^{b}
الخلطة 3 دقيق الصويا منزوع الدسم	11.75 ± 0.71^{c}	10.40 ± 0.46^{b}	11.45 ± 2.05^{c}
الخلطة 4 أرز + ذرة	11.70 ± 0.55^{c}	9.40 ± 0.88^{c}	11.30 ± 0.96^{d}
الخلطة 5 ذرة + صويا منزوع الدسم	11.40 ± 0.30^{d}	9.75 ± 1.57^{d}	10.95 ± 0.48^{e}
الخلطة 6 أرز + صويا منزوع الدسم	11.45 ± 0.95^{d}	9.75 ± 1.32^{d}	10.75 ± 0.20^{f}
الخلطة 7 أرز + ذرة + صويا منزوع الدسم	11.05 ± 0.10^{e}	9.75 ± 0.62^{d}	9.90 ± 0.12^{g}
الخلطة 8	11.20 ± 1.12^{f}	$10.49 \pm 0.15^{a,c}$	10.30 ± 1.15^{h}

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

بعد مرور 72 ساعة من التخزين، أظهر التقييم الحسي لمؤشرات البيات أن خبز الأرز (الخلطة 1) قد نال الدرجات التفضيلية الأعلى من حيث النكهة والقبول العام (11.50 و9.50 درجة) على التوالي ويليه خبز الذرة (الخلطة 2) (11.05 و9.30 درجة) من حيث النكهة والقبول العام أيضاً، أما من ناحية القوام فقد حصل خبز الصويا منزوع الدسم (الخلطة 3) على القيمة الأعلى (8.85 درجة) ويليه الخبز المحضر من الخلطة (8) حوالي (8.45 درجة). ومن جهة أخرى، فقد نال خبز الخلطة (7) المحضر من دقيق الأرز ودقيق الذرة ودقيق الصويا منزوع الدسم معاً على القيم الأدنى (9.85، 7.70 و7.90 درجة) من حيث النكهة والقوام والقبول العام على التوالي. هذه النتائج تؤكد أن دقيق الصويا منزوع الدسم قادر على الاحتفاظ بالماء في أثناء عملية العجن والخبز، وبالتالي يمد العمر الافتراضي للخبز المحضر منه، وهو ما لوحظ في الخبز المحضر من الخلطة (3) بالإضافة إلى الخلطات التي يدخل فيها (الخلطة 5 و6)، وتتفق هذه النتائج مع نتائج (Stauffer, 2008. P:10). كما أن وجود الألياف الغذائية ونشاء الذرة في الخبز المحضر من الخلطة 8 يعمل على زيادة الاحتفاظ بالماء (Sabanis et al, 2009)، بينما يعمل بياض البيض على تقليل النكهة مع زيادة مدة التخزين وبالتالي ينخفض القبول العام لها (Han et al, 2019).

الجدول-9. مؤشرات البيات لعينات الخبز الخالية من الغلوتين بعد 72 ساعة من التخزين.

	النكهة	القوام	القبول العام
الخلطة 1 **دقيق الأرز**	11.50 ± 0.20^{a}	$8.05 \pm 0.42^{a,c}$	9.50 ± 1.02^{a}
الخلطة 2 **دقيق الذرة**	11.05 ± 0.44^{b}	8.15 ± 0.10^{a}	9.30 ± 0.98^{b}
الخلطة 3 **دقيق الصويا منزوع الدسم**	10.85 ± 0.82^{c}	8.85 ± 0.21^{b}	8.85 ± 0.75^{c}
الخلطة 4 **أرز + ذرة**	10.70 ± 0.31^{d}	8.00 ± 0.05^{c}	8.25 ± 0.25^{d}
الخلطة 5 **ذرة + صويا منزوع الدسم**	10.20 ± 0.15^{e}	$8.10 \pm 1.24^{a,c}$	8.00 ± 0.62^{e}
الخلطة 6 **أرز + صويا منزوع الدسم**	10.30 ± 1.10^{e}	8.12 ± 0.12^{d}	8.15 ± 0.31^{f}
الخلطة 7 **أرز + ذرة + صويا منزوع الدسم**	9.85 ± 0.88^{f}	7.70 ± 0.33^{e}	7.90 ± 0.16^{g}
الخلطة 8	10.20 ± 0.15^{e}	8.45 ± 1.10^{b}	$8.10 \pm 0.28^{f,e}$

