الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشـق
كلية الهندسة الزراعية
قسم علوم الأغذية

تأثير إضافة دقيق الكينوا والتشيا في جودة بعض منتجات الخبيز

أطروحة مقدمة لنيل درجة الدكتوراه في الهندسة الزراعية
(علوم الأغذية)

إعداد المهندس

مجد سلمان أبو حمزة

المشرف العلمي
د. جهاد سمعان
كلية الهندسة الزراعية– جامعة دمشق
قسم علوم الأغذية

المشرف المشارك
أ. د. محمد خير طحلة
كلية الهندسة الزراعية – جامعة دمشق
قسم علوم الأغذية

2024 م

I

تصريح خطي

أنا الموقع أدناه مجد أبو حمزة

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 الكترونية 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.

مجد أبو حمزة

فهرس المحتويات

تصريح خطي I

فهرس المحتويات II

قائمة الجداول VIII

قائمة الأشكال X

الملخص XI

المقدمة INTRODUCTION:..... 1

تساؤلات البحث..... 3

فرضيات البحث 3

مشكلات البحث 3

مبررات البحث..... 4

أهداف البحث 4

1- الدراسة المرجعية LITERATURE REVIEW:..... 7

1-1- محصول القمح: 7

1-2- الكينوا: 12

1-2-1- محصول الكينوا: 12

1-2-2- التصنيف العلمي لنبات الكينوا:..... 16

1-2-3- الوصف المورفولوجي:..... 18

1-2-4- الاحتياجات البيئية: 19

1-2-5- زراعة الكينوا: 19

1-2-6- معاملات نبات الكينوا: 21

1-2-7- صفات وخصائص الكينوا: 22

1-2-8- القيمة الغذائية للكينوا: 23

1-2-9- دقيق الكينوا: 28

1-2-10- المساوئ التغذوية للكينوا: 29

1-2-11- استخدامات الكينوا: 30

1-2-12- الإنتاج والتجارة العالمية للكينوا: 31

1-3- نبات التشيا: 34

1-4- تدعيم دقيق القمح بدقيق الحبوب الزائفة: 37

1-5- منتجات المخابز خالية الغلوتين: 42

2- مواد وطرائق البحث MATERIALS AND METHODS: 46

2-1- مواد البحث: 46

2-2- الاختبارات الفيزيوكيميائية للحبوب: 47

2-2-1- الوزن النوعي: 47

2-2-2- وزن الألف بذرة: 47

2-2-3- النسبة المئوية للرطوبة: 47

2-2-4- النسبة المئوية للرماد: 47

2-2-5- النسبة المئوية للبروتين: 48

2-3- تحضير دقيق الكينوا: 48

2-4- تحضير دقيق التشيا:..... 49

2-5- تحضير خلطات الدقيق المركب الخالي من الغلوتين: 50

2-6- الاختبارات الفيزيوكيميائية للدقيق:..... 51

2-6-1- النسبة المئوية للرطوبة:..... 51

2-6-2- النسبة المئوية للرماد: 51

2-6-3- النسبة المئوية للبروتين: 51

2-6-4- درجة اللون: 51

2-6-5- كمية ونوعية الغلوتين: 52

2-7- الاختبارات الريولوجية للدقيق: 52

2-7-1- اختبار الفارينوغراف:..... 52

2-7-2- اختبار الاكستنسوغراف:..... 54

2-8- تصنيع منتجات المخابز:..... 56

2-8-1- خبز القالب: 56

2-8-2- البسكويت:..... 57

2-9- اختبارات الخبيز:..... 58

2-9-1- الخصائص الكيميائية:..... 58

2-9-2- الخصائص التصنيعية:..... 58

1- الخصائص التصنيعية للخبز:..... 58

2- الخصائص التصنيعية للبسكويت:..... 59

2-9-3- تقييم الخصائص الحسية: 59

2-10- التحليل الإحصائي: 59

3- النتائج والمناقشة RESULTS AND DISCUSSION: 62

3-1- الخصائص الفيزيوكيميائية لبذور الكينوا، التشيا وحبوب القمح المدروسة:..... 62

3-2- الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق بذور الكينوا: 63

3-3- الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق بذور التشيا:..... 65

3-4- تأثير الاستبدال الجزئي لدقيق القمح بدقيق بذور الكينوا في الخصائص الكمية والنوعية للغلوتين: 67

3-5- تأثير الاستبدال الجزئي لدقيق القمح بدقيق بذور التشيا في الخصائص الكمية والنوعية للغلوتين: 69

3-6- تأثير الاستبدال الجزئي لدقيق القمح بدقيق الكينوا في خصائص الفارينوغراف: 71

3-7- تأثير الاستبدال الجزئي لدقيق القمح بدقيق التشيا في خصائص الفارينوغراف:..... 74

3-8- تأثير الاستبدال الجزئي لدقيق القمح بدقيق الكينوا في خصائص الاكستينسوغراف: 75

3-9- تأثير الاستبدال الجزئي لدقيق القمح بدقيق التشيا في خصائص الاكستينسوغراف:..... 78

3-10- مقارنة تأثير دقيق بذور الكينوا ودقيق بذور التشيا في الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية لدقيق القمح:..... 80

3-11- تقييم خصائص منتجات المخابز المحضرة من أنواع دقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق بذور الكينوا: 82

3-11-1- الخصائص الكيميائية لعينات خبز القالب: 82

3-11-2- الخصائص التصنيعية لعينات خبز القالب:..... 84

3-11-3- الخصائص الحسية لعينات خبز القالب:..... 86

3-11-4- الخصائص الكيميائية لعينات البسكويت: 87

3-11-5- الخصائص التصنيعية لعينات البسكويت: 89

3-11-6- الخصائص الحسية لعينات البسكويت: 91

3-12- تقييم خصائص منتجات المخابز المحضرة من أنواع دقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق بذور التشيا: 93

3-12-1- الخصائص الكيميائية لعينات خبز القالب: 93

3-12-2- الخصائص التصنيعية لعينات خبز القالب:..... 94

3-12-3- الخصائص الحسية لعينات خبز القالب:..... 96

3-12-4- الخصائص الكيميائية لعينات البسكويت: 98

3-12-5- الخصائص التصنيعية لعينات البسكويت: 100

3-12-6- الخصائص الحسية لعينات البسكويت: 101

3-13- مقارنة تأثير دقيق بذور الكينوا ودقيق بذور التشيا في خصائص الجودة لمنتجات المخابز المدروسة:.....103

3-14- تقييم خصائص منتجات المخابز خالية الغلوتين: 106

3-14-1- تقييم الخصائص الفيزيوكيميائية لأنواع الدقيق المدروسة: 106

3-14-2- تقييم الخصائص الكيميائية لعينات خبز القالب المحضرة من خلطات الدقيق خالي الغلوتين:108

3-14-3- تقييم الخصائص التصنيعية لعينات خبز القالب المحضرة من خلطات الدقيق خالي الغلوتين:.....110

3-14-4- تقييم الخصائص الحسية لعينات خبز القالب المحضرة من خلطات الدقيق خالي الغلوتين:111

3-14-5- تقييم الخصائص الكيميائية لعينات البسكويت المحضرة من خلطات الدقيق خالي الغلوتين:113

3-14-6- تقييم الخصائص التصنيعية لعينات البسكويت المحضرة من خلطات الدقيق خالي الغلوتين:115

3-14-7- تقييم الخصائص الحسية لعينات البسكويت المحضرة من خلطات الدقيق خالي الغلوتين:116

4- الاستنتاجات CONCLUSIONS: 119

5- المقترحات والتوصيات RECOMMENDATIONS: 124

6- المراجع العلمية REFERENCES: 126

Abstract 157

قائمة الجداول

الجدول 1؛ القيمة الغذائية لـ 100 غ من حبوب الكينوا 23

الجدول 2؛ التركيب الكيميائي لبذور الكينوا مقارنةً مع بعض الحبوب والبقوليات 25

الجدول 3؛ المحتوى من المعادن (مغ/كغ مادة جافة) وتركيز الفيتامينات (مغ/100غ مادة جافة) في الكينوا وبعض الحبوب.....27

الجدول 4؛ التركيب الكيميائي لبذور التشيا بالمقارنة مع حبوب القمح (100 غ).....36

الجدول 5؛ ترميز عينات دقيق القمح المستبدلة جزئياً بدقيق بذور الكينوا 49

الجدول 6؛ ترميز عينات دقيق القمح المستبدلة جزئياً بدقيق بذور التشيا.....50

الجدول 7؛ الخصائص الفيزيوكيميائية لبذور الكينوا، التشيا وحبوب القمح المدروسة.....63

الجدول 8؛ التركيب الفيزيوكيميائي لدقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق الكينوا 65

الجدول 9؛ التركيب الفيزيوكيميائي لدقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق التشيا.....67

الجدول 10؛ كمية ونوعية غلوتين دقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق بذور الكينوا.....69

الجدول 11؛ كمية ونوعية غلوتين دقيق القمح المستبدل بدقيق بذور التشيا 70

الجدول 12؛ خصائص الفارينوغراف لدقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق الكينوا 73

الجدول 13؛ خصائص الفارينوغراف لدقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق التشيا 75

الجدول 14؛ خصائص الاكستينسوغراف لدقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق الكينوا 78

الجدول 15؛ خصائص الاكستينسوغراف لدقيق القمح المستبدل بدقيق التشيا.....79

الجدول 16؛ التركيب الكيميائي لعينات خبز القالب المدعم بدقيق الكينوا 84

الجدول 17؛ الخصائص التصنيعية لعينات خبز القالب المدعم بدقيق الكينوا 85

الجدول 18؛ التركيب الكيميائي لعينات البسكويت المدعم بدقيق الكينوا 89

الجدول 19؛ الخصائص التصنيعية لعينات البسكويت المدعم بدقيق الكينوا 91

الجدول 20؛ التركيب الكيميائي لعينات خبز القالب المدعم بدقيق التشيا 94

الجدول 21؛ الخصائص التصنيعية لعينات خبز القالب المدعم بدقيق التشيا 96

الجدول 22؛ التركيب الكيميائي لعينات البسكويت المدعم بدقيق التشيا 99

الجدول 23؛ الخصائص التصنيعية لعينات البسكويت المدعم بدقيق التشيا 101

الجدول 24؛ الخصائص الفيزيوكيميائية لعينات الدقيق المدروسة 108

الجدول 25؛ التركيب الكيميائي لعينات الخبز المحضر من خلطات الدقيق خالي الغلوتين 109

الجدول 26؛ الخصائص التصنيعية لعينات الخبز المحضر من خلطات الدقيق خالي الغلوتين 111

الجدول 27؛ التركيب الكيميائي لعينات البسكويت المحضر من خلطات الدقيق خالي الغلوتين. 114

الجدول 28؛ الخصائص التصنيعية لعينات البسكويت المحضر من خلطات الدقيق خالي الغلوتين 116

قائمة الأشكال

الشكل 1؛ نبات الكينوا 18

الشكل 2؛ مخطط دورة زراعة الكينوا 20

الشكل 3؛ التوزيع الجغرافي لإنتاج الكينوا في العالم 32

الشكل 4؛ إنتاج الكينوا في منطقة جبال الأنديز 33

الشكل 5؛ المساحات المزروعة بالكينوا في منطقة جبال الأنديز 34

الشكل 6؛ التحليل العنقودي لعينات الدقيق المدروسة 81

الشكل 7؛ الخصائص الحسية لعينات خبز القالب المدعم بدقيق الكينوا 87

الشكل 8؛ الخصائص الحسية لعينات البسكويت المدعم بدقيق الكينوا 92

الشكل 9؛ الخصائص الحسية لعينات خبز القالب المدعم بدقيق التشيا 98

الشكل 10؛ الخصائص الحسية لعينات البسكويت المدعم بدقيق التشيا 102

الشكل 11؛ التحليل العنقودي لعينات الخبز المدروسة 105

الشكل 12؛ التحليل العنقودي لعينات البسكويت المدروسة 105

الشكل 13؛ الخصائص الحسية لعينات الخبز المحضر من خلطات الدقيق خالي الغلوتين 113

الشكل 14؛ الخصائص الحسية لعينات البسكويت المحضر من خلطات الدقيق خالي الغلوتين 117

الملخص

أُجري هذا البحث في مخابر قسم علوم الأغذية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق ومخبر الحبوب المركزي وزارة التجارة الداخلية وحماية المستهلك بهدف دراسة تأثير استبدال أنواع دقيق القمح المنتجة محلياً بنسب مختلفة (10، 20، 30 و40%) من دقيق بذور الكينوا ودقيق بذور التشيا المزروعة محلياً في الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية والتصنيعية للدقيق المركب الناتج. بيَّن تحليل الخصائص الفيزيوكيميائية لأنواع الدقيق ارتفاع البروتينات، الرماد ودرجة اللون في دقيق الكينوا ودقيق التشيا مقارنةً بنوعي دقيق القمح، وأدت عملية استبدال دقيق القمح بدقيق البذور المدروسة إلى زيادة معنوية في هذه المؤشرات، وكما ظهرت اختلافات معنوية في مؤشرات الغلوتين الكمية والنوعية. من جهة أخرى، بيَّنت نتائج اختبار تحليل التباين لمؤشرات الفارينوغراف اختلاف تأثير إضافة دقيق البذور اعتماداً على نوع دقيق القمح، وكما أظهر تحليل مؤشرات الاكستينسوغراف الانخفاض التدريجي والمعنوي في قوة دقيق القمح مع رفع نسبة دقيق البذور المضاف. أكدت نتائج اختبار التحليل العنقودي أهمية كبيرة من حيث أنه يمكن استبدال دقيق القمح بدقيق بذور الكينوا أو التشيا بنسبة تصل حتى 40% مع المحافظة، لحدٍ كبير، على خصائص دقيق القمح الفيزيوكيميائية والريولوجية، كما أن الاستبدال الجزئي لدقيق القمح حتى نسبة 40% من دقيق الكينوا الكامل لا تغير من قوة دقيق القمح. من جهة أخرى، بيَّن تحليل التركيب الكيميائي لخبز القالب والبسكويت المصنع من الدقيق المركب التأثير عالي المعنوية لإضافة دقيق البذور في جميع المؤشرات الكيميائية المدروسة، كما لوحظ انخفاض معنوي في حجم الخبز ترافق أيضاً بانخفاض قيم الحجم النوعي للخبز، وبشكلٍ مماثلٍ، انخفض معامل تمدد عينات البسكويت مع ارتفاع نسبة الاستبدال، بينما لوحظ عدم وجود فروقات معنوية بين درجات التقييم الحسي للخبز والبسكويت المصنوع من دقيق القمح فقط ومخلوط دقيق الكينوا أو التشيا حتى 10%. بالنسبة للمنتجات خالية الغلوتين، فقد تبين إمكانية إنتاج خبز قالب وبسكويت من استبدال الشاهد المكون من دقيق الأرز ودقيق الذرة الصفراء بنسبة تصل إلى 20% من دقيق بذور الكينوا أو التشيا.

الكلمات المفتاحية: دقيق الزيرو، الدقيق الموحد، الكينوا، التشيا، الخصائص الفيزيوكيميائية، الخصائص الريولوجية، خبز القالب، البسكويت.

المقدمة INTRODUCTION:

التدعيم هو عملية إضافة العناصر الغذائية أو المكونات النشطة بيولوجياً غير الغذائية إلى المنتجات الصالحة للأكل (مثل الغذاء أو مكونات الغذاء أو المكملات الغذائية). يستخدم التدعيم لتصحيح أو منع النقص في تناول المغذيات على نطاق واسع وأوجه القصور المرتبطة به، أو لتحقيق التوازن في إجمالي العناصر الغذائية للنظام الغذائي، أو لاستعادة العناصر الغذائية المفقودة في التصنيع، أو لجذب المستهلكين الذين يتطلعون إلى تكملة نظامهم الغذائي. يمكن اعتبار تدعيم الغذاء بمثابة استراتيجية للصحة العامة لتعزيز المدخول الغذائي للسكان. على مدى القرن الماضي، كان التدعيم فعالاً في الحد من مخاطر الإصابة بأمراض نقص المغذيات مثل مرض البري بري، وتضخم الغدة الدرقية، والبلاغرا، والكساح. ومع ذلك، فإن العالم اليوم يختلف كثيراً عما كان عليه عندما ظهر التدعيم في عشرينيات القرن الماضي. على الرغم من أن برامج التدعيم المبكرة كانت مصممة للقضاء على أمراض النقص، فإن برامج التدعيم الحالية تعتمد على مدخول غذائي منخفض بدلاً من حالة يمكن تشخيصها. للمضي قدماً، يجب أن نكون مجتهدين في نهجنا لتحقيق ممارسات وسياسات تدعيم فعالة ومسؤولة، بما في ذلك التسويق المسؤول للمنتجات المدعمة. ويجب تطبيق التدعيم بحكمة، ومراقبة آثاره بجدية، وإعلام المستهلكين بشكل فعال بفوائده من خلال جهود تثقيف المستهلك، وينبغي وضع خطوط واضحة للسلطة لوضع مبادئ توجيهية للتدعيم، وينبغي أن تأخذ في الاعتبار تغير التركيبة السكانية، والتغيرات في الإمدادات الغذائية، والتقدم التكنولوجي.

تعد منتجات المخابز، مثل الخبز، من أكثر الأطعمة شيوعاً بين سكان العالم، لذلك، يمكن تدعيمه للقضاء على نقص العناصر الغذائية أو أن يكون حاملاً لمواد أخرى ذات تأثير غذائي أو فيزيولوجي، مما يجلب فوائد صحية للمستهلكين، وبالتالي يؤثر في الصحة المستدامة. أظهرت التجارب السريرية فوائد صحية من تناول الخبز المدعم بالفيتامينات (B9، C، D2، D3)، والمعادن (K، P، Ca، Mg، Fe، Zn، Cr، Se)،

والألياف، والبروتينات، ومركبات البوليفينول، وتكشف الاستنتاجات أن التدعيم الإلزامي يتوافق مع أهداف التنمية المستدامة.

هناك ثلاثة أنواع رئيسة من الخبز يتم إنتاجها في جميع أنحاء العالم: خبز القمح، والخالي من الغلوتين، والخبز المختلط. معظم الخبز المصنوع من الدقيق المكرر فقير بالفيتامينات والمعادن والألياف ومضادات الأكسدة بسبب إزالة النخالة والجنين في إنتاج الدقيق. علاوةً على ذلك، تحتاج عجينة الخبز إلى عملية حرارية لزيادة قابلية الهضم والاستساغة وخصائصها الفيزيائية والغذائية، مما يؤدي إلى تقليل أو تدمير إضافي للمركبات النشطة بيولوجياً، ولسوء الحظ، يمكن أن يكون الخبز فقيراً بالعناصر الغذائية ولا يلبي احتياجات المستهلكين الغذائية والصحية، ولذلك يتم تدعيم الدقيق بالفيتامينات والمعادن أو مباشرةً بالخبز نفسه مع مستخلصات الألياف النباتية، وهو أمر ضروري من الناحية الغذائية، ومن المهم بنفس القدر قبول المستهلكين الحسي للخبز المدعم، والذي يمكن أن يتضاءل بسبب التغيرات في الطعم والرائحة والبنية الناتجة عن إدراج الخبز المدعم.

الكينوا (*Chenopodium quinoa* Willd)، والمعروفة باسم الحبوب الزائفة، ليست فقط مصدراً ممتازاً للبروتين والنشاء والفيتامينات والمواد المغذية الأساسية الأخرى، ولكنها أيضاً غنية بالعناصر الغذائية الوظيفية مثل البوليفينولات والفلافونويدات والصابونين مقارنة بمعظم محاصيل الحبوب. على الرغم من فوائدها الغذائية، فإن الكينوا لها طعم جوزي، ونكهة مختلفة عن منتجات القمح، كما أن جودة خبزها رديئة، ولذلك فإن الكينوا وحدها ليست غذاءً أساسياً شائعاً، وأحد الاستخدامات المحتملة له هو دمجه في تركيبات منتجات المخابز كمكمل، وتحسين خصائصه الغذائية.

تساؤلات البحث

- لماذا تم اختيار بذور الكينوا وبذور التشيا في هذه الدراسة؟
- ما هو تأثير استبدال دقيق القمح بدقيق بذور الكينوا في خصائص دقيق القمح ومنتجاته؟
- ما هو تأثير استبدال دقيق القمح بدقيق بذور التشيا في خصائص دقيق القمح ومنتجاته؟
- ما هي النسب المثلى من دقيق بذور الكينوا والتشيا التي يمكن إضافتها لدقيق القمح؟
- هل من الممكن إنتاج أغذية خاصة خالية الغلوتين باستخدام دقيق بذور الكينوا والتشيا؟

فرضيات البحث

تعد بذور الكينوا وبذور التشيا من الأغذية الجديدة والواعدة في الجمهورية العربية السورية من حيث غناها بالبروتينات ذات القيمة الغذائية العالية. تبعاً لذلك، تمَّ التركيز في هذا البحث على محورين أساسين:

- الأول يعتمد على إمكانية استبدال دقيق القمح بدقيق هذه البذور في إنتاج الخبز والبسكويت وبالتالي إمكانية التوفير في كميات دقيق القمح.
- الثاني يعتمد على توظيف هذه البذور لإنتاج أغذية خاصة خالية الغلوتين تساعد مرضى داء الزلاقي.

مشكلات البحث

من المعرف والمثبت علمياً بأن دقيق القمح هو المادة الفريدة من نوعها لإنتاج جميع منتجات المخابز مثل الخبز والبسكويت، وذلك لاحتوائه على مادة الغلوتين، وبالتالي إن استبدال دقيق القمح بدقيق البذور غير الغلوتينية من شأنه أن يترافق مع انخفاض معنوي وملحوظ في جودة المنتجات المصنعة من دقيق القمح.

مبررات البحث

نظراً لأهمية القمح في التصنيع الغذائي، ولمسايرة التّوجّه الجديد لوزارة الزّراعة والإصلاح الزّراعي والهيئة العامّة للبحوث العلميّة الزّراعيّة لإدخال زراعة أنواع جديدة من الحبوب مثل الكينوا والتشيا في عديد من المناطق في سورية، كما لا يوجد حتى وقتنا الحاضر أي دراسات مرجعية محلية تتعلق بدراسة تأثير الاستبدال الجزئي لدقيق القمح المحلي بدقيق الكينوا والتشيا في خصائص الدقيق المركب الناتج.

أهداف البحث

1. دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية لبذور الكينوا والتشيا المزروعة محلياً ومقارنتها مع خصائص أنواع القمح السوري.
2. دراسة تأثير استبدال دقيق القمح بنسب مختلفة من دقيق الكينوا والتشيا في الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية للدقيق وجودة خبز القالب والبسكويت الناتج منها.
3. تحديد النسبة المثلى من أنواع الدقيق المضاف لإعطاء دقيق ذو مواصفات ريولوجية وتصنيعية عالية.
4. العمل على إنتاج أغذية خاصة (خبز وبسكويت) خالية من الغلوتين عن طريق استخدام خليط من دقيق كل من الكينوا والتشيا والذرة الصفراء والأرز.

ونُفذ البحث باتباع الخطوات التالية:

1. اختيار صنف من بذور الكينوا المزروع محلياً في المحطات البحثية.
2. اختيار بذور من التشيا من السوق المحلية.
3. اختيار صنف قمح طري وصنف قمح قاسي مزروعين محلياً في المحطات البحثية.

4. تقدير الخصائص الفيزيوكيميائية لعينات دقيق بذور الكينوا والتشيا وحبوب القمح.
5. مقارنة الخصائص الفيزيوكيميائية لعينات دقيق أنواع البذور المدروسة مع خصائص القمح السوري الطري والقاسي.
6. استبدال أنواع دقيق القمح المنتجة محلياً (دقيق الزيرو 72% استخراج والدقيق الموحد 80% استخراج) بنسبة (0، 10، 20، 30 و40%) من دقيق البذور المدروسة.
7. تحديد الصفات الفيزيوكيميائية والريولوجية لأنواع دقيق القمح المدعمة بدقيق البذور المدروسة.
8. تصنيع خبز القالب والبسكويت من عينات دقيق القمح المدعمة بدقيق البذور المدروسة.
9. تحديد خصائص الجودة والخصائص الحسية للمنتجات المصنعة.
10. استخدام اختبار ANOVA لتحديد تأثير عملية تدعيم دقيق القمح في الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية والتصنيعية.
11. استخدام اختبار (Cluster Analysis) لتحديد درجة التشابه بين العينات المدروسة.
12. استبدال دقيق القمح بشكل كلي بخليط من دقيق الكينوا والتشيا والذرة الصفراء والأرز، وذلك لإنتاج خبز وبسكويت خاص بمرضى داء الزلاقي.
13. تحديد خصائص الجودة والخصائص الحسية للمنتجات الخاصة المصنعة.

الفصل الأول

الدراسة المرجعية

Literature Review

1- الدراسة المرجعية LITERATURE REVIEW:

1-1- محصول القمح:

يعد القمح (Triticum spp.) المحصول الأكثر أهمية من الناحية الاقتصادية والمحصول الحبي الاستراتيجي الأول عالمياً، يزود القمح الإنسان بـ 55% من إجمالي الكربوهيدرات و20% من السعرات الحرارية الغذائية المستهلكة، كما يشغل 17% من المساحة المزروعة على سطح الكرة الأرضية، موفراً الغذاء لأكثر من ملياري نسمة أي حوالي 40% من عدد السكان في العالم، وقد سبق إنتاجه كل محاصيل الحبوب الأخرى في العالم بما في ذلك الأرز والذرة ليصبح بلا منازع من أهم محاصيل الحبوب في العالم لأهميته في صناعة الخبز، إضافةً إلى كونه مادة أولية للعديد من الصناعات الغذائية بجميع أشكالها من المعجنات والمعكرونة والسميد والبرغل والنودلز وغيرها (Shewry and Hey, 2015).

يؤدي القمح دوراً مهماً في دعم الأمن الغذائي العالمي لأنه من أكثر المحاصيل استهلاكاً على المستوى العالمي. تحدد قدرة دقيق القمح على تشكيل أطعمة مختلفة بشكل كبير بالبروتينات، ويقاس بروتين القمح كنسبة من وزن الحبوب، حيث يشكل البروتين ما نسبته 6-16% من وزن الحبوب الناضجة والذي يتوزع على كامل الحبة (Lasztity, 1984)، وتظهر بروتينات القمح تفاعلات مختلفة ومعقدة فيما بينها وذلك يجعلها صعبة التوصيف (Zilić *et al.*, 2011)، وسجل Kent (1983) نسبة بروتين القمح بين 10.5- 16%. يعد البروتين المكون الثاني لحبوب القمح من حيث الوفرة بعد النشاء، وتعد طريقة (Osborne, 1907) لفصل مكونات البروتين من أكثر الطرائق استخداماً، حيث يتم فصلها إلى أربع مجموعات هامة تبعاً لقدرتها على الانحلال في المحاليل المختلفة وهي:

1. الألبومين الذي ينحل بالماء.
2. الغلوبيولين الذي ينحل في المحاليل الملحية.

3. الغليادين الذي ينحل في الإيتانول.

4. الغلوتينين ينحل في القلويات المخففة.

يتواجد كل من الألبومين والغلوبيولين في طبقة الأليرون، والجنين وغلاف البذور والتي تعرف ببروتينات التمثيل الغذائي أو البروتينات الهيكلية، وتتراوح نسبة كل من الألبومين والغلوبيولين معاً 10% من البروتين الكلي ويعد كلاهما غنياً باللايسين والتربتوفان والأرجنين مع قيمة غذائية عالية (Jaswinder *et al*., 2001).

يشكل كل من الغليادين والغلوتينين ما يسمى بغلوتينات القمح والتي تعد المكون الرئيس لبروتينات التخزين في أندوسبرم حبوب القمح القاسي والطري (حيث تعرف بروتينات التخزين بأنها أي بروتين يتراكم في الحبة، ويتحلل مائياً ليحرر مكوناته من الأحماض الأمينية، وترجع المرونة (المطاطية) إلى الغلوتينين أما اللزوجة فتعود للغليادين (Ciaffi *et al*., 1996; Mills *et al*., 1990; Wall, 1979; Payne *et al*., 1984; Gupta and Shepherd, 1990)، حيث تعتمد صناعة الخبز على كمية بروتينات الغلوتين ونوعيتها، كما ترتبط صفات اللزوجة لتصنيع المعكرونة من حبوب القمح القاسي بشكل مباشر ببروتينات الغلوتين (Joppa *et al*., 1983).

تعتمد الاختلافات النوعية بين أصناف القمح بشكل كبير على التوزيع الأليلي لبروتينات التخزين المتواجدة في الأندوسبرم (الغليادين والغلوتينين) (Porceddu *et al*., 1998)، حيث تتواجد بروتينات التخزين مرتبطة مع حبيبات النشاء على شكل مصفوفة مستمرة (Lasztity, 1984). تبدأ بروتينات التخزين بالتراكم بعد 6 أيام من نهائية طور امتلاء الحبوب (Panozzo *et al*., 2001). حيث أن الظروف التي تقصر من مرحلة امتلاء الحبوب مثل الحرارة المرتفعة أو الجفاف تؤثر في توازن أجزاء البروتين (Jamieson *et al*., 2001).

أوضح Anjum وآخرون (2002) أن أصناف القمح تختلف فيما بينها بالرطوبة ومحتوى البروتين اختلافاً معنوياً. يعد كل من الغلوتينين والغليادين من العوامل المهمة المحددة للجودة (Gupta and Shepherd, 1990)، وبذلك تعتمد جودة القمح على بنية البروتينات المختلفة وتفاعلاتها مع بعضها ومع المكونات الأخرى

المتواجدة في الحبوب (Shewry and Tatham, 1997). يؤثر كل من محتوى البروتين الكلي ونسبة الغلوتينين والغليادين في خصائص الخَبز والعجين (Uthayakumaran *et al*., 2001).

ترتبط قوة الغلوتين بشكل كبير بوحدات الغلوتينين ذات الوزن الجزيئي المرتفع، وبالتالي يتم تقدير مكونات القمح من وحدات الغلوتينين ذات الوزن الجزيئي المرتفع عن طريق الرحلان الكهربائي باستخدام هلامة البولي اكريلاميد (SDS-PAGE)، ومن ناحية أخرى تعد بروتينات الغليادين من المعلمات الجزيئية القيمة في التحليل الجيني وفي تقدير حجم التنوع الوراثي الموجود في مجموعات القمح (Aguiriano *et al*., 2006; Moragues *et al*., 2006).

يُعدّ الغلوتينين أحد المكونات الرئيسية للغلوتين وبروتينات التخزين في الأندوسبرم وهو يتألف من جزيئات ترتبط مع بعضها عن طريق روابط ثنائية الكبريت، ويبلغ وزنه الجزيئي 40 مليون دالتون، وأيضاً يعد الغلوتينين المكون الرئيسي المسؤول عن الاختلافات بنوعية المنتج النهائي بين طرز القمح (Weegels *et al*., 1994). يعتقد بأن هذه البروتينات تعطي عجين القمح خواصه الفريدة التي تساعد بصناعة الخبز. تعتمد جودة صناعة الخبز على مرونة وتمدد العجين والذين يعتمدان بدورهما على وحدات الغلوتينين ذات الوزن الجزيئي المرتفع (Payne *et al*., 1984; 1987)، كما لوحظ انخفاض بجودة صناعة الخبز وبقوة العجين عند غياب تحت وحدات الغلوتينين ذات الوزن الجزيئي المرتفع (MacRitchie and Lafiandra, 2001).

يشكل الغليادين حوالي نصف بروتينات الغلوتين والجزء التخزيني لبروتينات التخزين في أندوسبرم القمح، وتستخدم بروتينات التخزين للتعرف على أصناف القمح (Wrigley and Baxter, 1974; Bushuk and Zillman, 1978; Finney *et al*., 1982; Lookhart *et al*., 1982) والتي ترتبط أيضاً بنوعية صناعة الخبز (Finney *et al*., 1982)، وتعد بروتينات الغليادين عبارة عن مزيج من البوليببتيدات وحيدة السلسلة الذوابة في الكحول الممدد بنسبة 70% وذات وزن جزيئي مرتفع يتراوح بين 30-75 كيلودالتون، وقسمت إلى 4 مجموعات بالاعتماد على درجة رحلانها وحركيتها ضمن نظام الرحلان الكهربائي A-PAGE، وهي:

1. W أوميغا غليادين تحتوي الحزم ذات قيمة RM أعلى من 39.
2. Y غاما غليادين تحتوي الحزم ذات قيمة RM بين 40–56.
3. β بيتا غليادين تحتوي الحزم ذات قيمة RM بين 57–68.4.
4. α ألفا غليادين تحتوي الحزم ذات قيمة RM بين 69–80.

استطاع الباحثون باستخدام نظام الرحلان الكهربائي فصل غليادين حبة واحدة إلى 20–24 حزمة (Bushuk and Zillman, 1978; Metakovsky *et al*., 1984). ونظراً لوفرة المعلومات والتباينات الناتجة عن تطبيق هذه التقنية فإن هذا النوع من بروتينات التخزين قد استخدم بشكل واسع في أبحاث تحديد الهوية الوراثية لأصناف القمح.

يعد الغليادين بشكل عام المسؤول عن لزوجة العجين، كما يُعتقد أن نسبة الغلوتينين إلى الغليادين من المحددات المهمة للجودة، حيث أن نسبة الغلوتينين إلى الغليادين العالية تؤدي إلى قوة أعلى للعجين (MacRitchie, 1985)، بينما اقترح Edwards وآخرون (2001) من خلال دراسة أجروها أن زيادة محتوى الغليادين النسبي مرتبط بتمدد العجين وقلة قوته، حيث أن ارتفاع نسبة الغلوتينين يؤدي إلى التغلب على المطاطية وزيادة قوة العجين ويساهم كل من الغلوتينين والغليادين معاً وبشكل واسع بجودة العجين، حيث يُعدّ المزيج المناسب من هذين البروتينين ضرورياً للحصول على خصائص تكنولوجية ولزوجية مثالية للعجين (Wieser, 2007). تعد كمية وحجم توزع بروتينات الغلوتين من العوامل المهمة في عملية التبلمر/ البلمرة (Van den Broeck *et al*., 2009; Gupta *et al*., 1992; 1990).

على الرغم من تصنيف الغليادين من مقاييس الجودة لصناعة الخبز، إلا أنه يعد أيضاً غير مهم بالنسبة لقوة العجين (Gianibelli *et al*., 2001). إن مساهمة أليلات الغليادين بمطاطية العجين يجعل منها موضوعاً مهم للدراسة بالنسبة لتقدير جودة العجين. يتطلب الخبز ذا النوعية الجيدة شبكة من الغلوتين طرية ومتمددة

(Waniska, 1999). من الممكن أن يؤثر ارتفاع أو انخفاض محتوى الغليادين المعتمد على الأليلات سلباً أو إيجاباً في جودة الخبز.

من أهم متطلبات جودة صناعة الخبز المستويات العالية من البروتين وكذلك القوة العالية للغلوتين وكلاهما من مميزات القمح، حيث أن دقيق القمح والذي يعد من أهم مكونات الخبز يساهم بهذه الجودة (Waniska *et al.*, 2002)، لا بد للخبز من أن يكون مقاوماً للتكسر والتفتت عند التصنيع والاستهلاك (Dally and Navarro, 1999; Waniska, 1999).

تتكون الغلوتينينات من مجموعة من الأحماض الأمينية الأساسية ومحتوى قليل من الغلوتامين مقارنة بالغلياديناتت. تتأثر كل من صفة تشكيل بوليمرات وقوة العجين بوحدات الغلوتينين ذات الوزن الجزيئي المرتفع بشكل أكبر مقارنة بالوحدات ذات الوزن الجزيئي المنخفض، وتم تقدير تأثير وحدة من مكونات الغلوتينين ذات الوزن الجزيئي المرتفع بما يعادل 4 مرات من تأثير جزيئات الغلوتينين ذات الوزن الجزيئي المنخفض (Gupta *et al.*, 1996).

تعتمد جودة الخبز على جودة العجين، حيث أن مقاومة العجين للخلط المنخفضة وكذلك تمدد العجين الكبير ترتبط بنوعية جيدة للخبز (Waniska *et al.*, 2004). يعد السيستيئين من المكونات المهمة لتشكيل روابط ثنائية الكبريت، كما أنه يتحكم بمعظم الخصائص الوظيفية لدقيق القمح، حيث تم برهنة وجود علاقة ارتباط قوية وموجبة بين محتوى السيستيئين وقدرة دقيق القمح على الخَبز (Lasztity, 1984).

تتحدد جودة المنتج النهائي من القمح بالبنية الجزيئية لبروتينات التخزين (Shewry *et al.*, 1989)، وتعد البروتينات من المكونات المهمة لحبوب القمح والمسيطرة على جودة المنتج النهائي (Weegels *et al.*, 1996). تؤثر التباينات في كل من محتوى البروتين وتركيبه بشكل معنوي بنوعية الدقيق لصناعة الخبز (Weegels *et al.*, 1996; Lafiandra *et al.*, 2000; Branlard *et al.*, 2001)، وقد تم دراسة أثر محتوى البروتين ونوعيته (تركيب بروتينات الغلوتين) في جودة المنتج النهائي بشكل واسع. أظهرت الدراسات

علاقة مباشرة بين محتوى البروتين وقوة العجين (Mikhaylenko *et al*., 2000)، وتساعد هذه العلاقة في شرح الارتباط الحاصل بين الظروف البيئية وجودة صناعة الخبز. اكتشف Fido وآخرون (1997) أنه ليس فقط إضافة الغلياديناتولكن أيضاً نوعها ينقص من قوة العجين، وتم تأكيد هذه النتائج من قبل باحثين آخرين (Uthayakumaran *et al*., 2001)، وأظهرت دراسات أخرى العلاقة القوية بين نوعية البروتين وجودة صناعة الخبز وهذه العلاقة ناتجة عن وحدات الغلوتينين ذات الوزن الجزيئي المرتفع (Weegels *et al*., 1996; Uthayakumaran *et al*., 2001)، كما أظهرت دراسات أخرى وجود تأثير معنوي لنوعية البروتين في جودة المنتج النهائي من طحين القمح (Weegels *et al*., 1996).

أظهرت دراسات عديدة خلال الـ 40 سنة الماضية (Bietz *et al*., 1975; Payne *et al*., 1987; 1984; Shewry *et al*., 1989; Graybosch *et al*., 1990; Dong *et al*., 1991) أن التنوع الأليلي لمكونات الغلوتينين ذات الأوزان الجزيئية المرتفعة يعد مساهماً أساسياً بنوعية الخَبز والعجن لخبز القمح، كما أن نوعية الخبز ترتبط أيضاً بالتنوع الأليلي للأوزان الجزيئية المنخفضة للغلوتنين (Gupta and Shephred, 1987).

1-2- الكينوا:

1-2-1- محصول الكينوا:

يُعد الكينوا من المحاصيل الرئيسة في جبال الأنديز، التي تعد موطنه الأصلي، وما يزال مزروعاً في البيرو وبوليفيا وتشيلي وإكوادور وكولومبيا والأرجنتين (Gonzales *et al*., 2012)، وتركز الاهتمام في الآونة الأخيرة بإنتاجه في الولايات المتحدة وأوروبا وآسيا (Jacbsen, 2003; Bhargava *et al*., 2006).