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

3-6- تحديد علاقة الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق بالخصائص الكيميائية للخبز خالي الغلوتين:

أظهرت دراسة معاملات الارتباط ما بين الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق والخصائص الكيميائية للخبز الخالي من الغلوتين الناتج (الجدول 10) أن هناك ارتباطاً إيجابياً عالي المعنوية بين بروتين الدقيق وكل من رماد وبروتين الخبز (0.939 و0.999) على التوالي، وارتباطاً غير معنوي مع الألياف (0.415)، بينما كان هناك ارتباط سلبي معنوي مع الكربوهيدرات والليبيدات (-0.995 و-0.771) على التوالي. كما تظهر الدراسة ارتباطاً سلبياً قوياً بين ليبيدات الخبز الناتج مع كل من رماد، بروتين ولون الدقيق (-0.595، -0.771 و-0.699) على التوالي، وارتباطاً غير معنوي مع الرطوبة (0.432). بالإضافة إلى ذلك، كان

هناك ارتباط قوي سلبي بين كربوهيدرات الخبز ورماد، بروتين ولون الدقيق المصنع منه (−0.983، −0995 و−0.998) على التوالي.

تدل هذه الارتباطات بين المكونات الكيميائية لأنواع الدقيق المستخدم والتركيب الكيميائي للخبز الناتج على أهمية نوع الدقيق لاختيار مواصفات أنواع الخبز الخالي من الغلوتين الناتجة، وقد توافقت هذه النتائج مع دراسات سابقة (Wójcik et al, 2021).

الجدول−10. قيم معامل الارتباط للخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق بالخصائص الكيميائية للخبز.

		الرطوبة	الرماد	البروتين	اللون
الرطوبة	R	0.858	−0.848	−0.745	−0.794
	P	0.013	0.016	0.054	0.033
الرماد	R	−0.953	0.983	0.939	0.965
	P	0.001	0.000	0.002	0.000
البروتين	R	−0.891	0.968	0.999	0.993
	P	0.007	0.000	0.000	0.000
اللبيدات	R	0.432	−0.595	−0.771	−0.699
	P	0.334	0.159	0.042	0.080
الألياف	R	−0.691	0.601	0.415	0.516
	P	0.086	0.154	0.354	0.236
الكربوهيدرات	R	0.920	−0.983	−0.995	−0.998
	P	0.003	0.000	0.000	0.000

3-7- تحديد علاقة الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق بالخصائص التصنيعية للخبز خالي الغلوتين:

تمَّ دراسة ارتباط الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق بقطر، سماكة ووزن الخبز الناتج (الجدول 11)، إذ دلت الدراسة على عدم وجود ارتباطات معنوية بين الخصائص التصنيعية للخبز ورطوبة، رماد ولون الدقيق المستخدم. على النقيض من ذلك، ارتباط بروتين الدقيق إيجابياً ومعنوياً في كل من قطر الرغيف (0.754)، سماكة الرغيف (0.829) ووزن الرغيف (0.879)، وبالتالي تبين هذه القيم أهمية كمية بروتينات الدقيق في الخصائص التصنيعية للخبز الناتج، وهذا ما أكدت عليه معظم الدراسات السابقة (Yano, 2019).

الجدول-11. قيم معامل الارتباط للخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق بالخصائص التصنيعية للخبز.

		الرطوبة	الرماد	البروتين	اللون
القطر	R	-0.016	-0.092	0.754	-0.096
	P	0.973	0.845	0.009	0.837
السماكة	R	-0.594	0.489	0.829	0.404
	P	0.16	0.265	0.001	0.368
الوزن	R	-0.578	0.472	0.879	0.438
	P	0.174	0.284	0.005	0.325

3-8- تحديد علاقة الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق بالخصائص الحسية للخبز خالي الغلوتين:

من خلال دراسة علاقة الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق مع الخصائص الحسية للخبز الناتج (الجدول 12) تبين أن نسبة البروتينات في الدقيق المستخدم قد أبدت علاقات ارتباط إيجابية ومعنوية مع القوام (0.848) والقبول العام (0.721)، كما كان هناك ارتباط معنوي بين لون الدقيق ولون الخبز الناتج (0.714). بالمقابل لم تبدِ بقية المؤشرات الفيزيوكيميائية للدقيق علاقات ارتباط مع الخصائص الحسية للخبز. وقد كانت نتائج هذا البحث قريبة من نتائج (Dorohovych et al, 2018).