تشير قاعدة الإحصائيات العالمية (Statistica.com) بارتفاع الإنتاج العالمي من محصول الكينوا من حوالي 80 ألف طناً من الحبوب عام 2010 إلى 147 ألف طناً عام 2023، وكان ترتيب الدول من حيث الأعلى إنتاجاً، البيرو، وبوليفيا، والإكوادور، والولايات المتحدة الأمريكية في عام 2023.

سمّي نبات الكينوا (بالحبوب الكاذبة)، وامتاز بتكوين حبوبه غير العادي وتوازنه الاستثنائي ما بين الزيت، والبروتين، والدهون (Bilalis *et al.*, 2012). يُعد الكينوا مصدراً جيداً للبروتين ويمكن استخدامه في المنتجات الغذائية (Gonzales *et al.*, 2012). تفيد التقارير أنّ القيمة الغذائية لبذور الكينوا تلبي وتتجاوز متطلبات الاستهلاك اليومية التي أوصت بها منظمة الصحة العالمية (Castellion *et al.*, 2010).

تعد بروتينات الكينوا من البروتينات المتوازنة في احتوائها على الأحماض الأمينية الأساسية، حيث يحتوي على اللايسين الذي يعد وجوده نادراً في الأصل النباتي (Abugoch *et al.*, 2008; Escuredo *et al.*, 2014). يحتوي نبات الكينوا على أغلب الأحماض الأمينية الأساسية للإنسان بما فيها: اللايسين، الايزولوسين، اللوسين، الفينيل آلانين، التيروزين، الثريونين، التربتوفان، الفالين، الهيستيدين، الميثيونين، حيث يعد النبات الوحيد تقريباً الذي يحتوي على الأحماض الأمينية الأساسية (Morita *et al.*, 2001)، ويُعد محتواه من اللايسين والأحماض الأمينية الأخرى أعلى بالمقارنة مع القمح، بالإضافة إلى أنَّ محتوى حبوبه من الكالسيوم والفوسفور والحديد أعلى بالمقارنة مع حبوب الذرة الصفراء (Eltahan *et al.*, 2019).

يُعدّ نبات الكينوا مثالاً جيداً ممتازاً على "الغذاء الوظيفي" الذي يهدف إلى تقليل خطر الإصابة بالأمراض المختلفة (Vega-Galvez *et al.*, 2010)، كما أنّه يتملك خصائص غذائية بارزة، بالإضافة لمحتوى حبوبه من البروتين (15%)، وتوازن أحماضه الأمينية، فهو يعد مصدراً جيداً للمعادن والفيتامينات (Bilalis *et al.*, 2012)، من هذه المعادن الحديد، المغنزيوم، الفوسفور، الكالسيوم والزنك، ومن الفيتامينات C، B1، B2 وE، بالإضافة لغناه بمضادات الأكسدة الطبيعية (Abugoch, 2009; Vega-Galvez *et al.*, 2010; Koyro

and Eisa, 2008)، كما يحتوي على مركبات مثل البولي الفينول، الفيتوسيترول والفلافونويد (Abugoch, 2009).

تتراوح نسبة الكربوهيدرات في حبوب الكينوا بين 60–70%، وتتراوح نسبة البروتين من 12.5 حتى 16.7%، مع ملاحظة انخفاض محتواها من الغلوتين (أقل من 20 ملغ/كغ)، وبالتالي تعد حبوبه خالية من الغلوتين، ويمكن تناوله من قِبَل المرضى الذين يعانون من الاضطرابات الهضمية والحساسية للغلوتين (Kuljanabhagavad *et al.*, 2008). تسهم التغذية على الكينوا في السيطرة على نسبة السكر في الدم لغناه بالألياف التي تصل إلى 12% من المادة الجافة، إضافةً إلى غناه بالمغنزيوم والفوسفور والنحاس والمنغنيز والبوتاسيوم والكالسيوم والتي لها أهمية صحية في الحفاظ على مستويات ضغط الدم الطبيعي (Geren and Gure, 2017)، كما تحتوي نباتات الكينوا على مادة الصابونين (Kuljanabhagavad *et al.*, 2008).

لا تأتي الأهمية الاقتصادية لنبات الكينوا من إمكانية استخدام بذور الكينوا كغذاء، بل أيضاً يمكن استهلاك أوراق الكينوا وذلك لقيمته الغذائية العالية وخاصة ارتفاع محتواه من البروتين (Vazquez-Luna *et al.*, 2019).

يزرع محصول الكينوا على ارتفاع يصل حتى 4500 م فوق سطح البحر، ويُعدّ من نباتات النهار القصير، وتعد درجة الحرارة المثلى لنموه 20 درجة مئوية، ويمكن أن يعطي غلة جيدة في ظل انخفاض معدل الهطل المطري (250–300 مم) (Tapia, 2015).

يتراوح ارتفاع نبات الكينوا بين (50–200 سم)، جذوره متشعبة تساعده على مقاومة الجفاف، وساقه خشبية سميكة وقائمة، متفرعة أو غير متفرعة وتحمل أوراقاً عريضة تشبه رجل الأوزة، وتنتهي بعثكول زهري، حيث يتم إنتاج الحبوب التي تماثل في حجمها حبة الدخن (Jellen *et al.*, 2015).

يختلف لون حبوب الكينوا بين الأسود والأحمر والوردي والبرتقالي والأصفر والأبيض، ويعود ذلك إلى وجود صبغة راتنجية على الغلاف الخارجي للحبة الذي يحتوي على مادة الصابونين بنسبة تتراوح بين (0.01–7%)،

أما الجنين فيشغل 60% من حجم الحبة، وهذا ما يفسر النسبة المرتفعة للبروتين مقارنةً بالأنواع الأخرى من الحبوب (Tapia, 2015).

يحصد الكينوا بعد مضي 100–120 يوماً من تاريخ الزراعة للأصناف مبكرة النضج، أما الأصناف متوسطة النضج فتحصد بعد 150–160 يوماً، وقد يصل موعد النضج إلى 180–200 يوماً للأصناف متأخرة النضج (Tapia, 2015).

في الآونة الأخيرة، توجه الاهتمام نحو زراعة الكينوا في جميع أنحاء العالم، نظراً لقدرته على الإنتاج تحت ظروف الإجهادات البيئية المختلفة (Choukr-Allah *et al*., 2016)، لكن المحتوى المرتفع للحبوب من الصابونين حد من التوسع في زراعته (Jacobsen *et al*., 1996). تحتوي حبوب الكينوا على مزيج من Triterpene glycosides التي تسمى الصابونينات (Kuljanabhagavad *et al*., 2008)، هذه المادة لا بدّ من التخلص منها من خلال غسلها بشكل جيد قبل استهلاكها كغذاء للإنسان، لأنها تُعدّ مادة سامة إذا ما تم تناولها بكميات كبيرة ولها طعم شديد المرارة، على الرغم من الفائدة التي تحققها للنبات بحمايته من الآفات والأمراض (Koziol, 1992). نظراً للاحتياج لكميات كبيرة من الماء لإزالة الصابونين (Konishi *et al*., 2004)، توجهت عمليات التربية للحصول على سلالات خالية من الصابونين (Zurita-Silva *et al*., 2014).

تبدأ مادة الصابونين بالتراكم في قشور الحبوب بين اليوم 20–24 بعد الإزهار حتى تصل إلى نسبة 4% من كتلة الحبوب الناضجة (Jarvis *et al*., 2017). هناك سلالات من الكينوا تحتوي على مستويات منخفضة من الصابونين تسمى الكينوا الحلوة (Mastebroek *et al*., 2000)، لكن المورثات المسؤولة عن تحديد مستوى الصابونين في قشر حبوب الكينوا غير معروفة حتى الآن، وقد بينت الدراسة التي نفذها Jarvis وآخرون (2017) أن هناك مورثة واحدة سائدة تتحكم في الصابونين، كما بينوا أن نسبة الصابونين ترتبط بسماكة غلاف الحبوب، فكلما ازدادت سماكة القشرة كانت السلالة أكثر مراراً.

1-2-2- التصنيف العلمي لنبات الكينوا:

المملكة: Plantae.

الشعبة: Magnoliophyta.

الصف: Magnoliopsida (ثنائيات الفلقة).

الرتبة: Caryophyllales.

العائلة: Amaranthaceae.

تحت عائلة: Chenopodioideae.

الجنس: Chenopodium (رجل الإوزة).

النوع: *Chenopodium quinoa*.

الاسم: *Chenopodium quinoa* Willd.

يتبع النوع (*Chenopodium quinoa*) إلى النوع المكسيكي (*Chenopodium nuttalliae*) وهو نوع مألوف جداً في أمريكا الجنوبية، تم استئناسه بالكامل، ويعتقدَ أنه قَدْ استئنس في الأنديز مِنْ قبل السكانِ المحليين. وهناك أصناف منه غير مزروعة ما تزال تَنْمو في نفس المنطقة في الحالة البرية، مثل (*Chenopodium quinoa* var. *melanospermum*) (Keppel, 2012).

لنبات الكينوا أكثر من ثلاثة آلاف صنف؛ المزروعة منها والبرية، ويمكن تصنيفها ضمن خمس فئات أساسية وفقاً لتكيفها مع الظروف البيئية الزراعية في مناطق الإنتاج الرئيسة:

1- كينوا الوديان: ينمو على ارتفاع يتراوح ما بين (2300-3500 م) فوق مستوى سطح البحر، حيث يتراوح معدل هطول الأمطار السنوي ما بين (700-1500 مم)، ويبلغ متوسط الحد الأدنى لدرجة الحرارة 3 درجات مئوية، وتضم نوعان: كينوا الوديان الجافة (مثل جونين، بيرو)، وكينوا الوديان الرطبة (Tapia and Fries, 2007).

2- كينوا المرتفعات: تنمو على ارتفاع يقرب من (3000 م)، حيث يتراوح معدل هطول الأمطار بين (400-800 مم) في السنة، ويبلغ متوسط الحد الأدنى لدرجة الحرارة 0 درجة مئوية (Tapia and Fries, 2007).

3- كينوا المسطحات الملحية: ينمو على ارتفاع يقرب من (3000 م)، حيث يتراوح معدل هطول الأمطار بين (250-400 مم) في السنة، ويبلغ متوسط الحد الأدنى لدرجة الحرارة -1 درجة مئوية.

4- كينوا مستوى سطح البحر: ينمو على مستوى سطح البحر إلى ارتفاع يصل إلى (500 م)، حيث يتراوح معدل هطول الأمطار بين (800-1500 مم) في السنة، ويبلغ متوسط الحد الأدنى لدرجة الحرارة 5 درجات مئوية.

5- كينوا المناطق شبه الاستوائية: ينمو على ارتفاع (1500-2300 م)، حيث يتراوح معدل هطول الأمطار بين (1000-2000 مم) في السنة، ويبلغ متوسط الحد الأدنى لدرجة الحرارة 7 درجات مئوية (Dini *et al.*, 2005).

هناك تصنيفاً آخر يعتمد على مصدر الكينوا والغرض من استخدامه؛ ويمكن تقسيم أصناف الكينوا المزروعة حالياً حسب هذا النوع من التصنيف إلى:

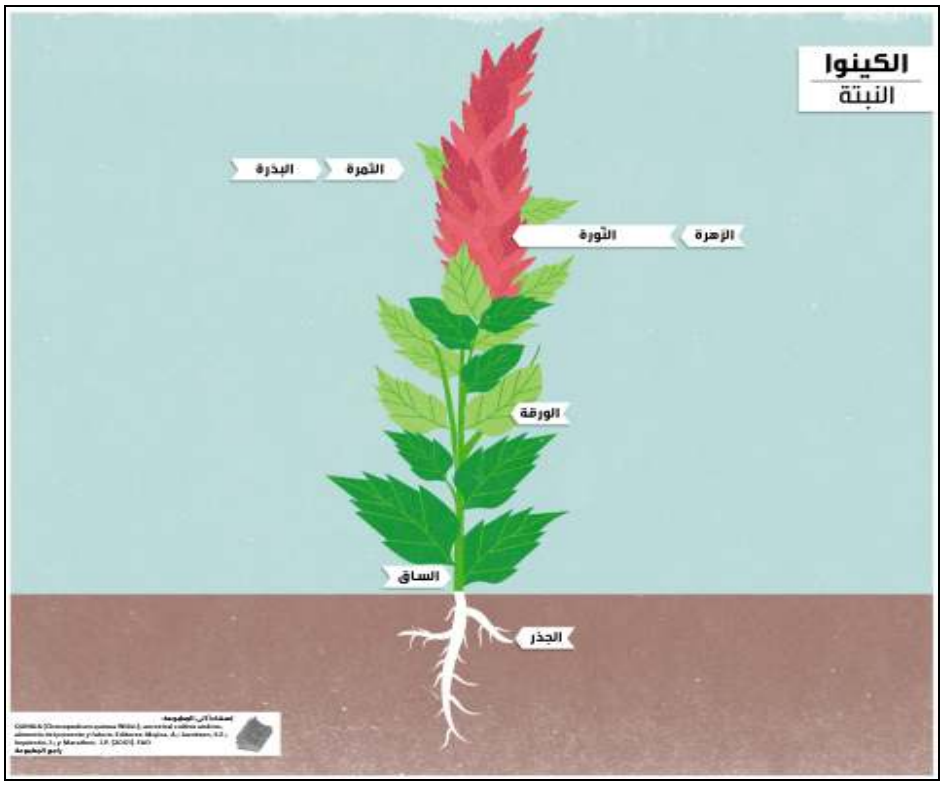
1- الكينوا المحسّن أو المتداول تجارياً: ويضم الأصناف التي اختبرت أو خضعت لعمليات تحسين وراثي في محطات تجريبية.

2- أصناف الكينوا الأصلية: التي اختارها المزارعون أنفسهم أو المجتمعات المحلية أو السكان الأصليون، وهذه بدورها يمكن تصنيفها إلى:

- الكينوا ذو الحبوب الصغيرة.
- الكينوا الحلو، منخفضة المحتوى من الصابونين.
- الكينوا المر، مرتفعة المحتوى من الصابونين (Matiacevich *et al.*, 2006).

1-2-3- الوصف المورفولوجي:

تُعدّ بذور الكينوا صغيرة الحجم ذات قطر (1.5 مم)، ويصل وزن (350 بذرة) إلى (1 غ)، ويختلف لون البذور حسب لون النبات (أبيض، أصفر، رمادي، بني فاتح، زهر أسود أو أحمر). تغلف البذور بطبقتين إحداهما تحتوي على مادة الصابونين التي تعطي الطعم المر. ويُشكّل الجنين حوالي (60%) من وزن البذور (Hellin and Higman, 2005).



الشكل 1؛ نبات الكينوا

(Hellin and Higman, 2005)

1-2-4- الاحتياجات البيئية:

1- الحرارة: لا يتأثر النبات بانخفاض الحرارة حتى -1 درجة مئوية، لكنها من ناحية أخرى تتحمل درجات الحرارة عالية تصل الى 35 درجة مئوية، كما وأنها مقاومة للجفاف، كما لوحظ أن بعض أصناف الكينوا يمكن أن تتحمل درجات حرارة أقل دون أن تتضرر. لا يؤثر عادةً الصقيع الخفيف في النبات خلال مراحل التطور المختلفة ماعدا مرحلة الإزهار، حيث إن الصقيع في منتصف الصيف الذي يحدث في جبال الانديز يمكن أن يؤدي إلى عقم حبوب اللقاح (Vilche *et al*., 2003).

2- التربة: تتحمل الكينوا مستوى واسع من ظروف حموضة التربة من (6.0-8.5)، وكما يمكن أن تعطي إنتاجاً جيداً بالترب الرملية جيدة الصرف مع محتوى منخفض من العناصر الغذائية والمعتدلة الملوحة (Vilche *et al*., 2003).

3- الرطوبة: تختلف احتياجات الكينوا من الأمطار حسب الصنف وتتراوح بين (300-1000 مم) خلال موسم النمو، أما المعدل المثالي لنمو الكينوا هو الهطول المطري جيد التوزع خلال المراحل الأولى للنمو والتطور وظروف الجفاف خلال مرحلة نضج الحبوب والحصاد. تستطيع الكينوا النمو في المناطق حيث معدل الهطول المطري السنوي (200-400 مم) خلال موسم النمو (Vilche *et al*., 2003).

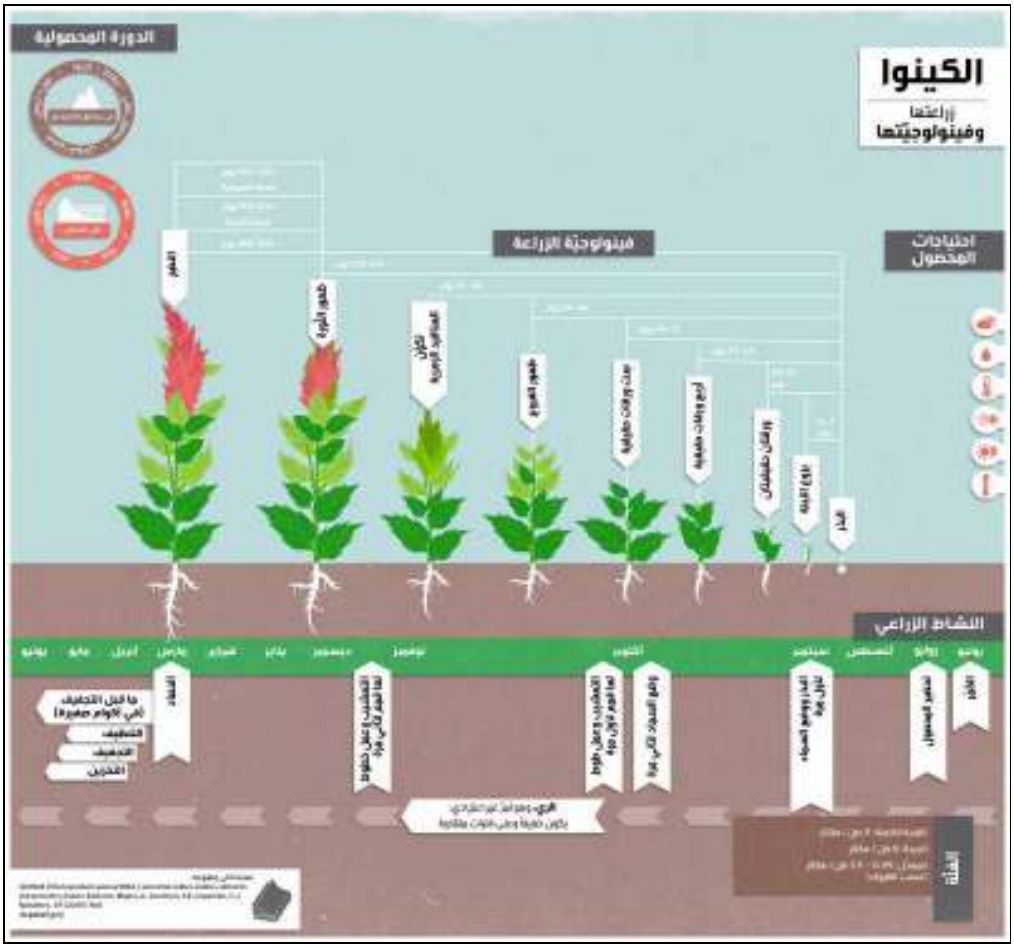
1-2-5- زراعة الكينوا:

يختلف موسم نمو نبات الكينوا باختلاف مكان الزراعة، حيث أنه يمتد من (120-240 يوم)، ويمكن زراعة البذور نثراً ولكن عمليات مكافحة الأعشاب الضارة وباقي المعاملات الميكانيكية تصبح صعبة (Vanlauwe *et al*., 2014).

تزرع الكينوا على خطوط بمسافة بين كل خطين (40-80 سم)، حيث تسمح هذه المسافة بإجراء المعاملات الزراعية الميكانيكية، وتختلف الكثافة الزراعية تبعاً للمنطقة، حيث أوضحت بعض التقارير والدراسات أنها تتراوح

بين (0.4–0.6 غ/م^2) في المناطق البوليفية، و(0.5–2.3 غ/م^2) في البونو، وفي الايكوادور (0.8–1.4 غ/م^2).

يبين الشكل (2) مخطط دورة زراعة الكينوا.



الشكل 2؛ مخطط دورة زراعة الكينوا

(Hellin and Higman, 2005)

1-2-6- معاملات نبات الكينوا:

تُحصد حبوب الكينوا عند النضج الفيزيولوجي، أي عندما تصبح جافة وقاسية، ويحدث النضج الفيزيولوجي خلال (70-90 يوماً) بعد الإزهار اعتماداً على الصنف المزروع. يتم حصاد الكينوا بشكل يدوي ونادراً ما تحصد بشكل آلي، وذلك لأن الحصاد يجب أن يتم بوقته المحدد بدقة لتجنب خسارة البذور بسبب الانفراط، وكما أن العناقيد الزهرية تتفتح بأوقات مختلفة على النبات نفسه، أما مردود الكينوا يترواح ما بين (45-500 غ/م^2) اعتماداً على النوع وشروط النمو (Dumschott *et al*., 2022).

من أهم الحشرات والأمراض التي تصيب نبات الكينوا في منطقة الهيمالايا (Cruces *et al*., 2020):

.Aphis sp والتي تصيب الأزهار.

.Myzus persicae

.Peronspora sp

.Sclerotium sp

.Cercospora sp

أما المرض الفطري الأكثر أهمية والذي يصيب الكينوا هو (*Peronospora farinosa*) والذي يتطلب رطوبة عالية ودرجات حرارة عالية كظروف مثالية لحدوث الإصابة، ومن الأعراض الرئيسة للإصابة بهذا المرض هو إصابة الوجه العلوي للأوراق مع وجود مشجيات الفطر بنفسجية اللون على الوجه السفلي للورقة (Danielsen *et al*., 2002).

من الأمراض أيضاً مرض عفن الساق البني والذي يسببه (*Phoma exigua* var. *fovaeta*) وظروف الإصابة به هي درجات الحرارة المنخفضة، والرطوبة العالية، وجروح في النبات والتي تدعم نمو المسبب المرضي، ومن أعراض الإصابة الرئيسة وجود اللون البني على حواف الساق والأزهار (Jancurová *et al*., 2009).

يُعدّ (Scrobipalpula sp.) من أكثر الأوبئة التي تصيب الكينوا، وشروطه المثالية لحدوث الإصابة فترات جفاف طويلة ودرجات حرارة عالية، حيث تحطم يرقات الحشرة الأوراق الأولى والأزهار وعند نضج النبات تحطم عنق الزهرة والبذور (Rasmussen *et al.*, 2003).

1-2-7- صفات وخصائص الكينوا:

يتميز نبات الكينوا بمجموعة من الخصائص، أهمها (Hussain *et al.*, 2021):

1- قدرته على التكيف مع الظروف المناخية، حيث ينمو في درجات حرارة تتراوح بين (-4 و35 °م)، وينمو في المرتفعات والمنخفضات على السواء، ويمكن أن يعيش على ارتفاع حتى (4000 م) عن سطح البحر.

2- قدرته على التحمل؛ فهو يتحمل الجفاف ويقاوم الملوحة.

3- تكاليف إنتاجه منخفضة؛ وقد ازداد دخل المزارعين ذوي الدخل المنخفض في مرتفعات الأنديز شبه القاحلة، وخاصة في السنوات القليلة الماضية.

4- متكيف مع الظروف البيئية المتباينة؛ حيث يتكيف مع تقلبات المناخ، ويتكيف على استعمال الماء بكفء، ما يجعله محصولاً ممتازاً في مواجهة عوامل تغيير المناخ.

5- قيمته التغذوية العالية، ما يجعله غذاء صحياً مميزاً، لا سيّما بمحتواه العالي من البروتين، واحتوائه على الأحماض الأمينية الأساسية جميعها، وغناه بالمعادن، وخلوه من الغلوتين.

6- اعتبرته الهيئة الوطنية لإدارة أبحاث الملاحة الجوية والفضاء في أمريكا (NASA) كمحصول مثالي للرحلات الفضائية المستقبلية الطويلة الأجل عندما تكون هناك حاجة إلى زراعة محاصيل على متن مركبة فضاء (Valencia-Chamorro, 2003).

7- معظم إنتاجه عضوي، حيث ما زال أغلب الإنتاج في جبال الأنديز قائماً على الأسرة، دون استخدام المخصبات الكيميائية في زراعته والمبيدات (Valencia-Chamorro, 2003).

1-2-8- القيمة الغذائية للكينوا:

يُسمى الكينوا بالغذاء الخارق لارتفاع محتواها من البروتين مقارنةً مع نظيره في الحبوب الحقيقية (قمح، شعير) لكنها ما زالت ذات محتوى أقل من البروتين مقارنةً بالبقوليات (Angeli *et al.*, 2020). وجد عند التحليل الغذائي لبذور الكينوا أنها مصدر للبروتين المتكامل، كما أنها تُعدّ مصدر جيد للفوسفور والألياف الغذائية والمغنزيوم والحديد (Pathan and Siddiqui, 2022).

ويبين الجدول (1) القيمة الغذائية لحبوب الكينوا.

الجدول 1؛ القيمة الغذائية لـ 100 غ من حبوب الكينوا

المحتوى	محتوى 100 غ من البذور
طاقة (K.J)	1.539
كربوهيدرات (غ)	60
ألياف خام (غ)	7
دهون (غ)	6
دهون مشبعة (غ)	0.7
دهون غير مشبعة أحادية (غ)	0.16
دهون غير مشبعة متعددة (غ)	3.3
بروتين (غ)	14
ماء (غ)	13
فيتامين A (ميكروغرام)	1 (%0)
فيتامين B1 (مغ)	0.36 (%31)
فيتامين B6 (مغ)	0.49 (%38)
فيتامين B9 (ميكروغرام)	184 (%46)
فيتامين B12 (ميكروغرام)	0
كولين (مغ)	70.2
فيتامين C (مغ)	0

فيتامين E (مغ)	2.44 (16%)
فيتامين K (ميكروغرام)	0 (0%)
كالسيوم (مغ)	47 (5%)
حديد (مغ)	4.6 (35%)
مغنزيوم (مغ)	197 (55%)
فوسفور (مغ)	457 (65%)
بوتاسيوم (مغ)	563 (12%)
زنك (ملغ)	3.1 (33%)

(USDA, 2018)

1- البروتينات:

لوحظ عند مقارنة بذور الكينوا مع حبوب المحاصيل الأخرى أنها تحتوي على قيمة غذائية عالية، حيث يتراوح محتوى البروتين بين (8-22%) والتي هي أعلى مقارنةً مع محتواه في الحبوب الشائعة كالرز والقمح والشعير، لكن تمثل نسبة أقل من 50% من البروتين الموجود في البقوليات، ويتوضع معظم البروتين في الجنين (Valencia-Chamorro, 2003).

يشكل كل من الألبومينات والغلوبولينات البروتينات الأساسية في حبوب الكينوا وتشكل (44-77%) من البروتين الكلي والتي هي أكثر من البرولامينات (0.5-0.7%)، ولكن بذور الكينوا خالية الغلوتين، لذلك تعد الكينوا مصدراً غذائياً سهل التحضير اقتصادي ومصدر طعام مفضل بالنسبة للأشخاص الذي لديهم حساسية تجاه الغلوتين (Takao *et al.*, 2005).

لدى الكينوا توازن جيد من الأحماض الأمينية ومن أهمها اللايسين الذي يتواجد بكمية كبيرة في الكينوا مقارنةً مع تواجده في باقي الخضروات، كما أنها تعد متمماً جيداً للبقوليات والتي تحتوي على تركيز منخفض من الأحماض الأمينية الميثيونين والسيستيئين، ويعد توازن الحموض الأمينية في بذور الكينوا أحسن من ذلك الموجود في حبوب القمح والذرة لوجود حمض اللايسين بنسبة عالية (Vega-Galvez *et al.*, 2010).

يبين الجدول (2) التركيب الكيميائي لبذور الكينوا مقارنةً مع بعض الحبوب والبقوليات.

الجدول 2؛ التركيب الكيميائي لبذور الكينوا مقارنةً مع بعض الحبوب والبقوليات

	كينوا	شعير	ذرة	رز	قمح	فول الصويا
بروتين (%)	16.5	10.8	10.22	7.6	14.3	36.1
دهون (%)	3.3	1.9	4.7	2.2	2.3	18.9
ألياف (%)	3.8	4.4	2.3	6.4	2.8	5.6
رماد (%)	3.8	2.2	11.7	3.4	2.2	5.3
كربوهيدرات (%)	69.0	80.7	81.1	80.4	78.4	34.1
سعرات حرارية (كيلوكالوري/100 غ)	399	383	408	372	392	451

(Kent, 1983)

2- الدهون:

تحتوي الكينوا على كمية عالية نسبياً من اللبيدات، حيث تشكل (2-10%)، والذي يمكّن من استخلاص زيت نباتي قابل للأكل ومشابه لزيت فول الصويا من حيث تركيب الحموض الدهنية، وبالتالي تعد الكينوا مصدراً غنياً بالأحماض الدهنية الأساسية مثل اللينوليك والأوليك (Ando *et al.*, 2002).

وقد لوحظ أن الغليسريدات الثلاثية هي الجزء الأهم الموجود وتصل نسبتها إلى أكثر من 50% من اللبيدات، أما الغليسريدات الثنائية موجودة بنسبة 20% من اللبيدات موزعة في كامل البذرة، أما المكون الثاني لهذه المجموعة هو الفوسفولبيدات والتي تتوزع بنسبة 12% من كامل لبيدات البذرة (Filho *et al.*, 2017).

وجد تشابه كبير بين تركيب الأحماض الدهنية الكلية في بذور الكينوا وتلك الموجودة في بذور الحبوب، وهذا التشابه عبارة عن تواجد حمض اللينوليك، حمض الأوليك وحمض البالمتيك كأحماض رئيسية (Przybylski *et al.*, 1994).

3- الكربوهيدرات:

تعد الكربوهيدرات المكون الرئيس للكينوا وتتراوح نسبتها بين (67-74%) من المادة الجافة، يكّون النشاء منها (52-60%)، ويتركز محتوى النشاء في جنين البذرة، ويمكن أن يتواجد كوحدات بسيطة أو مجموعات كروية (Bhargava *et al.*, 2006). محتوى الأميلوز حوالي 11%، والذي يعد أقل مقارنةً مع الحبوب، على سبيل المثال محتوى الأميلوز في الرز 17%، والقمح 22%، أما الشعير 26% (Ando *et al.*, 2002). أقطار حبيبات النشاء في الكينوا أصغر من تلك في القمح حيث يتراوح بين (1-23 ميكرومتر)، أما القمح (2-40 ميكرومتر)، تظهر حبيبات النشاء الصغيرة درجة حرارة تهلم أعلى، بالنسبة للكينوا تتراوح هذه الحرارة بين (57-64 °م) (Pulvento *et al.*, 2010).

يمكن أن تتواجد كربوهيدرات أخرى بمقادير صغيرة، مثل السكريات الأحادية (2%) والسكريات الثنائية (2.3%) والألياف الخام (2.5-3.9%) والبنتوزان (2.9-3.6%) (Bhargava *et al.*, 2006).

4- المعادن والفيتامينات:

تعد الكينوا مصدراً جيداً للمعادن، حيث تحتوي كمية من الكالسيوم والمغنزيوم والحديد والزنك بنسبة أكبر من تلك الموجودة في الحبوب وخصوصاً محتوى الحديد (Rao and Shahid, 2012). يقلل نقع البذور وغسيلها بالماء من محتواها من المعادن إلى (12-15%) من تركيز الحديد، والزنك والبوتاسيوم، ويسبب 27% من الخسارة في معدن النحاس و3% من المغنزيوم. كما لوحظ وجود محتوى أعلى من B1 و α-tocopherol مقارنةً مع الرز والشعير والقمح، كما تعد بذور الكينوا مصدراً جيداً لفيتامين E (Konishi *et al.*, 2004). لاحظت منظمة الأغذية والزراعة العالمية (FAO) أن بذور الكينوا تحتوي على نوعية بروتينات أعلى ومستويات أعلى من الكالسيوم، والفوسفور، والحديد، والألياف وفيتامين B مقارنةً بالشعير، والشوفان، والأرز، والذرة والقمح (Dini *et al.*, 2005).

تعد الكينوا مصدراً جيداً لفيتامين B1 (0.4 مغ/100غ)، وحمض الفوليك B9 (78.1 مغ/100غ)، وفيتامين C (16.4 مغ/100غ). يصل محتوى البذور من مركب y–tocopherol إلى (5.3 مغ/100غ)، هو أكبر بمرتين من α–tocopherol (2.6 مغ/100غ)، وكميات كبيرة من الكالسيوم (874 مغ/100غ)، والفوسفور (5.3 غ/كغ)، والمغنزيوم (2.6 مغ/100غ)، والحديد (81 مغ/كغ)، والزنك (36 مغ/كغ)، والبوتاسيوم (12 غ/كغ)، والنحاس (10 مغ/كغ) وبكميات أكبر من المحاصيل الحبية، كما أن كميات الزئبق، والرصاص والكادميوم الموجودة فيها منخفضة مقارنةً مع الكميات الجيدة الممتصة منها من قبل النبات (Konishi *et al.*, 2004). إن معاملة البذور للتخلص من الصابونين تؤدي إلى إقلال تراكيز الفيتامينات والمعادن (Han *et al.*, 2019).

يبين الجدول (3) المحتوى من المعادن والفيتامينات في الكينوا وبعض الحبوب وفقاً لـ (USDA, 2018).

الجدول 3؛ المحتوى من المعادن (مغ/كغ مادة جافة) وتركيز الفيتامينات (مغ/100غ مادة جافة) في الكينوا وبعض الحبوب

	كينوا	قمح	أرز	شعير
كالسيوم	1487	503	69	430
مغنزيوم	2496	1694	735	1291
بوتاسيوم	9267	5783	1183	5028
فوسفور	3837	4677	1378	3873
حديد	132	38	7	32
نحاس	51	7	2	3
زنك	44	47	6	35
B1	0.38	0.55	0.47	0.49
B2	0.39	0.16	0.10	0.20

5.44	5.98	5.88	1.06	**B3**
0	0	0	4.00	**C**
0.35	0.18	1.15	5.37	**α–tocopherol**
0.01	NR	0.02	0.39	**بيتا كاروتين**

(USDA, 2018)

1-2-9- دقيق الكينوا:

يستخدم دقيق الكينوا لتعزيز القدرة الخَبيزية لتحضير البسكويت، والنودلز والمعكرونة وكذلك الاحتفاظ بالرطوبة وطعم مقبول (Ma *et al.*, 2022). يتكون دقيق بذور الكينوا من 4.8% رطوبة، 5.6% ليبيدات، 12.2% بروتين، 2.3% رماد، 74.9% كربوهيدرات كلية و4.1% ألياف (Dakhili *et al.*, 2019).

يعد محتوى دقيق الكينوا من البروتين أعلى مقارنةً مع دقيق الذرة والأرز، كما أن محتواه من بعض الأحماض الأمينية مثل اللايسين أعلى (710 مغ/100غ) مقارنةً مع 141 و194 مغ/100غ) لكل من دقيق الذرة والأرز على الترتيب، كما أن دقيق الكينوا غني بالمعادن خصوصاً الكالسيوم (546 مغ/100غ) مقارنةً مع (119 و99 مغ/100غ) لكل من الذرة والأرز على الترتيب، حديد (11.77 مغ/100غ) مقارنةً مع (0.07 و4.81 مغ/100غ) لكل من الذرة والأرز على الترتيب، مغنزيوم (160 مغ/100غ) مقارنةً مع 21 و45 مغ/100غ) لكل من الذرة والرز على الترتيب، كالسيوم (38.26 مغ/100غ) مقارنةً مع (1.04 و6.51 مغ/100غ) لكل من الذرة والأرز على الترتيب)، وفوسفور (357 مغ/100غ) مقارنةً مع (75 و33.5 مغ/100غ) لكل من الذرة والأرز على الترتيب (Ascheri *et al.*, 2002). يحتوي دقيق الكينوا على محتوى منخفض من الغلوتين وذلك بسبب قلة محتواه من البرولامين والغلوتامين (Mu *et al.*, 2023).

1-2-10- المساوئ التغذوية للكينوا:

من العوامل السيئة في الكينوا هو وجود مادة الصابونين وحمض الفايتيك، ومن المعيقات أيضاً وجود التانينات والتربسين بمستويات منخفضة (Valencia-Chamorro, 2003).

تراوحت كمية التربسين في 8 أصناف من الكينوا بين (1.36-5.04 mg/TIU) وكانت أقل مقارنةً مع فول الصويا (24.5 mg/TIU)، ويتأثر عامل التربسين بالحرارة حيث أنه يثبط عند تعريضه (معاملته) للحرارة، أما التانينات (البولي فينولات) فتوجد بكميات قليلة (في البذور 0.53 غ/100غ) والتي تنحفض بعد فرك وغسل البذور بالماء إلى (0.23 غ/100غ) (Valencia-Chamorro, 2003).

1- الصابونين:

يعد الصابونين مركباً غليكوزيدياً والذي يتواجد بمجموعتين، ويحتوي غلاف البذور على الصابونين، والذي يعطي الطعم المر للبذور ويميل لاعطاء رغوة عند خلطه بالماء (Valencia-Chamorro, 2003).

حتى الوقت الحالي؛ اعتبر الصابونين مركب ذو سمية مرتفعة، ومع ذلك يعتبره العاملين في المجال التغذوي كمركب غير سام ويقترحونه في برامج الحمية الغذائية (Juang and Liang, 2020).

يمكن التخلص من الصابونين الموجود في بذور الكينوا بسهولة بغسل البذور بمياه قلوية باردة أو بمعاملة البذور كيميائياً (Ward, 2000).

تعتمد كمية الصابونين الموجودة في البذور على صنف الكينوا، وتتراوح هذه نسبته من (0.1 وحتى 5%)، بعض الصابونينات يمكن أن تتواجد كمعقدات غير منحلة مرتبطة مع بعض المعادن مثل الزنك والحديد والذي يجعل هذه المعادن غير متاحة للامتصاص في جسم الإنسان (El Hazzam *et al.*, 2020).

2- حمض الفايتيك:

يتواجد حمض الفايتيك في معظم الحبوب والبقوليات بتراكيز تتراوح بين (1-3%) من المادة الجافة، كما أنه يتواجد في بعض الفاكهة والخضروات، ويتواجد حمض الفايتيك في محاصيل الحبوب في الجنين، أما بالنسبة

لبذور الكينوا فإنه يتواجد بالطبقات الخارجية وكذلك بجنين البذرة، وقد وصلت نسبة حمض الفايتيك في بذور 5 أصناف من الكينوا إلى (1.18 غ/100غ) (Maldonado-Alvarado *et al.*, 2023).

1-2-11- استخدامات الكينوا:

لحبوب الكينوا استخدامات تقليدية وغير تقليدية على حد سواء، فضلاً عن وجود ابتكارات صناعية حديثة ذات قيمة مضافة أصبحت الآن متاحة تجارياً، وعلاوةً على استخداماتها الغذائية (كحبوب جاهزة للأكل، ومعكرونة، وألواح الغرانولا وأنواع الخبز)، يمكن استخدامها في:

1- أعلاف الحيوانات: حيث يستخدم النبات كاملاً كعلف أخضر، وتستخدم مخلفات الحصاد لإطعام الماشية والأغنام والخنازير والخيول والدواجن، ويمكن تغذية الدواجن على بذور الكينوا بعد استخلاص مادة الصابونين منها، ولوحظ من خلال تجارب في مصر أنه عند استخدامه بدل فول الصويا رفع مستوى الخصوبة في الحيوان، وتجرى التجارب حالياً على الأغنام.

2- الاستخدامات الطبية: ما تزال شعوب الأنديز الأصلية تستخدم أوراق الكينوا وسيقانها وحبوبها للأغراض الطبية مثل إلتئام الجروح، وتخفيف التورم، وتهدئة للألم (الأسنان)، وتطهير المسالك البولية، وتجبير العظام، ومعالجة النزف الداخلي وكمادة طاردة للحشرات (Esquinas-Alcázar, 2005).

3- الاستخدام التغذوي التكميلي: يستخدم مركّز بروتين الكينوا كدواء وكعنصر في المكملات الغذائية للإنسان أو الحيوان.

4- الاستخدام الدوائي: يستفاد من الصابونين المستخرج من بذور الكينوا المرة كمادة طبية تُحدث تغييرات في نفاذية الأمعاء وتساعد في امتصاص أدوية معينة.

5- الاستخدامات الصناعية: يمكن أن يوفر نشاء الكينوا بديلاً للنشويات المعدلة كيميائياً، حيث يثبت بشكل ممتاز في ظروف (التجمد-الذوبان)، ولنشاء الكينوا استخدامات صناعية خاصة، فيمكن على سبيل المثال أن يستخدم

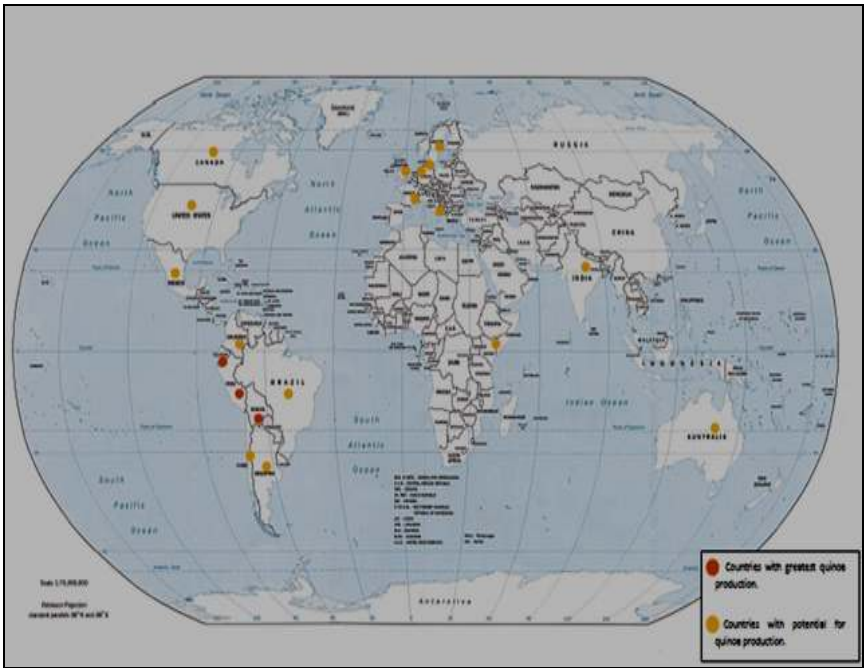
في صنع الرذاذ (الأيروسول) والعجائن وورق النسخ والحلوى والسواغات وفي صناعة البلاستيك وأنواع التالك والمساحيق المستخدمة في الطباعة، كما يمكن للصابونينات المستخرجة من قشرة الكينوا المر أن تستخدم بأشكال مختلفة مفيدة، حيث تستخدم في تشكّيل رغوة في المحاليل المائية، ويمكن استعمالها في الصابون والمنظفات ومعجون الأسنان والشامبو، كما يمكن استخدام الصابونين كمبيد آفات حيوي، وذلك من خلال تجارب ناجحة أجريت عليه في بوليفيا (Esquinas-Alcázar, 2005).

6- الأغذية الخاصة: ينتج مرض الحساسية ضد الغلوتين (Celiac Disease) من وجود الألفا غليادين أحد مكونات الغلوتين "بروتين القمح" والذي يؤثر في المخاط المبطن للأمعاء فيؤدي إلى تلف الأهداب المبطنة للأمعاء الدقيقة ويفقد الجسم الفيتامينات والمعادن والسعرات الحرارية ويؤدي ذلك إلى سوء التغذية بالرغم من كفاية الطعام (Williams, 1997).

1-2-12- الإنتاج والتجارة العالمية للكينوا:

ينتج معظم الكينوا في بوليفيا وبيرو وإكوادور، ويمتد إنتاجه من خط عرض 5 درجات شمالاً إلى خط عرض 43 درجة جنوباً، وتمتد نطاقات توزيعه على خطوط الارتفاع من مستوى سطح البحر إلى 4000 متر فوق مستوى سطح البحر، حيث يوجد أكبر تنوع وراثي له في منطقة الألتبلانو (الهضاب المرتفعة) في بوليفيا وبيرو، وقدرة الأصناف المختلفة على النمو على ارتفاعات ومناطق مناخية مختلفة هي ما يمكنه أن يلعب دوراً كبيراً في تحسين الأمن الغذائي (Córdova-Pozo, 2002). أدت قدرة الأصناف المختلفة للكينوا على التكيف في مناطق متنوعة إلى إجراء تجارب في بلدان مختلفة في أفريقيا، وآسيا، وأوروبا وأمريكا الشمالية، وقد نجحت زراعته حتى الآن في بلدان مثل الولايات المتحدة، والمغرب، وكينيا والهند، على سبيل المثال لا الحصر، ويؤمل في نهاية المطاف أن ينتج فيها تجارياً على نطاق واسع (Lozano-Isla *et al.*, 2023).

يبين الشكل (3) التوزيع الجغرافي لإنتاج الكينوا في العالم (Lack and Fuentes, 2013).



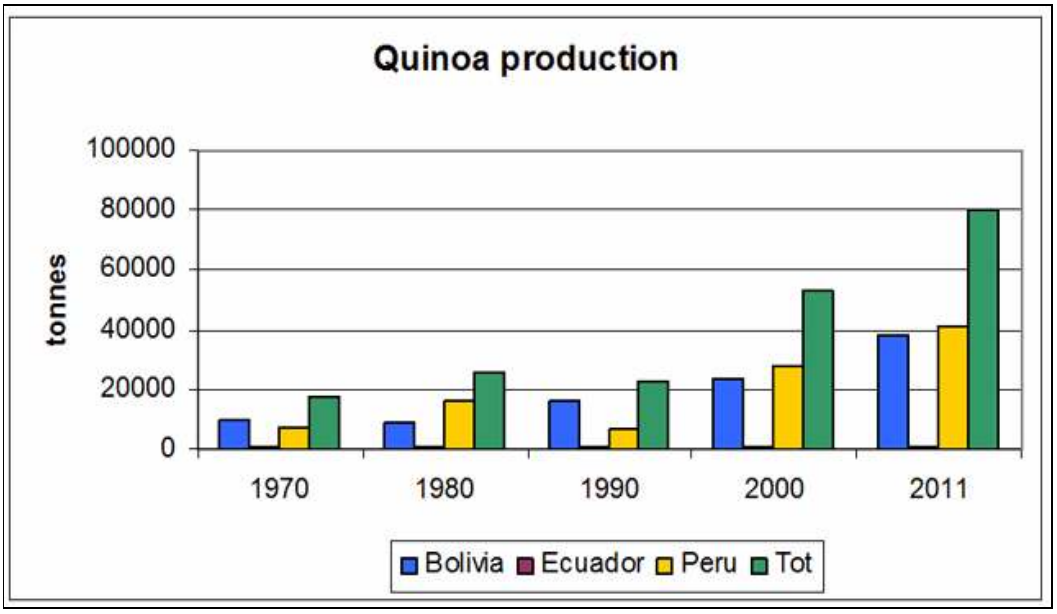
الشكل 3؛ التوزيع الجغرافي لإنتاج الكينوا في العالم

● البلدان التي لديها أكبر إنتاج من الكينوا.

● البلدان التي يمكن فيها إنتاج الكينوا.

هذا وقد بلغ الإنتاج العالمي للكينوا لعام 2005 حسب منظمة الأمم المتحدة للزراعة والأغذية (FAO, 2005) نحو 58.4 ألف طن موزعاً على الدول (32.6 ألف طناً البيرو، و25.2 ألف طناً بوليفيا و0.7 ألف طناً الإيكوادور)، وحتى عام 2008، كانت بيرو وبوليفيا تنتجان نحو 92% من الكينوا المنتجة في العالم. وتبين أرقام منظمة الأغذية والزراعة الأخيرة الخاصة بعام 2011 أن بيرو أنتجت حوالي 41 ألف طناً، وأن بوليفيا أنتجت 38 ألف طناً (FAO, 2013)، وفي حين لا يزال هذان البلدان هما المنتجين الرئيسين للكينوا، وتنتج الولايات المتحدة وإكوادور وكندا الغالبية العظمى منه (Lozano-Isla *et al.*, 2023).

يبين الشكل (4) إنتاج الكينوا في منطقة جبال الأنديز وفقاً لقاعدة بيانات منظمة الأغذية والزراعة.

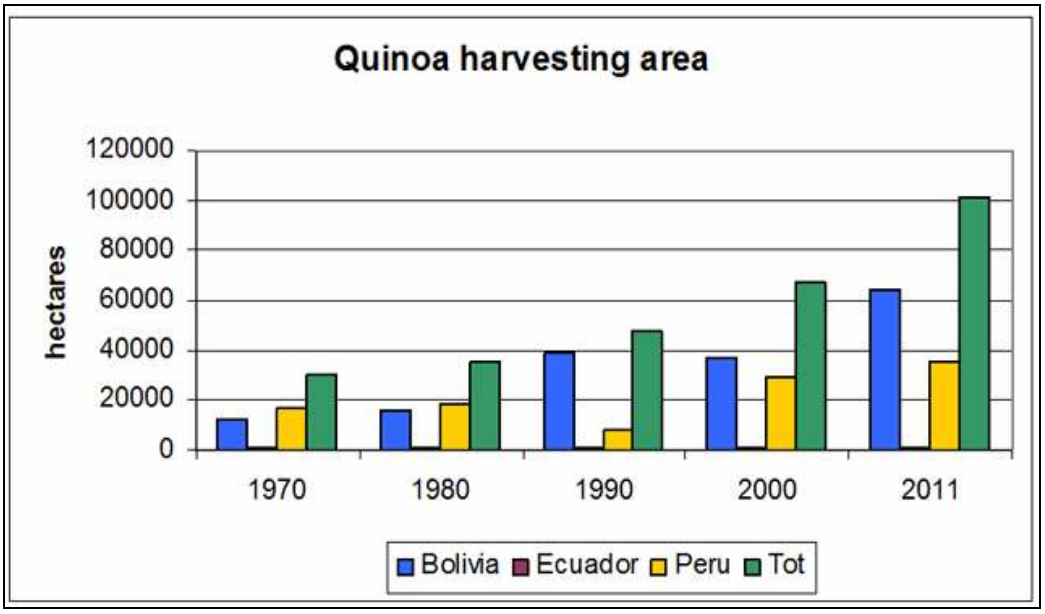


الشكل 4؛ إنتاج الكينوا في منطقة جبال الأنديز

(FAO, 2013)

توسعت مساحة إنتاج الكينوا في منطقة الأنديز في أمريكا الجنوبية بشكل كبير خلال السنوات الـ 30 الماضية، من 36,000 هكتاراً فقط في بدايات الثمانينات إلى 83,000 هكتاراً في عام 2009. ويُنتج معظم الكينوا صغار المزارعين لاستهلاكه في المنزل لتحسين التغذية والأمن الغذائي (Lozano-Isla *et al.*, 2023)، ويقدر أن المساحات المزروعة بالكينوا في كندا والولايات المتحدة هي الأكبر خارج منطقة الأنديز.

يبين الشكل (5) المساحات المزروعة بالكينوا في منطقة الأنديز وفقاً لقاعدة بيانات منظمة الأغذية والزراعة (FAO, 2013).



الشكل 5؛ المساحات المزروعة بالكينوا في منطقة جبال الأنديز

(FAO, 2013)

تعتبر بوليفيا اليوم هي المُصدّر الرئيسي للكينوا في العالم يليها البيرو والإكوادور، والبلدان المستوردة الرئيسية للكينوا البوليفي في الوقت الحاضر هي الولايات المتحدة وفرنسا وهولندا وألمانيا وكندا والبرازيل والمملكة المتحدة، وقد قدرت منظمة الأغذية والزراعة أن بوليفيا صدّرت عام 2010 حوالي 15,000 طناً متريا من الكينوا، بينما لم تصدر البيرو والإكوادور سوى كميات ضئيلة فقط (Dickinson, 2015).

1-3- نبات التشيا:

يعد نبات (*Salvia hispanica*) والمعروف تجارياً بنبات التشيا (Chia plant) من النباتات التي تنتمي إلى عائلة (Lamiaceae)، وهو من النباتات العشبية الحولية ينمو حتى يبلغ طوله 1 م، وأوراقه متعاكسة يبلغ طولها 4-8 سم وعرضها 3-5 سم، ويتميز بأزهار أرجوانية وبيضاء تنتظم في تجمعات سنبلية في طرف كل ساق (Munoz, 2012)، وتتميز البذور عادة بشكلها البيضوي وقطر يبلغ حوالي 1 مم، وهي بذور صغيرة الحجم

وحجمها أصغر من حبوب السمسم، أما عن لونها فهي بنية، رمادية، سوداء، بيضاء، مرقطة، ويطلق على بذور التشيا باللغة العربية بذور القصعين وتزرع بشكل واسع في استراليا، أمريكا الجنوبية والمكسيك (Suri *et al.*, 2016).

تعد المكسيك وغواتيمالا الموطن الأصلي لنبات التشيا، وتشير الدراسات إلى استخدام بذور التشيا في الطعام البشري منذ حوالي 3500 سنة قبل الميلاد، واكتسبت أهميتها ما بين 900–1500 سنة قبل الميلاد، وكانت هذه البذور تُزرع كمحصول أساسي إلى جانب زراعة كل من محصول الذرة والبقوليات (Ayerza and Coates, 2005; 2007).

تُعد بذرة التشيا من أفضل الأغذية الصحية لما تحتويه من عناصر وفوائد، فهي تحتوي على الأوميغا3 و6، والألياف، والكالسيوم، والمغنيزيوم، والحديد، والبوتاسيوم والبروتين خالي من الغلوتين، وبذلك فإن تناولها يكون آمن بالنسبة للأشخاص الذين يعانون من أمراض الحساسية المزمنة تجاه الغلوتين (Munoz, 2012)، فضلاً عن احتوائها على مواد مضادة للأكسدة والتي تبلغ قوتها 3 أضعاف قوة مضادات الأكسدة في نبات التوت، وهي تساعد على التخلص من المواد السامة ومنع تكوين ظروف صحية معينة مثل السكتة الدماغية وأمراض القلب والسرطان (Kumar *et al.*, 2016). تحتوي بذور التشيا على الزيوت الأساسية فتعتبر مصدراً جيداً للأحماض الدهنية وخاصة حمض اللينولينيك بنسبة تصل إلى 68%، ويُستخدم الزيت المستخلص من بذور التشيا ممكن استخدامه في الغذاء بشكل مباشر، وتبلغ نسبة الزيت في بذور التشيا 39% (Segura-Campos *et al.*, 2014). تُعدّ بذور التشيا مصدراً للبروتين والكاربوهيدرات والمعادن والألياف الغذائية ومضادات الأكسدة، وأن كل 100 غ من البذور تعطي حوالي 486 كيلوكالوري، وهي تحتوي على 16 غ بروتين و30.74 غ دهن و42.12 غ كاربوهيدرات و12 غ ألياف (USDA, 2018)، وتعد بذور التشيا مصدراً جيداً لفيتامينات B، ومحتوى البذور من فيتامين النياسين والرايبوفلافين والثيامين يكون أعلى من نسبة هذه الفيتامينات في كل من الذرة والأرز، وكذلك تعد مصدراً للعديد من المعادن كالحديد والكالسيوم والصوديوم والمغنزيوم والبورون والفوسفور، وتشير بعض

الدراسات إلى أن نسبة الحديد في البذور تكون أعلى مما هي في السبانخ، وكذلك الحال بالنسبة للكالسيوم فإن نسبته تعادل مقدار ما موجود في 3 أكواب من الحليب (Dickinson, 2015). استخدمت بذور التشيا في صناعات غذائية عديدة لتعزيز الفوائد الصحية والتغذوية لجسم الإنسان للاستفادة منها، ومن هذه الصناعات، صناعة الكيك والخبز والمعجنات وكيك القالب وصناعة المشروبات وصناعة المثلجات وصناعة زبدة الفستق أو زبدة البندق.

يبين الجدول (4) التركيب الكيميائي لبذور التشيا بالمقارنة مع حبوب القمح.

الجدول 4؛ التركيب الكيميائي لبذور التشيا بالمقارنة مع حبوب القمح (100 غ)

	التشيا	القمح
الماء (غ)	5.8	12.42
الطاقة (كيلوكالوري)	486	332
البروتين (غ)	16.54	9.61
إجمالي اللبيدات (غ)	30.74	1.95
الكربوهيدرات (غ)	42.12	74.48
الألياف (غ)	34.4	13.1
السكريات (غ)	N	1.02
الكالسيوم (مغ)	631	33
الحديد (مغ)	7.72	3.71
المغنيزيوم (مغ)	335	117
الفوسفور (مغ)	860	323
البوتاسيوم (مغ)	407	394
الصوديوم (مغ)	16	3
الزنك (مغ)	4.58	2.96
فيتامين C (مغ)	1.6	0
الثيامين (مغ)	5.62	0.297

0.188	0.17	**الريبوفلافين (مغ)**
5.347	8.83	**النياسين (مغ)**
0.191	N	**فيتامين B6 (مغ)**
28	49	**حمض الفوليك (ميكروغرام)**
0.53	0.50	**فيتامين E (مغ)**
5.219	3.33	**الدهون المشبعة (غ)**
9.505	2.309	**الدهون الأحادية غير المشبعة (غ)**
9.399	2.203	**C18:1 (غ)**
32.884	23.665	**الدهون متعددة عدم الاشباع (غ)**
32.782	5.835	**C18:2 (غ)**
0.069	17.830	**C18:3 (غ)**

(USDA, 2018)

1-4- تدعيم دقيق القمح بدقيق الحبوب الزائفة:

يحظى نبات الكينوا (*Chenopodium quinoa* Willd) باهتمام عالمي نتيجة تفوقه على الحبوب في قيمته الغذائية، وقد يكون المنافس الأول للقمح والشعير، ويساهم بنسبة عالية في تحقيق الأمن الغذائي لاحتوائه على نسبة عالية من البروتينات بما فيها من الأحماض الأمينية الأساسية اللازمة لنمو الجسم البشري (Barakat *et al.*, 2017; El-Sohaimy *et al.*, 2018)، وكذلك المعادن والفيتامينات، إضافة لتميزه بجودته الغذائية وتنوعه الجيني (Angeli *et al.*, 2020)، كما أنه يتميز بقدرته على التكيف مع الظروف البيئية القاسية وتأقلمه للعيش في ظروف مناخية قاسية، وإمكانيات نموه في جميع أنواع الترب، ولا سيما الأراضي المالحة، ويمكن زراعته بمختلف المناطق الصحراوية نظراً لقلة احتياجاته من المياه مقارنةً بالقمح والشعير، وعدم تطلبه لأعمال العناية والخدمة بشكل كبير، وبالتالي يتميز بتكاليف إنتاجه المنخفضة مقارنةً بالمحاصيل الأخرى، وهى ميزات رئيسة تجعل منه محصولاً متنوعاً يمكن زراعته في مختلف أنحاء العالم (Reguera *et al.*, 2018). إن تركيز

منظمة الأغذية والزراعة على أهمية الكينوا هو جزء من استراتيجية شاملة لاستعادة المحاصيل التقليدية كوسيلة لمكافحة الجوع، وتوفير الأمن الغذائي والتغذية، والقضاء على الفقر بهدف تحقيق الأهداف الإنمائية للألفية الثالثة (Hinojosa *et al*., 2021). يزرع هذا المحصول بشكل تجاري في بلدان أمريكا الجنوبية، ولا سيما بوليفيا والبيرو والإكوادور، ويتم تصديره من قبل تلك الدول وبشكل خاص البيرو وبوليفيا اللتان تسيطران على أكثر من 90% من نسبة الصادرات العالمية لهذا المحصول (Sven-Erik, 2011).

أُجريت الأبحاث مؤخراً لدراسة إمكانية استخدام الكينوا في صناعات غذائية عديدة لتعزيز الفوائد الصحية والغذائية لجسم الانسان، ومن هذه الصناعات، صناعة الخُبز والمعجنات والمعكرونة، إضافةً لبعض أنواع الحلويات وصناعة المشروبات (Wang *et al*., 2015). يستخدم دقيق الكينوا لتعزيز قدرة الخَبز لتحضير البسكويت، والنودلز والمعكرونة وكذلك للابقاء على رطوبة وطعم مقبول (Cannas *et al*., 2020)، بالإضافة إلى ذلك، لا يحتوي دقيق الكينوا على سلاسل الببتيدات المسؤولة عن عدم تحمل الغلوتين، مما ينتج عنه مكوناً مناسباً لتكوين منتجات مخبوزة خالية من الغلوتين (Franco *et al*., 2021)، كما يتميز بانخفاض محتواه من البرولامينات والغلوتيلينات (Wang and Zhu, 2016).

على الرغم من أن النشاء والبروتينات يعدان من المكونات الرئيسة لدقيق القمح (Lin *et al*., 2019)، إلا أنه من المثبت أن بروتينات الغلوتين هي التي تلعب دوراً مهماً في تحديد الخصائص الوظيفية لدقيق القمح فيما يتعلق بجودة استخدامه النهائي (Delcour *et al*., 2012)، حيث تؤثر نوعية وكمية بروتينات الغلوتين في قابلية تحويل دقيق القمح إلى منتجات مختلفة مثل الخبز، البسكويت، الكيك والمعكرونة، ولا يمكن اعتبار التباين في محتوى البروتين وحده مسؤولاً عن الاختلافات في خصائص العجين ومدى ملاءمة دقيق القمح للمنتجات النهائية (Ortolan and Steel, 2017). بالإضافة إلى ذلك، حددت الدراسات المرجعية السابقة الخصائص الوظيفية لأجزاء بروتين القمح الملائمة بشكل جيد لصنع منتجات المخابز مع وجود اختلافات كبيرة في أداء الخَبز بين

أصناف القمح التي تُعزى عادةً إلى الاختلافات في نوعية بروتينات الغلوتين، وتحديداً نوعية الغلوتينين والنسبة غلوتينين/غلياادين (Aussenac *et al.*, 2020; Gulia and Khatkar, 2015).

تم نشر عدد قليل جداً من الأبحاث العلمية حول استخدام الكينوا في صناعة منتجات المخابز، بالإضافة إلى ذلك، تضمنت معظم الدراسات الحالية استبدال دقيق القمح بدقيق الكينوا. بيَّن Wang وآخرون (2015) أنَّ استبدال دقيق القمح بدقيق الكينوا بمعدل 60% أدى إلى دكانة اللون، وزيادة الصلابة، وتقليل حجم، وتماسك، ومضغ البسكويت الناتج. من ناحية أخرى، تم ملاحظة تحسن في الخصائص التغذوية والحسية في البسكويت المصنوع عن طريق استبدال دقيق القمح بدقيق الكينوا بنسبة أقصاها 50% (Demir and Kilinç, 2017)، تم الحصول على نتائج مماثلة بواسطة (Jan *et al.*, 2018)، الذين استخدموا اختبار منهجية الاستجابة السطحية (Surface Response Methodology) لتحديد القيم المثلى للدهون والسكر، بالإضافة إلى درجة حرارة الخَبز ووقت الخَبز، لبسكويت الكينوا الخالي من الغلوتين. أظهر Brito وآخرون (2015) أن كلاً من دقيق الكينوا ورقائق الكينوا الممزوجة بنشاء الذرة قد حسنت من صلابة البسكويت وقيمته الغذائية، في حين أن إضافة الرقائق وحدها كان لها تأثيراً إيجابياً في الحجم النهائي فقط.

ازداد مؤخراً استهلاك الأغذية الوظيفية عالمياً، وهي أغذية ذات خصائص مرغوبة من قبل شريحة واسعة من المستهلكين (Hasler, 2002)، وعلى الرغم أن الخبز يعد من أشهر الأغذية الأساسية في العالم، مع ذلك، فإن معظم الخبز مصنوع من دقيق القمح المكرر، الذي يعاني من نقص في المغذيات الأساسية، مثل الفيتامينات والمعادن واللايسين والألياف الغذائية (Shewry and Hey, 2015). تمَّ اقتراح مفهوم المؤشر الغلايسيمي (GI)، وهو مؤشر من 0 إلى 100، في محاولة لتصنيف الأغذية التي تحتوي على الكربوهيدرات وفقاً لاستجابة الغلوكوز بعد الأكل (Ferng *et al.*, 2016)، ويعد خبز القمح الأبيض عموماً غذاءاً مرجعياً لحساب المؤشر الغلايسيمي، ويتم تعريف GI الخاص به على أنه 100 (Wolter *et al.*, 2014). يؤدي تناول الأغذية ذات المؤشر الغلايسيمي المنخفض (GI <55) إلى تقلبات صغيرة نسبياً في مستوى الغلوكوز بعد الأكل والتي يمكن

أن تقلل من خطر الإصابة بالأمراض المزمنة مثل السمنة والسكري وأمراض القلب والأوعية الدموية نتيجة الاستهلاك طويل الأجل (Simsek and Nehir, 2015). كعنصر أساسي، فإن الخبز ذو المؤشر الغلايسيمي المنخفض أكثر ملاءمةً لصحة الإنسان، ومن ثم، فإن الخبز المبتكر والمتخصص ذو الجودة الغذائية المحسنة ومنخفض المؤشر الغلايسيمي هو مطلب ملح (Xu *et al*., 2019).

تمَّ تحديد الكينوا على أنها غذاء منخفض المؤشر الغلايسيمي (Atkinson *et al*., 2008). تبعاً لذلك، فإن إضافة دقيق الكينوا إلى خبز القمح قد يحسن قيمته التغذوية ويقلل من قيمة المؤشر الغلايسيمي، وهو ما يتماشى مع اتجاه تطور صناعة الخبز، ومع ذلك، فإن إضافة دقيق الكينوا قد يتسبب في انخفاض جودة الخبز، مثل حجم الخبز المحدد، ومسامية اللبابة، والملمس (Moawad *et al*., 2019).

يمكن أيضاً استخدام الكينوا في صناعة المخابز لأن النشاء الموجود في البذور له خصائص مشابهة لتلك الموجودة في القمح (Gómez-Caravaca *et al*., 2011)، من ناحية أخرى، أظهرت إضافة دقيق الكينوا آثاراً إيجابيةً في الخصائص الحسية لمنتجات المخابز مثل الخبز والبسكويت (Stikic *et al*., 2012).

أضاف Xu وآخرون (2019) دقيق الكينوا إلى دقيق القمح لصنع الخبز، وقد أشارت النتائج إلى أن إضافة كمية صغيرة من دقيق الكينوا حتى 5% لم تؤثر في أداء الخَبز لدقيق القمح، بينما أدت الكميات الأعلى من 10% و15% إلى حجم نوعي أصغر، وزيادة الصلابة والمسامية الخشنة، حيث تبين أن دقيق الكينوا يغير الهيكل الثانوي للغلوتين ويعطل شبكة الغلوتين، ومع ذلك، أظهر التقييم الحسي أن نكهة الخبز تحسنت بشكل ملحوظ مع زيادة إضافة دقيق الكينوا. تحرى Sn وآخرون (2020) عن تأثير إضافة دقيق الكينوا في الخصائص التركيبية والحسية للبسكويت، لأن هذين المؤشرين يلعبان دوراً حيوياً في قبول منتجات المخابز، ووجدوا أن نسبة الاستبدال 25% من دقيق الكينوا كان لها تأثيراً حسياً جيداً وكذلك الخصائص التركيبية.

فيما يخص بذور التشيا، ونتيجة لغناها بالأحماض الأمينية الأساسية، وخاصة الليوسين والليسين والإيزولوسين والفالين (Sandoval-Oliveros and Paredes-Lopez, 2013)، لذلك، يمكن أن تكون البذور مكملة

لبروتينات الحبوب التي تعاني من نقص في الأحماض الأمينية الأساسية. بالإضافة إلى ذلك، تحتوي بذور التشيا على نسبة عالية من الألياف الغذائية، والتي تتميز بامتصاص عالي للماء والقدرة على تكوين محاليل مائية ذات لزوجة متزايدة، وهذا يساعد على الحفاظ على الماء بشكل أفضل في المنتج النهائي، بحيث يبقى طازجاً لمدة أطول (Capitani *et al*., 2012). الأكثر من ذلك هو أن بذور التشيا هي مصدر مهم لمضادات الأكسدة الطبيعية مثل التوكوفيرول، الستيرول، الكاروتينات والمركبات الفينولية بما في ذلك حمض الكلوروجينيك، حمض الكافيين، الكيرسيتين، الميريستين والكيمبفيرول (Ixtaina *et al*., 2008). وافق البرلمان الأوروبي في السنوات الأخيرة على بذور التشيا كغذاء جديد، وأدى ذلك إلى زيادة استخدام بذور التشيا في إنتاج الغذاء (Ullah *et al*., 2016). أظهرت الدراسات الحديثة أنه يمكن استخدام بذور التشيا لإنتاج منتجات غذائية مثل البسكويت (Barrientos *et al*., 2012) والمعكرونة (Oliveira *et al*., 2015) وخاصة الخبز (Steffolani *et al*., 2014). هناك العديد من الأعمال المتعلقة بتأثير إضافة التشيا في قوام الخبز، فقد درس Zettel وآخرون (2014) تأثيرات التشيا المدمجة في عجينة خبز القمح على شكل هلام وأثبت أن إضافة التشيا تقلل من صلابة الخبز، كما وجد Coelho و Salas-Mellado (2015) أن لبابة الخبز التي تحتوي على بذور التشيا الكاملة كانت أكثر ليونة من تلك التي تحتوي على دقيق التشيا، ومع ذلك، لم يتم تأكيد هذا الاتجاه من قبل Iglesias-Puig و Haros (2013). لاحظ Costantini وآخرون (2014) أن إضافة دقيق التشيا يزيد من إجمالي قدرة مضادات الأكسدة في خبز القمح، إلا أنهم استخدموا حصة واحدة فقط من إضافة دقيق التشيا (10%)، ونظراً لأنه في الدراسات اللاحقة تمت إضافة حصص وأشكال مختلفة من التشيا إلى وصفات الخبز، فمن الصعب مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها.

1-5- منتجات المخابز خالية الغلوتين:

النظام الغذائي الخالي من الغلوتين هو العلاج الوحيد للأشخاص الذين يعانون من عدم تحمل الغلوتين، إذ يؤدي استهلاك المنتجات الحاوية على الغلوتين إلى مجموعة من الاضطرابات، مثل مرض الاضطرابات الهضمية (Celiac disease)، والتهاب الجلد الحلئي الشكل (Dermatitis herpetiformis)، واختلاج الحركة المتعلق بالغلوتين (Gluten ataxia) وحساسية الغلوتين غير الاضطرابات الهضمية (Non-celiac gluten sensitivity) (Al-Toma *et al.*, 2019). يتطلب هذا النظام استخدام الحبوب الخالية من الغلوتين، مثل الذرة الصفراء، والأرز، والذرة البيضاء (Sorghum) والدخن والحبوب الزائفة أو ما يسمى أشباه الحبوب (Pseudo-grains) مثل الحنطة السوداء والكينوا والقطيفة والتشيا، وكذلك الأطعمة الأخرى الخالية من الغلوتين بشكل طبيعي مثل البطاطا، التابيوكا، والمكسرات، والبذور الزيتية، والبقوليات، والفاكهة والخضروات (Gabrovská *et al.*, 2020). تتمثل التحديات الرئيسة التي تواجه تقنيي الأغذية في الخبز ومنتجات المخابز والمعجنات والمعكرونة، بسبب عدم وجود الغلوتين، استخدام المواد الأخرى اللازمة للحفاظ على الملمس والحجم واللبابة المرضية ومدة الصلاحية والجودة الحسية، مثل المواد الغروانية المائية أو العجين المخمر أو المستحضرات الأنزيمية، إذ الغرض من استخدامها هو تغيير الوصفة وعملية الإنتاج (Šmídová and Rysová, 2022). يعد الخبز ومنتجات المخابز الأخرى الخالية من الغلوتين أمراً غير معتاد للغاية بالنسبة للمستهلك الذي اعتاد على القمح، إذ أظهر Toth وآخرون (2020) أن 70.8% من المستهلكين غير راضين عن الخبز الخالي من الغلوتين بسبب قوامه وطعمه، إذ عادةً ما يكون للخبز الخالي من الغلوتين لبابة أقل مرونة، والتي تتصلب بشكل أسرع، ويسهل تفتيتها، ويختلف طعم هذه المنتجات أيضاً، اعتماداً، بالطبع، على المكونات المستخدمة. إن قبول المنتجات الخالية من الغلوتين يتم بسهولة من قبل الأشخاص الذين يعانون من عدم تحمل الغلوتين منذ الطفولة، ويعد قبول نظام غذائي خالٍ من الغلوتين، وفي نفس الوقت، قبول الخبز الخالي من الغلوتين لدى البالغين الذين تم تشخيص إصابتهم بعدم تحمل الغلوتين في وقت لاحق من الحياة، أكثر صعوبة.

وفقاً لمعيار الدستور الغذائي (CODEX)، يمثل الغلوتين جزءاً من البروتين من القمح والشيلم والشعير والشوفان أو أنواعها الهجينة ومشتقاتها والتي لا تذوب في المحاليل الملحية، عادةً ما تشكل البرولامينات والغلوتلينات غير القابلة للذوبان في الماء (يشار إليها مجتمعة باسم الغلوتين) 70–80% من بروتينات الحبوب، وهي من أهم بروتينات الحبوب من الناحية التكنولوجية. الغلوتين هو بنية محددة، ذو كتلة مرنة لزجة يعطي عجين القمح ومنتجات المخابز خصائصه الفريدة، إذ تتكون هذا الكتلة بعد إضافة الماء والعجن، عندما تنتفخ بروتينات القمح الغليادين والغلوتينين، ومع الوصول المتزامن للأكسجين كمركب، يتم إنشاء نظام لزج مرن ثلاثي الأبعاد (الغلوتين بالمعنى التكنولوجي) مما يضمن الخصائص المرنة اللزجة المطلوبة للعجين، والنتيجة هي شبكة مستمرة ثلاثية الأبعاد قوية ومرنة بما فيه الكفاية قادرة على الحفاظ على كمية كبيرة من الغاز، وبالتالي ضمان الحجم والشكل والملمس الكافي للمنتجات (Preichardt and Gularte, 2013).

إن المواد الخام الأساسية لإنتاج الخبز ومنتجات المخابز الخالية من الغلوتين هي الدقيق الخالي من الغلوتين أو النشاء الأصلي التي يجب أن تضاف إليها المكونات الإضافية التي "تحل محل الغلوتين" وتضمن خصائص العجين المثلى، مثل المطاطية والمرونة ومقاومة الشد (Deora *et al.*, 2014). يمتلك الدقيق مواد أكثر تعقيداً مقارنةً بالنشاء، ومنها البروتينات وكمية منخفضة من الدهون، بالإضافة إلى بعض المكونات الثانوية مثل الألياف والفيتامينات والمعادن، لذلك، فهي أكثر ملاءمةً (Horstman *et al.*, 2019). بالنسبة للمنتجات الخالية من الغلوتين، إذ أن هناك القليل من المعلومات المتعلقة بمتطلبات الدقيق، تختلف أنواع الدقيق في خصائص النشاء المحتوى فيها (على سبيل المثال، كنسبة الأميلوز والأميلوبكتين)، وكمية البروتين، وحجم الجزيئات وتوزيعها (Capelli *et al.*, 2020). يكون نشاء القمح الخالي من الغلوتين الموجود في السوق غير ضار في معظم الاضطرابات الهضمية، على الرغم من أن بعض الأشخاص الذين يعانون من الاضطرابات الهضمية غير مستعدين لاستهلاك المنتجات التي تحتوي على مكونات أساسها القمح (Gómez and Sciarini, 2015).

على الرغم من أن المراكز البحثية في جميع أنحاء العالم قد قدمت العديد من الدراسات التي تظهر نشاطاً بيولوجياً عالياً والعديد من الخصائص المعززة للصحة لبذور التشيا لمدة طويلة جداً، فقد لوحظ ارتفاعاً حاداً في الاهتمام بالتطبيقات التجارية للبذور مؤخراً (Teoh *et al.*, 2018). لاحظ Steffolani وآخرون (2014) انخفاضاً في الحجم النوعي من (6.02 مل/غ) إلى (2.27 مل/غ) وزيادة في صلابة الخبز من (0.67 نيوتن) إلى (21.52 نيوتن) بعد إضافة بذور أو دقيق التشيا إلى خبز الأرز، وكان التأثير أكثر وضوحاً مع الدقيق منه مع البذور، كما أدت إضافة التشيا إلى تقليل فقدان الوزن أثناء الخبز، وإلى قشرة ولبابة أغمق، أما الناحية الحسية، فلم يلاحظ أي فروقات ذات دلالة إحصائية بين عينات الخبز المختلفة في درجة القبول، ومع ذلك، قدم خبز بذور التشيا قواماً أفضل من الشاهد (الذي هو عبارة عن دقيق الأرز فقط). بالإضافة إلى ذلك، أعد Sandri وآخرون (2017) خبز الأرز المحتوي على التشيا بخصائص حسية مقبولة عندما تم تحضير أفضل الصيغ من دقيق الأرز المخلوط مع 5 و10 و14% دقيق التشيا الكامل، وكانت مشابهة جداً لنظرائهم من الخبز الأبيض الخالي من الغلوتين وخبز القمح، وكانت إضافة دقيق التشيا مقبولة حتى نسبة 14%، إذ أدى استخدام دقيق التشيا الكامل بنسبة 5–14% إلى زيادة مستويات اللبيدات والبروتينات والألياف الغذائية مقارنةً بالخبز الأبيض الخالي من الغلوتين.

يتزايد عدد الأشخاص الذين يعانون من عدم تحمل الغلوتين في جميع أنحاء العالم، وبالتالي تزداد الحاجة، وفقاً لهذا التزايد، إلى الأغذية المناسبة لنظام غذائي خالٍ من الغلوتين، كمنتجات المخابز مثل الخبز والبسكويت، والتي تمثل جزءاً أساسياً من النظام الغذائي اليومي، إذ يتم البحث عن مكونات جديدة خالية من الغلوتين لتحل محل دقيق القمح، بالإضافة إلى طرائق جديدة لمعالجة المكونات التقليدية لضمان ثبات العجين ومرونته، ولتحسين الجودة الغذائية والخصائص الحسية وإطالة العمر الافتراضي للمنتجات الخالية من الغلوتين.