الجدول-12. قيم معامل الارتباط للخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق بالخصائص الحسية للخبز.

		الرطوبة	الرماد	البروتين	اللون
اللون	R	0.522	-0.622	-0.566	0.714
	P	0.229	0.136	0.185	0.042
النكهة	R	0.348	-0.372	-0.270	-0.314
	P	0.444	0.412	0.558	0.492
القوام	R	0.039	-0.200	0.848	-0.262
	P	0.933	0.667	0.005	0.571
الطعم	R	-0.023	-0.04	-0.092	-0.044
	P	0.96	0.932	0.844	0.925
القبول العام	R	0.181	-0.254	0.721	-0.267
	P	0.698	0.583	0.012	0.562

3-9- تحديد أفضل أنواع الخبز من الناحية الحسية والكيميائية والتصنيعية:

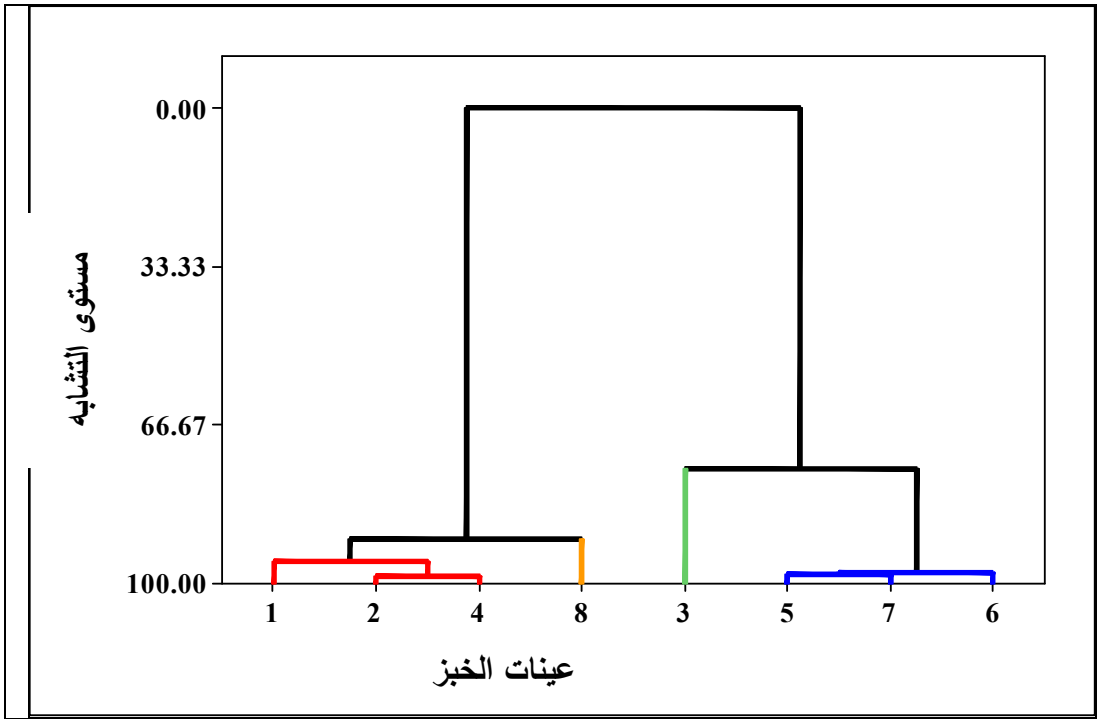
أُجري اختبار التحليل العنقودي (Cluster Analysis) نوع (Cluster Observations) على عينات الخبز المختبرة، بغرض تجميع هذه العينات (8 عينات) ضمن مجموعات متقاربة بخصائصها المدروسة (الخصائص الكيميائية، الخصائص التصنيعية والخصائص الحسية) وتحديد درجة التشابه بين هذه العينات. يعطي الاختبار النتيجة على شكل مخطط (Dendogram) كما في الشكل (2)، والذي يعرض العينات المتقاربة في خصائصها بالإضافة إلى مستوى التشابه.