الفصل الثاني

مواد البحث وطرائقه

Materials and Methods

2- مواد وطرائق البحث MATERIALS AND METHODS:

2-1- مواد البحث:

1- تمَّ اختيار صنف القمح الطري السوري (*Triticum aestivum* L.) دوما6، وصنف القمح القاسي السوري (*Triticum turgidum* L. *var durum*) شام9، والمزروعين في مركز البحوث الزراعية بدمشق حقل قرحتا، التابع للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. نُظفت عينة القمح من الشوائب والأجرام باستخدام منخلين، الأوّل قطر فتحاته 2×20 مم والثاني قطر فتحاته 1×20 مم. رُطِّبت حبوب القمح الطري إلى درجة رطوبة 15.5% لمدة 10 ساعة، وحبوب القمح القاسي إلى درجة رطوبة 16.5% لمدة 36 ساعة، بدرجة حرارة الغرفة 19 مْ ورطوبة نسبية 70%، حيث حسبت كمية الماء المضاف حسب طريقة AACC رقم 95-26 (AACC, 2000). طُحِّنت الحبوب النظيفة والمكيفة باستخدام مطحنة Brabender (Brabender, Germany) حسب AACC رقم 26-50 (AACC, 2000) لإنتاج نوعين من الدقيق، الدقيق عالي الجودة (دقيق الزيرو) بنسبة استخراج 72% والدقيق القياسي (الدقيق التمويني الموحد) بنسبة استخراج 80%.

2- بذور الكينوا: تمَّ اختيار بذور صنف زير من حبوب الكينوا والمزروعة في محطة قرحتا للبحوث الزراعية، ريف دمشق.

3- بذور التشيا: تمَّ شراؤها من السوق المحلية لمحافظة دمشق، وطُحِّنت البذور لإنتاج الدقيق.

4- دقيق الأرز ودقيق الذرة الصفراء: وقد تمَّ شراؤهما من السوق المحلية لمحافظة دمشق.

5- مواد تصنيع خبز القالب: خميرة جافة، ملح، سكر وزيت نباتي.

6- مواد تصنيع البسكويت: سكر، زبدة نباتية مهدرجة، حليب مجفف خالي الدسم، قطر صناعي، ملح طعام، بيكربونات الصوديوم، بيكربونات الأمونيوم.

2-2- الاختبارات الفيزيوكيميائية للحبوب:

2-2-1- الوزن النوعي:

قُدِّر الوزن النوعي لبذور الكينوا والتشيا المدروسة حسب الطريقة المتبعة في AACC رقم 10-55 (AACC, 2000) حيث يُقاس وزن الحبوب باستخدام جهاز الهيكتوليتر ذو الخلية ربع ليتر (Hectolitre, England)، ثم تحويل الوزن إلى وزن بوحدة حجم (كيلوغرام/هيكتوليتر).

2-2-2- وزن الألف بذرة:

قُدِّر وزن الألف بذرة حسب (Samaan, 2007) باستخدام عدّاد الحبوب الإلكتروني (Electronic grain counter, Japan)، حيث تعد البذور في عينة عشرة غرام من البذور النظيفة، ثم تعديل النتيجة إلى وزن 1000 حبة من الحبوب.

2-2-3- النسبة المئوية للرطوبة:

قُدرت الرطوبة للبذور حسب AACC رقم 15A-44 (AACC, 2000)، حيث تم وضع عينة من 2-3 غرام من البذور في أطباق التجفيف وتجفيفها على درجة حرارة (103 مْ) لمدة 60 دقيقة أو حتى ثبات الوزن باستخدام فرن تجفيف (Memmert GmbH, Germany)، ثم حُسبت النسبة المئوية للرطوبة من المعادلة:

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

2-2-4- النسبة المئوية للرماد:

قِيست النسبة المئوية للرماد حسب AACC رقم 01-08 (AACC, 2000) وعُبّر عنها كنسبة مئوية من الوزن الجاف.

تم وضع 2–3 غرام من البذور في أطباق الترميد وترميد العينة على درجة حرارة (575–590 مْ) حتى الحصول على لون رمادي فاتح باستخدام مرمدة (Wise Therm, Korea).

وحُسبت النسبة المئوية للرماد من المعادلة:

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

الرماد (%) على أساس الماد الجافة = [% للرماد / 100– % للرطوبة] x 100

2–2–5– النسبة المئوية للبروتين:

قُدِّر النتروجين الكلي في الحبوب والبذور بطريقة كلداهل (Crude Protein–Improved Kjeldahl) حسب AACC رقم 10–46 (AACC, 2000)، ثم حُسِب البروتين الكلي باستخدام معامل التحويل (N×5.7) للقمح و(5.39) للكينوا و(6.25) للتشيا.

حُوِّلت النسبة المئوية للبروتين الرطب إلى الوزن الجاف من المعادلة:

البروتين (%) على أساس المادة الجافة = [% للبروتين الرطب / 100– % للرطوبةx] 100

2–3– تحضير دقيق الكينوا:

تمَّ تقليل محتوى الصابونين، وهي غليكوزيدات خالية من النيتروجين تنقل المرارة إلى البذور، حسب الطريقة الموصوفة في (Quiroga *et al.*, 2015) عن طريق غمر البذور وغسلها جيداً وفركها في الماء، ويعد أن الصابونين قد تمت إزالته إذا وضعت البذور في أنبوب ماء ورجت خلال 30 ثانية ولم تعد تنتج رغوة. بعد ذلك، تم الحصول على دقيق الكينوا عن طريق طحن البذور بمطحنة مخبرية (Grain Mill, KitchenAid, Model 5KGM, Whirlpool Corporation, USA)، ونُخِّلت خلال منخل للحصول على دقيق درجة تحببه تتراوح بين (180–300 µm).

تم استبدال نوعي دقيق القمح (دقيق الزيرو والدقيق الموحد) بدقيق بذور الكينوا بنسبة (10، 20، 30 و40%)، كما هو مبين في الجدول (5).

الجدول 5؛ ترميز عينات دقيق القمح المستبدلة جزئياً بدقيق بذور الكينوا

رقم العينة	مكونات العينة
1	دقيق الكينوا
2	دقيق الزيرو
3	الدقيق الموحد
4	دقيق الزيرو + 10% دقيق الكينوا
5	دقيق الزيرو + 20% دقيق الكينوا
6	دقيق الزيرو + 30% دقيق الكينوا
7	دقيق الزيرو + 40% دقيق الكينوا
8	الدقيق الموحد + 10% دقيق الكينوا
9	الدقيق الموحد + 20% دقيق الكينوا
10	الدقيق الموحد + 30% دقيق الكينوا
11	الدقيق الموحد + 40% دقيق الكينوا

2-4- تحضير دقيق التشيا:

تم طحن بذور التشيا بمطحنة مخبرية (Grain Mill, KitchenAid, Model 5KGM, Whirlpool Corporation, USA)، ونُخِّلت، وعُبِّئت في أكياس بلاستيكية وحُفِّظت عند درجة حرارة 4 درجات مئوية لاستخدامها لاحقاً.

تم استبدال نوعي دقيق القمح (دقيق الزيرو والدقيق الموحد) بدقيق بذور التشيا بنسبة (10، 20، 30 و40%)، كما هو مبين في الجدول (6).

الجدول 6؛ ترميز عينات دقيق القمح المستبدلة جزئياً بدقيق بذور التشيا

رقم العينة	مكونات العينة
12	دقيق التشيا
2	دقيق الزيرو
3	الدقيق الموحد
13	دقيق الزيرو + 10% دقيق التشيا
14	دقيق الزيرو + 20% دقيق التشيا
15	دقيق الزيرو + 30% دقيق التشيا
16	دقيق الزيرو + 40% دقيق التشيا
17	الدقيق الموحد + 10% دقيق التشيا
18	الدقيق الموحد + 20% دقيق التشيا
19	الدقيق الموحد + 30% دقيق التشيا
20	الدقيق الموحد + 40% دقيق التشيا

2-5- تحضير خلطات الدقيق المركب الخالي من الغلوتين:

تمَّ تقييم استخدام دقيق الأرز والذرة والكينوا والتشيا في عدة خلطات بهدف إيجاد خليط دقيق ليحل محل دقيق القمح في إنتاج الخبز الخالي من الغلوتين.

تمَّ تحضير خلطتين أساسيتين من الدقيق المركب (50% دقيق الأرز و50% دقيق الذرة الصفراء)، وتمَّ استبدال الخلطة الأولى بنسبة (10 و20%) من دقيق الكينوا والخلطة الثانية بنسبة (10 و20%) من دقيق التشيا.

2-6- الاختبارات الفيزيوكيميائية للدقيق:

2-6-1- النسبة المئوية للرطوبة:

قُدرت النسبة المئوية لرطوبة الدقيق حسب AACC رقم 15A-44 (AACC, 2000)، كما ذكر سابقاً.

2-6-2- النسبة المئوية للرماد:

قِيست النسبة المئوية لرماد الدقيق حسب AACC رقم 01-08 (AACC, 2000)، وعُبّر عنها كنسبة مئوية من الوزن الجاف، كما ذكر سابقاً.

2-6-3- النسبة المئوية للبروتين:

قُدِّر النتروجين الكلي في الدقيق بطريقة كلداهل (Crude Protein-Improved Kjeldahl) حسب AACC رقم 10-46 (AACC, 2000)، ثم حُسِب البروتين الكلي باستخدام معامل التحويل (N×5.7).

2-6-4- درجة اللون:

أُجري اختبار تحديد درجة اللون للدقيق باستخدام جهاز (Satake PCGA Series 4, Germany Colour Grader)، حيث تمَّ وضع عينة 30 غ من الدقيق في بيشر وأُضيف 50 مل ماء مقطر مع المزج الجيد، وتمَّ وضع قسم من المزيج في خلية خاصة حتى الإشارة المحددة، ثم وُضعت الخلية في جهاز اللون الذي تم تشغيله قبل 15 دقيقة تقريباً من بدء الاختبار لاستقرار كاشفه الضوئي، وسُجلت قراءة الجهاز الذي يعتمد على انعكاس الاشعة في مجال الطيف المرئي خلال 90 ثانية من بدء القياس، وتعبر القيمة الظاهرة على شاشة الجهاز عن درجة لون عينة الدقيق.

2-6-5- كمية ونوعية الغلوتين:

قُدِّرت كمية الغلوتين (الرطب والجاف) ونوعيته (دليل الغلوتين) حسب AACC رقم 38-A12 (AACC, 2000) باستخدام غسالة الغلوتين (Perten Glutomatic 2200 with double washing chambers, Sweden)، حيث تمَّ غسل عينة الدقيق (10 غ) من النشاء والبروتينات الذوابة بواسطة محلول كلور الصوديوم 2%، ثمَّ تمَّ تثفيل كتلة البروتين المتبقية بعد عملية الغسيل لمدة دقيقة واحدة بسرعة (6000 د/د) باستخدام (2015 bench-top centrifuge) ومنخل معدني قطر فتحاته 600 ميكرومتر، ثمَّ تمَّ جمع جزء الغلوتين المتبقي فوق المنخل ووزنه، تمَّ جمع جزء الغلوتين المار من المنخل المعدني باستخدام سباتيولة وإضافته إلى جزء الغلوتين العلوي ثم وزنه لحساب وزن الغلوتين الرطب.

حُسب الوزن الكلي للغلوتين الرطب كنسبة مئوية من 10غ من عينة الدقيق حسب المعادلة:

النسبة المئوية للغلوتين الرطب (%) = (وزن الغلوتين الرطب غ × 100) / وزن الدقيق غ

بينما حُسب دليل الغلوتين من المعادلة:

دليل الغلوتين = (وزن الغلوتين المتبقي فوق المنخل غ × 100) / وزن الغلوتين الكلي غ

تمَّ تجفيف كتلة الغلوتين الرطب باستخدام مجفف (Glutork 2020) على درجة حرارة (150مْ) لمدة (4 د) ثم تمَّ وزن كتلة الغلوتين الجاف وحساب النسبة المئوية للغلوتين الجاف من المعادلة التالية:

النسبة المئوية للغلوتين الجاف (%) = (وزن الغلوتين الجاف غ × 100) / وزن الدقيق غ

2-7- الاختبارات الريولوجية للدقيق:

2-7-1- اختبار الفارينوغراف:

استخدم جهاز الفارينوغراف (Brabender® GmbH & Co. KG, Germany) وفق الطريقة المعتمدة في AACC رقم 21-54 (AACC, 2000).

بعد تشغيل مضخة الجهاز يضبط الجهاز بحيث تتوافق قراءتا لوحة البيان وريشة الكتابة على ورقة الرسم، ويفضل أن يكون هذا الضبط عند الخط الأحمر وهو الخط العرضي الوسطي والذي يقرأ 500 وحدة برابندر، وتكون سرعة تحرك ريشة الكتابة من نقطة الألف إلى المئة على ورق الرسم ثانية واحدة.

تشغيل الجهاز:

بعد ضبط درجة حرارة الجهاز يوضع 300 غ من الدقيق في حوض العجين في الجهاز، وفي الوقت نفسه تضاف من سحاحته كمية من الماء العادي أقل قليلاً من امتصاص الدقيق فتبتدئ الريشة في رسم المنحنى على الورقة ابتداء من الصفر حتى تصل أكثر من 500، ثم تضاف بضع ملليمترات من الماء من السحاحة بحيث تثبت القراءة عند 500 للحظات عدة، وعندها تقرأ السحاحة لمعرفة كمية الماء المضافة وهي تمثل درجة امتصاص الدقيق للماء. يوقف الجهاز وينظف حوض العجين ويعاد الاختبار مع إضافة كمية الماء السابق تقديرها دفعة واحدة، ثم يغطى حوض العجين بلوح زجاجي منعاً لتبخر الماء، ويستمر تشغيل الجهاز مدة 12 دقيقة بعد ابتداء نزول المنحنى عن 500 وحدة، ثم يوقف وينظف حوض العجين استعداداً للاختبار التالي.

قراءة الفارينوغراف:

1- نسبة امتصاص الدقيق للماء (%): وهي كمية الماء اللازمة لعمل عجينة قوامها 500 وحدة برابندر.

2- زمن تطور العجينة (دقيقة): وهي المدة التي تمضي بين ابتداء إضافة الماء وتشغيل الجهاز حتى تصل العجينة إلى أقصى قوام لها، وهي النقطة التي يتقاطع فيها مركز المنحنى مع الخط الذي يمثل 500 وحدة برابندر.

3- زمن ثباتية العجينة أو مقاومة العجين لعملية العجن (دقيقة): ويمثلها الوقت الذي تبقى خلاله العجينة محتفظة بأقصى قوام صلب وصلت إليه (500 وحدة برابندر) من دون تغيير حتى يبتدئ مركز المنحنى في الانخفاض والتقاطع ثانية مع خط الـ 500.

4- درجة ضعف العجينة (البرابندر): وهو الفرق بين قوام العجينة بعد 12 دقيقة من ابتداءً انخفاض المنحنى عن خط ال 500 وبين 500.

5- الرقم الفالومتري: يمثل محصلة الأرقام السابقة، ويُقاس بمسطرة خاصة، وكلما كان مرتفعاً دل ذلك على ارتفاع جودة الدقيق.

2-7-2- اختبار الاكستنسوغراف:

استخدم الاكستنسوغراف (Brabender® GmbH & Co. KG, Germany) وفق الطريقة المعتمدة في AACC رقم 10-54 (AACC, 2000)، ويستخدم هذا الجهاز لمعرفة تأثير التخمر وتأثير المحسنات في مرونة العجينة ومطاطيتها.

مبدأ العمل:

تمزج العينة المراد اختبارها في الفارينوغراف حتى يثبت قوامها عند 500 وحدة فارينوغراف، وتؤخذ من العجانة وتجزأ إلى جزأين، وزن كل منهما 150غ. وتأخذ كلا القطعتين شكل الكرة على أداة خاصة، وبعدها تأخذ العجينة شكل أسطوانة بوساطة سلندر خاص، وتوضع بعد ذلك في إحدى الحوامل وتبقى 45 دقيقة في حجرة التخمير بدرجة حرارة 29 مْ، وبعد هذا الوقت من الاسترخاء تبدأ عملية المط. توضع العجينة التي هي على هيئة أسطوانية في حامل العجينة وتحمل هناك بوساطة خطافات تركز على آلية الحمل للجهاز. وعندها يبدأ محرك وحدة المط، ويتحرك الذراع بالاتجاه السفلي وبهذا يصل إلى مركز العجينة ويمطها بسرعة ثابتة، وحينما تتمزق العجينة الأسطوانية يتوقف جهاز التسجيل آلياً.

طريقة العمل:

1- يوضع 300 غ دقيق في حوض العجين بجهاز الفارينوغراف.

2- يذاب 6 غ ملح طعام نقي في حوالي 35 سم^3 ماء مأخوذة من سحاحة الفارينوغراف، ثم يضاف هذا المحلول إلى الدقيق مع تشغيل الجهاز فوراً. ثم يضاف في الحال من السحاحة ما يكفي من الماء للوصول بقوام العجينة إلى 500 وحدة برابندر في نهاية الدقيقة الأولى من ابتداء العجين.

3- تترك العجينة مغطاة مدة 5 دقائق.

4- يشغل الجهاز في نهاية مدة الدقائق الخمس دقيقتين، وقد يحتاج الأمر إلى إضافة قليل من الماء من السحاحة لتثبيت قوام العجينة عند 500، وإذا زادت كمية الماء المضافة عن 0.5 % يجب عمل عجينة جديدة.

5- تؤخذ العجينة من العجانة وتقطع إلى جزأين كل منهما 150غ.

6- يوضع كل جزء على حدة في الجزء الخاص بذلك في جهاز الاكستنسوغراف، وبعد 20 لفة يوقف الموتور وترفع كرة العجين وتوضع فوق السلندر الخاص بذلك في جهاز الاكستنسوغراف مع استخدام بودرة الأرز لتلافي التصاق العجينة بالسلندر الذي تخرج منه العجينة على هيئة أسطوانية.

7- توضع العجينة بعد ذلك في ماسك العجينة الموجود بإحدى غرف التخمر الموجودة بالجهاز مع وضع طبقة رقيقة من زيت البرافين في الماسك المذكور وملاحظة أن يكون الطبق الحامل لماسكي العجينة به ما يكفي من الماء لمنع جفاف العجينة.

8- بعد 45 دقيقة يوضع ماسك العجينة في مكانه تحت خطاف الجهاز الذي يبدأ في تشغيله إلى أن تنقطع العجينة بعد انتهاء الجهاز من رسم المنحنى الخاص به. ثم يؤخذ جزء العجينة الثاني والذي مر بالخطوات نفسها، ويرسم المنحنى الخاص به على المنحنى الأول. وإذا كانت العملية مضبوطة فيجب أن ينطبق المنحنيان على بعضهما.

9- بعد ذلك تؤخذ قطعة العجينة وتعاد العمليات 6 و7 وبعد 45 دقيقة أخرى يرسم المنحنى الثاني وتعاد العملية نفسها ثالث مرة بعد 45 دقيقة أخرى.

وبذلك يكون الجهاز قد أعطانا ثلاثة منحنيات أولهما بعد 45 دقيقة، وثانيهما بعد 90 دقيقة، وثالثهما بعد 135 دقيقة، والأخير يقرأ للحصول على البيانات الآتية:

1- القدرة (سم^2): وهي المساحة الموجودة تحت المنحنى وتقاس بوساطة البلاليمتر بالسنتيمترات المربعة وتمثل مجموع القوة المبذولة لمط العجينة.

2- المرونة (مم): وهي طول قاعدة الاكستنسوغراف بالميليمترات وهي تمثل درجة مرونة قطعة العجين.

3- مقاومة الشد (BU): وهي ارتفاع المنحنى بوحدات الاكستنسوغراف بعد 5 سم من ابتدائه، ويمثل هذا الرقم المقاومة التي تبذلها قطعة العجين لمقاومة عملية المط.

4- المقاومة العظمى للشد (BU): وهي أقصى ارتفاع يصل إليه المنحني.

5- الرقم النسبي أو المطاطية: وهو ناتج قسمة المقاومة العظمى للشد على المرونة، وكلما كان الرقم النسبي كبيراً كان ذلك دليلاً على شدة مقاومة العجينة للمرونة، وبالعكس إذا كان صغيراً كان ذلك دليلاً على قابلية العجينة للمرونة من دون مقاومة.

2-8- تصنيع منتجات المخابز:

2-8-1- خبز القالب:

صنّع خبز القالب (Pan bread) حسب طريقة العجينة المباشرة (Straight dough) والموصوفة في (Cauvain and Linda, 2007) بالوصفة التالية: 1000 غ دقيق قمح، 20 غ خميرة طرية، 10 غ ملح الطعام، 10 غ سكروز، 9 غ زيت نباتي وماء حسب امتصاصية الماء في جهاز الفارينوغراف.

اتبعت الخطوات التالية:

1- إضافة جميع المواد الجافة في وعاء العجانة، حيث تمَّ العجن بواسطة عجانة عمودية ذات وعاء ثابت سرعتها (75 دورة/دقيقة)، حيث تُضاف بادىء الأمر نصف كمية الماء المخصصة وبعدها أُضيفت الكمية المتبقية أثناء العجن، واستمرت مدة العجن (35-40 دقيقة).

2- عملية التخمير الأولي للعجين (25-30 دقيقة) في درجة حرارة (28 °م).

3- عملية التقطيع والتكوير بوزن للقطعة الواحدة (100-120 غ)، وتترك لفترة إستراحة (5 دقائق) في درجة حرارة الغرفة.

4- عملية التشكيل، توضع القطع في القالب، وتُعاد إلى المخمّر من أجل الإنضاج النهائي لمدة (50 دقيقة) على درجة حرارة (25-30 °م) ويجب أن تكون الرطوبة النسبية (85%) لعدم جفاف السطح.

5- تتم بعد نلك عملية الشواء في الفرن المروحي بدرجة حرارة تتراوح بين (220-250 °م) مدة (5 دقائق).

6- التبريد والتغليف.

2-8-2- البسكويت:

صُنع البسكويت تبعاً للطريقة الموصوفة في (Moawad *et al.*, 2019) حسب الوصفة التالية: 1000غ دقيق، 160 غ زبدة نباتية مهدرجة، 300 غ سكروز، 5 غ ملح، 36 غ مسحوق الخبيز، 2.5 غ فانيليا و150 غ ماء.

اتبعت الخطوات التالية:

1- مُزج السكر مع الزبدة النباتية بصورة جيدة، ثمّ أُضيف مسحوق الخبيز والدقيق والماء، وعُجِّنت بشكلٍ جيدٍ حتَّى التجانس وتطور الشبكة الغلوتينية.

2- جُمِّعت العجينة ونُقِّلت إلى صينية الخبيز، حيث فُردت بسماكة 3.5 مم، وقُطِّعت باستخدام قاطع دائري ذو قطر 45 مم.

3- خُبِّزت بالفرن على درجة حرارة 210 °م لمدة 8 دقائق.

4- التبريد البطيء، وعندما وصلت إلى درجة حرارة الغرفة، عُبِّئت ضمن أكياس من البولي إيتلين وتُركت لحين التحليل.

2-9- اختبارات الخبيز:

2-9-1- الخصائص الكيميائية:

قُدِّرت الرطوبة، الرماد والبروتين اعتماداً على الطريقة المتبعة في AACC (AACC, 2000)، كما تمَّ تقدير اللبيدات باستخدام جهاز سوكسليت (Soxhlet) تبعاً للطريقة المعتمدة في AACC رقم 25-30 (AACC, 2000)، وقُدرت الألياف الكلية بجهاز تقدير الألياف ماركة سيلكتا الإسباني حسب الطريقة المعتمدة في AACC رقم 45-32 (AACC, 2000)، بينما تم تحديد كمية النشاء الكلي بطرح 100 من مجموع البروتين والرماد واللبيدات والألياف (FAO, 2003).

2-9-2- الخصائص التصنيعية:

1- الخصائص التصنيعية للخبز:

تمَّ تحديد خصائص الرغيف حسب الطريقة المتبعة في (Al-Saleh and Brennan, 2012) وهي:

1. وزن الرغيف: حسب وزن الرغيف كمتوسط لثلاثة مكررات وسُجلت النتائج بـ (غ).

2. حجم الرغيف: قيس الحجم بوساطة طريقة إزاحة البذور الصغيرة، إذ تم تعبئة بيشر سعة 2000 مل ببذور الكتان ثم أُفرغ ووضع رغيف الصمون في وسط البيشر وغمر بالكمية نفسها من بذر الكتان، وقيست الزيادة عن 2000 مل.

3. الحجم النوعي: حسب الحجم باستخدام المعادلة الآتية:

الحجم النوعي = حجم الرغيف/ وزن الرغيف

2- الخصائص التصنيعية للبسكويت:

تمَّ تقييم الخصائص التصنيعية للبسكويت وفق الطريقة المتبعة في (Mudgil *et al.*, 2017):

1- قطر القطعة: حُسِّب متوسط قطر 10 قطع من البسكويت بـ (مم) باستعمال مقياس البياكوليس.

2- سماكة القطعة: قيست سماكة 10 قطع من البسكويت، وحُسِّب المتوسط مقدراً بـ (مم).

3- معامل التمدد: حُسب معامل التمدد من العلاقة: معامل التمدد = القطر / السماكة.

4- الصلابة: قيست صلابة البسكويت باستخدام جهاز (Texture Analyser)، وذلك لقياس متوسط القوة اللازمة لكسر 10 قطع من البسكويت.

2-9-3- تقييم الخصائص الحسية:

قُيمت الخصائص الحسية (اللون، النكهة، القوام، الطعم والقبول العام) لعينات الخبز والبسكويت من قبل لجنة مختصة وحسب الطريقة المتبعة في (Al-Marazeeq and Angor, 2017)، اعتماداً على مجموع النقاط لكل نوع وفق لـ 5 درجات تتوزع كالتالي: 5 ممتاز، 4 جيد جداً، 3 جيد، 2 مقبول و1 سيئة.

2-10- التحليل الإحصائي:

1- أُجريت التحاليل بواقع ثلاثة مكررات وسُجلت النتائج كمتوسطات ± الإنحراف المعياري.

2- أُجري اختبار تحليل التباين (ANOVA) كتجربة عاملية بتصميم قطاعات عشوائية كاملة باستخدام تحليل General Linear Model (GLM)، ثم أُجري اختبار Tukey لتحديد الفروق المعنوية بين المتوسطات على مستوى ثقة 5% ($p \leq 0.05$).

3- أُجري اختبار التحليل العنقودي Cluster Analysis نوع Cluster Observations على عينات الدقيق المستخدمة لتحديد درجة التشابه بينها.

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 لبذور الكينوا، التشيا وحبوب القمح المدروسة:

قُيمت الخصائص الفيزيوكيميائية (الوزن النوعي، وزن الألف بذرة، الرطوبة، الرماد والبروتين) لبذور الكينوا والتشيا المدروسين ومقارنتها مع الخصائص الفيزيوكيميائية لحبوب القمح الطري والقاسي السوري، وعُرضت النتائج في الجدول (7).

أظهرت عينات بذور الكينوا والتشيا وحبوب القمح الطري والقاسي اختلافات معنوية في جميع المؤشرات المدروسة، وكانت أعلى القيم للوزن النوعي، النسبة المئوية للرماد والنسبة المئوية للبروتينات لبذور التشيا (95.15 كغ/هل، 4.55% و24.12%) مقارنةً بـ (67.20 كغ/هل، 4.21% و13.24%) لبذور الكينوا، (77.41 كغ/هل، 1.32% و12.64%) لحبوب القمح الطري و(82.26 كغ/هل، 1.68% و13.42%) لحبوب القمح القاسي. على النقيض من ذلك، انخفض وزن الألف حبة لكل من بذور التشيا (9.44 غ) وبذور الكينوا (3.35 غ) مقارنة بوزن الألف حبة لحبوب القمح الطري (55.25 غ) وحبوب القمح القاسي (56.30 غ). يمكن أن تكون الصفات الفيزيائية للبذور (الوزن النوعي ووزن الألف حبة) مفيدة في تحديد حجم مخازن الحبوب ومرافق التخزين، ويمكن أن تؤثر في معدل الحرارة وانتقال كتلة الرطوبة أثناء عمليات التهوية والتجفيف، إذ تعد النظريات المستخدمة للتنبؤ بالأحمال الهيكلية لأماكن التخزين الكثافة الظاهرية كمؤشر أساسي، كما تعتبر الكثافة الظاهرية من الاعتبارات الرئيسة في تصميم أنظمة التجفيف والتهوية القريبة، حيث تؤثر هذه الخصائص في مقاومة تدفق الهواء للكتلة المخزنة (Muzzalupo, 2013)، وقد بينت دراسات سابقة أن الوزن النوعي للبذور يزداد خطياً عند انخفاض محتوى الرطوبة (Guiotto *et al.*, 2011).

من جهة أخرى، أبدت بذور التشيا أقل نسبة مئوية للرطوبة (6.71%)، بينما كانت نسبة الرطوبة متقاربة لكل من بذور الكينوا وحبوب القمح الطري والقاسي (10.68%، 9.22% و9.45%). كانت قيم الخصائص

الفيزيوكيميائية للبذور المدروسة قريبة جداً من تلك التي حصل عليها (García-Salcedo *et al.*, 2018)، وبالتالي تظهر هذه النتائج القيمة الغذائية المتوازنة لكل من بذور الكينوا والتشيا (Ramos-Diaz *et al.*, 2013).

الجدول 7؛ الخصائص الفيزيوكيميائية لبذور الكينوا، التشيا وحبوب القمح المدروسة

	بذور الكينوا	بذور التشيا	القمح الطري	القمح القاسي
الوزن النوعي (كغ.هل$^{-1}$)	67.20 ± 0.51^{a}	95.15 ± 0.34^{b}	77.41 ± 0.55^{c}	82.26 ± 0.61^{d}
وزن الألف بذرة (غ)	3.35 ± 0.15^{a}	9.44 ± 0.05^{b}	55.25 ± 0.41^{c}	56.30 ± 0.12^{d}
الرطوبة (%)	10.68 ± 0.12^{a}	6.71 ± 0.11^{b}	9.22 ± 0.11^{c}	9.45 ± 0.15^{d}
الرماد (%)	$4.21+ \pm 0.02^{a}$	4.55 ± 0.02^{b}	1.32 ± 0.06^{c}	1.68 ± 0.05^{d}
البروتين (%)	13.64 ± 0.33^{a}	24.12 ± 0.25^{b}	12.64 ± 0.10^{c}	13.42 ± 0.32^{d}

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

3-2- الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق بذور الكينوا:

يُبين الجدول (8) الخصائص الفيزيائية والكيميائية لدقيق بذور الكينوا، دقيق قمح الزيرو، دقيق القمح الموحد وخلطات الدقيق المركب المستخدمة في الدراسة.

لوحظ أن النسبة المئوية للبروتينات كانت مرتفعة في دقيق الكينوا محسوبةً على أساس الوزن الجاف (13.05%)، وهي أعلى معنوياً من النسبة المئوية للبروتينات في دقيق الزيرو (11.20%) والدقيق الموحد (12.23%)، على الرغم من أن دراسات سابقة قد أشارت إلى أن النّسبة المئوية للبروتينات في دقيق الكينوا متقاربة مع دقيق القمح (Azizi *et al.*, 2020)، وبالتالي إن الاختلافات في هذه الدراسة بين دقيق الكينوا ودقيق القمح من الممكن أن تعود وبالدرجة الأولى إلى استخدام حبوب قمح منخفضة البروتينات في إنتاج أنواع الدقيق. بالإضافة إلى ذلك، تميز دقيق الكينوا بارتفاع النسبة المئوية للرماد (4.15%) ودرجة اللون (18.50

درجة) مقارنةً بالنسبة المئوية لرماد (0.65% و0.85%) ودرجة لون (1.50 درجة و4.55 درجة) دقيق القمح الزيرو والدقيق الموحد على الترتيب، وقد كانت هذه القيم قريبة من نتائج أبحاث سابقة عن خصائص دقيق الكينوا والتي بينت أن النسبة المئوية لرماد دقيق بذور الكينوا تتراوح بين (1.75–4.20%) حسب نوع الكينوا ومكان الزراعة (Enriquez *et al.*, 2003; Abugoch, 2009). أما النسبة المئوية للرطوبة، فقد لوحظ انخفاضها معنوياً في دقيق الكينوا (10.55%) مقارنةً مع دقيق الزيرو (13.80%) والدقيق الموحد (14.41%)، وتعود الاختلافات في نسبة الرطوبة بين دقيق القمح ودقيق بذور الكينوا إلى عملية تكييف حبوب القمح والتي تتضمن إضافة الماء إلى درجة معينة لحبوب القمح المعدة للطحن (Dubat and Bock, 2019)، بالإضافة إلى نسبة الرطوبة المنخفضة في بذور الكينوا (Vilche *et al.*, 2003).

من أهم النتائج التي تمَّ التوصل إليها من الجدول أنَّ عملية استبدال دقيق القمح بدقيق الكينوا أدت إلى زيادة معنوية على مستوى ثقة ($P\leq0.05$) في جميع المؤشرات الفيزيوكيميائية المدروسة لنوعي دقيق القمح، فقد ازدادت النسبة المئوية للبروتينات على أساس الوزن الجاف (11.20–11.83%) و(12.23–12.95%) للدقيق الزيرو والدقيق الموحد على الترتيب، ويعود ذلك إلى ارتفاع النسبة المئوية للبروتينات في دقيق الكينوا مقارنةً بدقيق القمح قيد الدراسة. بالإضافة إلى ذلك، ارتفعت معنوياً النسبة المئوية للرماد على أساس الوزن الجاف مع رفع نسبة الاستبدال، وتراوحت في عينات دقيق الزيرو بين (0.65%) و(1.55%)، ولعينات الدقيق الموحد بين (0.85%) و(1.76%) للشاهد والدقيق المدعم بنسبة 40% من دقيق الكينوا على الترتيب، وترافق ذلك أيضاً مع ارتفاع عالي المعنوية في درجة لون الدقيق (1.50–13.35 درجة) لعينات دقيق الزيرو و(4.55–16.37 درجة) لعينات الدقيق الموحد، ولوحظ من الجدول أيضاً انخفاض النسبة المئوية للرطوبة من (13.80% و14.41%) لدقيق الشاهد إلى (12.12% و13.43%) للدقيق المضاف له 40% دقيق الكينوا لعينات دقيق الزيرو والدقيق الموحد على الترتيب، ويُعزى ذلك إلى انخفاض رطوبة دقيق الكينوا المستخدم. وقد

توافقت هذه النتائج مع دراسات سابقة أثبتت ارتفاع المؤشرات الكيميائية، وخصوصاً النسبة المئوية للبروتينات، لدقيق القمح المدعم بدقيق بذور الكينوا (Tamba-Berehoiu *et al.*, 2019).

الجدول 8؛ التركيب الفيزيوكيميائي لدقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق الكينوا

رقم العينة	الرطوبة (%)	الرماد (%)	اللون (درجة)	البروتين (%)
1	10.55 ± 0.42^{a}	4.15 ± 0.10^{a}	18.50 ± 0.33^{a}	13.05 ± 0.12^{a}
2	13.80 ± 0.42^{b}	0.65 ± 0.04^{b}	1.50 ± 0.02^{b}	11.20 ± 0.15^{b}
3	14.41 ± 0.21^{c}	0.85 ± 0.05^{c}	4.55 ± 0.10^{c}	12.23 ± 0.34^{c}
4	13.25 ± 0.15^{d}	0.81 ± 0.01^{c}	6.22 ± 0.11^{d}	11.45 ± 0.24^{d}
5	12.81 ± 0.10^{e}	0.97 ± 0.02^{d}	9.30 ± 0.35^{e}	11.66 ± 0.44^{e}
6	12.45 ± 0.31^{f}	1.22 ± 0.05^{e}	11.75 ± 0.25^{f}	11.83 ± 0.21^{f}
7	12.12 ± 0.54^{g}	1.55 ± 0.01^{f}	13.35 ± 0.46^{g}	12.15 ± 0.11^{c}
8	14.05 ± 0.22^{h}	1.02 ± 0.01^{d}	6.37 ± 0.43^{d}	12.46 ± 0.06^{g}
9	13.84 ± 0.33^{b}	1.24 ± 0.05^{e}	9.41 ± 0.12^{e}	12.62 ± 0.26^{h}
10	13.59 ± 0.18^{k}	1.50 ± 0.10^{f}	12.32 ± 0.08^{h}	12.82 ± 0.26^{k}
11	13.43 ± 0.12^{j}	1.76 ± 0.09^{g}	14.50 ± 0.14^{k}	12.95 ± 0.21^{j}

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

3-3- الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق بذور التشيا:

قُيِّمت الخصائص الفيزيوكيميائية لعينات دقيق التشيا، دقيق القمح الزيرو، دقيق القمح الموحد وعينات الدقيق المركب (الزيرو والموحد) المستبدلة جزئياً بنسبة (10، 20، 30 و40%) من دقيق التشيا (الجدول 9).

تميز دقيق بذور التشيا، بارتفاع النسبة المئوية للبروتينات (26.15%) والنسبة المئوية للرماد (4.22%%) مقارنةً بنوعي دقيق القمح (11.20% و12.23%) للبروتينات و(0.65% و0.85%) للرماد لدقيق الزيرو والدقيق الموحد على الترتيب. بالإضافة إلى ذلك، أبدى دقيق التشيا نسبة رطوبة منخفضة ودرجة

لون مرتفعة، حيث كانت نتائج تحليل الرطوبة لعينات الدقيق المدروسة (6.64%، 13.80% و14.41%) ودرجات اللون (12.65، 1.50 و4.55 درجة) لدقيق بذور التشيا، دقيق الزيرو والدقيق الموحد على الترتيب. كانت نتائج تحليل دقيق بذور التشيا قريبة من نتائج أبحاث سابقة من حيث النسبة المئوية للرطوبة (Fernandes and Salas-Mellado, 2017) والنسبة المئوية للرماد (Coelho and Salas-Mellado, 2014)، ولكن أعلى بما يخص نسبة البروتينات (Ferrari-Felisberto *et al.*, 2015)، ويمكن أن تعود هذه الاختلافات إلى تأثير العوامل البيئية والوراثية.

من جهة أخرى، أدت عملية الاستبدال الجزئي لنوعي دقيق القمح بدقيق بذور التشيا إلى ارتفاع عالي المعنوية في النسبة المئوية للبروتينات (11.20-16.25%) لدقيق الزيرو و(12.23-19.85%) للدقيق الموحد، ودرجة لون الدقيق (1.50-8.86 درجة) و(4.55-9.75 درجة) لدقيق الزيرو والموحد على الترتيب، والنسبة المئوية للرماد من (0.65% و0.85%) في دقيق الشاهد إلى (1.61% و1.81%) في دقيق الزيرو والدقيق الموحد المستبدل جزئياً بنسبة 40% من دقيق بذور التشيا، ويعود ذلك إلى ارتفاع نسبة البروتينات والأصبغة والألياف في دقيق بذور التشيا (Muñoz *et al.*, 2013). على النقيض من ذلك، انخفضت النسبة المئوية للرطوبة من (13.80% و14.41%) في دقيق الشاهد إلى (11.78% و12.20%) في دقيق الزيرو والدقيق الموحد المستبدل جزئياً بنسبة 40% من دقيق بذور التشيا، وهذه النتائج تتوافق مع أبحاث سابقة (Dundar *et al.*, 2021).

الجدول 9؛ التركيب الفيزيوكيميائي لدقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق التشيا

رقم العينة	الرطوبة (%)	الرماد (%)	اللون (درجة)	البروتين (%)
12	6.64 ± 0.03^{a}	4.22 ± 0.01^{a}	12.65 ± 0.21^{a}	26.15 ± 0.10^{a}
2	13.80 ± 0.42^{b}	0.65 ± 0.04^{b}	1.50 ± 0.02^{b}	11.20 ± 0.15^{b}
3	14.41 ± 0.21^{c}	0.85 ± 0.05^{c}	4.55 ± 0.10^{c}	12.23 ± 0.34^{c}
13	13.10 ± 0.11^{d}	0.86 ± 0.05^{c}	4.10 ± 0.06^{d}	13.55 ± 0.21^{d}
14	12.55 ± 0.23^{e}	0.99 ± 0.04^{d}	5.95 ± 0.22^{e}	14.91 ± 0.62^{e}
15	12.02 ± 0.04^{f}	1.28 ± 0.02^{e}	7.22 ± 0.15^{f}	16.25 ± 0.41^{f}
16	11.78 ± 0.12^{g}	1.61 ± 0.06^{f}	8.86 ± 0.10^{g}	18.10 ± 0.24^{g}
17	13.81 ± 0.54^{b}	1.04 ± 0.03^{d}	5.30 ± 0.16^{h}	14.22 ± 0.55^{h}
18	13.02 ± 0.42^{d}	1.28 ± 0.01^{e}	6.88 ± 0.15^{i}	16.30 ± 0.44^{f}
19	12.66 ± 0.31^{e}	1.55 ± 0.06^{f}	8.52 ± 0.10^{k}	17.91 ± 0.11^{k}
20	12.20 ± 0.10^{h}	1.81 ± 0.05^{g}	9.75 ± 0.05^{j}	19.85 ± 0.51^{j}

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

3-4- تأثير الاستبدال الجزئي لدقيق القمح بدقيق بذور الكينوا في الخصائص الكمية والنوعية للغلوتين:

استُخدامت تقنية الغلوتوماتيك لتقييم الخصائص الكمية (النسبة المئوية للغلوتين الرطب والنسبة المئوية للغلوتين الجاف) والنوعية (دليل الغلوتين) لغلوتين عينات نوعي دقيق القمح المنتج محلياً والمستبدل بنسبة (10، 20، 30 و40%) من دقيق الكينوا المزروعة محلياً (الجدول 10).

أظهرت نتائج تحليل التباين بين عينات الدقيق المدروسة وجود اختلافات معنوية على مستوى ثقة 5%، حيث أدت إضافة دقيق بذور الكينوا إلى دقيق القمح لانخفاض معنوي في المؤشرات الكمية للغلوتين تناسبت عكساً مع ازدياد نسب الإضافة من دقيق الكينوا، فقد كانت النسبة المئوية للغلوتين الرطب لعينات الشاهد

(27.45% و28.82%)، وانخفضت إلى (18.01% و19.88%) عند إضافة 40% من دقيق بذور الكينوا إلى دقيق الزيرو والدقيق الموحد على الترتيب، وبشكل مماثل، انخفضت أيضاً النسبة المئوية للغلوتين الجاف بازدياد النسبة المضافة من دقيق الكينوا، وتراوحت بين (9.10% و6.05%) لدقيق الزيرو و(9.65% و6.78%) للدقيق الموحد لعينات الشاهد والعينات المضاف لها 40% من دقيق بذور الكينوا على الترتيب، وكانت هذه النتائج متوافقة مع أبحاث سابقة أكدت أنَّ إضافة الكينوا إلى دقيق القمح يؤدي إلى انخفاض المؤشرات الكمية والنوعية لغلوتين دقيق القمح، وبينت أن الكينوا يُعد من أنواع الحبوب الكاذبة (Pseudocereals) مثل القطيفة (Amaranth) والحنطة السوداء (Buckwheat) والتي يمكن طحنها إلى دقيق خالي الغلوتين يصلح لتصنيع المنتجات الخاصة بمرضى داء الزلاقي (Bozdogan *et al.*, 2019; Turkut *et al.*, 2016). من جهة أخرى، لوحظ وجود تباين بتأثير إضافة دقيق بذور الكينوا بين الخصائص الكمية والخصائص النوعية لغلوتين دقيق القمح، فلم تؤدِ إضافة دقيق الكينوا إلى انخفاض عالي المعنوية في المؤشر النوعي لغلوتين دقيق القمح، كما هو الحال في المؤشرات الكمية، فقد انخفض دليل الغلوتين بنسبة (1.58% و2.57%) عند إضافة 40% من دقيق الكينوا إلى دقيق الزيرو والدقيق الموحد على الترتيب، وتعد هذه النتيجة ذات أهمية كبيرة، حيث يُعبّر مؤشر دليل الغلوتين بشكل مباشر عن قوة الدقيق ويخضع إلى تأثير العوامل الوراثية فقط (Oikonomou *et al.*, 2015)، وبالتالي يمكن الاستنتاج أن استبدال دقيق القمح حتى نسبة 40% من دقيق الكينوا لا يؤثر بشكل كبير في قوة الدقيق، والتي من شأنها في حال انخفاضها أن تغير الوجهة التصنيعية للدقيق وجودة المنتج النهائي (Peña *et al.*, 2008; Zghal *et al.*, 2001).

الجدول 10؛ كمية ونوعية غلوتين دقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق بذور الكينوا

رقم العينة	الغلوتين الرطب (%)	الغلوتين الجاف (%)	دليل الغلوتين (%)
1	-	-	-
2	27.45 ± 0.21^{a}	9.10 ± 0.15^{a}	71.33 ± 2.12^{a}
3	28.82 ± 0.22^{b}	9.65 ± 0.41^{b}	70.15 ± 1.45^{b}
4	24.77 ± 0.11^{c}	8.22 ± 0.10^{c}	$71.25 \pm 0.98^{a,c}$
5	22.51 ± 0.43^{d}	7.61 ± 0.04^{d}	70.95 ± 3.14^{c}
6	20.24 ± 0.72^{e}	6.85 ± 0.12^{e}	70.20 ± 2.45^{b}
7	18.01 ± 0.52^{f}	6.05 ± 0.10^{f}	69.75 ± 1.15^{d}
8	25.94 ± 0.66^{g}	8.71 ± 0.21^{g}	$70.01 \pm 2.33^{b,d}$
9	23.10 ± 0.45^{h}	8.15 ± 0.06^{c}	69.76 ± 1.05^{d}
10	21.61 ± 0.10^{k}	7.55 ± 0.11^{d}	68.10 ± 0.85^{e}
11	19.88 ± 0.12^{j}	6.78 ± 0.02^{e}	67.58 ± 1.91^{f}

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

3-5- تأثير الاستبدال الجزئي لدقيق القمح بدقيق بذور التشيا في الخصائص الكمية والنوعية للغلوتين:

يبين الجدول (11) الخصائص الكمية والنوعية (النسبة المئوية للغلوتين الرطب، النسبة المئوية للغلوتين الجاف ودليل الغلوتين) لعينات نوعي دقيق القمح المنتج محلياً والمستبدل بنسبة (10، 20، 30 و40%) من دقيق بذور التشيا.

أظهرت النتائج التأثير المعنوي لاستبدال دقيق القمح بدقيق بذور التشيا على مستوى ثقة 5%، حيث انخفضت جميع المؤشرات الكمية والنوعية للغلوتين مع ارتفاع نسبة الاستبدال من دقيق بذور التشيا، فقد انخفضت النسبة المئوية للغلوتين الرطب (27.45% و28.82%) والنسبة المئوية للغلوتين الجاف (9.10%

و9.65%) لعينات الشاهد إلى (18.30% و19.52%) و(6.11% و6.90%) عند إضافة 40% من دقيق بذور التشيا إلى دقيق الزيرو والدقيق الموحد على الترتيب.

من جهة أخرى، وبشكل مخالف لدقيق بذور الكينوا، فقد أدت عملية استبدال دقيق القمح بدقيق بذور التشيا إلى انخفاض عالي المعنوية في الخصائص النوعية لغلوتين دقيق القمح (دليل الغلوتين)، فقد انخفض دليل الغلوتين من (71.33%% و70.15%) إلى (51.88% و53.68%) عند إضافة 40% من دقيق بذور التشيا إلى دقيق الزيرو والدقيق الموحد على الترتيب، وبالتالي إن عملية استبدال دقيق القمح بدقيق بذور التشيا تؤدي إلى انخفاض في قوة الدقيق، وهذه النتائج تتوافق مع أبحاث سابقة (Orona-Tamayo *et al.*, 2017)، وقد فسرت ذلك نتيجة ارتفاع نسبة البروتينات غير الغلوتينية والألياف في دقيق بذور التشيا (Sadeek *et al.*, 2021).

الجدول 11؛ كمية ونوعية غلوتين دقيق القمح المستبدل بدقيق بذور التشيا

رقم العينة	الغلوتين الرطب (%)	الغلوتين الجاف (%)	دليل الغلوتين (%)
12	-	-	-
2	27.45 ± 0.21^{a}	9.10 ± 0.15^{a}	71.33 ± 2.12^{a}
3	28.82 ± 0.22^{b}	9.65 ± 0.41^{b}	70.15 ± 1.45^{b}
13	25.10 ± 0.15^{c}	8.52 ± 0.06^{c}	67.30 ± 0.44^{c}
14	22.88 ± 0.21^{d}	7.79 ± 0.02^{d}	61.20 ± 0.52^{d}
15	20.45 ± 0.66^{e}	6.50 ± 0.01^{e}	56.15 ± 0.84^{e}
16	18.30 ± 0.32^{f}	6.11 ± 0.05^{f}	51.88 ± 0.62^{f}
17	26.72 ± 0.21^{g}	9.10 ± 0.11^{g}	68.45 ± 0.56^{g}
18	24.65 ± 0.15^{h}	8.22 ± 0.15^{h}	62.86 ± 0.30^{h}
19	22.02 ± 0.14^{k}	7.30 ± 0.02^{k}	57.44 ± 0.71^{k}
20	19.52 ± 0.21^{j}	6.90 ± 0.10^{j}	53.68 ± 0.62^{i}

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

3-6- تأثير الاستبدال الجزئي لدقيق القمح بدقيق الكينوا في خصائص الفارينوغراف:

قِيست الخصائص الريولوجية بوساطة تقنية الفارينوغراف (امتصاصية الدقيق للماء، زمن تطور العجينة، زمن ثبات العجينة، درجة ضعف العجينة والرقم الفالوريمتري) لنوعي دقيق القمح والخلطات المدعمة بدقيق بذور الكينوا بنسبة (10، 20، 30 و40%) وسُجِّلت النتائج في الجدول (12).

بيَّنت نتائج اختبار تحليل التباين اختلاف تأثير إضافة دقيق الكينوا اعتماداً على نوع دقيق القمح، حيث لوحظ من الجدول (12) الاختلاف المعنوي في النسبة المئوية لامتصاص الدقيق للماء بين نوعي الدقيق، فقد كان أعلى في حالة الدقيق الموحد (63.40%) مقارنةً بدقيق الزيرو (61.15%)، ويعود ذلك لارتفاع نسبة البروتينات، الألياف والبنتوزانات مع رفع نسبة استخراج الدقيق (Moradi *et al.*, 2016)، وعند إضافة دقيق الكينوا، حتى نسبة 40%، ارتفعت نسبة امتصاص الدقيق للماء معنوياً وتراوحت بين (61.15-64.10%) و(63.40-65.30%) لعينات دقيق الزيرو والدقيق الموحد على الترتيب، وهذا عائد إلى احتواء دقيق الكينوا على نسبة أعلى من البروتينات والألياف الغذائية الحاوية على مجموعات الهيدروكسيل والتي تسمح بالارتباط مع الماء من خلال الروابط الهيدروجينية (Li and Zhu, 2016). من جهة أخرى، إن تغيير إضافة دقيق الكينوا لامتصاصية الدقيق للماء قد أثرت في تطور قيم مؤشرات الفارينوغراف الأخرى، فعلى الرغم من أن زمن تطور العجينة لنوعي دقيق الشاهد كان مختلفاً (2.50 دقيقة) لدقيق الزيرو و(3.75 دقيقة) للدقيق الموحد، حيث تزداد مقاومة الدقيق للخلط مع ارتفاع نسبة الألياف الغذائية (Mis *et al.* 2017)، فإن تأثير إضافة دقيق الكينوا في زمن التطور لم يكن متجانساً عند نسب الإضافة المختلفة، حيث أدت إضافة دقيق الكينوا إلى تغيرات طفيفة في القيمة عند نسب الإضافة 10% (2.75 دقيقة و3.90 دقيقة) و20% (3.05 دقيقة و4.00 دقيقة) لدقيق الزيرو والموحد على الترتيب، وكما ازدادت بمقدار (1.25 دقيقة) لكل من دقيق الزيرو والدقيق الموحد عند إضافة 40% من دقيق الكينوا، ويمكن ملاحظة التأثير المتزايد لإضافة دقيق بذور الكينوا في الزمن اللازم لدمج مكونات دقيق الكينوا (الألياف والبروتينات والمواد المعدنية) في العجين (Rodriguez-

Sandoval *et al.*, 2012)، ويمكن تفسير ذلك بسبب توفر كمية أكبر من الماء في البداية أدى إلى ترطيب أسرع لمكونات دقيق القمح مقارنةً بدقيق الكينوا والوصول بشكل أسرع إلى خط الـ 500 برابندر (Kurek and Sokolova, 2019)، وقد لوحظت تأثيرات مماثلة لإضافة دقيق بذور الكينوا في خصائص الفارينوغراف لدقيق القمح في أبحاث سابقة (Atef *et al.*, 2014). على النقيض من ذلك، أدت إضافة دقيق الكينوا إلى دقيق القمح إلى انخفاض في زمن ثباتية العجينة، وهي أحد المؤشرات الهامة على قوة الدقيق (Munteanu *et al.*, 2016)، وكان هناك اختلاف معنوي في قيم الثباتية بين عينات الشاهد، حيث تميز دقيق الزيرو بزمن ثباتية (3.75 دقيقة) أعلى معنوياً من الدقيق الموحد (3.25 دقيقة) بسبب ارتفاع نسبة النخالة في الدقيق الموحد والتي تعمل على تقطيع الشبكة الغلوتينية (Lauková *et al.*, 2019)، وبالتالي يعد دقيق الزيرو دقيقاً أقوى من الدقيق الموحد، وقد لوحظ بمقارنة عينات الدقيق المركب مع العينات الشاهد أنه على الرغم من أنَّ الانخفاض في قيم ثباتية العجينة عند إضافة دقيق الكينوا كان معنوياً عند مستوى ثقة 5% لكن الدقيق بقي متوسط القوة تبعاً لتصنيف (Williams, 1997)، حيث انخفض بمقدار (0.50 دقيقة و0.40 دقيقة) عند إضافة 40% من دقيق الكينوا إلى دقيق الزيرو والدقيق الموحد على الترتيب، ويمكن أن يعود ذلك إلى اللبيدات الموجودة في دقيق الكينوا والقادرة على تكوين معقدات ليبوبروتينية مما يؤدي إلى استقرار العجين (Marion *et al.*, 2003)، كما قد يكون الانخفاض في زمن ثباتية العجينة مع زيادة مستوى دقيق الكينوا مرتبطاً بانخفاض توافر الماء في نظام العجين، وبالتالي يمكن الاستنتاج أن عملية تخفيف الغلوتين في دقيق القمح بإضافة دقيق لا يحتوي على الغلوتين (Nongluten Flour) يؤدي إلى تقليل خصائص اللزوجة والمرونة للعجين (Mohammed *et al.*, 2014)، وبالتالي، انخفاض زمن ثباتية العجينة، وعند المستويات العالية من دقيق الكينوا، قد تتخرب شبكة الغلوتين، مما قد يؤدي إلى إضعاف العجين. يتوافق ذلك مع نتائج درجة ضعف العجينة، والتي ازدادت معنوياً مع رفع نسبة دقيق الكينوا المضاف، حيث ازدادت من (70.00 BU و85.15 BU) في عينات الشاهد إلى (76.90 BU و93.00 BU) في عينات الدقيق المركب الحاوية على 40%

دقيق كينوا لكل من دقيق الزيرو والدقيق الموحد على الترتيب، وبالتالي يمكن الاستنتاج أنَّ دقيق الكينوا يعمل على تليين عجينة دقيق القمح، وتتوافق هذه النتائج مع (Cotovanu and Mironeasa, 2020).

أخيراً، لوحظ أن إضافة دقيق الكينوا إلى نوعي دقيق القمح قد أدت إلى انخفاض في الرقم الفالوريمتري، حيث تراوح بين (50.60–51.65) لعينات دقيق الزيرو، وبين (49.10–50.10) لعينات الدقيق الموحد، وتتوافق هذه النتائج مع تلك التي حصل عليها (Enriquez *et al.*, 2003).

الجدول 12؛ خصائص الفارينوغراف لدقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق الكينوا

رقم العينة	امتصاصية الماء (%)	زمن تطور العجينة (د)	زمن ثباتية العجينة (د)	درجة ضعف العجينة (BU)	الرقم الفالوريمتري
1	–	–	–	–	–
2	61.15 ± 0.22^{a}	2.50 ± 0.01^{a}	3.75 ± 0.10^{a}	70.00 ± 2.25^{a}	51.65 ± 0.33^{a}
3	63.40 ± 0.52^{b}	3.75 ± 0.05^{b}	$3.25 \pm 0.02^{b,c,d}$	85.15 ± 1.44^{b}	50.10 ± 0.25^{b}
4	61.76 ± 0.12^{c}	2.75 ± 0.01^{a}	3.60 ± 0.01^{a}	72.10 ± 3.25^{a}	51.50 ± 0.20^{a}
5	62.80 ± 0.65^{d}	3.05 ± 0.05^{c}	3.50 ± 0.02^{c}	72.80 ± 2.02^{a}	51.45 ± 0.15^{a}
6	63.50 ± 0.43^{b}	3.25 ± 0.02^{c}	$3.25 \pm 0.02^{b,c,d}$	75.50 ± 4.33^{c}	51.05 ± 0.15^{c}
7	64.10 ± 0.11^{e}	3.75 ± 0.01^{d}	$3.20 \pm 0.05^{b,d}$	76.90 ± 2.25^{c}	50.60 ± 0.10^{d}
8	64.00 ± 0.87^{e}	3.90 ± 0.06^{d}	3.05 ± 0.01^{d}	86.95 ± 2.50^{b}	50.00 ± 0.05^{b}
9	64.88 ± 1.12^{f}	$4.00 \pm 0.01^{d,e}$	$3.00 \pm 0.05^{d,e}$	88.10 ± 5.35^{d}	49.75 ± 0.34^{e}
10	65.00 ± 0.78^{f}	4.20 ± 0.03^{e}	3.85 ± 0.02^{e}	91.20 ± 0.85^{e}	49.40 ± 0.12^{f}
11	65.30 ± 1.24^{g}	4.50 ± 0.01^{f}	3.00 ± 0.01^{d}	93.00 ± 0.45^{f}	49.10 ± 0.55^{g}

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

3-7- تأثير الاستبدال الجزئي لدقيق القمح بدقيق التشيا في خصائص الفارينوغراف:

عُرضت نتائج جميع مؤشرات الفارينوغراف لنوعي دقيق القمح كشاهد وعينات دقيق القمح المستبدلة بنسبة (10، 20، 30 و40%) بدقيق بذور التشيا في الجدول (13).

يعد امتصاص الدقيق للماء مهماً لتحديد قوام وأداء العجين أثناء الخَبز، وهو ما يمثل نسبة الماء إلى الدقيق في العجين (Abera *et al*., 2017)، حيث تظهر النتائج أنه مع زيادة دقيق بذور التشيا زادت قيم امتصاص الماء في العجين من (61.15% و63.40%) للشاهد إلى (68.20% و72.10%) عند نسبة الاستبدال 40% لدقيق الزيرو والموحد على الترتيب، ويعود ذلك إلى ارتفاع محتوى الألياف والبروتينات في دقيق التشيا (Ognean *et al*., 2011, Ribotta *et al*., 2005)، بالإضافة إلى ذلك أفاد باحثون مختلفون أن العجين المحضر من الدقيق المركب يمتص كمية أكبر من الماء مقارنةً بدقيق القمح فقط (Lee *et al*., 2001; Morita e*t al*., 2002; Elhassaneen *et al*., 2014; 2016).

ازداد زمن تطور العجين، وهو الزمن من لحظة إضافة للماء إلى أقصى قدر من الاتساق مباشرة قبل أول إشارة للضعف (Abera *et al*., 2017)، عند إضافة نسب مختلفة من دقيق بذور التشيا ليصل إلى (3.95 و4.60 دقيقة) عند إضافة 40% من دقيق بذور التشيا مقارنةً مع (2.50 و3.75 دقيقة) للشاهد، ويعزى ذلك أيضاً لارتفاع محتوى الألياف والبروتينات (Orona-Tamayo *et al*., 2017). من جهة أخرى، أشارت النتائج إلى انخفاض زمن ثباتية العجينة من (3.75 دقيقة) إلى (3.00 دقيقة) لدقيق الزيرو ومن (3.25 دقيقة) إلى (2.60 دقيقة) للدقيق الموحد، ويعد زمن الثباتية مؤشراً هاماً على جودة الغلوتين حيث يشير إلى قوة الدقيق (Rossel *et al*., 2001; Hallen *et al*., 2004). قد زادت درجة ضعف العجينة مع زيادة مستويات الإضافة، ولوحظ أن إضافة 40% من دقيق بذور التشيا أعطى أعلى درجة ضعف (88.40 BU و102.10 BU) مقارنةً مع عينات دقيق القمح (70.00 BU و85.15 BU) لدقيق الزيرو والدقيق الموحد على الترتيب. أما الرقم الفالوريمتري، كمؤشر عام لخصائص الفارينوغراف، فقد انخفض عند استبدال دقيق

القمح بدقيق بذور التشيا، حيث تراوح بين (46.50–51.65) لدقيق الزيرو و(40.45–50.10) للدقيق الموحد.

الجدول 13؛ خصائص الفارينوغراف لدقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق التشيا

رقم العينة	امتصاصية الماء(%)	زمن تطور العجينة (د)	زمن ثباتية العجينة (د)	درجة ضعف العجينة (BU)	الرقم الفالوريمتري
12	–	–	–	–	–
2	61.15 ± 0.22^{a}	2.50 ± 0.01^{a}	3.75 ± 0.10^{a}	70.00 ± 2.25^{a}	51.65 ± 0.33^{a}
3	63.40 ± 0.52^{b}	3.75 ± 0.05^{b}	3.25 ± 0.02^{b}	85.15 ± 1.44^{b}	50.10 ± 0.25^{b}
13	63.60 ± 0.41^{c}	2.65 ± 0.04^{c}	3.65 ± 0.04^{c}	75.30 ± 1.15^{c}	51.40 ± 0.15^{a}
14	65.35 ± 0.33^{d}	3.25 ± 0.02^{d}	3.55 ± 0.01^{d}	79.50 ± 0.66^{d}	50.20 ± 0.11^{c}
15	66.90 ± 0.21^{e}	3.55 ± 0.03^{e}	3.20 ± 0.05^{e}	83.10 ± 2.21^{e}	48.25 ± 0.10^{d}
16	68.20 ± 0.51^{f}	3.95 ± 0.06^{f}	3.00 ± 0.02^{f}	88.40 ± 0.76^{f}	46.50 ± 0.12^{e}
17	65.20 ± 1.22^{d}	3.85 ± 0.01^{f}	3.10 ± 0.04^{g}	89.20 ± 1.12^{g}	48.20 ± 0.33^{d}
18	68.15 ± 0.65^{f}	4.10 ± 0.04^{g}	2.90 ± 0.01^{h}	94.30 ± 2.05^{h}	46.60 ± 0.50^{e}
19	70.80 ± 1.55^{g}	4.35 ± 0.02^{h}	2.80 ± 0.05^{h}	98.50 ± 3.15^{i}	43.25 ± 0.41^{f}
20	72.10 ± 0.61^{h}	4.60 ± 0.06^{i}	2.60 ± 0.02^{i}	102.10 ± 1.22^{j}	40.45 ± 0.82^{g}

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

3-8- تأثير الاستبدال الجزئي لدقيق القمح بدقيق الكينوا في خصائص الاكستينسوغراف:

حُللت الميزات المختلفة بما في ذلك القدرة، مقاومة الشد، المقاومة العظمى للشد، المرونة والمطاطية لعينات العجين التي تحتوي على كميات مختلفة من دقيق الكينوا وكذلك عينات الشاهد، باستخدام جهاز الاكستينسوغراف، وتمَّ التحقيق في النتائج التي حُصل عليها من هذا التحليل وتأثير إضافة كميات مختلفة من دقيق الكينوا في هذه الميزات وتحليل النتائج بشكل مفصل إحصائياً وعُرضت في الجدول (14).

توضح نتائج التحليل أنه في جميع عينات الدراسة، كان هناك انخفاضاً تدريجياً ومعنوياً في قوة الدقيق مع رفع نسبة دقيق الكينوا المضاف، متمثلاً بانخفاض القدرة، مقاومة الشد، المقاومة العظمى للشد والمطاطية، وازدياد المرونة، حيث تبين نتائج تحليل التباين أن إضافة دقيق الكينوا بنسبة (10، 20، 30 و40%) إلى عينات نوعي شاهد دقيق القمح قد أدى إلى انخفاضاً معنوياً ($p \leq 0.05$) في قيم القدرة، بحيث كانت أعلى القيم هي لعينة شاهد دقيق الزيرو (60.12 سم^2)، والتي انخفضت إلى القيمة (53.15 سم^2) بعد إضافة 40% دقيق الكينوا، أما عينات الدقيق الموحد، فقد تراوحت قيم القدرة بين (50.15–56.00 سم^2)، بالإضافة إلى ذلك، انخفضت قيم مقاومة الشد، عند إضافة دقيق الكينوا من (230.50 BU و215.10 BU) إلى (210.60 BU و195.50 BU) لعينات دقيق الزيرو والدقيق الموحد. كما أدت إضافة نسب أعلى من دقيق الكينوا إلى انخفاض معنوي في المقاومة العظمى للشد، بحيث لوحظ أقل قيمة لعينة الدقيق الموحد التي تحتوي على 40% من دقيق الكينوا (250.90 BU)، ولكنها لم تختلف معنوياً عن العينة الحاوية على 30% من دقيق الكينوا (200.00 BU)، أما عينات دقيق الزيرو فقد تراوحت قيم المقاومة العظمى للشد بين (280.50 BU) لعينة الشاهد و(265.45 BU) للعينة المضاف لها 40% من دقيق الكينوا، وقد لوحظ أن نتائج المقاومة العظمى للشد، كمؤشر على قوة الدقيق المقاس بتقنية الاكستينسوغراف، تتوافق مع نتائج زمن ثباتية العجينة، كمؤشر على قوة الدقيق المقاس بتقنية الفارينوغراف، ونتائج دليل الغلوتين كمؤشر على قوة الدقيق المقاس بتقنية الغلوتوماتيك، من حيث أن الانخفاض في قيم المقاومة العظمى للشد عند إضافة دقيق الكينوا لنسبة 40% (تقريباً 15 BU و14 BU لعينات دقيق الزيرو والدقيق الموحد على الترتيب) غير مهم من الناحية التكنولوجية، وبالتالي يمكننا الوصول إلى نتيجة مهمة تفيد بأن الاستبدال الجزئي لدقيق القمح بنسبة 40% من دقيق الكينوا الكامل لا يغير (يخفض) من قوة دقيق القمح، وقد عزى بعض الباحثون السبب إلى وجود المستحلبات الطبيعية في دقيق الكينوا والتي من شأنها الحد من انخفاض قوة الدقيق (Tamba–Berehoiu *et al.*, 2019)، ولكن هذه النتيجة ما زالت تعد نتيجةً جدليةً (Controversial) لا يتفق عليها جميع الباحثين

في مجال تكنولوجيا الحبوب، حيث أثبت باحثون آخرون أن استبدال دقيق القمح بأنواع دقيق حبوب غير غلوتينية، مثل الكينوا، حتماً خفض من قوة الدقيق (Moawad *et al.*, 2019). من جهة أخرى، أشارت مقارنة نتائج جميع عينات الدراسة إلى أن إضافة دقيق الكينوا أدى إلى زيادة معنوية في مرونة العجينة، وكانت أعلى قيمة لعينة الدقيق الموحد المدعمة بـ 40% من دقيق الكينوا (150.20 مم)، بينما كانت مرونة عينة الشاهد (135.15 مم)، أما مرونة عينات دقيق الزيرو فقد تراوحت بين (122.10–135.25 مم)، وتتوافق هذه النتائج مع (Xu *et al.*, 2019)، الذين بينوا أنَّ إضافة دقيق بذور الكينوا إلى دقيق القمح تغيير من خصائص الإكستينسوغراف. بالإضافة إلى ذلك، أدى التأثير الكلي لإضافة دقيق الكينوا إلى نوعي دقيق القمح إلى انخفاض مطاطية العجينة، وتراوحت في عينات دقيق الزيرو بين (1.96–2.30) وفي عينات الدقيق الموحد بين (1.67–1.96).

الجدول 14؛ خصائص الاكستينسوغراف لدقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق الكينوا

رقم العينة	القدرة (سم^2)	مقاومة الشد (BU)	المقاومة العظمى للشد (BU)	المرونة (مم)	المطاطية
1	-	-	-	-	-
2	60.12 ± 0.55^{a}	230.50 ± 2.10^{a}	280.50 ± 1.54^{a}	122.10 ± 1.33^{a}	2.30 ± 0.11^{a}
3	56.00 ± 0.44^{b}	$215.10 \pm 3.12^{b,e}$	265.20 ± 3.22^{b}	135.15 ± 2.11^{b}	$1.96 \pm 0.01^{b,e}$
4	59.10 ± 0.56^{a}	225.10 ± 1.44^{c}	277.10 ± 4.65^{c}	$125.35 \pm 5.21^{a,c}$	$2.21 \pm 0.05^{a,c}$
5	57.52 ± 0.43^{c}	218.55 ± 3.62^{d}	273.65 ± 1.22^{d}	128.40 ± 2.67^{c}	$2.13 \pm 0.10^{c,d}$
6	55.85 ± 0.22^{b}	$212.45 \pm 2.81^{e,f}$	270.15 ± 5.64^{e}	132.10 ± 1.55^{d}	2.05 ± 0.12^{d}
7	53.15 ± 0.71^{d}	210.60 ± 4.15^{f}	265.45 ± 2.11^{b}	135.25 ± 3.44^{b}	$1.96 \pm 0.05^{b,e}$
8	55.45 ± 0.25^{b}	211.55 ± 2.10^{f}	261.65 ± 1.86^{f}	139.20 ± 3.05^{e}	1.88 ± 0.21^{e}
9	52.95 ± 0.52^{d}	205.90 ± 1.22^{g}	255.25 ± 4.34^{g}	144.50 ± 2.41^{f}	1.77 ± 0.02^{f}
10	50.15 ± 0.46^{e}	200.00 ± 4.31^{h}	252.30 ± 1.24^{h}	146.80 ± 1.92^{g}	$1.72 \pm 0.08^{f,g}$
11	48.80 ± 0.11^{f}	195.50 ± 2.76^{j}	250.90 ± 3.55^{h}	150.20 ± 4.12^{h}	1.67 ± 0.05^{g}

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

3-9- تأثير الاستبدال الجزئي لدقيق القمح بدقيق التشيا في خصائص الاكستينسوغراف:

من الجدول (15)، يمكن ملاحظة أن إضافة دقيق بذور التشيا إلى دقيق القمح قد أدى إلى تغييرات معنوية في خصائص العجين حسب المنطقة تحت منحنى الاكستينسوغرام ويتناسب مع الطاقة المطلوبة لإحداث التشوه.

أدى استبدال دقيق القمح بدقيق بذور التشيا بنسبة 40% إلى انخفاض القدرة من (60.12 سم^2 و56.00 سم^2) إلى 53.10 سم^2 و48.10 سم^2)، مقاومة الشد من (230.50 BU و215.10 BU) إلى (190.50 BU و181.10 BU)، المقاومة العظمى للشد من (280.50 BU و265.20 BU) إلى (255.50 BU

و242.70 BU) ومطاطية العجينة من (2.30 و1.96) إلى (1.85 و1.59)، بينما ازدادت مرونة العجينة من (122.40 مم و135.15 مم) إلى (138.20 مم و152.40 مم). تدل هذه النتائج على أن استبدال دقيق القمح بدقيق بذور التشيا قد ترافق مع انخفاض في قدرة العجين على الاحتفاظ بالغاز المتشكل أثناء عملية التخمر، وذلك من خلال انخفاض في مقاومة العجين للشد، حيث يعد هذا المؤشر المقياس الأكثر أهمية لقدرة العجين على الاحتفاظ بالغاز (Mann *et al.*, 2005)، وكانت هذه النتائج متوافقة إلى حدٍ ما مع نتائج سابقة (Sadeek *et al.*, 2021).

الجدول 15؛ خصائص الاكستينسوغراف لدقيق القمح المستبدل بدقيق التشيا

رقم العينة	القدرة (سم^2)	مقاومة الشد (BU)	المقاومة العظمى للشد (BU)	المرونة (مم)	المطاطية
12	-	-	-	-	-
2	60.12 ± 0.55^{a}	230.50 ± 2.10^{a}	280.50 ± 1.54^{a}	122.10 ± 1.33^{a}	2.30 ± 0.11^{a}
3	56.00 ± 0.44^{b}	215.10 ± 3.12^{b}	265.20 ± 3.22^{b}	135.15 ± 2.11^{b}	1.96 ± 0.01^{b}
13	58.30 ± 0.44^{c}	220.50 ± 2.35^{c}	275.20 ± 3.15^{c}	125.50 ± 2.10^{c}	2.19 ± 0.01^{c}
14	56.45 ± 0.12^{b}	210.25 ± 1.10^{d}	268.25 ± 0.65^{d}	130.00 ± 1.40^{d}	2.06 ± 0.04^{d}
15	55.00 ± 0.31^{d}	200.00 ± 0.94^{e}	262.10 ± 3.55^{e}	135.30 ± 0.78^{b}	1.94 ± 0.02^{b}
16	53.10 ± 0.85^{e}	190.50 ± 2.10^{f}	255.50 ± 1.15^{f}	138.20 ± 1.20^{e}	1.85 ± 0.06^{e}
17	55.15 ± 0.44^{d}	210.50 ± 1.21^{d}	260.20 ± 2.11^{g}	138.10 ± 1.15^{e}	1.88 ± 0.03^{f}
18	52.55 ± 0.35^{f}	202.25 ± 2.30^{g}	252.35 ± 1.20^{h}	145.30 ± 4.22^{f}	1.74 ± 0.01^{g}
19	49.50 ± 0.61^{g}	186.20 ± 1.25^{h}	248.60 ± 2.33^{i}	149.50 ± 3.88^{g}	1.66 ± 0.05^{h}
20	48.10 ± 0.42^{h}	181.10 ± 4.22^{j}	242.70 ± 4.12^{j}	152.40 ± 2.10^{h}	1.59 ± 0.02^{i}

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

3-10- مقارنة تأثير دقيق بذور الكينوا ودقيق بذور التشيا في الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية لدقيق القمح:

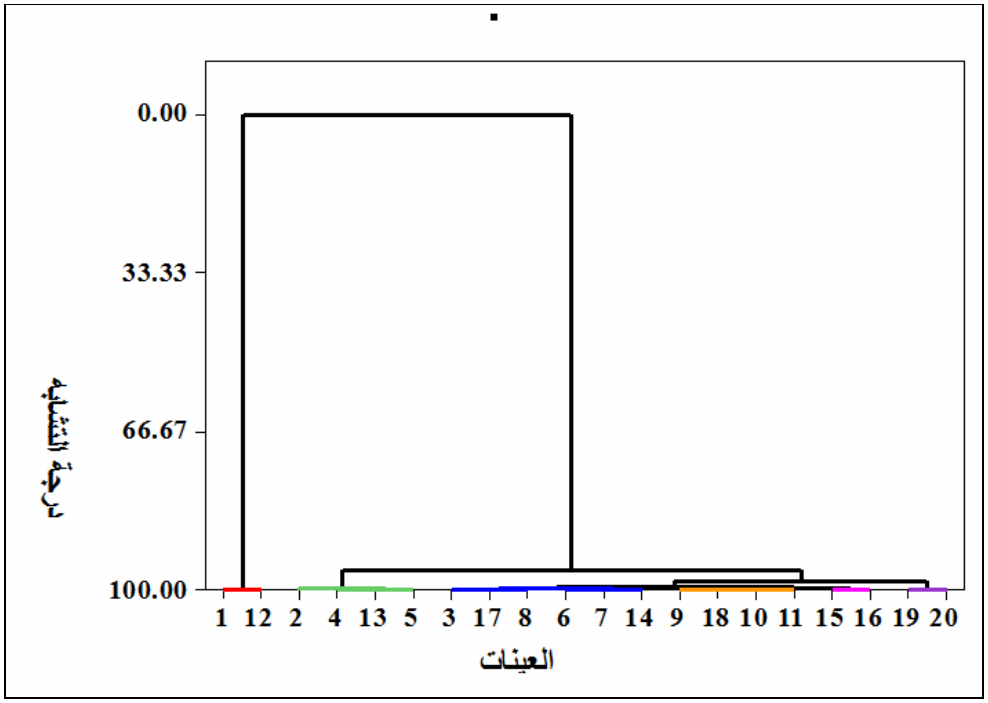
بهدف مقارنة تأثير عملية الاستبدال بكلٍ من دقيق بذور الكينوا ودقيق بذور التشيا في خصائص أنواع دقيق القمح (دقيق الزيرو والدقيق الموحد) الفيزيوكيميائية والريولوجية (17 مؤشراً)، أُخضِّعت جميع العينات (20 عينة) لاختبار التحليل العنقودي (Cluster Analysis) لتحديد درجة التشابهه في خصائص هذه العينات، وعُرِّضت النتائج في الشكل (6).

يبين الشكل (6) انقسام جميع العينات إلى مجموعتين أساسيتين:

- المجموعة الأولى: وتضم دقيق بذور الكينوا ودقيق بذور التشيا بنسبة تشابه (99.87%).
- المجموعة الثانية: وتضم عينات الدقيق الشاهد (الزيرو والموحد) بالإضافة إلى عينات الدقيق المركب (دقيق القمح المستبدل بنسبة 10، 20، 30 و40% بدقيق بذور الكينوا ودقيق بذور التشيا بنسبة تشابه وصلت إلى (95.99%).