يبين المخطط أنه يمكن تقسيم العينات المختبرة في هذا البحث إلى مجموعتين:

المجموعة الأولى: وتضم الخلطات (1، 2، 4 و8) وهي الخلطات الحاوية على دقيق الأرز والذرة وخليط منهما والمحضرة بالطريقة التقليدية بالإضافة إلى الخلطة المحضرة بالطريقة المعدلة، وقد تشابهت هذه العينات بنسبة (90.72%).

المجموعة الثانية: وتضم الخلطات (3، 5، 6 و7) وهي الخلطات الحاوية على دقيق فول الصويا وخليط منه والمحضرة بالطريقة التقليدية، وقد تشابهت هذه العينات بنسبة (75.90%).

وبالتالي يمكن الاستنتاج من هذا الاختبار أنه يمكن تحضير أنواع من الخبز الخالي الغلوتين بالطريقة التقليدية من دقيق الأرز والذرة مشابه في خصائصه للخبز المحضر بالطريقة المعدلة المرجعية.



الشكل-2. مخطط مستوى التشابه بين عينات الخبز المدروسة.

الفصل الرابع

الاستنتاجات والتوصيات

CONCLUSIONS

AND

RECOMMENDATIONS

الاستنتاجات CONCLUSIONS:

1. تباينت أنواع الدقيق الأساسية المستخدمة في تحضير الخلطات (دقيق الأرز، الذرة وفول الصويا منزوع الدسم) في تركيبها الفيزيوكيميائي، وهذا بدروه انعكس بشكلٍ مباشرٍ على خصائص الخبز الخالي من الغلوتين الناتج.
2. ارتفع محتوى البروتين في عينات الخبز المحضرة من دقيق فول الصويا، وهذا يزيد من خصائصه التغذوية والتصنيعية، وبالمقابل، أظهر الخبز المحضر من دقيق الذرة أعلى قيمة لبيدات، بينما كان تباين النسبة المئوية للألياف ضمن مجال ضيق، أما الخلطة المعدلة، التي تحتوي على مكون دهني، فقد تميزت عينات الخبز الناتجة عنها بارتفاع نسبة اللبيدات.
3. أكدت هذه الدراسة أن التخلص من الغلوتين في النظام الغذائي للمرضى الذين يعانون من مرض الاضطرابات الهضمية ينطوي على صعوبات أكبر في عملية صنع الخبز، ويعرض خصائص تصنيعية متدنية مثل الحجم المنخفض، والقوام الهش، والنكهة السيئة، والتفتت السريع مقارنةً بخبز القمح التقليدي.
4. من الناحية الحسية، كان الخبز المحضر بالطريقة المعدلة وخبز الأرز (الخلطة 1) الأكثر تفضيلاً من ناحية اللون، النكهة والقبول العام عن باقي الأنواع الأخرى، من جهة أخرى، بينما تباينت عينات الخبز من حيث الطعم.
5. يمكن تحضير أنواع من الخبز الخالي الغلوتين بالطريقة التقليدية من دقيق الأرز والذرة مشابه في خصائصه للخبز المحضر بالطريقة المعدلة المرجعية.

المقترحات والتوصيات RECOMMENDATIONS:

استناداً إلى نتائج التحاليل الكيميائية والتصنيعية والحسية لأنواع الخبز المنتجة من أنواع دقيق خالٍ من الغلوتين بالطريقتين التقليدية والمعدلة، تستخلص مجموعة من المقترحات والتوصيات لإجرائها في الأبحاث القادمة:

1. إجراء المزيد من الدراسات عن إمكانية تطبيق المعاملات الفيزيائية، الكيميائية والأنزيمية على خلطات الدقيق بهدف تطوير خبز خالٍ من الغلوتين يتمتع بخصائص جودة مماثلة لرغيف الخبز الأبيض القياسي.
2. تحضير خبز خالٍ من الغلوتين من أنواع أخرى من الدقيق مثل الكينوا والقطيفة والحنطة السوداء وخلائط منهما.

المراجع العلمية

REFERENCES

المراجع العلمية REFERENCES:

1- المراجع العربية:

الهبيل، ص. وغريبي، إ. (2015). :دراسة تأثير معدل إستخلاص الدقيق وفترات التخزين على معدل البيات للخبز العربي باستخدام الطرق الكيميائية، الفيزيائية والحسية. **مجلة رواق المعرفة**، 43.