تبعاً لذلك، يظهر التحليل العنقودي نتيجة ذات أهمية كبيرة من حيث أنه يمكن استبدال دقيق القمح بدقيق بذور الكينوا أو دقيق بذور التشيا بنسبة تصل حتى 40% مع المحافظة، لحدٍ كبير، على خصائص دقيق القمح الفيزيوكيميائية والريولوجية، ويمكن أن يعود ذلك، وحسب بعض الأبحاث العلمية، إلى احتواء دقيق بذور الكينوا والتشيا على بعض المركبات (البروتينات، اللبيدات، السكريات المتعددة والمستحلبات) التي تساعد في تعديل خصائص دقيق القمح وتعويض نسبة الغلوتين المفقودة خلال عملية الاستبدال، لذلك تمَّ استخدام هذه الأنواع من البذور في تصنيع منتجات المخابز خالية الغلوتين (Srujana *et al.*, 2017; Agarwal *et al.*, 2023)، ووجدت الدراسات أن بذور التشيا تحتوي على مادة صمغية تتكون من السكريات مثل حمض 4-O-β-D-xylopyranosyl، وحمض α-D-glucopyranosyl، وحمض α-D-glucopyranosyluronic-methyl، وهي تتكون تقريباً من 48% من السكريات و4% من البروتينات مع قابلية ذوبان عالية

تصل إلى 85%، وتظهر ثباتاً عالياً حتى 240 درجة مئوية، وتترافق هذه المركبات، المجموعات الوظيفية المحبة للماء، بتكوين شبكة هيدروجيل (Brütsch *et al.*, 2019)، ويمكن استخدامها في صناعة المواد الغذائية كمستحلب، أو مثبت للرغوة، أو عامل ربط وتغطية لتحسين خصائص الأغذية (Mohamed *et al.*, 2022).



الشكل 6؛ التحليل العنقودي لعينات الدقيق المدروسة

3-11- تقييم خصائص منتجات المخابز المحضرة من أنواع دقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق بذور الكينوا:

3-11-1- الخصائص الكيميائية لعينات خبز القالب:

يوضح الجدول (16) التركيب الكيميائي لخبز القالب المصنع من مستويات مختلفة (0، 10، 20، 30 و40%) من الدقيق المركب (دقيق القمح ودقيق بذور الكينوا).

أهم ما يميز الجدول (16) التأثير عالي المعنوية لإضافة دقيق بذور الكينوا في جميع المؤشرات الكيميائية المدروسة، حيث لوحظ ارتفاع نسبة الرطوبة في عينات الخبز المدروسة مع ارتفاع نسبة الاستبدال بدقيق الكينوا (35.15-39.56% و36.55-40.25%)، ويعود ذلك إلى ارتفاع نسبة البروتينات والألياف الغذائية الحاوية على مجموعات الهيدروكسيل في دقيق الكينوا مقارنةً بدقيق القمح والتي تسمح بالارتباط مع الماء من خلال الروابط الهيدروجينية (Li and Zhu, 2016). بالإضافة إلى ذلك، ازداد محتوى البروتينات الكلية للخبز تدريجياً مع نسبة زيادة نسبة الاستبدال من (10.58% و11.41%) في عينات الشاهد إلى (16.10% و16.92%) في الخبز الحاوي على 40% من دقيق بذور الكينوا، وهذا يعني زيادة مقدارها (52.17% و48.29%) في محتوى البروتين، ويرجع ذلك إلى احتواء دقيق الكينوا على نسبة عالية من البروتين مقارنةً بدقيق القمح (El-Sohaimy *et al.*, 2018). كما ازداد المحتوى من اللبيدات والألياف والرماد في عينات الخبز المضاف إليها دقيق الكينوا مقارنةً بعينة خبز الشاهد (100% دقيق القمح)، فقد ازداد محتوى اللبيدات من (1.82% و1.95%) في خبز الشاهد إلى (2.54% و2.68%) في الخبز المدعم بنسبة 40% دقيق الكينوا. في نفس الاتجاه، زاد محتوى الرماد (0.88% و0.94%) والألياف من (0.52% و0.60%) في الشاهد إلى (1.41% و1.48%) و(1.11% و1.24%) في الخبز المدعم بنسبة 40% دقيق الكينوا، على الترتيب. كانت الزيادة المعنوية ($P \leq 0.05$) في محتوى اللبيدات بسبب احتواء دقيق الكينوا على نسبة لبيدات

أعلى من دقيق القمح، وكما كانت الزيادات المعنوية في كل من قيم الألياف والرماد في عينات الخبز المدعمة بدقيق الكينوا مقارنةً بخبز الشاهد ناتجة عن استخدام دقيق الكينوا الكامل الذي يحتوي على نسبة أعلى من الألياف والرماد من دقيق القمح. تعكس هذه النتائج الفوائد الصحية لاستخدام دقيق الكينوا في التطبيقات الغذائية، خاصةً عند استخدام دقيق الكينوا الكامل، كما في الدراسة الحالية، بسبب احتواء دقيق الكينوا على نسبة عالية من المعادن والفيتامينات والألياف. تتوافق هذه النتائج التي تم الحصول عليها مع النتائج التي تمَّ الإبلاغ عنها سابقاً والتي كشفت أن مكملات منتجات المخابز بدقيق الكينوا رفعت مستويات الألياف ومحتوى المعادن (Repo-Carrasco *et al.*, 2003; Park *et al.*, 2005). على النقيض من ذلك، وجد أن إجمالي النشاء للخبز المكمّل بدقيق الكينوا بنسبة تصل إلى 40% قد انخفض بشكل ملحوظ من (86.20% و85.10%) في خبز الشاهد إلى (78.80% و77.68%) في الخبز المدعم بنسبة 40% من دقيق الكينوا، ويمكن أن يعزى هذا الانخفاض إلى أن محتوى البروتين والرماد والألياف واللبيدات في خبز الكينوا أعلى من محتوى خبز القمح الذي يؤثر في مستويات الكربوهيدرات. إنَّ النتائج التي تمَّ الحصول عليها في العمل الحالي قريبة من النتائج التي تمَّ الإبلاغ عنها سابقاً والتي كشفت أن إضافة دقيق الكينوا إلى دقيق القمح أدت إلى زيادة القيمة الغذائية للخبز المدعم بمستوى أعلى من البروتين والألياف واللبيدات من الخبز المصنوع من دقيق القمح فقط (Stikic *et al.*, 2012)، وأكدت الدراسة الحالية أن صناعة خبز القالب عالي القيمة الغذائية المدعم بدقيق الكينوا بنسبة تصل إلى 40% على القدرة على استخدام دقيق الكينوا لتطوير منتجات المخابز المعززة للصحة كمنتجات مبتكرة.

الجدول 16؛ التركيب الكيميائي لعينات خبز القالب المدعم بدقيق الكينوا

رقم العينة	الرطوبة (%)	الرماد (%)	البروتينات (%)	اللبيدات (%)	الألياف الخام (%)	النشاء (%)
1	-	-	-	-	-	-
2	35.15 ± 1.01^{a}	0.88 ± 0.02^{a}	10.58 ± 0.20^{a}	1.82 ± 0.10^{a}	0.52 ± 0.01^{a}	86.20 ± 2.44^{a}
3	36.55 ± 0.22^{b}	0.94 ± 0.05^{b}	11.41 ± 0.12^{b}	1.95 ± 0.02^{b}	0.60 ± 0.04^{b}	85.10 ± 0.65^{b}
4	36.25 ± 0.50^{c}	$0.97 \pm 0.01^{b,f}$	11.95 ± 0.35^{c}	1.96 ± 0.04^{b}	0.55 ± 0.05^{a}	84.52 ± 1.25^{c}
5	38.44 ± 1.20^{d}	$1.19 \pm 0.05^{c,g}$	13.25 ± 0.44^{d}	2.12 ± 0.01^{c}	0.61 ± 0.05^{b}	82.85 ± 0.55^{d}
6	39.11 ± 0.42^{e}	1.28 ± 0.05^{d}	14.72 ± 0.15^{e}	2.31 ± 0.05^{d}	1.05 ± 0.02^{c}	80.64 ± 1.22^{e}
7	39.56 ± 1.42^{f}	1.41 ± 0.02^{e}	16.10 ± 0.22^{f}	2.54 ± 0.02^{e}	1.11 ± 0.01^{d}	78.80 ± 1.31^{f}
8	37.15 ± 0.41^{g}	0.99 ± 0.02^{f}	12.55 ± 0.06^{g}	2.15 ± 0.01^{c}	0.82 ± 0.02^{e}	83.49 ± 2.01^{g}
9	38.10 ± 0.15^{h}	1.15 ± 0.01^{g}	13.87 ± 0.21^{h}	2.35 ± 0.05^{d}	1.09 ± 0.05^{c}	81.54 ± 0.88^{h}
10	38.92 ± 0.32^{i}	1.31 ± 0.04^{h}	15.12 ± 0.10^{i}	2.61 ± 0.03^{f}	1.15 ± 0.01^{d}	79.81 ± 1.22^{i}
11	40.25 ± 0.65^{j}	1.48 ± 0.06^{i}	16.92 ± 0.34^{j}	2.68 ± 0.02^{g}	1.24 ± 0.03^{f}	77.68 ± 2.11^{j}

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

3-11-2- الخصائص التصنيعية لعينات خبز القالب:

عُرضت نتائج تقدير الخصائص التصنيعية لخبز القالب المدعم نسب مختلفة من دقيق بذور الكينوا في الجدول (17).

أدت إضافة دقيق الكينوا إلى انخفاض معنوي في حجم الخبز من (1449.75 سم^3 و1412.60 سم^3) في خبز الشاهد إلى (1300.50 سم^3 و1290.10 سم^3) للخبز المدعم بدقيق الكينوا بنسبة 40%، أي أنَّ حجم رغيف الخبز انخفض بمقدار (10.29%) عند استبدال 40% من دقيق القمح بدقيق الكينوا، مع ملاحظة عدم ظهور فروقات معنوية بين النسبة 30% و40% في حجم الرغيف. تعود هذه الاختلافات في حجم الرغيف بين عينات الخبز المدروسة إلى عدم احتواء دقيق الكينوا على الغلوتين القادر على تكوين شبكة فريدة تجمع مكونات الدقيق معاً وتساعد على رفع العجين عن طريق حبس فقاعات الغاز أثناء التخمير وإعطاء

الخبز شكلاً وحجماً وقواماً فريداً، وإلى زيادة البروتين القلوي غير القابل للذوبان والذي يرتبط ارتباطاً وثيقاً بجودة خلط العجين الرديئة (Enriquez *et al*., 2003). على النقيض من ذلك، ازداد وزن الرغيف مع رفع نسبة دقيق الكينوا المضافة وتراوح بين (155.20–174.35 غ و168.40–198.10 غ)، وذلك بسبب قدرة بروتين الكينوا على الاحتفاظ بكمية أكبر من الماء مقارنةً ببروتين القمح (Elsohaimy *et al*., 2015). من جهة أخرى، وكما هو متوقع، سجلت قيم الحجم النوعي اتجاهاً مماثلاً لقيم حجم الرغيف، حيث انخفضت معنوياً من (9.34 سم^3/غ و8.39 سم^3/غ) في خبز الشاهد إلى (7.46 سم^3/غ و6.51 سم^3/غ) في الخبز المدعم بنسبة 40% من دقيق الكينوا، وتتوافق هذه النتائج مع (Park *et al*., 2005; Rodriguez–Sandoval *et al*., 2012).

الجدول 17؛ الخصائص التصنيعية لعينات خبز القالب المدعم بدقيق الكينوا

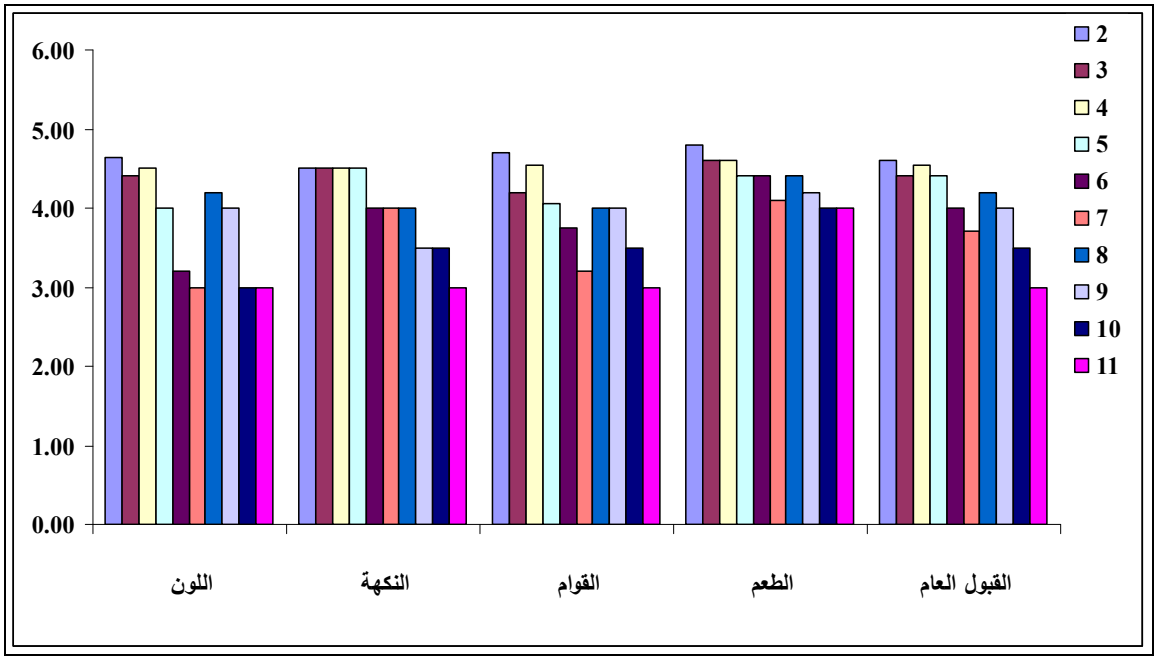
رقم العينة	حجم الرغيف (سم^3)	وزن الرغيف (غ)	الحجم النوعي (سم^3/غ)
1	-	-	-
2	1449.75 ± 3.15^{a}	155.20 ± 0.66^{a}	9.34 ± 0.11^{a}
3	1412.60 ± 1.33^{b}	168.40 ± 0.32^{b}	8.39 ± 0.08^{b}
4	1398.20 ± 2.10^{c}	162.55 ± 0.72^{c}	8.60 ± 0.15^{c}
5	1345.15 ± 4.33^{d}	167.25 ± 0.55^{d}	8.04 ± 0.10^{d}
6	1300.75 ± 1.65^{e}	171.85 ± 0.21^{e}	7.57 ± 0.02^{e}
7	1300.50 ± 2.22^{e}	174.35 ± 0.44^{f}	7.46 ± 0.12^{f}
8	1340.10 ± 4.05^{d}	176.25 ± 0.56^{g}	7.60 ± 0.10^{e}
9	1320.25 ± 1.67^{f}	185.40 ± 0.24^{h}	7.12 ± 0.05^{g}
10	1295.50 ± 2.20^{g}	192.70 ± 0.75^{i}	6.72 ± 0.02^{h}
11	1290.10 ± 3.12^{g}	198.10 ± 0.54^{j}	6.51 ± 0.03^{i}

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

3-11-3- الخصائص الحسية لعينات خبز القالب:

يعرض الشكل (7) متوسطات قيم النقاط الحسية لخبز القالب المكمّل بنسب مختلفة من دقيق الكينوا. لوحظ عدم وجود فروق معنوية ($p > 0.05$) بين درجات التقييم الحسي للخبز المصنوع من دقيق القمح فقط (الشاهد) ومخلوط دقيق الكينوا حتى 10%، حيث بدأت الفروقات المعنوية بالظهور عند رفع نسبة الاستبدال بدقيق الكينوا حتى 20%. من جهة أخرى، يبين الشكل (7) عدم وجود فروقات معنوية كبيرة بين خبز الشاهد لدقيق الزيرو وعينات الخبز المحضرة من الدقيق المركب حتى 40% دقيق كينوا في كل من مؤشرات النكهة والطعم، فقد انخفضت نكهة الخبز من (4.50 درجة) إلى (4.00 درجة) وطعم الخبز من (4.80 درجة) إلى (4.10 درجة) في خبز الشاهد والخبز المدعم بنسبة 40% دقيق الكينوا على الترتيب، وبالتالي بقيت عينات الخبز ضمن فئة "جيد جداً" من ناحية الطعم والنكهة، وقد يكون اختفاء طعم المرارة في الخبز المنتج المضاف إليه دقيق الكينوا في الدراسة الحالية بسبب منهجيتنا في إزالة الصابونين من بذور الكينوا. على النقيض من ذلك، أدت عملية استبدال دقيق القمح بدقيق الكينوا إلى انخفاض عالي المعنوية في درجة لون الخبز، حيث تراوحت القيم الحسية للون بين (3.00-4.65 درجة) لدقيق الزيرو و(3.00-4.20 درجة) للدقيق الموحد. يُعدّ اللون مؤشراً مهماً في الجودة للمستهلكين عند اختيار الأغذية أو شرائها، وقد أظهر خبز القالب المكمّل باستبدال عالي المستوى لدقيق الكينوا قشرة بنية أكثر من خبز الشاهد بسبب المحتوى العالي من البروتين الذي يتفاعل مع السكريات المختزلة أثناء الخَبز بواسطة تفاعل ميلارد، بالإضافة إلى وجود أصباغ طبيعية في دقيق الكينوا. من جهة أخرى، توضح النتائج أن قوام الخبز المطوَّر لا يحتوي على فروق ذات دلالة إحصائية ($p > 0.05$) بين عينة الشاهد والخلائط التي تحتوي على 10% من دقيق الكينوا، في حين أن الخلطات التي تحتوي على 20% حتى 40% دقيق الكينوا لديها انخفاض معنوي في الدرجة الحسية، حيث انخفض قوام الخبز إلى (3.20 درجة و3.00 درجة) في العينة الحاوية على 40% من دقيق الكينوا مقارنةً بـ (4.70 درجة و4.20 درجة) في عينة الشاهد لدقيق الزيرو والموحد على الترتيب، ويرجع هذا الانخفاض في القوام إلى نقص الغلوتين

المسؤول عن تكوين شبكة نسيجية في الخبز. بشكل عام، أظهر خبز القالب المكمّل بدقيق الكينوا تشابهاً معتدلاً مع قبول عام لأعضاء اللجنة، مما يشير إلى مقبولية خبز القالب المطوّر مع دقيق الكينوا بنسبة تصل إلى 40%. تتوافق هذه النتائج مع النتائج التي توصل إليها (Bastidas *et al.*, 2016) الذين أفادوا بأن استبدال دقيق القمح بدقيق الكينوا قد يؤثر بشكل معنوي في بعض المؤشرات الحسية مثل اللون والقوام بسبب وجود نخالة الكينوا.



الشكل 7؛ الخصائص الحسية لعينات خبز القالب المدعم بدقيق الكينوا

3-11-4- الخصائص الكيميائية لعينات البسكويت:

يبين الجدول (18) التركيب الكيميائي التقريبي لعينات البسكويت المحضر من نوعي دقيق القمح والمستبدل بنسبة (0، 10، 20، 30 و40%) من دقيق بذور الكينوا الكاملة.

وبشكل مماثل تقريباً للتركيب الكيميائي لخبز القالب، لوحظ ارتفاع النسبة المئوية للرطوبة (6.55–7.16% و6.88–7.92%)، النسبة المئوية للرماد (1.21–1.58% و1.36–1.74%)، النسبة المئوية للبروتينات (8.30–10.69% و8.89–12.24%)، النسبة المئوية للبيدات (16.56–17.88% و16.71–17.22%) والنسبة المئوية للألياف الخام (0.65–1.98% و0.74–1.36%) وانخفاض النسبة المئوية للكربوهيدرات الكلية (67.87–73.28% و69.48–72.30%) عند ارتفاع نسبة دقيق الكينوا إلى 40% في خلطة دقيق القمح المعد لتحضير البسكويت لدقيق الزيرو والموحدعلى الترتيب. وكانت هذه نتيجةً متوقعةً، لأن دقيق الكينوا منتج غني بالمغذيات وذو محتوى بروتين ورماد ولبيدات وألياف خام أعلى بشكل عام من محتوى الحبوب الشائعة مثل القمح (Alvarez–Jubete *et al.*, 2010). وفي دراسة أجراها Alvarez–Jubete وآخرون (2009) تمَّ الإبلاغ عن احتواء دقيق بذور الكينوا على 14.5% بروتين، 5.2% لبيدات، 64.2% نشاء كلي، 14.2% ألياف غذائية و2.7% رماد. وقد كانت نتائج هذا البحث مشابهة لحدٍ ما لنتائج (Demir and Kilinç, 2017) حول التركيب الكيميائي للكوكيز المحضر من دقيق القمح المدعم بدقيق الكينوا.

الجدول 18؛ التركيب الكيميائي لعينات البسكويت المدعم بدقيق الكينوا

رقم العينة	الرطوبة (%)	الرماد (%)	البروتينات (%)	اللبيدات (%)	الألياف الخام (%)	النشاء (%)
1	-	-	-	-	-	-
2	6.55 ± 0.12^{a}	1.21 ± 0.02^{a}	8.30 ± 0.15^{a}	16.56 ± 0.33^{a}	0.65 ± 0.05^{a}	73.28 ± 2.11^{a}
3	6.88 ± 0.08^{b}	1.36 ± 0.01^{b}	8.89 ± 0.10^{b}	16.71 ± 0.15^{b}	0.74 ± 0.02^{b}	72.30 ± 0.68^{b}
4	6.61 ± 0.10^{c}	1.24 ± 0.05^{a}	9.15 ± 0.22^{c}	16.88 ± 0.25^{c}	0.91 ± 0.02^{c}	71.82 ± 2.05^{c}
5	6.96 ± 0.15^{d}	1.33 ± 0.01^{b}	9.68 ± 0.12^{d}	17.10 ± 0.32^{d}	1.26 ± 0.01^{d}	70.63 ± 1.24^{d}
6	7.10 ± 0.05^{e}	1.46 ± 0.02^{c}	10.24 ± 0.05^{e}	17.34 ± 0.51^{e}	1.43 ± 0.05^{e}	69.53 ± 1.51^{e}
7	$7.16 \pm 0.22^{e,f}$	1.58 ± 0.05^{d}	10.69 ± 0.11^{f}	17.88 ± 0.10^{f}	1.98 ± 0.02^{f}	67.87 ± 2.11^{f}
8	6.95 ± 0.01^{d}	1.41 ± 0.02^{c}	9.55 ± 0.15^{g}	16.96 ± 0.12^{g}	1.12 ± 0.06^{g}	70.96 ± 1.41^{d}
9	7.20 ± 0.10^{f}	1.53 ± 0.05^{d}	10.41 ± 0.33^{h}	17.22 ± 0.15^{h}	1.36 ± 0.02^{e}	69.48 ± 0.88^{e}
10	7.56 ± 0.04^{g}	1.62 ± 0.06^{e}	11.35 ± 0.12^{i}	17.52 ± 0.32^{i}	1.71 ± 0.04^{h}	67.80 ± 2.32^{f}
11	7.92 ± 0.01^{h}	1.74 ± 0.10^{f}	12.24 ± 0.08^{j}	17.94 ± 0.22^{j}	2.15 ± 0.08^{i}	65.93 ± 1.02^{g}

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

3-11-5- الخصائص التصنيعية لعينات البسكويت:

عُرضت نتائج تأثير دقيق بذور الكينوا في الخصائص التصنيعية للبسكويت، بما في ذلك القطر والسماكة ومعامل التمدد والصلابة في الجدول (19). وفقاً للجدول (19) أدت إضافة دقيق الكينوا إلى عينات البسكويت إلى زيادة طفيفة في قيم سماكة المنتج المحضر من دقيق الزيرو، حيث ازدادت من (6.50 مم) في عينة الشاهد إلى (7.00 مم) في العينة المدعمة بنسبة 40% من دقيق الكينوا، مع ملاحظة عدم وجود فروقات معنوية في سماكة القطعة بين نسب الإضافة 30% و40%، بينما تراوحت سماكة قطع البسكويت المحضر من الدقيق الموحد بين (6.70-7.50 مم). أيضاً، انخفضت قيم القطر مع زيادة مستويات دقيق الكينوا في خلطات البسكويت ولكن لم يلاحظ انخفاض كبير مع إضافة 40% دقيق الكينوا، وتراوحت بين (30.30-33.20 مم و30.60-33.50 مم). انعكست التغييرات في القطر والسماكة على معامل التمدد لعينات

البسكويت المحضر. بشكل عام، أدت إضافة دقيق الكينوا إلى دقيق القمح المعد لتحضير البسكويت إلى تقليل معامل تمدد العينات من (5.11 و5.00) لعينتي الشاهد إلى (4.33 4.08) في عينات البسكويت المدعمة بنسبة 40% دقيق بذور الكينوا لدقيق الزيرو والدقيق الموحد على الترتيب. في الدراسات السابقة المنشورة، أفاد الباحثون أيضاً بانخفاض معامل تمدد البسكويت عندما تمَّ استبدال دقيق القمح بأنواع من الدقيق غير الغلوتيني، مثل دقيق الصويا ودقيق الحنطة السوداء ودقيق الحلبة (Gandhi *et al.*, 2001; Hooda and Jood, 2005, Baljeet *et al.*, 2010)، وتُعزى معاملات التمدد المنخفضة لعينات البسكويت المدعمة بدقيق الكينوا إلى حقيقة أن الدقيق المركب يشكل على ما يبدو مجاميع مع زيادة عدد المواقع المحبة للماء التي تتنافس على كمية الماء المتاحة المحدودة في عجينة البسكويت (Baljeet *et al.*, 2010). أيضاً، أظهرت نتائج الأبحاث السابقة لعينات بسكويت عالية البروتين انخفاضاً في معامل التمدد (McWatters *et al.*, 2003, Singh and Mohamed, 2007, Yamsaengsung *et al.*, 2012)، حيث أظهرت هذه النتائج أن استبدال دقيق القمح بدقيق الكينوا قد أثر في خصائص عجينة البسكويت وتسبب في بسكويت أكثر تراصاً، وبالتالي، فإن استخدام دقيق الكينوا في استبدال دقيق القمح له مزايا أكثر خاصةً في إنتاج البسكويت من أنواع القمح الضعيفة من أجل تحسين قوام البسكويت الناتج، وفي إنتاج أنواع من البسكويت المرغوبة ذات معامل للتمدد قليل. بالإضافة إلى ذلك، انخفضت قيم صلابة البسكويت عن طريق استبدال دقيق القمح بدقيق الكينوا، حيث أبدت عينات الشاهد (100% دقيق قمح) أعلى قيم صلابة (4.15 غ و4.10 غ) من قيم العينات الأخرى، بينما لوحظت أقل قيم صلابة كانت لعينة البسكويت المحضرة باستبدال دقيق القمح بنسبة 40% من دقيق الكينوا (3.20 غ و3.10 غ). خالفت نتائج هذا البحث مع نتائج أبحاث سابقة والتي بينت ازدياد قيم صلابة البسكويت مع ارتفاع نسبة استبدال دقيق القمح بدقيق الكينوا في الخلطة (Demir and Kilinç, 2017; Bilgiçli and Ibanoglu, 2015)، حيث وفقاً لهذه الأبحاث، أدى استخدام دقيق الكينوا إلى زيادة تراص عجينة البسكويت وبالتالي إعطاء بسكويت ذو قوام أكثر صلابةً، ويمكن أن تعزى هذه الاختلافات

بين الأبحاث المنشورة في قيم صلابة البسكويت المحضر من الدقيق المركب لدقيق القمح ودقيق الكينوا إلى مجموعة من العوامل، مثل اختلاف تركيبة البسكويت المحضر ونوعه وخصائص المواد الأولية المستخدمة.

الجدول 19؛ الخصائص التصنيعية لعينات البسكويت المدعم بدقيق الكينوا

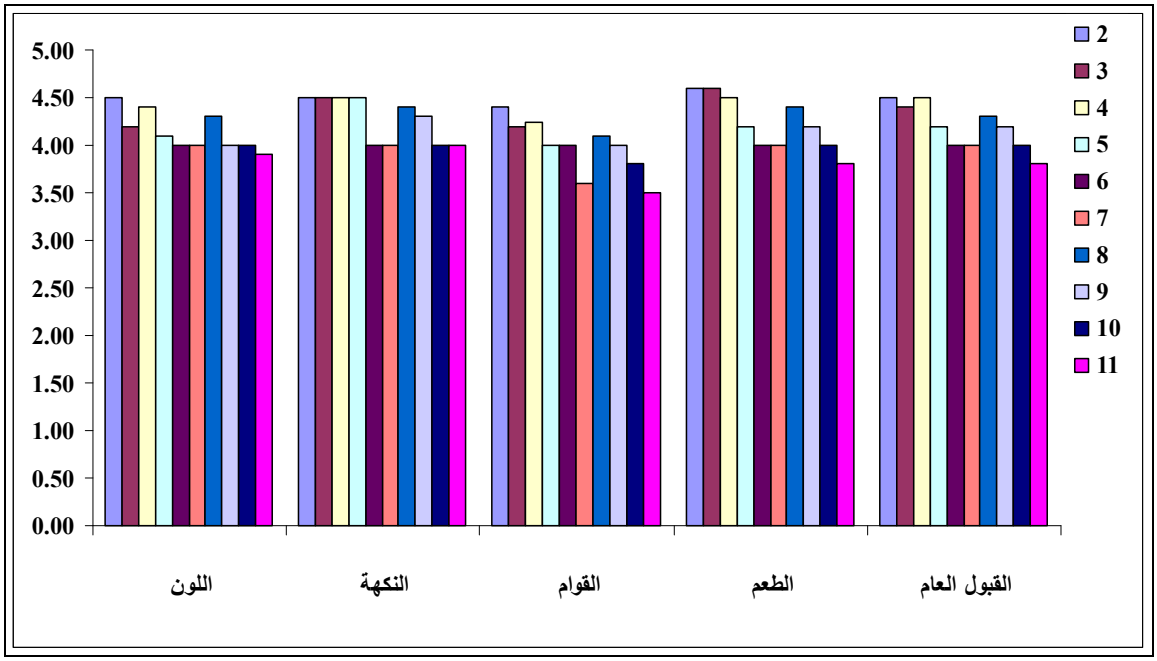
رقم العينة	قطر القطعة (مم)	سماكة القطعة (مم)	معامل التمدد	الصلابة (غ)
1	-	-	-	-
2	33.20 ± 0.05^{a}	6.50 ± 0.10^{a}	5.11 ± 0.15^{a}	4.15 ± 0.12^{a}
3	33.50 ± 0.22^{b}	6.70 ± 0.02^{b}	5.00 ± 0.15^{b}	4.10 ± 0.12^{a}
4	32.50 ± 0.16^{c}	6.60 ± 0.05^{c}	4.92 ± 0.05^{c}	4.00 ± 0.33^{b}
5	32.40 ± 0.01^{c}	6.80 ± 0.15^{d}	4.76 ± 0.01^{d}	$3.75 \pm 0.05^{c,f}$
6	30.60 ± 0.15^{d}	$6.95 \pm 0.02^{e,f}$	4.40 ± 0.10^{e}	3.50 ± 0.10^{d}
7	30.30 ± 0.22^{e}	7.00 ± 0.11^{e}	4.33 ± 0.11^{e}	3.20 ± 0.02^{e}
8	32.70 ± 0.31^{f}	6.90 ± 0.01^{f}	4.74 ± 0.06^{d}	3.80 ± 0.02^{c}
9	$32.50 \pm 0.45^{c,d}$	7.10 ± 0.04^{g}	4.58 ± 0.02^{f}	3.70 ± 0.06^{f}
10	31.10 ± 0.21^{g}	7.30 ± 0.10^{h}	4.26 ± 0.10^{g}	3.30 ± 0.01^{g}
11	30.60 ± 0.36^{h}	7.50 ± 0.02^{i}	4.08 ± 0.01^{h}	3.10 ± 0.04^{h}

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

3-11-6- الخصائص الحسية لعينات البسكويت:

تبين نتائج التقييم الحسي لعينات البسكويت المحضر باستبدال نوعي دقيق القمح بنسبة (0، 10، 20، 30 و40%) من دقيق الكينوا (الشكل 8) أنه لم يكن هناك فرقات معنوية كبيرة ($P \leq 0.05$) بين عينات الشاهد (100% دقيق قمح) وعينات البسكويت المدعمة بدقيق الكينوا. بالإضافة إلى ذلك، بيَّن التحليل الإحصائي أن عينات البسكويت الحاوية على 10% من دقيق الكينوا كان لها نفس الدرجات الحسية مقارنةً ببسكويت الشاهد. على النقيض من ذلك، كان لإضافة دقيق الكينوا تأثيراً معنوياً مهماً إحصائياً ($p \leq 0.05$) في القوام، حيث

لوحظ انخفاض في قيم مؤشر القوام من (4.40 درجة و4.20 درجة) إلى (3.60 درجة و3.50 درجة) في عينة البسكويت المدعمة بنسبة 40% من دقيق الكينوا. بشكل عام، أظهرت نتائج التقييم الحسي لعينات البسكويت أنه يمكن تصنيع بسكويت مقبول حسياً باستخدام دقيق الكينوا حتى مستويات 40%. بينت دراسات سابقة أنه يمكن إنتاج بسكويت من دقيق الكينوا مشابه بخصائصه الحسية لبسكويت دقيق القمح حتى نسبة استبدال 20% (Demir and Kilinç, 2017).



الشكل 8؛ الخصائص الحسية لعينات البسكويت المدعم بدقيق الكينوا

3-12- تقييم خصائص منتجات المخابز المحضرة من أنواع دقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق بذور التشيا:

3-12-1- الخصائص الكيميائية لعينات خبز القالب:

قُدر التركيب الكيميائي لخبز القالب المصنع من مستويات مختلفة (0، 10، 20، 30 و40%) من الدقيق المركب (دقيق القمح ودقيق بذور التشيا)، وسُجِّلت النتائج في الجدول (20).

أظهر الخبز المحتوي على دقيق بذور التشيا زيادة معنوية ($P \leq 0.05$) في مستويات الرطوبة، الرماد، البروتينات، اللبيدات، الألياف الخام الكلية، وانخفاض معنوي في محتوى النشاء مقارنةً مع خبز الشاهد.

بيَّن التحليل الاحصائي للنتائج أن استبدال دقيق القمح بنسبة مختلفة من دقيق بذور التشيا قد أدى إلى زيادة معنوية في النسبة المئوية للرطوبة (35.15-41.25% و36.55-43.91%)، النسبة المئوية للرماد من(0.88% و0.94%) إلى (1.48% و1.54%)، النسبة المئوية للبروتينات (10.58-18.60% و11.41-19.84%)، النسبة المئوية للبيدات (1.82-5.61% و1.95-5.92%) والنسبة المئوية للألياف الخام (0.52-1.51% و0.60-1.31%)، بينما انخفضت النسبة المئوية للنشاء من (86.20% و85.10%) إلى (72.80% و71.39%) عند استبدال دقيق القمح بنسبة 40% من دقيق بذور التشيا للدقيق الزيرو والموحد على الترتيب. وبالتالي يمكننا الاستنتاج أن عملية استبدال دقيق القمح بنسة 40% من دقيق بذور التشيا تؤدي إلى زيادة مقدارها (75.80% و73.88%) في نسبة بروتينات الخبز الناتج من دقيق الزيرو والدقيق الموحد على الترتيب، وهذه النتيجة مهمة من الناحية الغذائية، حيث بالإضافة إلى الزيادة الكمية في نسبة البروتينات، تعد بروتينات التشيا عالية القيمة الغذائية لغناها بالأحماض الأمينية الأساسية، على عكس الحبوب التي تعاني من نقص اللايسين (Kulczynski *et al.*, 2019). كانت نتائج هذه الدراسة متفقة،

بشكل عام، مع جميع الدراسات السابقة والتي اهتمت بدراسة التركيب الكيميائي للخبز المدعم ببذور التشيا (Romankiewicz *et al.*, 2017; Kowalski *et al.*, 2020).

الجدول 20؛ التركيب الكيميائي لعينات خبز القالب المدعم بدقيق التشيا

رقم العينة	الرطوبة (%)	الرماد (%)	البروتينات (%)	اللبيدات (%)	الألياف الخام (%)	النشاء (%)
12	-	-	-	-	-	-
2	35.15 ± 1.01^{a}	0.88 ± 0.02^{a}	10.58 ± 0.20^{a}	1.82 ± 0.10^{a}	0.52 ± 0.01^{a}	86.20 ± 2.44^{a}
3	36.55 ± 0.22^{b}	0.94 ± 0.05^{b}	11.41 ± 0.12^{b}	1.95 ± 0.02^{b}	0.60 ± 0.04^{b}	85.10 ± 0.65^{b}
13	37.18 ± 0.22^{c}	0.99 ± 0.04^{c}	12.81 ± 0.12^{c}	2.64 ± 0.01^{b}	0.61 ± 0.04^{b}	82.95 ± 2.11^{c}
14	39.52 ± 0.31^{d}	1.24 ± 0.02^{d}	14.68 ± 0.10^{d}	3.75 ± 0.05^{c}	0.85 ± 0.01^{c}	79.48 ± 1.20^{d}
15	40.66 ± 0.11^{e}	1.31 ± 0.01^{e}	16.55 ± 0.31^{e}	4.88 ± 0.04^{d}	1.22 ± 0.04^{d}	76.04 ± 0.81^{e}
16	41.25 ± 0.74^{f}	1.48 ± 0.04^{f}	18.60 ± 0.08^{f}	5.61 ± 0.03^{e}	1.51 ± 0.02^{e}	72.80 ± 0.44^{f}
17	38.21 ± 0.33^{g}	1.05 ± 0.06^{g}	13.51 ± 0.23^{g}	2.82 ± 0.04^{c}	0.75 ± 0.06^{f}	81.87 ± 1.44^{g}
18	39.89 ± 0.23^{d}	1.33 ± 0.02^{e}	15.66 ± 0.14^{h}	3.95 ± 0.01^{d}	0.98 ± 0.01^{g}	78.08 ± 2.21^{h}
19	42.02 ± 0.45^{h}	1.42 ± 0.08^{f}	17.72 ± 0.21^{i}	5.12 ± 0.02^{f}	1.10 ± 0.02^{h}	74.64 ± 0.65^{i}
20	43.91 ± 0.24^{i}	1.54 ± 0.01^{h}	19.84 ± 0.34^{j}	5.92 ± 0.01^{g}	1.31 ± 0.04^{i}	71.39 ± 1.34^{j}

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

3-12-2- الخصائص التصنيعية لعينات خبز القالب:

يعرض الجدول (21) الخصائص التصنيعية (حجم الرغيف، وزن الرغيف والحجم النوعي) لخبز القالب المدعم نسب مختلفة من دقيق بذور التشيا.