مصري، م. وعبدالحميد، ع. عا. (2016). تأثير إضافة مصادر مختلفة من الألياف في خصائص الجودة للخبز الأوربي (الصمون). **المجلة الأردنية في العلوم الزراعية**، 12. 3

2- المراجع الأجنبية:

AACC.(2000). Approved Methods of the AACC, 10th edn. Methods 44-15A, 08-01, 46-10, 25-30, 38-12A , 32- 45 , 54-21, 54-10. St Paul, MN, USA.

Abioye, V. F., Ade-Omowaye, B. I. O., Babarinde, G. O. and Adesigbin, M. K. (2011). Chemical, physico-chemical and sensory properties of soy-plantain flour. **African Journal of Food Science**, 5, 176-180.

Aleid, S. M., AL-Hulaibi, A. A., Ghoush, M. A. and Al-Shathri, A. A. (2014). Enhancing arabic bread quality and shelf life stability using bread improvers. **Journal of Food Science and Technology**, 52, 4761-4772.

AOAC. (2005). Association of Official Analytical Chemistry, Official methods of analysis. 17th Ed, Washington DC, USA.

Arjun, P., Palli, N., Krishnan, S. and Reddy, K. K. (2015). **Gluten free choux buns using cornmeal**. RUAS UAS JMC, 3.

Bakshi, A., Stephen, S., Borum, M. and Doman, D. B. (2012, September). Emerging therapeutic options for celiac disease: Potential alternatives to a gluten-free diet. **Gastroenterology & Hepatology**, 8.

Bhat, N. A., Wani, I. A., Hamdani, A. M., Gani, A. and Masoodi, F. A. (2016). Physicochemical properties of whole wheat flour as affected by gamma irradiation. **LWT - Food Science and Technology**, 71, 175-183.

Bingley, P. J., Williams, A. J., Norcross, A. J., Unsworth, D. J., Lock, R. J., Ness, A. R. and Jones, R. W. (2004). Avon longitudinal study of parents and children study team undiagnosed coeliac disease at age seven: population based prospective birth cohort study. **BMJ**, 328, 322-323.

Bourekoua, H., Różyło, R., Benatallah, L. Wójtowicz, A., Łysiak, G., Zidoune1, M. N. and Sujak, A. (2018). Characteristics of gluten-free bread: quality improvement by the addition of starches/hydrocolloids and their combinations using a definitive screening design. **Eur Food Res Technol**., 244, 345-354.

Capriles, V. D. and Alfredo, J. (2014). Novel approaches in gluten-free breadmaking: Interface between food science, nutrition, and health. Federal de S˜ao Paulo, Rua Silva Jardim, 136, CEP 11015-020, Santos-SP, Biociencias.

Choi, Y. –J., Ahn, S. –C., Choi, H. –S., Hwang, D. –K., Kim, B. –Y. and Baik, M. –Y. (2008). Role of water in bread staling: A review. **Food Science and Biotechnology**, 17, 1139-1145.

Ciacci, C., Iavarone, A., Siniscalchi, M., Romano, R. and Rosa, A. (2002). Psychological dimensions of celiac disease: Toward an integrated approach. **Digestive diseases and sciences**, 47, 2082-2087.

Curic, D., Novotni, D., Tusak, D., Bauman, I. and Gabric, D. (2007). **Gluten-free bread production by the corn meal and soybean flour extruded**

Czaja-Bulsa, G. (2015). Non coeliac gluten sensitivity – A new disease with gluten intolerance. **Clinical Nutrition**, 34, 189-194.

Dorohovych, V., Hrytsevich, M. and Isakova, N. (2018). Effect of gluten-free flour on sensory, physico-chemical, structural and mechanical properties of wafer batter and waffles. **Ukrainian Food Journal**, 7, 253-263.

Eliasson, A. C. and Larsson, K. (1993). **Cereals in breadmaking: A molecular colloidal approach**. Marcel Dekker.

Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C. and Attia, H. (2011). Dietary fiber and fiber-rich by- products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review**. Food Chemistry**, 124, 411-421.

European Parliament Regulation. (2013). (EU) No 609/2013 of the European Parliament and of the Council on food intended for infants and young children, food for special medical purposes, and total diet replacement for weight control. Off. J. Eur. Union, 2012, 35–56.