كما هو متوقع، انخفض حجم رغيف الخبز عند استبدال دقيق القمح بدقيق بذور التشيا من (1449.75 سم^3 و1412.60 سم^3) في خبز الشاهد إلى (1260.45 سم^3 و1265.55 سم^3) للخبز المدعم بدقيق بذور التشيا بنسبة 40%، أي أنَّ حجم رغيف الخبز انخفض بمقدار (13.06% و10.41%) عند استبدال 40%

من دقيق القمح بدقيق التشيا لدقيق الزيرو والموحد على الترتيب، ويعزى هذا الانخفاض في حجم رغيف الخبز حسب Sharma و Chauhan (2000) إلى تكوين معقد بروتين–دهن الذي يعيق تكوين الغاز والاحتفاظ به، مما يؤدي إلى انخفاض حجم الخبز، وقد يكون الانخفاض في حجم الخبز بسبب إدخال الألياف في الخلطة، حيث وجود الألياف في العجين يؤثر سلباً في تكوين وخصائص الغلوتين، وهذا يقلل من قدرته على الاحتفاظ بالغازات (Packkia–Doss *et al.*, 2019). من جهة أخرى، وبسبب ارتفاع نسبة البروتينات في الدقيق نتيجة عملية استبدال دقيق القمح بدقيق التشيا، ازداد وزن الرغيف مع رفع نسبة دقيق التشيا المضافة من (155.20 غ و168.40 غ) إلى (183.20 غ و201.30 غ). ترافقت تغيرات حجم ووزن رغيف الخبز مع تغير في قيم الحجم النوعي، حيث انخفض معنوياً من (9.34 سم^3/غ و8.39 سم^3/غ) في خبز الشاهد إلى (6.88 سم^3/غ و6.29 سم^3/غ) في الخبز المدعم بنسبة 40% من دقيق التشيا، وهذا ما تمَّ تأكيده من قبل الدراسات السابقة (Abou Raya *et al.*, 2019; Hrušková and Švec, 2015; Adamczyk *et al.*, 2021).

الجدول 21؛ الخصائص التصنيعية لعينات خبز القالب المدعم بدقيق التشيا

رقم العينة	حجم الرغيف ($سم^3$)	وزن الرغيف (غ)	الحجم النوعي ($سم^3/غ$)
12	-	-	-
2	1449.75 ± 3.15^{a}	155.20 ± 0.66^{a}	9.34 ± 0.11^{a}
3	1412.60 ± 1.33^{b}	168.40 ± 0.32^{b}	8.39 ± 0.08^{b}
13	1375.35 ± 3.56^{c}	169.15 ± 0.66^{c}	8.13 ± 0.11^{c}
14	1333.40 ± 5.12^{d}	173.30 ± 0.42^{d}	7.69 ± 0.06^{d}
15	1290.10 ± 5.22^{e}	179.70 ± 0.56^{e}	7.18 ± 0.04^{e}
16	1260.45 ± 4.34^{f}	183.20 ± 0.12^{f}	6.88 ± 0.01^{f}
17	1332.65 ± 2.44^{d}	181.10 ± 0.31^{g}	7.36 ± 0.05^{e}
18	1304.30 ± 3.54^{g}	189.22 ± 0.15^{h}	6.89 ± 0.14^{f}
19	1280.10 ± 5.66^{h}	196.34 ± 0.85^{i}	6.52 ± 0.03^{g}
20	1265.55 ± 1.31^{i}	201.30 ± 0.66^{j}	6.29 ± 0.02^{h}

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

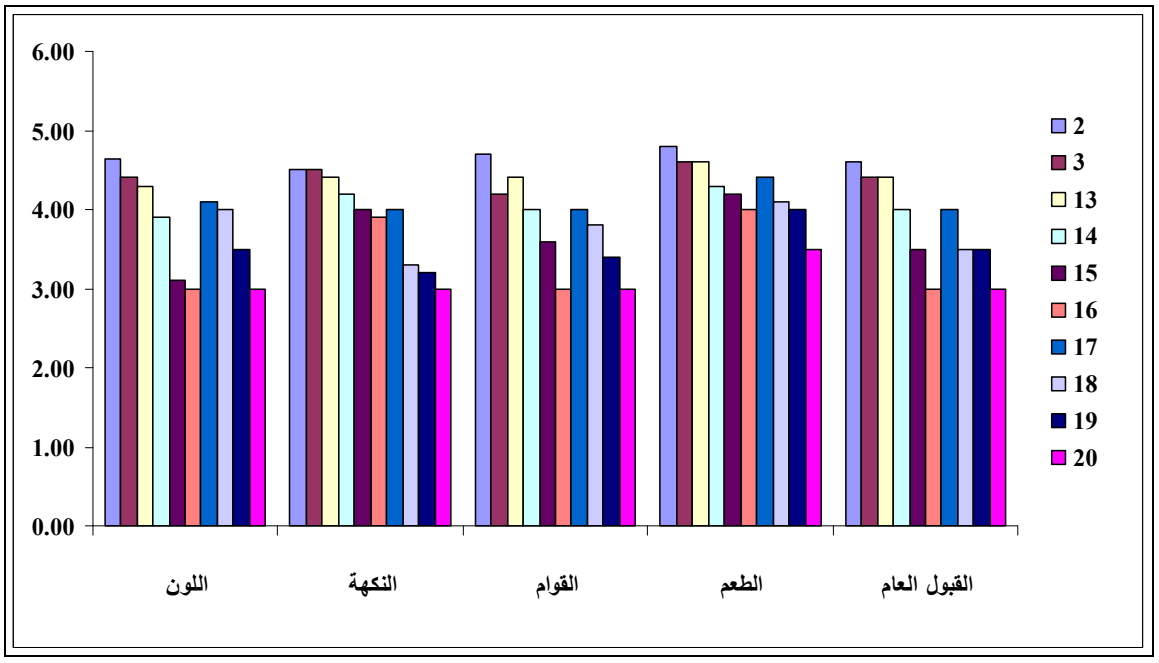
3-12-3- الخصائص الحسية لعينات خبز القالب:

قُيِّمت الخصائص الحسية لخبز القالب المدعم بنسب مختلفة من دقيق التشيا، وعُرِّضت النتائج من خلال الشكل (9).

بيَّن التحليل الحسي للخبز الذي تمَّ الحصول عليه، انخفاض في قيم النكهة للخبز الذي يحتوي على بذور التشيا، حيث تمَّ اكتشاف رائحة ونكهة البذور بشكل ملحوظ في جميع أنواع الخبز التي تحتوي على بذور التشيا مقارنةً بخبز القمح، فقد ساهمت حصة بذور التشيا في ظهور النكهة الدهنية، وبالتالي انخفضت قيمة الرائحة من (4.50 درجة) إلى (3.00 درجة و2.50 درجة). بالإضافة إلى ذلك، كان هناك تباين معنوي في درجة اللون، القوام والطعم بين خبز الشاهد والخبز المدعم بنسبة 40% من دقيق بذور التشيا، حيث انخفضت درجة اللون بنسبة (35%)، درجة القوام بنسبة (36%) ودرجة الطعم (16%) بالنسبة للخبز المحضر من 40% من

دقيق بذور التشيا مقارنةً بخبز الشاهد، وقد توافقت هذه النتائج مع أبحاث سابقة من حيث انخفاض التقييم الحسي للخبز مع ارتفاع نسبة دقيق التشيا في الخلطة (Abou Raya *et al.*, 2019). بشكل عام، لوحظ أيضاً انخفاض في درجة القبول العام للخبز وكانت أقل الدرجات لعينة الخبز الذي بلغت نسبة دقيق بذور التشيا فيه 40% (3.00 درجة).

لاحظ باحثون آخرون تدهوراً في الخصائص الحسية، وانخفاض التصنيف وقبول المستهلك للخبز مع دقيق بذور التشيا (Coelho and Salas-Mellado, 2015; Hrušková Švec, 2015)، فقد لاحظ Hrušková و Švec (2015) انخفاضاً في المظهر والملمس والقبول العام للخبز مع إضافة 8% من بذور التشيا، ويمكن أن يكون تدهور الخصائص الحسية للخبز المدعم بإضافات غير الحبوب، بحسب بعض المراجع، عائد إلى محتوى الزيوت العطرية التي تسبب طعم ورائحة محددة (Mikulec *et al.*, 2019; Mikulec *et al.*, 2020)، ويمكن تطبيق نفس التفسير على التغيرات التي لوحظت في هذه الدراسة.



الشكل 9؛ الخصائص الحسية لعينات خبز القالب المدعم بدقيق التشيا

3-12-4- الخصائص الكيميائية لعينات البسكويت:

أُجريت اختبارات الجودة الكيميائية لعينات البسكويت المحضر من نوعي دقيق القمح والمستبدل بنسبة (0، 10، 20، 30 و40%) من دقيق بذور التشيا، وعُرِّضت النتائج في الجدول (22).

بينت نتائج التحليل الاحصائي ارتفاع النسبة المئوية لرطوبة البسكويت مع ارتفاع نسبة الاستبدال، حيث تراوحت بين (6.55-7.75%) للبسكويت المحضر من دقيق الزيرو، وبين(6.88-8.10%) للبسكويت المحضر من الدقيق الموحد. يُعدّ محتوى الرطوبة في الغذاء أحد معايير الجودة الهامة، علاوةً على ذلك، هو إحدى الخصائص الحسية المرغوبة في منتجات المخابز، وترتبط عموماً بالمنتجات الخفيفة (Dadkhah Hashemiravan *et al.*, 2012). من جهة أخرى، لوحظ أيضاً أنه من خلال زيادة مستويات الاستبدال بدقيق بذور التشيا، ارتفعت نسبة الرماد (1.21-1.62% و1.36-1.82%)، البروتينات (8.30-10.92%

و8.89–12.61%)، اللبيدات (16.56–20.31% و16.71–20.85%) والألياف الخام (0.65–1.10% و0.74–1.22%)، بينما انخفض محتوى النشاء (66.05–73.28% و63.77–72.30%) في عينات البسكويت المحضر من دقيق الزيرو والدقيق الموحد على الترتيب (الجدول 22)، وبالتالي، يمكن استهلاك البسكويت الذي تم الحصول عليه في هذه الدراسة بأمان من قبل الأفراد الذين يتبعون نظاماً غذائياً منخفض السعرات الحرارية، وتتفق هذه النتائج مع أبحاث سابقة (Mesías *et al.*, 2016; Brandão *et al.*, 2019).

الجدول 22؛ التركيب الكيميائي لعينات البسكويت المدعم بدقيق التشيا

رقم العينة	الرطوبة (%)	الرماد (%)	البروتينات (%)	اللبيدات (%)	الألياف الخام (%)	النشاء (%)
12	-	-	-	-	-	-
2	6.55 ± 0.12^{a}	1.21 ± 0.02^{a}	8.30 ± 0.15^{a}	16.56 ± 0.33^{a}	0.65 ± 0.05^{a}	73.28 ± 2.11^{a}
3	6.88 ± 0.08^{b}	1.36 ± 0.01^{b}	8.89 ± 0.10^{b}	16.71 ± 0.15^{b}	0.74 ± 0.02^{b}	72.30 ± 0.68^{b}
13	6.65 ± 0.08^{c}	1.28 ± 0.02^{a}	9.33 ± 0.15^{c}	17.45 ± 0.12^{c}	0.73 ± 0.05^{b}	71.21 ± 4.12^{c}
14	7.12 ± 0.03^{d}	1.39 ± 0.05^{b}	9.89 ± 0.31^{d}	18.15 ± 0.11^{d}	0.88 ± 0.04^{c}	69.69 ± 2.01^{d}
15	7.44 ± 0.01^{e}	1.51 ± 0.04^{c}	10.33 ± 0.10^{e}	19.25 ± 0.22^{e}	0.96 ± 0.02^{d}	67.95 ± 0.66^{e}
16	7.75 ± 0.02^{e}	1.62 ± 0.03^{d}	10.92 ± 0.44^{f}	20.31 ± 0.42^{f}	1.10 ± 0.01^{e}	66.05 ± 1.42^{f}
17	7.14 ± 0.03^{d}	1.46 ± 0.01^{c}	9.81 ± 0.22^{d}	17.24 ± 0.33^{g}	0.82 ± 0.04^{f}	70.67 ± 3.22^{g}
18	7.33 ± 0.08^{f}	1.59 ± 0.04^{d}	10.76 ± 0.15^{g}	18.22 ± 0.11^{h}	0.94 ± 0.06^{d}	68.49 ± 1.41^{h}
19	7.71 ± 0.01^{e}	1.71 ± 0.02^{e}	11.69 ± 0.32^{h}	19.66 ± 0.15^{i}	1.08 ± 0.02^{e}	65.86 ± 3.15^{i}
20	8.10 ± 0.02^{g}	1.82 ± 0.05^{f}	12.61 ± 0.22^{i}	20.58 ± 0.41^{j}	1.22 ± 0.01^{g}	63.77 ± 0.96^{j}

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

3-12-5- الخصائص التصنيعية لعينات البسكويت:

يعرض الجدول (23) الخصائص التصنيعية للبسكويت (القطر، السماكة، معامل التمدد والصلابة) المحضر من نوعي دقيق القمح والمستبدل جزئياً بدقيق بذور التشيا.

انخفض قطر قطع البسكويت من (33.20 مم و33.50 مم) إلى (29.60 مم و30.10 مم) وازداد سمكها من (6.50 مم و6.70 مم) إلى (8.20 مم و8.60 مم) مع زيادة مستوى استبدال دقيق بذور التشيا إلى 40% لدقيق الزيرو والدقيق الموحد على الترتيب. بالإضافة إلى ذلك، أثر انخفاض القطر وزيادة السماكة في نسبة تمدد البسكويت، حيث انخفض معامل التمدد من (5.11 و5.00) إلى (3.61 و3.50)، وهي تعد نسبة منخفضة، فقد أكدت الأبحاث أنه يجب أن يبدي الكوكيز أو البسكويت عالي الجودة نسبة تمدد عالية (Miller and Hoseney, 1997)، وقد تم الإبلاغ عن انخفاض مماثل في نسبة تمدد البسكويت عن طريق إضافة الحبوب المتعددة بواسطة (Kumar *et al.*, 2015).

من جهة أخرى، انخفضت صلابة البسكويت، وهي القوة المطلوبة لكسر قطعة البسكويت، من (4.15 غ و4.10 غ) إلى (3.00 غ) لكلا نوعي الدقيق، مما يدل على انخفاض صلابة البسكويت مع إضافة دقيق بذور التشيا، وقد تكون انخفاض قوة كسر البسكويت ناتجة عن ارتفاع نسبة الألياف مما يقلل من محتوى الغلوتين في دقيق القمح (Divyashree *et al.*, 2016). على النقيض من ذلك، Fustier وآخرون (2009) أبلغوا عن زيادة في صلابة البسكويت أو الكوكيز، وهو ما يرجع إلى زيادة محتوى البروتين وتفاعله أثناء تطوير العجين والخبز، وفي وقت سابق، وجد Tyagi وآخرون (2007) أيضاً زيادة في قوة تكسير البسكويت عندما تم استبدال دقيق القمح بدقيق الخردل.

الجدول 23؛ الخصائص التصنيعية لعينات البسكويت المدعم بدقيق التشيا

رقم العينة	قطر القطعة (مم)	سماكة القطعة (مم)	معامل التمدد	الصلابة (غ)
12	-	-	-	-
2	33.20 ± 0.05^{a}	6.50 ± 0.10^{a}	5.11 ± 0.15^{a}	4.15 ± 0.12^{a}
3	33.50 ± 0.22^{b}	6.70 ± 0.02^{b}	5.00 ± 0.15^{b}	4.10 ± 0.12^{a}
13	31.30 ± 0.46^{c}	6.70 ± 0.08^{b}	4.67 ± 0.07^{c}	3.90 ± 0.01^{b}
14	30.90 ± 0.25^{d}	7.10 ± 0.03^{c}	4.35 ± 0.02^{d}	3.60 ± 0.04^{c}
15	$30.10 \pm 0.32e^{d}$	7.80 ± 0.05^{d}	3.86 ± 0.05^{e}	3.20 ± 0.02^{d}
16	29.60 ± 0.51^{f}	8.20 ± 0.01^{e}	3.61 ± 0.04^{f}	3.00 ± 0.01^{e}
17	31.80 ± 0.44^{g}	6.90 ± 0.05^{f}	4.61 ± 0.02^{c}	3.70 ± 0.05^{f}
18	31.10 ± 0.34^{h}	7.20 ± 0.02^{g}	4.32 ± 0.05^{d}	3.50 ± 0.02^{g}
19	30.60 ± 0.56^{i}	7.90 ± 0.04^{h}	3.87 ± 0.06^{e}	3.00 ± 0.04^{e}
20	30.10 ± 0.12^{d}	8.60 ± 0.01^{i}	3.50 ± 0.04^{g}	3.00 ± 0.01^{e}

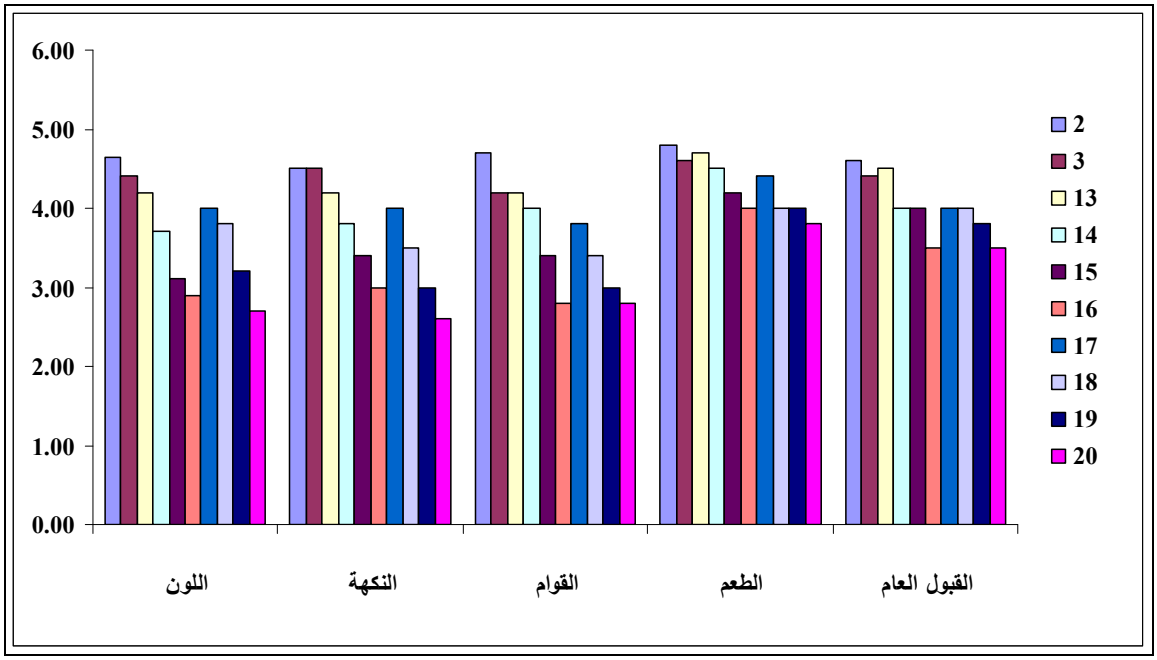
* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروقات معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

3-12-6- الخصائص الحسية لعينات البسكويت:

دُرست الخصائص الحسية للبسكويت (اللون، النكهة، القوام، والقبول العام) المحضر باستبدال نوعي دقيق القمح بنسب مختلفة من دقيق بذور التشيا (الشكل 10).

تغيرت قيم اللون بين (4.65 درجة و4.40 درجة) و(2.90 درجة و2.70 درجة) لدقيق الزيرو والموحد على الترتيب، كما لم تظهر فروقات ذات دلالة إحصائية بين جميع العينات حول خصائص اللون. لتحديد خصائص القطع للبسكويت، قام أعضاء اللجنة بتقييم القوام، حيث انخفضت قيم القوام وازدادت الهشاشة مع ارتفاع نسبة الاستبدال، وتراوحت هذه القيم بين (2.80-4.70 درجة) و(2.80-4.20 درجة) على الترتيب. قام أعضاء اللجنة بفحص طعم البسكويت من خلال تقييم البنية الجافة للحبيبات، وقابلية الذوبان في الفم،

والالتصاق بالأسنان، مما ساعد في تحديد خاصية حاسة التذوق، وقد لوحظ أنه عندما زادت نسبة التشيا انخفضت قيم البنية الجافة للحبيبات وازدادت صفة الالتصاق بالأسنان، وكانت هذه الاختلافات ذات دلالة إحصائية وتراوحت بين (4.00–4.80 درجة) و(3.80–4.60 درجة)، كما انخفضت نكهة البسكويت مع ارتفاع نسبة الاستبدال من (4.50 درجة) إلى (3.00 درجة و2.60 درجة) لدقيق الزيرو والدقيق الموحد على الترتيب. تراوحت قيم القبول العام للبسكويت بين (3.50–4.60 درجة) و(3.50–4.40 درجة)، ووفقاً لنتائج التحليل الحسي، كانت عينات البسكويت عند نسب الاستبدال 10% و20% مقبولة بالنسبة لأعضاء اللجنة، وقد توافقت نتائج هذ البحث مع نتائج سابقة من حيث انخفاض قيم التحليل الحسي مع ارتفاع نسبة استبدال دقيق القمح بدقيق التشيا (Divyashree *et al.*, 2016)، وتعد هذه نتائج ذات أهمياً رئيسياً في تعديل وتحسين وتطوير وقبول المنتجات الغذائية الجديدة (Kumar *et al.*, 2015).



الشكل 10؛ الخصائص الحسية لعينات البسكويت المدعم بدقيق التشيا

3-13- مقارنة تأثير دقيق بذور الكينوا ودقيق بذور التشيا في خصائص الجودة لمنتجات المخابز المدروسة:

من أجل تحديد درجة التشابه بين عينات خبز القالب وعينات البسكويت المحضرة في خصائصها الكيميائية والتصنيعية، أُخضِّعت جميع العينات (18 عينة)، واستبعدت العينة رقم 1 (دقيق بذور الكينوا) والعينة رقم 12 (دقيق بذور التشيا)، لاختبار التحليل العنقودي (Cluster Analysis) بهدف مقارنة تأثير عملية الاستبدال بكلاً من دقيق بذور الكينوا ودقيق بذور التشيا في خصائص الخبز والبسكويت (9 مؤشرات للخبز و10 مؤشرات للبسكويت)، وعُرضت النتائج في الشكل (11 و12).

لوحظ من الشكل (11)، الخاص بالخبز، انقسام جميع العينات إلى ثلاث مجموعات أساسية:

- المجموعة الأولى: وتضم الخبز المصنع من نوعي دقيق الشاهد بالإضافة إلى العينات المستبدلة بنسبة 10% من نوعي دقيق البذور بنسبة تشابه (84.42%).
- المجموعة الثانية: وتضم عينات الخبز المحضر باستبدال نوعي دقيق القمح بنسبة 20% من نوعي دقيق البذور بنسبة تشابه (97.42%).
- المجموعة الثالثة: وتضم عينات الخبز المحضر باستبدال نوعي دقيق القمح بنسبة 30% و40% من نوعي دقيق البذور بنسبة تشابه (93.92%).

بالتالي يمكننا الاستنتاج أنه يمكن استبدال دقيق القمح بنسبة تصل حتى 10% من دقيق بذور الكينوا أو دقيق بذور التشيا وإنتاج خبز مشابه إلى حدٍ كبير في خصائصه التصنيعة والكيميائية للخبز المحضر من دقيق القمح فقط، بالإضافة إلى ذلك، يمكن الملاحظة من الشكل (11) أن المجموعة الثانية والثالثة قد تشابهتا بنسبة (79.13%)، وبالتالي يمكننا رفع نسبة الاستبدال إلى 40% مع المحافظة على خصائص كيميائية وتصنيعية مقبولة لخبز القالب. بينت دراسة سابقة أنه يمكن إنتاج خبز باستبدال دقيق القمح بنسبة 10% و20% من دقيق بذور التشيا والكينوا على الترتيب (Miranda-Ramos and Haros, 2020a).

من جهة أخرى، من الشكل (12)، الخاص بالبسكويت، انقسمت العينات إلى مجموعتين أساسيتين:

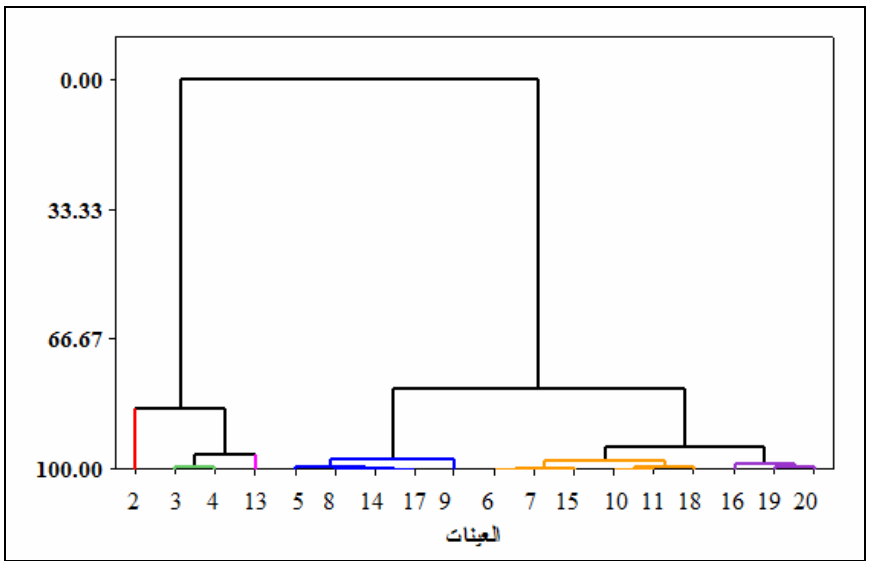
المجموعة الأولى: وتضم عينتي الشاهد بالإضافة إلى عينتي دقيق الزيرو المستبدلة جزئياً بنسبة 10% و20% من دقيق الكينوا بنسبة تشابه (88.21%).

المجموعة الثانية: وتضم بقية العينات بنسبة تشابه (84.45%).

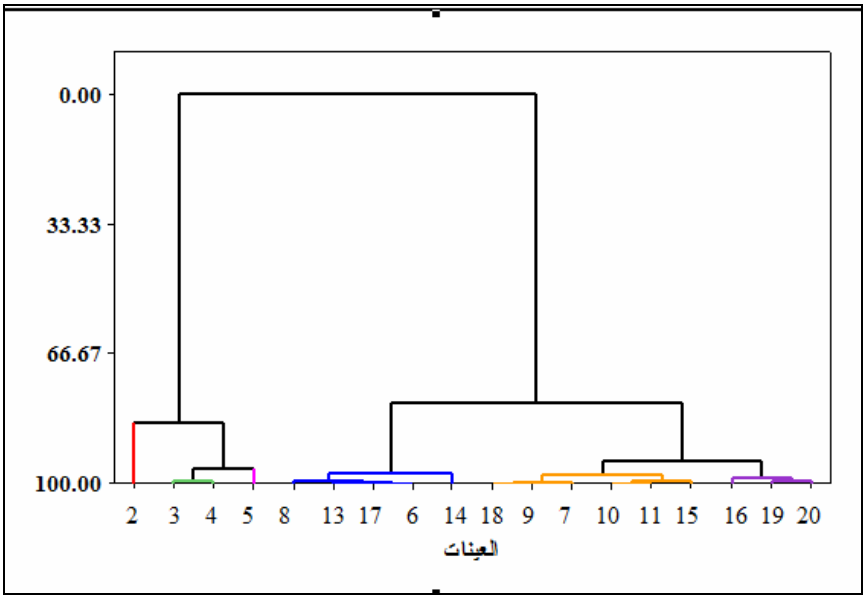
بالتالي، تشير هذه النتائج إلى إمكانية رفع نسبة الاستبدال في دقيق الزيرو إلى 20% من دقيق بذور الكينوا والحصول على بسكويت مشابه في خصائصه الكيميائية والتصنيعية لبسكويت الشاهد المحضر من دقيق القمح فقط، بالإضافة إلى ذلك، يمكن رفع نسبة الاستبدال حتى 40% من دقيق بذور الكينوا أو دقيق بذور التشيا والحصول على كمنتج جديد بخصائص كيميائية وتصنيعية مختلفة عن البسكويت التقليدي من دقيق القمح، ويمكن أن يكون مقبول حسياً.

بشكل عام، يتم اختيار منتجات الحبوب المخبوزة كمواد مثالية على غيرها نظراً لقبولها على نطاق واسع من قبل المستهلكين، ومع ذلك، فإن تطوير منتج قابل للتسويق مع فوائد صحية محتملة يتطلب تحقيقاً شاملاً لمؤشرات المنتج المتعددة، حيث ركزت معظم الدراسات الحالية التي تتضمن استبدال بذور التشيا والكينوا كمكونات وظيفية في النظم الغذائية على التوصيف الغذائي والحسي للمنتجات النهائية، ففي دراسة استبدل Coelho و Salas-Mellado (2015) الدهون المهدرجة المستخدمة في صناعة الخبز ببذور ودقيق التشيا، وأظهرت المنتجات نسبة أعلى بكثير من الأحماض الدهنية غير المشبعة إلى الأحماض الدهنية المشبعة وزيادة مستويات أحماض أوميغا الدهنية والألياف، ووجد Romankiewicz وآخرون (2017) أن استبدال بذور التشيا بنسبة تصل إلى 6% يمكن أن يُحسّن بشكل ملحوظ الحالة الغذائية وقوام خبز القمح، ومع ذلك، أصبح لون اللبابة داكناً إلى حد كبير. من جهة أخرى، تمَّ استخدام بذور التشيا مع دقيق الحنطة السوداء والشوفان بواسطة Inglett وآخرون (2014) و Divyashree وآخرون (2016) لتحضير تركيبات العجين للبسكويت

والكيك الحلو، وقام Brito وآخرون (2015) بتطوير كوكيز خالية من الغلوتين باستخدام دقيق الكينوا (30%) ورقائق الكينوا (25%) ونشاء الذرة (45%).



الشكل 11؛ التحليل العنقودي لعينات الخبز المدروسة



الشكل 12؛ التحليل العنقودي لعينات البسكويت المدروسة

3-14- تقييم خصائص منتجات المخابز خالية الغلوتين:

3-14-1- تقييم الخصائص الفيزيوكيميائية لأنواع الدقيق المدروسة:

يوضح الجدول (24) التحليل التقريبي لدقيق الأرز، دقيق الذرة الصفراء، دقيق الكينوا ودقيق التشيا المستخدمين في هذه الدراسة، وذلك بهدف مقارنة التركيب الكيميائي لدقيق الكينوا والتشيا، وهي من الحبوب الزائفة (أشباه الحبوب) حديثة الزراعة محلياً، مع نظائرها من دقيق الحبوب الحقيقة.

أظهرت نتائج تحليل التركيب التقريبي لدقيق التشيا أن اللبيدات والألياف كانت المكونات الرئيسة في دقيق التشيا الخام، وبالتالي إن دقيق التشيا يقدم خصائص فيزيائية وكيميائية مثيرة للاهتمام لصناعة الأغذية، فقد تميز دقيق التشيا باحتوائه على نسبة عالية من اللبيدات، إذ أظهر محتوى دهني بنسبة (31.44%)، وكان محتواها من الدهون مشابهاً لـ 33% و32% التي توصل إليها (Ixtaina *et al.*, 2010, Guiotto *et al.*, 2013) على الترتيب، كما ذكرت دراسات سابقة أنه يمكن أن يتراوح المحتوى الدهني لبذور التشيا بين (30.7-41.5%) وفقاً للظروف الزراعية (Miranda-Ramos *et al.*, 2020b)، بينما كان محتوى دقيق بذور الكينوا (10.72%)، وترجع النسبة العالية من الدهون في دقيق الكينوا الكامل إلى بقاء الجنين بعد طحن الحبوب الكاملة، تتفق هذه النتائج مع تلك الموجودة في الدراسات السابقة والتي ذكرت أن نسبة اللبيدات في دقيق الكينوا تتراوح بين 2% و11% (Martínez-Villaluenga *et al.*, 2020)، ويرجع الاختلاف في محتوى الدهون بشكل عام إلى الاختلافات بين الأنواع والعوامل البيئية وممارسات زراعة المحاصيل (Grancieri *et al.*, 2019)، وبالمقارنة مع دقيق الأرز ودقيق الذرة الصفراء، فقد أظهروا محتوى منخفض من اللبيدات (0.36% و3.22%) على الترتيب. وكان محتوى البروتين في دقيق الكينوا (13.52%) ودقيق التشيا (23.65%) أعلى بكثير من محتوى البروتين في كل من دقيق الأرز (6.41%) ودقيق الذرة (9.32%)، وقد كانت محتويات البروتين في الكينوا والتشيا في هذه الدراسة تتفق مع ما توصل إليه باحثون

آخرون سابقاً (Marineli *et al.*, 2014; Montemurro *et al.*, 2019). بالإضافة إلى ذلك، تميز دقيق التشيا بارتفاع النسبة المئوية للرماد (4.24%) بالمقارنة مع (2.55%) لدقيق الكينوا، (0.34%) لدقيق الأرز و(1.12%) لدقيق الذرة الصفراء، وقد كانت قيم الرماد لأنواع الدقيق المدروسة قريبة من القيم التي توصلت إليها دراسات سابقة (Jin *et al.*, 2012)، كما كان دقيق التشيا مصدراً جيداً للألياف الكلية (33.40%)، وهو مشابه أيضاً لنتائج دراسات سابقة (Segura-Campos *et al.*, 2.013)، إذ في دقيق التشيا الخام (35.85%) وأعلى مما هو في دقيق التشيا منزوع الدهن (21.43%)، بينما انخفضت نسبة الألياف الكلية إلى (5.66%) في دقيق الكينوا، (1.45%) في دقيق الذرة الصفراء و(0.28%) في دقيق الأرز. على النقيض مما هو معروف عن دقيق حبوب العائلة النجيلية، والتي يكون فيها النشاء هو المركب المسيطر، أكثر من 70% (Hager *et al.*, 2012)، فقد تميز دقيق التشيا بانخفاض نسبة النشاء فيه (1.06%)، بينما ارتفع إلى (58.30%) في دقيق الكينوا، (73.81%) في دقيق الذرة و(85.16%) في دقيق الأرز على أساس الوزن الجاف. بشكل عام، تحتوي الحبوب الزائفة (أشباه الحبوب) على نسبة عالية من البروتين والدهون وأقل في الكربوهيدرات بسبب الحجم النسبي للجنين داخل الحبوب، ما قد يصل إلى 30% من الوزن الإجمالي للحبوب، مقارنةً بنسبة 1% لمعظم حبوب العائلة النجيلية (Wrigley *et al.*, 2004). انعكس التركيب الكيميائي لأنواع الدقيق المدروسة بشكل مباشر على درجة لون الدقيق، إذ ازدادت درجة لون الدقيق مع ازدياد نسبة الرماد (Chandra *et al.*, 2015)، وكانت أقلها لدقيق الأرز (0.51 درجة) تلتها دقيق الذرة (2.20 درجة)، دقيق الكينوا (4.15 درجة) ودقيق التشيا (8.45 درجة)، وهذا يتفق مع (Ayerza, 2010).

الجدول 24؛ الخصائص الفيزيوكيميائية لعينات الدقيق المدروسة

	دقيق الأرز	دقيق الذرة	دقيق الكينوا	دقيق التشيا
الرطوبة (%)	7.45 ± 0.12^{a}	11.08 ± 0.15^{b}	9.25 ± 0.31^{c}	6.21 ± 0.11^{d}
الرماد (%)	0.34 ± 0.01^{a}	1.12 ± 0.05^{b}	2.55 ± 0.04^{c}	4.24 ± 0.02^{d}
البروتين (%)	6.41 ± 0.11^{a}	9.32 ± 0.41^{b}	13.52 ± 0.22^{c}	23.65 ± 0.33^{d}
اللبيدات (%)	0.36 ± 0.05^{a}	3.22 ± 0.02^{b}	10.72 ± 0.21^{c}	31.44 ± 0.56^{d}
الألياف الكلية (%)	0.28 ± 0.01^{a}	1.45 ± 0.01^{b}	5.66 ± 0.11^{c}	33.40 ± 0.61^{d}
النشاء (%)	85.16 ± 1.55^{a}	73.81 ± 1.21^{b}	58.30 ± 2.33^{c}	1.06 ± 0.02^{d}
اللون (درجة)	0.51 ± 0.03^{a}	2.20 ± 0.10^{b}	4.15 ± 0.05^{c}	8.45 ± 0.18^{d}

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

3-14-2- تقييم الخصائص الكيميائية لعينات خبز القالب المحضرة من خلطات الدقيق خالي الغلوتين:

يبين الجدول (25) التركيب الكيميائي لعينات خبز القالب المحضر من خلائط الدقيق المركب خالي الغلوتين (5 عينات) تمثل عينة الشاهد (50% دقيق الأرز و50% دقيق الذرة الصفراء) وعينتين تمَّ الاستبدال بنسبة 10% و20% من دقيق بذور الكينوا وعينتين تمَّ الاستبدال بنسبة 10% و20% من دقيق بذور التشيا، وذلك بهدف إيجاد خليط دقيق ليحل محل دقيق القمح في إنتاج الخبز الخالي من الغلوتين.

لوحظ من الجدول (25) أن عينة الخبز الحاوية على نسبة 20% من دقيق التشيا قد أظهرت أفضل محتوى من الرطوبة (37.61%)، الرماد (3.10%)، البروتين (20.16%)، اللبيدات (12.15%) والألياف الكلية (11.55%) وأقل محتوى من النشاء (53.04%) على أساس الوزن الجاف، وبالتالي يُظهر الخبز الخالي من الغلوتين المدروس التباين الكبير في تركيبة هذه المغذيات، كونه أطعمة نشوية منخفضة في البروتينات والدهون وذات محتوى عالي من الكربوهيدرات، إذ يمكن أن تتأثر التركيبة التقريبة المختلفة لعينات

الخبز الخالي من الغلوتين بعدة عوامل مثل النطاق الواسع للمكونات المعقدة المضافة ومجموعاتها، إلى جانب الإضافات المستخدمة لتحسين البنية، والشعور بالفم، والمقبولية، والعمر الافتراضي لهذه المنتجات(Abd Rabou, 2017). ذكر Moller وآخرون (2013) التركيب الكيميائي للخبز الحلو التجاري الخالي من الغلوتين، والذي يحتوي على 2.18 غ من البروتينات، 7.80 غ من الدهون، 0.86 غ من الرماد و76.26 غ من الكربوهيدرات، وأبلغ Yazynina وآخرون (2008) عن التركيب الغذائي لنوعين من الخبز المقرمش الخالي من الغلوتين، والذي يحتوي على 3.5–6.0 غ من البروتينات، 3.0–6.5 غ من الدهون، 1.0–5.5 غ من الرماد و71–80 غ من الكربوهيدرات، كما بيَّن Matos وRosell (2011) أن محتوى البروتين والدهون والمعادن والكربوهيدرات في الخبز الخالي من الغلوتين قد أظهر تبايناً كبيراً، يتراوح من 0.91 غ إلى 15.05 غ، 2.00 غ إلى 26.10 غ، 1.10 غ إلى 5.43 غ و75.6 غ إلى 92.5 غ على الترتيب.