FAO. (2003) Food energy-methods of analysis and conversion factors, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fardet, A. (2015). Wheat-based foods and non celiac gluten/wheat sensitivity: Is drastic processing the main key issue?. **Medical Hypotheses**, 85:934-939.

Feillet, P. (1980). Wheat proteins. Evaluation and measurements of wheat quality. In: Inglett, G. E. and Munck, L. Cereals for Foods and Beverages. **Academic Press**, New York, USA. 183.

Greco, L., Gobbetti, M., Auricchio, R., Mase, R., Landolfo, F., Paparo, F., Di Cagno, R., De Angelis, M., Rizzello, C., Cassone, A., Terrone, G., Timpone, L., D'Aniello, M., Maglio, M., Troncone, R. and Auricchio, S. (2010). Safety for patients with celiac disease of baked goods made of wheat flour hydrolyzed during food processing. Clinical gastroenterology and hepatology: **the official clinical practice journal of the American Gastroenterological Association**, 9, 24-29.

Gustafson, K. L. (2016). **Impact of ingredients on quality and sensory characteristics of gluten-free baked goods**. MSc dissertation, Food Science Department, Kansas State University, Manhattan, Kansas, USA.

Gwirtz, J. A. and Garcia-Casal, M. N. (2014). Processing maize flour and corn meal food products. **Annalas of The New York Academy of Scienes**, 66-75. New York Academy of Sciences.

Hager, A. S., Wolter, A., Czerny, M., Bez, J., Zannini, E., Arendt, E. K. and Czerny, M. (2012). Investigation of product quality, sensory profile and ultrastructure of breads made from a range of commercial gluten-free flours compared to their wheat counterparts. **Eur. Food Res. Technol**.

Hallert, C., Gotthard, R., Jansson, G., Norrby, K. and Walan, A. (1983). **Similar prevalence of celiac disease in children and middle aged adults in a district of Sweden**. Gut., 24, 389-391.

Han, A., Romero, H. M., Nishijima, N., Ichimura, T., Handa, A., Xu, C. and Zhang, Y. (2019). Effect of egg white solids on the rheological properties and bread making performance of gluten-free batter. **Food Hydrocolloids**, 87, 287-296.

Hegazy, Al., Ammar, M. and, Ibrahium, M. (2009). Production of Egyptian gluten-free bread. **World J. Dairy Food Sci**., 4, 123-128.

Hoffenberg, E., Mackenzie, T., Barriga, K., Eisenbarth, G., Bao, F., Haas, J., Erlich, H., Tl, T., Sokol, R., Taki, I., Norris, J. and Rewers, M. (2003). A prospective study of the incidence of childhood celiac disease. **The Journal of pediatrics**, 143, 308-314.

Hong, Y. and Kweon, M. (2020). Optimization of the formula and processing factors for gluten-free rice bread with tamarind gum. **Foods**, 9, 145-156.

Hosseini, S., Soltanizadeh, N., Mirmoghtadaee, P., Banavand, P., Mirmoghtadaie, L. and Aliabadi, S. (2018). Gluten-free products in celiac disease: Nutritional and technological challenges and solutions. **Journal of Research in Medical Sciences**, 23.

Julianti, E., Rusmarilin, H., Ridwansyah, H. and Yusraini, E. (2016). Effect of soybean flour on physico-chemical, functional, and rheological properties of composite flour from rice, sweet potato, and potato. **Trop. Life Sci. Res.**, 27, 133-138.

Kasarda, D. D. (1989). **Glutenin structure in relation to wheat quality**. 1, 227-240.

Khatkar, B. S. and Schofield, J. D. (1997). Molecular and physico-chemical basis of breadmaking-properties of wheat gluten proteins: A critical appraisal. **Journal of Food Science and Technology**, 34, 85-102.

Khmelevskaya, A. V., Burnatseva, A. A., Gusalva, M I. and Karaeva, I. T. (2019). **Production of gluten-free bread based on rational use of natural resources.** In International scientific and practical conference w`AgroSMART - Smart solutions for agriculture Kne Life Sciences (E K ed. pp. 31-39. K. L. Khetagurov North Ossetian State University.

Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N. and Biliaderis, C. G. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. **J. Food Eng.**, 79, 1033-1047.

Marco, C. and Rosell, C. M. (2008). Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads. **Eur. Food Res. Technol.**, 227, 1205-1213.

Masure, H. G., Fierens, E. and Delcour, J. A. (2016). Current and forward looking experimental approaches in gluten-free bread making research. **J Cereal Sci.**, 67, 92-111.

Maureen, L., Sapone, A., Catassl, C. and Fasano, A. (2017, 15, August). Celiac disease and nonceliac gluten sensitivity: A review. **JAMA**, 318, 647-656.

Meybodi, M., Mohammadifar, M. A. and Feizollahi, E. (2015). Gluten-free bread quality: A review of the improving factors. **Journal of Food Quality and Hazards Control**, 2, 81-85.

Peries, C. M., Wijesekara, K. B. and Navaratne, S. B. (2015). **Effect of freezing and hot water soaking on the functional properties of rice flour**

derived from four Sri Lankan traditional rice varieties. In International Conference of Sabaragamuwa University of Sri Lanka (ICSUSL 2015) .

Peries, M., Wijesekara, K. and Navaratne, S. (2017, February). Improvement of quality of composite bread by incorporating dual modified traditional rice flour. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)**, 4.

Pietzak, M., Preedy, V. R. and Zibadi, S. (2015). Chapter 11 - Immunologic Reactions to Wheat: Celiac Disease, Wheat Allergy and Gluten Sensitivity A2 - Watson, Ronald Ross. In: **Wheat and Rice in Disease Prevention and Health**. 133-141. Academic Press, San Diego.

Pietzak, M., Schofield, T., McGinniss, M. and Nakamura, R. (2009). Stratifying risk for celiac disease in a large at-risk United States population by using HLA alleles. **Clinical gastroenterology and hepatology**: the official clinical practice journal of the American Gastroenterological Association, 7, 966-971.

Porter, M. A. and Jones, A. M. (2003). Variability in soy flour composition. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, 80, 557-562.

Prandi, B., Faccini, A., Tedeschi, T., Cammerata, A., Sgrulletta, D., D'Egidio, M., Galaverna, G. and Sforza, S. (2014). Qualitative and quantitative determination of peptides related to celiac disease in mixtures derived from

different methods of simulated gastrointestinal digestion of wheat products. **Analytical and bioanalytical chemistry**, 406, 4765-4775.

Rakkar, P. S. (2007). **Development of a gluten-free commercial bread**. Auckland University, Food Science. 88.

Rashid, M. and Lee, J. (2016). Serologic testing in celiac disease: Practical guide for clinicians. **Can Fam Physician**, 62, 38-43.

Raymond, N., Heap, J. and Case, S. (2006, September). **The gluten-free diet: An update for health professionals**. In The Celiac Diet, Parrish, C. R. ed.

Rosell, C. M. (2011). The science of doughs and bread quality. In Preedy, V. R., Watson, R. R. and Patel, V. B. (eds), **Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention**. London/Burlington/San Diego: Elsevier, pp 3-14.

Roshid, M., Wazed, A., Islam, R., Mahomud, S. and Khatun, H. (2016). Preparation of gluten free bread using the mixture of different cereals grain flour. **International Journal of Advanced Multidisciplinary Research (IJAMR)**, 3, 9-16.

Sabanis, D. and Tzia, C. (2009). Effect of rice, corn and soy flour addition on characteristics of bread produced from different wheat cultivars. **Food Bioprocess Technology**, 2, 68-79.

Sabanis, D., Lebesi, D. and Tzia, Constantina. (2009). Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. **LWT – Food Science and Technology**, 42, 1380-1389.

Saura-Calixto, F., García-Alonso, A., Goñi, I. and Bravo, L. (2000). In vitro determination of the indigestible fraction in foods: An alternative to dietary fiber analysis. **J. Agric. Food Chem**., 48, 3342-3347.

Sciarini, L. S., Pérez, G. T., de Lamballerie, M., León, A. E. and Ribotta, P. D. (2011). Partial-baking process on gluten-free bread: impact of hydrocolloid addition. **Food and Bioprocess Technology**, 5, 1724-1732.

Shewry, P. R., Tatham, A. S. and Halford, V. G. (1999). **Seed Proteins**. In: Shewry, P.R. Kluwer Academic & Publishers, Dordrecht.

Stauffer, C. E. (2008). Soy flour products in baking. In **Technical Foods Consultants**.

Theethira, T. G. and Dennis, M. (2015). Celiac disease and the gluten-free diet: Consequences and recommendations for improvement. Dig. Dis., 33, 175-182.

Thompson, T. (2000). Folate, iron, and dietary fiber contents of the gluten-free diet. **J. Am. Diet. Assoc**., 100, 1389-1396.

U.S Food and Drug Administration Guidance for Industry. (2018). **Gluten-Free Labeling of Foods; Small Entity Compliance Guide**.

Van den Broeck, H., Smulders, M. J. M. Hamer, R., Gilissen, L. J. W. J. and van der Meer, I. (2011). Coeliac-safe wheat. A novel wheat to decrease the prevalence and symptoms of coeliac disease. **Agro Food Industry Hi-tech**., 22, 18-21.

Van Riemsdijk, L. E., van der Goot, A. J. and Hamer, R. J. (2011). The use of whey protein particles in gluten-free bread production, the effect of particle stability. **Food Hydrocoll**.

Veraverbeke, W. S. and Delcour, J. A. (2002). Wheat protein composition and properties of wheat glutenin in relation to breadmaking functionality. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 42, 179.

Weegels, P. L., Hamer, R. J. and Schofield, J. D. (1996). Critical review. Functional properties of wheat glutenin. **Journal of Cereal Science**, 23, 1-18.

Wieser, H. (2007). Chemistry of gluten proteins. **Food Microbiol**., 24, 115-119.

Williams, T. and Pullen, G. (1998). Functional Ingredients. In Cauvin, S. P. and Young, L. S. (Eds). **Technology of bread making**. London. Blackie Academic and Professional, 45-80.

Wójcik, M., Różyło, R., Schönlechner, R. and Berger, M. v. (2021). Physico-chemical properties of an innovative gluten-free, low-carbohydrate and high protein-bread enriched with pea protein powder. **Sci Rep**., 11, 14498.

Yano, H. (2019). Recent practical researches in the development of gluten-free breads. **NPJ Sci Food**, 3, 7.

Abstract

This research was carried out at the Department of Food Sciences, Faculty of Agriculture, Damascus University, with the aim of studying the physicochemical, processing and sensory properties of gluten-free bread samples produced from rice, corn and soybean flour and mixtures thereof. The results of the analysis showed the variation in the physicochemical composition of the basic types of flour used in preparing the mixtures. Soy flour was characterized by higher ash, protein and colour indicators and lower moisture content compared with rice flour and corn flour, and there were significant differences in moisture content, ash, protein and colour degree for the different types of composite flours, and these mixtures showed a much higher physicochemical composition than wheat flour content. In general, the protein, ash and colour content in the composite flour increased with the increase in the level of soybean flour in the mixture. On the other hand, the analysis of variance test showed significant differences between the chemical composition of all prepared bread samples in protein lipid, and ash content, as it was found that the protein content was the highest in bread samples prepared from soybean flour. In contrast, bread prepared from corn

flour showed had the highest lipid value, while the variation in fiber content was within a narrow range. As for the modified mixture, which contained a fatty component, the resulting bread samples were characterized by a high lipid content. In addition, the prepared bread samples had different processing properties, and confirmed that eliminating gluten from the diet of patients with celiac disease involved greater difficulties in the bread making process, and displayed lower processing properties. Soy bread samples were the heaviest, while rice bread samples had the lowest weight. The sensory evaluation showed that the bread prepared by the modified method and rice bread were generally more preferred in terms of colour, flavour and general acceptance than the rest of the other types. It was also noted that there was a large discrepancy in terms of the taste of the resulting bread, especially the types of bread prepared from the basic types of flour, and the bread prepared in the modified method was the highest with a good texture and acceptable consistency, followed by corn bread. Cluster analysis showed that types of gluten-free bread could be prepared in the conventional way from rice and corn flour that were similar in properties to bread prepared in the modified reference method.

Keywords: Gluten-free bread, celiac disease, processing properties, sensory properties.

Syrian Arab Republic
Damascus University
Faculty of Agriculture
Dep. Of Food Science

Processing Free Gluten Bread Suitable for Celiac Disease Patients

Dissertation submitted for obtaining a master's degree in Agricultural engineering

(Food Science)

By

Sawsan Muneer Zena

Supervisor

Dr. Jihad Samaan

Faculty of Agriculture

Dep. Of Food Science

2021