الجدول 25؛ التركيب الكيميائي لعينات الخبز المحضر من خلطات الدقيق خالي الغلوتين

	الشاهد	دقيق الكينوا		دقيق التشيا	
		%10	%20	%10	%20
الرطوبة (%)	34.22 ± 0.42^{a}	35.10 ± 1.21^{b}	36.55 ± 0.65^{c}	36.45 ± 1.12^{c}	37.61 ± 0.56^{d}
الرماد (%)	0.92 ± 0.05^{a}	2.05 ± 0.10^{b}	2.35 ± 0.01^{c}	2.54 ± 0.02^{d}	3.10 ± 0.01^{e}
البروتين (%)	8.44 ± 0.15^{a}	10.61 ± 0.15^{b}	12.10 ± 0.21^{c}	18.15 ± 0.25^{d}	20.16 ± 0.11^{e}
اللبيدات (%)	2.68 ± 0.33^{a}	5.55 ± 0.25^{b}	7.11 ± 0.32^{c}	10.18 ± 0.12^{d}	12.15 ± 0.25^{e}
الألياف الكلية (%)	1.15 ± 0.12^{a}	2.30 ± 0.01^{b}	2.88 ± 0.15^{c}	9.22 ± 0.11^{d}	11.55 ± 0.21^{e}
النشاء (%)	86.81 ± 3.31^{a}	79.49 ± 2.12^{b}	75.56 ± 1.25^{c}	59.91 ± 0.66^{d}	53.04 ± 0.51^{e}

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

3-14-3- تقييم الخصائص التصنيعية لعينات خبز القالب المحضرة من خلطات الدقيق خالي الغلوتين:

أظهرت القيم الواردة في الجدول (26) تأثير استبدال دقيق الشاهد بدقيق الكينوا ودقيق التشيا في الخصائص الفيزيائية (التصنيعية) لخبز القالب.

ازداد حجم رغيف خبز الأرز والذرة الصفراء تدريجياً مترافقاً مع ازدياد وزنه، مما أدى إلى انخفاض الحجم النوعي له بزيادة مستويات الاستبدال من دقيق الكينوا ودقيق التشيا. وبالتالي، تمَّ الوصول إلى أعلى حجم نوعي عند استخدام دقيق الشاهد (8.30 سم^3/غ) والمستوى 10% من دقيق الكينوا (8.24 سم^3/غ)، وقد يكون السبب هو تعديل خصائص اللزوجة المرنة، نتيجة التنافس على توافر المياه بين البروتينات والنشاء مما أدى إلى تأخير في تهلم النشاء، وبالتالي انخفاض التوسع في الهلام (Wani and Kumar, 2015)، كما كان هناك تفاوت في الحجم النوعي لجميع التركيبات المدروسة، إذ تأثرت هذه الخاصية سلباً عندما تم تضمين المكونات الخالية من الغلوتين من الكينوا والتشيا والمحتوية على نسبة أعلى من الألياف، مما أدى إلى ضعف الاحتفاظ بثاني أكسيد الكربون المنتج أثناء التخمير (Peressini and Sensidoni, 2009). ومن جهة أخرى، كانت أعلى قيمة حجم ووزن رغيف محددة بين الصيغ للتركيبات مع 20% دقيق التشيا (1355.40 سم^3 و165.45 غ)، ويعود ذلك إلى ارتفاع امتصاصية الدقيق للماء نتيجة ارتفاع نسبة البروتينات والألياف (Sciarini *et al.*, 2017)، إضافةً لذلك، قد يكون سبب الاختلاف الناتج في الحجم المحدد بين التركيبات التي تحتوي على دقيق التشيا هو النسبة العالية من الصمغ (Mucilage) الذي تمتلكه بذور التشيا، مما يؤدي إلى تكوين مجمعات محبة للماء بين المجموعات الأيونية والبروتينات، وقد تمَّ ملاحظة ذلك في خبز القمح مع استبدال دقيق التشيا بنسبة 5% والذي كان حجمه المحدد أعلى من عينة الشاهد الخالية من التشيا (Iglesias-Puig and Haros, 2013).

الجدول 26؛ الخصائص التصنيعية لعينات الخبز المحضر من خلطات الدقيق خالي الغلوتين

	الشاهد	دقيق الكينوا		دقيق التشيا	
		%10	%20	%10	%20
حجم الرغيف (سم^3)	1255.30 ± 3.60^{a}	1280.50 ± 1.55^{b}	1305.45 ± 3.15^{c}	1315.60 ± 2.44^{d}	1355.40 ± 4.10^{e}
وزن الرغيف (غ)	151.20 ± 0.55^{a}	155.42 ± 0.31^{b}	162.44 ± 0.56^{c}	161.80 ± 0.22^{d}	165.45 ± 0.51^{e}
الحجم النوعي (سم^3/غ)	8.30 ± 0.15^{a}	8.24 ± 0.21^{a}	8.04 ± 0.02^{b}	8.13 ± 0.11^{c}	8.19 ± 0.01^{c}

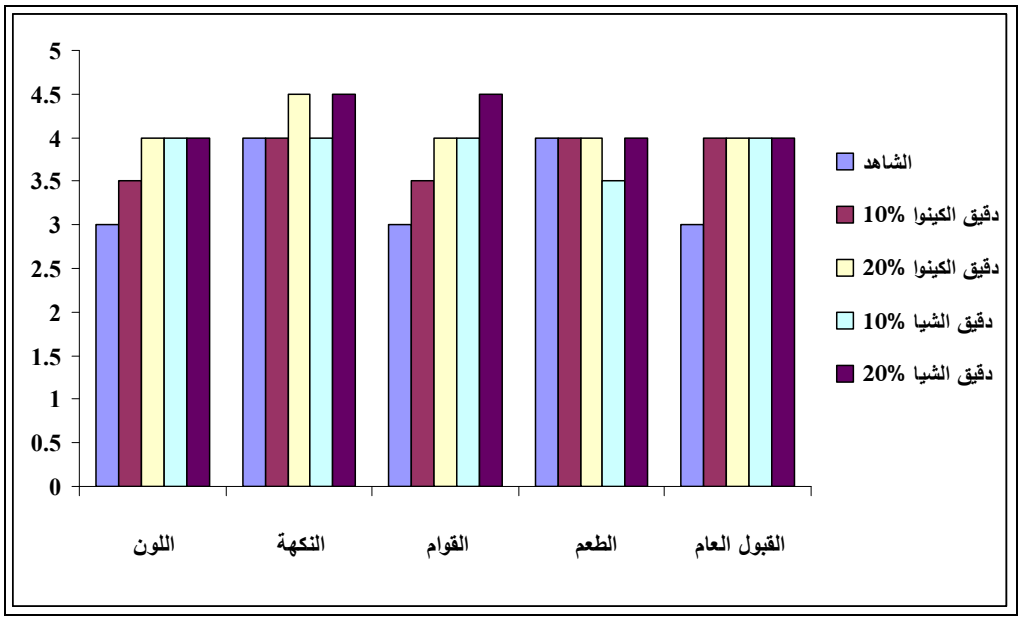
* تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروقات معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

3-14-4- تقييم الخصائص الحسية لعينات خبز القالب المحضرة من خلطات الدقيق خالي الغلوتين:

يبين الشكل (13) نتائج تقييم الخصائص الحسية المدروسة (اللون، النكهة، القوام، الطعم والقبول العام) لعينات خبز القالب المحضر من خلطات من الدقيق خالي الغلوتين.

كانت الدرجات في جميع الخلطات المدروسة لجميع الخصائص الحسية مماثلة أو أعلى من تلك التي حصل عليها خبز الشاهد، لكنها لم تكن متفوقة أبداً، وقد بينت نتائج الصفات الحسية التي تمت دراستها إلى أنه كلما تمت إضافة دقيق الكينوا ودقيق التشيا إلى دقيق الشاهد أصبح رغيف الخبز أفضل من إذ اللون (4 درجة و 4 درجة)، النكهة (4.5 درجة و4.5 درجة)، القوام (4 درجة و4.5 درجة)، الطعم (4 درجة و4 درجة) والقبول العام (4 درجة و4 درجة) لعينات الخبز المحضرة باستبدال 20% من دقيق الكينوا و20% من دقيق التشيا على الترتيب، بالمقارنة مع (3 درجة، 4 درجة، 3 درجة، 4 درجة و3 درجة) للون، النكهة، القوام، الطعم والقبول العام لعينة الشاهد على الترتيب.

تشير نتائج التقييم الحسي إلى زيادة لون القشرة ولون اللبابة تدريجياً مع ارتفاع نسبة الاستبدال بدقيق الكينوا ودقيق التشيا، وقد تكون هذه النتائج بسبب ازدياد نسبة الأصبغة عن تلك الموجودة في دقيق الشاهد، وهذا يتوافق مع نتائج (Mondal and Datta, 2008)، إذ أفادوا أن تطوير اللون في الخبز هو تابع لكمية الأصبغة في الدقيق ومحتوى رطوبة الدقيق ودرجة حرارة الخَبز والمدة الزمنية أثناء عملية الخَبز. بالإضافة إلى ذلك، تبين نتائج تقييم القوام إلى ازدياد توزيع الخلايا بشكل طفيف مع زيادة نسبة الاستبدال إلى 10%، لكنها ترتفع بشكل معنوي عند رفع نسبة الاستبدال إلى 20%، وقد تكون هذه النتائج ناتجة عن الثقوب الأكبر الموجودة بين القشرة واللبابة نتيجة ارتفاع نسبة امتصاص الدقيق للماء في الدقيق الحاوي على نسب مرتفعة من دقيق الكينوا ودقيق التشيا، كما أفاد (Gómez and Sciarini, 2015)، وتمَّ تحسين الطعم والنكهة للخبز الناتج عن طريق زيادة محتوى دقيق الشاهد من كلا نوعي دقيق الكينوا ودقيق التشيا، وقد تكون هذه النتائج بسبب ارتفاع نسبة المادة الدسمة ومركبات النكهة الموجودة في هذه الأنواع من الدقيق (Sadeek *et al.*, 2021).



الشكل 13؛ الخصائص الحسية لعينات الخبز المحضر من خلطات الدقيق خالي الغلوتين

3-14-5- تقييم الخصائص الكيميائية لعينات البسكويت المحضرة من خلطات الدقيق خالي الغلوتين:

حُدّد التركيب الكيميائي لعينات البسكويت المحضرة من أنواع الدقيق الخالي من الغلوتين، وتظهر النتائج التي تمَّ الحصول عليها في الجدول (27).

تشير النتائج النتائج إلى أن المحتوى الرطوبي ازداد تدريجياً مع ازدياد نسبة دقيق الكينوا إلى 20% (6.55%) ودقيق التشيا (6.54%) مقارنةً مع الخلطة الأساسية (5.86%)، ولا يوجد فرق معنوي بين عينات البسكويت الخالي من الغلوتين والتي تحتوي على دقيق كينوا بالإضافة إلى دقيق التشيا، بينما سجلت أعلى قيمة لمحتوى الرماد (1.85%) في محتوى العينة 20% دقيق التشيا مع اختلاف معنوي مع بقية العينات. بالنسبة لمحتوى البروتينات، الدهون والألياف الخام، أشارت هذه النتائج إلى أن عينة البسكويت الخالي من الغلوتين التي تحتوي على 20% دقيق التشيا سجلت أعلى قيم لمحتوى البروتينات (18.55%)، الدهون (28.61%)

والألياف (9.85%) مع وجود فروقات معنوية، بينما سجلت عينات الشاهد من البسكويت (50% دقيق الأرز و50% دقيق الذرة الصفراء) أقل قيم لمحتوى الرماد والبروتين والألياف (7.91%، 18.44% و0.88%) على الترتيب. على العكس من ذلك، فقد أدت إضافة كل من دقيق الكينوا ودقيق التشيا إلى انخفاض معنوي في النسبة المئوية للنشاء من (72.12%) في عينة الشاهد إلى (66.61%) في العينة الحاوية على 20% من دقيق الكينوا و(41.14%) في العينة الحاوية على 20% من دقيق التشيا. وكانت التركيبة الكيميائية لبسكويت الشاهد متوافقة مع تلك التي ذكرها (El-Hamid and El-Makhzangy, 2019)، كما أوضح Brito وآخرون (2015) أن دقيق الكينوا يسمح بزيادة محتوى الرماد والألياف وتقليل المحتوى الكلي للكربوهيدرات مقارنةً بالبسكويت المنتج من دقيق الحبوب. أيضاً، كانت هذه النتائج متوافقة مع نتائج سابقة بينت أن إضافة مستويات مختلفة من دقيق التشيا قد أدت إلى زيادة محتوى البروتين والرماد والألياف في البسكويت المنتج منها (Yusufu and Akhigbe, 2014).

الجدول 27؛ التركيب الكيميائي لعينات البسكويت المحضر من خلطات الدقيق خالي الغلوتين.

	الشاهد	دقيق الكينوا		دقيق التشيا	
		%10	%20	%10	%20
الرطوبة (%)	5.86 ± 0.04^{a}	6.20 ± 0.05^{b}	6.55 ± 0.10^{c}	6.22 ± 0.01^{b}	6.54 ± 0.11^{c}
الرماد (%)	0.65 ± 0.01^{a}	0.81 ± 0.02^{b}	1.05 ± 0.11^{c}	1.55 ± 0.01^{d}	1.85 ± 0.02^{e}
البروتين (%)	7.91 ± 0.10^{a}	8.21 ± 0.10^{b}	8.72 ± 0.05^{c}	15.20 ± 0.23^{d}	18.55 ± 0.21^{e}
اللبيدات (%)	18.44 ± 0.12^{a}	20.52 ± 0.15^{b}	21.68 ± 0.11^{c}	25.21 ± 0.24^{d}	28.61 ± 0.32^{e}
الألياف الكلية (%)	0.88 ± 0.02^{a}	1.66 ± 0.02^{b}	1.92 ± 0.10^{c}	8.40 ± 0.10^{d}	9.85 ± 0.05^{e}
النشاء (%)	72.12 ± 1.33^{a}	68.80 ± 1.35^{b}	66.61 ± 0.64^{c}	49.64 ± 2.10^{d}	41.14 ± 1.05^{e}

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

3-14-6- تقييم الخصائص التصنيعية لعينات البسكويت المحضرة من خلطات الدقيق خالي الغلوتين:

أظهرت النتائج في الجدول (28) الخصائص الفيزيائية والتصنيعية للبسكويت المحضر من خلطات الدقيق خالي الغلوتين من حيث قطر القطعة (مم)، سماكة القطعة (مم)، معامل التمدد والصلابة (غ).

أدت إضافة دقيق التشيا والكينوا بنسب مختلفة إلى عجينة البسكويت لتغيرات ملحوظة في الخصائص التصنيعية، فقد بينت النتائج إلى وجود اختلافات معنوية واضحة في المؤشرات المدروسة بين بسكويت الشاهد وعينات البسكويت الأخرى الخالية من الغلوتين وفقاً للتحليل الإحصائي، ومع ذلك، تمَّ تسجيل القيم الأعلى لمعامل التمدد بواسطة عينة البسكويت الشاهد (4.99) وأقلها لعينة البسكويت الخالي من الغلوتين والتي احتوت على 20% دقيق كينوا (4.66)، مع عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين العينات التي احتوت على 10% دقيق الكينوا، 10% دقيق التشيا و20% دقيق التشيا (4.79، 4.78 و4.77) على الترتيب. من جهة أخرى، ازداد قطر القطعة وسماكتها مع ارتفاع نسبة استبدال دقيق الشاهد بدقيق الكينوا ودقيق التشيا لتصل إلى (31.25 مم و32.45 مم) للقطر و(6.70 مم و6.80 مم) للسماكة في البسكويت المدعم بنسبة 20% دقيق الكينوا و20% دقيق التشيا على الترتيب، بعد أن كانت (30.44 مم و6.10 مم) لقطر وسماكة بسكويت الشاهد، ويمكن أن تعزى هذه الزيادة إلى ارتفاع محتوى الألياف في دقيق التشيا والكينوا (Singh *et al.*, 2010)، ويمكن أن تكون النتائج مرتبطة أيضاً بقدرة أعلى على الاحتفاظ بالرطوبة وقابلية تمدد أقل لألياف بذور التشيا والكينوا (Goyat *et al.*, 2018)، وقد تؤدي زيادة مستوى البروتين المؤكسد أثناء عملية الخَبز أيضاً إلى منع تمدد البسكويت من خلال تكوين شبكات قوية وصلبة في مصفوفة العجين (Yamsaengsung *et al.*, 2012). بالإضافة إلى ذلك، لوحظ ازدياد صلابة البسكويت عند استبدال دقيق الشاهد مع دقيق الكينوا، إذ تراوحت صلابة العينات بين (3.45 غ) للشاهد و(3.85 غ) للبسكويت المدعم بنسبة 20% دقيق الكينوا و(3.70 غ) للبسكويت المدعم بنسبة 20% دقيق التشيا، غالباً ما يشكل الدقيق المركب مجاميع جزيئية

ناتجة عن المواقع المحبة للماء المعززة التي تتنافس على المياه المتاحة المحدودة المتوفرة في عجينة البسكويت (Baljeet *et al.*, 2010)، كما تؤدي كثافة الدقيق الأعلى في عينات البسكويت المركبة إلى زيادة كبيرة في الصلابة مقارنةً بعينات الشاهد، ويمكن أن يؤدي أيضاً استبدال دقيق الشاهد بدقيقين خاليين من الغلوتين إلى تقليل توتر (Strainability) البسكويت، وبالتالي زيادة صلابته (Mesias *et al.*, 2016).

الجدول 28؛ الخصائص التصنيعية لعينات البسكويت المحضر من خلطات الدقيق خالي الغلوتين

	الشاهد	دقيق الكينوا		دقيق التشيا	
		%10	%20	%10	%20
قطر القطعة (مم)	30.44 ± 0.12^{a}	30.64 ± 0.21^{a}	31.25 ± 0.32^{b}	31.10 ± 0.11^{b}	32.45 ± 0.24^{c}
سماكة القطعة (مم)	6.10 ± 0.05^{a}	6.40 ± 0.01^{b}	6.70 ± 0.11^{c}	6.50 ± 0.04^{d}	6.80 ± 0.01^{e}
معامل التمدد	4.99 ± 0.02^{a}	4.79 ± 0.01^{b}	4.66 ± 0.05^{c}	4.78 ± 0.01^{b}	4.77 ± 0.04^{b}
الصلابة (غ)	3.45 ± 0.01^{a}	3.60 ± 0.05^{b}	3.85 ± 0.02^{c}	3.50 ± 0.08^{d}	3.70 ± 0.01^{e}

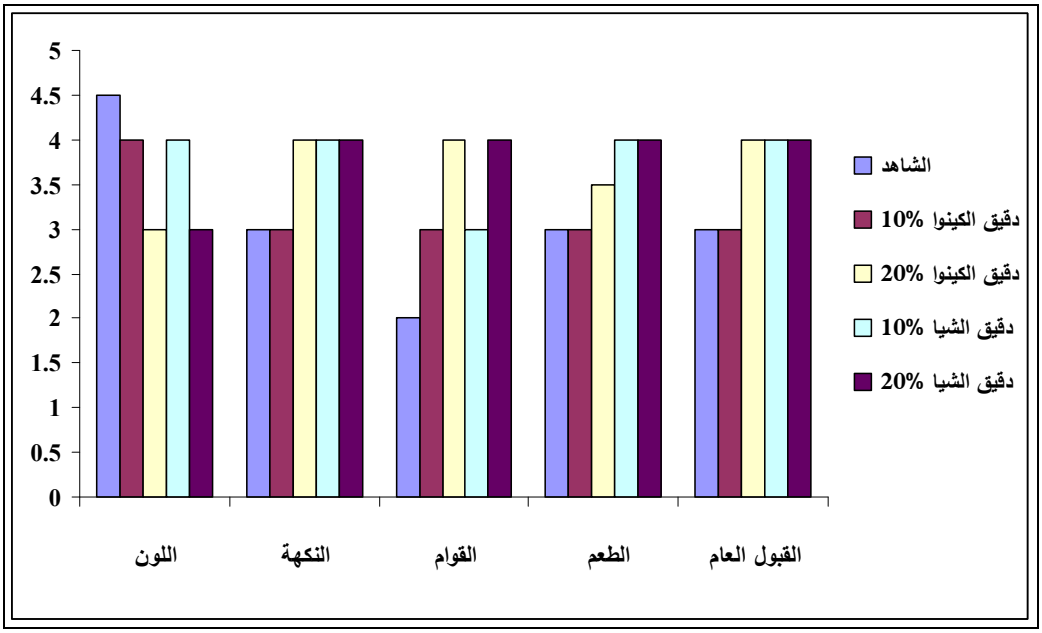
* تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروقات معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

3-14-7- تقييم الخصائص الحسية لعينات البسكويت المحضرة من خلطات الدقيق خالي الغلوتين:

قُيمت عينات البسكويت الخالية من الغلوتين حسياً من حيث اللون، النكهة، القوام، الطعم والقبول العام ، والنتائج التي تمَّ الحصول عليها موضحة في الشكل (14)، والتي تشير إلى وجود فروقات ذات دلالة إحصائية بين العينة الشاهد وعينات البسكويت الخالي من الغلوتين التي تحتوي على نسب مختلفة من دقيق الكينوا ودقيق التشيا.

لم تظهر فروقات معنوية في اللون بين العينات التي احتوت على 10% و20% دقيق كينوا (4 درجة و3 درجة) والعينات التي احتوت على 10% و20% دقيق التشيا (4 درجة و3 درجة على الترتيب)، إذ أظهرت

عينة الشاهد أعلى قيمة (4.5 درجة) مع اختلاف معنوي مقارنةً بعينات البسكويت الأخرى الخالية من الغلوتين. وعلى العكس من ذلك، ازدادت نكهة البسكويت مع رفع نسبة الاستبدال، إذ تراوحت بين (3 درجة) للشاهد و(4 درجة) للعينات المدعمة بنسبة 20% من كل من دقيق الكينوا ودقيق التشيا، بالإضافة إلى ذلك، أدت عملية الاستبدال إلى تحسن ملحوظ في قوام البسكويت الناتج، فبعد أن كانت قيمة القوام (2 درجة) لبسكويت الشاهد ارتفعت إلى (4 درجة) في الدقيق المركب من دقيق الأرز ودقيق الذرة الصفراء وكل من دقيق الكينوا أو دقيق التشيا، وترافق ذلك أيضاً بتحسن في طعم البسكويت (3–4 درجة) ودرجة القبول العام (3–4 درجة). بشكل عام، تشير نتائج التحليل الحسي إلى إمكانية إنتاج عينات بسكويت من دقيق الأرز ودقيق الذرة الصفراء والمدعم بدقيق الكينوا أو دقيق التشيا، وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Goyat *et al.*, 2018).



الشكل 14؛ الخصائص الحسية لعينات البسكويت المحضر من خلطات الدقيق خالي الغلوتين

الفصل الرابع

الاستنتاجات والتوصيات

Conclusions

and

Recommendations

4- الاستنتاجات CONCLUSIONS:

1. أظهرت عينات بذور الكينوا وبذور التشيا وحبوب القمح الطري وحبوب القمح القاسي اختلافات معنوية في جميع المؤشرات الفيزيوكيميائية، وكانت أعلى القيم للوزن النوعي، النسبة المئوية للرماد والنسبة المئوية للبروتينات لبذور التشيا.
2. بيَّن تحليل الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق بذور الكينوا، دقيق بذور التشيا، دقيق قمح الزيرو ودقيق القمح الموحد ارتفاع النسبة المئوية للرماد، النسبة المئوية للبروتينات ودرجة اللون في دقيق بذور الكينوا ودقيق بذور التشيا مقارنةً بنوعي دقيق القمح الزيرو والموحد.
3. أدت عملية استبدال دقيق القمح بدقيق بذور الكينوا ودقيق بذور التشيا إلى زيادة معنوية في جميع المؤشرات الفيزيوكيميائية المدروسة لنوعي دقيق القمح، فقد ازدادت النسبة المئوية للبروتينات، النسبة المئوية للرماد ودرجة لون الدقيق، وانخفضت النسبة المئوية للرطوبة.
4. أظهرت نتائج تحليل التباين بين عينات الدقيق المدروسة وجود اختلافات معنوية في مؤشرات الغلوتين الكمية والنوعية، حيث أدت إضافة دقيق الكينوا ودقيق التشيا إلى دقيق القمح لانخفاض معنوي في المؤشرات الكمية للغلوتين تناسب عكساً مع ازدياد نسبة الاستبدال، بينما لم تؤدِ إضافة دقيق الكينوا إلى انخفاض عالي المعنوية في المؤشر النوعي لغلوتين دقيق القمح، بشكل مخالف، فقد أدت عملية استبدال دقيق القمح بدقيق بذور التشيا إلى انخفاض عالي المعنوية في الخصائص النوعية لغلوتين دقيق القمح (دليل الغلوتين)، وبالتالي إن عملية استبدال دقيق القمح بدقيق بذور التشيا تؤدي إلى انخفاض في قوة الدقيق.
5. بيَّنت نتائج اختبار تحليل التباين لمؤشرات الفارينوغراف اختلاف تأثير إضافة دقيق البذور المدروسة اعتماداً على نوع دقيق القمح، حيث أدت إضافة دقيق الكينوا والتشيا إلى دقيق القمح إلى ارتفاع

معنوي في نسبة امتصاص الدقيق للماء، زمن تطور العجينة ودرجة ضعف العجينة، وانخفض زمن ثباتية العجينة والرقم الفالوريمتري.

6. أظهر تحليل الخصائص الريولوجية لعينات الدقيق المدروسة باستخدام تقنية الاكستينسوغراف الانخفاض التدريجي والمعنوي في قوة دقيق القمح مع رفع نسبة دقيق الكينوا ودقيق التشيا المضاف، متمثلاً بانخفاض القدرة، مقاومة الشد، المقاومة العظمى للشد والمطاطية، وازدياد المرونة.
7. توافقت نتائج المقاومة العظمى للشد، كمؤشر على قوة الدقيق ومقاس بتقنية الاكستينسوغراف مع نتائج زمن ثباتية العجينة، كمؤشر على قوة الدقيق ومقاس بتقنية الفارينوغراف، ونتائج دليل الغلوتين كمؤشر على قوة الدقيق ومقاس بتقنية الغلوتوماتيك، من حيث أن الانخفاض في قيم هذه المؤشرات لم يكن كبيراً وهو غير مهم من الناحية التكنولوجية، وبالتالي يمكننا الوصول إلى نتيجة مهمة تفيد بأن الاستبدال الجزئي لدقيق القمح لحد نسبة 40% من دقيق الكينوا الكامل لا تغير من قوة دقيق القمح، والتي من شأنها في حال انخفاضها أن تغير الوجهة التصنيعية للدقيق وجودة المنتج النهائي.
8. أظهر اختبار التحليل العنقودي لمقارنة تأثير عملية الاستبدال بكلاً من دقيق بذور الكينوا ودقيق بذور التشيا في خصائص أنواع دقيق القمح (دقيق الزيرو والدقيق الموحد) الفيزيوكيميائية والريولوجية نتيجة ذات أهمية كبيرة من حيث أنه يمكن استبدال دقيق القمح بدقيق بذور الكينوا أو دقيق بذور التشيا بنسبة تصل حتى 40% مع المحافظة، لحدٍ كبير، على خصائص دقيق القمح الفيزيوكيميائية والريولوجية، ويمكن أن يعود ذلك، وبحسب بعض الأبحاث العلمية، إلى احتواء دقيق بذور الكينوا والتشيا على بعض المركبات (البروتينات، اللبيدات، السكريات المتعددة والمستحلبات) التي تساعد في تعديل خصائص دقيق القمح وتعويض نسبة الغلوتين المفقودة خلال عملية الاستبدال.
9. بيَّن تحليل التركيب الكيميائي لخبز القالب والبسكويت المصنع من مستويات مختلفة من استبدال نوعي دقيق القمح بدقيق بذور الكينوا ودقيق بذور التشيا التأثير عالي المعنوية لإضافة دقيق البذور

في جميع المؤشرات الكيميائية المدروسة، حيث لوحظ ارتفاع نسبة الرطوبة، البروتين، الرماد، اللبيدات والألياف الخام وانخفاض نسبة الكربوهيدرات مع ارتفاع نسبة دقيق البذور في الخلطة، وبالتالي تعكس هذه النتائج الفوائد الصحية لاستخدام دقيق بذور الكينوا والتشيا في التطبيقات الغذائية ولتطوير منتجات المخابز المعززة للصحة كمنتجات مبتكرة.

10. أدت إضافة دقيق بذور الكينوا والتشيا إلى انخفاض معنوي في حجم الخبز، وقد ترافق ذلك أيضاً بانخفاض قيم الحجم النوعي للخبز. وبشكلٍ مماثلٍ، أدت إضافة دقيق الكينوا والتشيا إلى دقيق القمح المعد لتحضير البسكويت إلى تقليل معامل تمدد العينات، حيث تفيد هذه النتائج بأن استخدام دقيق الكينوا والتشيا في استبدال دقيق القمح له مزايا في إنتاج البسكويت من أنواع القمح الضعيفة من أجل تحسين قوام البسكويت الناتج، وفي إنتاج أنواع من البسكويت المرغوبة ذات معامل التمدد المنخفض.

11. تناقضت نتائج هذا البحث مع نتائج أبحاث سابقة والتي بينت ازدياد قيم صلابة البسكويت مع ارتفاع نسبة استبدال دقيق القمح بدقيق الكينوا أو التشيا في الخلطة.

12. لوحظ عدم وجود فروقات معنوية بين درجات التقييم الحسي للخبز والبسكويت المصنوع من دقيق القمح فقط ومخلوط دقيق الكينوا أو التشيا حتى 10%، حيث بدأت الفروقات المعنوية بالظهور عند رفع نسبة الاستبدال إلى 20%، بينما أظهر خبز القالب المكمّل باستبدال عالي المستوى لدقيق البذور قشرة بنية أكثر من خبز الشاهد. وبشكل عام، أظهر خبز القالب والبسكويت المكمّل بدقيق البذور تشابهاً معتدلاً مع قبول عام لأعضاء اللجنة، مما يشير إلى مقبولية خبز القالب والبسكويت المطوّر مع دقيق الكينوا بنسبة تصل إلى 40%.

13. بين اختبار التحليل العنقودي لخصائص الجودة لمنتجات المخابز المدروسة أنه يمكن استبدال دقيق القمح بنسبة تصل حتى 10% من دقيق بذور الكينوا أو دقيق بذور التشيا وإنتاج خبز مشابه إلى حدٍ كبير في خصائصه التصنيعة والكيميائية للخبز المحضر من دقيق القمح فقط، كما يمكن رفع نسبة

الاستبدال إلى 40% مع المحافظة على خصائص كيميائية وتصنيعية مقبولة لخبز القالب. أما بالنسبة للبسكويت، تشير النتائج إلى إمكانية رفع نسبة الاستبدال في دقيق الزيرو إلى 20% من دقيق بذور الكينوا والحصول على بسكويت مشابه في خصائصه الكيميائية والتصنيعية لبسكويت الشاهد المحضر من دقيق القمح فقط، بالإضافة إلى ذلك، يمكن رفع نسبة الاستبدال حتى 40% من دقيق بذور الكينوا أو دقيق بذور التشيا والحصول على منتج جديد بخصائص كيميائية وتصنيعية مختلفة عن البسكويت التقليدي من دقيق القمح، ويمكن أن يكون مقبول حسياً.

14. تظهر نتائج تحليل التركيب التقريبي لدقيق الكينوا ودقيق التشيا ارتفاع نسبة البروتينات واللبيدات والألياف وانخفاض نسبة النشاء مقارنةً بدقيق الأرز ودقيق الذرة الصفراء، وذلك بسبب الحجم النسبي للجنين داخل الحبوب، وبالتالي إن دقيق الكينوا ودقيق التشيا يقدمان خصائص فيزيائية وكيميائية مثيرة للاهتمام لصناعة الأغذية.

15. أدى استبدال دقيق الشاهد، المكون من دقيق الأرز ودقيق الذرة الصفراء، بنسبة 10% و20% من كل من دقيق الكينوا ودقيق التشيا إلى ارتفاع نسبة الرطوبة، الرماد، البروتين، اللبيدات والألياف الخام وانخفاض محتوى النشاء في كل من خبز القالب والبسكويت الناتج.

16. ازدياد حجم رغيف خبز الأرز والذرة الصفراء تدريجياً، مترافقا أيضاً مع ازدياد وزنه وانخفاض حجمه النوعي، بزيادة مستويات الاستبدال من دقيق الكينوا ودقيق التشيا، مع تفاوت في الحجم النوعي لجميع التركيبات المدروسة، إذ تأثرت هذه الخاصية سلباً عندما تم تضمين المكونات الخالية من الغلوتين من الكينوا والتشيا والمحتوية على نسبة أعلى من الألياف، مما أدى إلى ضعف الاحتفاظ بثاني أكسيد الكربون المنتج أثناء التخمير.

17. أدت إضافة دقيق التشيا ودقيق الكينوا بنسب مختلفة إلى عجينة البسكويت إلى تغييرات ملحوظة في الخصائص الفيزيائية مع وجود اختلافات معنوية واضحة في المؤشرات المدروسة بين بسكويت الشاهد

وعينات البسكويت الأخرى الخالية من الغلوتين، وتمَّ تسجيل القيم الأعلى لمعامل التمدد بواسطة عينة البسكويت الشاهد وأقلها لعينة البسكويت الخالي من الغلوتين والتي احتوت على 20% دقيق الكينوا، بالإضافة إلى ذلك، لوحظ ازدياد صلابة البسكويت عند استبدال دقيق الشاهد بدقيق الكينوا ودقيق التشيا.

18. أظهرت نتائج تقييم الصفات الحسية إلى أنه كلما تمت إضافة دقيق الكينوا ودقيق التشيا إلى دقيق الشاهد أصبح رغيف الخبز أفضل من حيث اللون، النكهة، القوام، الطعم ودرجة القبول العام، كما تشير نتائج التحليل الحسي للبسكويت إلى إمكانية إنتاج عينات بسكويت من دقيق الأرز ودقيق الذرة الصفراء والمدعم بدقيق الكينوا أو دقيق التشيا والمقبولة حسياً.

5- المقترحات والتوصيات RECOMMENDATIONS:

1. دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية لأصناف بذور الكينوا وبذور التشيا المزروعة محلياً ومقارنتها مع أصناف القمح المستوردة.
2. تحديد التركيب النوعي لبروتينات ولبيدات دقيق بذور الكينوا ودقيق بذور التشيا المزروعة محلياً من حيث الأحماض الأمينية والدهنية.
3. دراسة الخصائص التغذوية لمنتجات المخابز المدعمة بدقيق الكينوا ودقيق التشيا، مثل مضادات الأكسدة، المحتوى المعدني والفيتامينات.
4. العمل على تحضير منتجات أخرى، مثل المعكرونة والنودلز المدعمة بنسب مختلفة من دقيق بذور الكينوا ودقيق بذور التشيا.
5. تقييم خصائص الخبز العربي المعد من دقيق القمح القياسي (الدقيق الموحد التمويني) بنسب استبدال مختلفة من دقيق بذور الكينوا ودقيق بذور التشيا.
6. العمل على أمثلة تركيبة الدقيق الخالي من الغلوتين من أنواع الدقيق المدروسة والملائمة لتصنيع خبز القالب والبسكويت.

المراجع العلمية

References

6- المراجع العلمية REFERENCES:

AACC. (2000). Approved Methods of the AACC, 10th edn. **Methods 10-22, 55-10, 44-15A, 08-01, 46-10, 30-25, 32-45**. St Paul, MN. AACC.

Abd Rabou, E. A. A. (2017). Assessment of chemical composition and physical properties of gluten- free composite flour and quality attributes of pan bread. **Bull. Fac. Agric., Cairo Univ.**, 68, 1-10.

Abera, G., Solomon, W. and Bultosa, G. (2017). Effect of drying methods and blending ratios on dough rheological properties, physical and sensory properties of wheat–taro flour composite bread. **Food Science & Nutrition**, 5, 653-661.

Abou Raya, M. A., Ibrahim, F. Y., Abdel-Haleem, A. M. H. and Abosalem, K. I. (2019). Influence of incorporating chia seeds on the quality characteristics of pan bread. **J. Food and Dairy Sci.**, 10, 159-163.

Abugoch, J. (2009). *Chenopodium quinoa* Willd.: Composition, chemistry, nutritional, and functional preoperties. **Adv Food Nutr Res.**, 58, 1-31.

Abugoch, L. E., Romero, N., Tapia, C. A., Silva, J. and Rivera, M. (2008). Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) protein isolates. **Journal of Agricultural and Food chemistry**, 56, 4745-4750.

Adamczyk, G., Ivanišová, E., Kaszuba, J., Bobel, I., Khvostenko, K. and Chmiel, M. Falendysh, N. (2021). Quality assessment of wheat bread incorporating chia seeds. **Foods**, 10, 2376.

Agarwal, A., Rizwana, M., Tripathi, A. D., Kumar, T., Sharma, K. P. and Patel, S. K. S. (2023). Nutritional and functional new perspectives and potential health benefits of quinoa and chia seeds. **Antioxidants (Basel)**, 12, 1413.

Aguiriano, E., Ruiz, M., Fite, R., Carrillo, J. M. (2006). Analysis of genetic variability in a sample of the durum wheat (*Triticum durum* Desf.) Spanish collection based on gliadin markers. **Genet Resour Crop**, 53, 1543-1552.

Al-Marazeeq, K. and Angor, M. (2017). Chemical characteristic and sensory evaluation of biscuit enriched with wheat germ and the effect of storage time on the sensory properties for this product. **Food and Nutrition Sciences**, 08, 189-195.

Al-Saleh, A. and Brennan, C. (2012). Bread wheat quality: Some physical, chemical and rheological characteristics of Syrian and English bread wheat samples. **Foods**, 1, 3-17.

Al-Toma, A., Volta, U., Auricchio, R., Castillejo, G., Sanders, D. S., Cellier, C., Mulder, C. J. and Lundin, K. (2019). European society for the study of coeliac disease (ESsCD) guideline for coeliac disease and other gluten-related disorders. **United Eur. Gastroenterol. J.**, 7, 583-613.

Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K. and Gallagher, E. (2009). Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. International **Journal of Food Sciences and Nutrition**, 60, 240-257.

Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K. and Gallagher, E. (2010). Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. **Trends in Food Science and Technology**, 21, 106-113.

Ando, H., Chen, Y. C., Tang, H., Shimizu, M., Watanabe, K. and Mitsunaga, T. (2002). Food components in fractions of quinoa seed. **Food Sci. Technol. Res.**, 8, 80-84.

Angeli, V., Miguel S., P., Crispim M. D., Khan, M. W., Hamar, A., Khajehei, F., Graeff-Honninger, S. and Piatti, C. (2020). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An overview of the potentials of the "Golden Grain" and socio-economic and environmental aspects of its cultivation and marketization. **Foods**, 9, 216-247.

Anjum, M. F., Stevanin, T. M., Read, R. C. and Moir, J. W. B. (2002). Nitric oxide metabolism in neisseria meningitides. **Journal of Bacteriology**, 184, 2987-2993.

Atef, A. A. Z., El-Faham, S. Y. and Wafaa, H. E. (2014). Use of quinoa meal to produce bakery products to celiac and autism stuffs. **Int. J. of Sci. and Research (IJSR)**, 3, 1344-1354.

Atkinson, F. S., FosterPowell, K. and BrandMiller, J. C. (2008). International tables of glycemic index and glycemic load values: **Diabetes Care**, 76, 2281-2283.

Aussenac, T., Rhazi, L. and Branlard, G. (2020). Molecular weight distribution of polymeric proteins in wheat grains: The rheologically active polymers. **Foods**, 9, 1675-1692.

Ayerza, R. (2010). Effects of seed colour and growing locations on fatty acid content and composition of two chia (Salvia hispanica L.) genotypes. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, 87, 1161-1165.

Ayerza, R. J. and Coates, W. (2005). Chia: Rediscovering and Ancient Crop of The Aztecs. **University of Arizona Tucson**, Arizona, USA.

Ayerza, R. J. and Coates, W. (2007). Seed yield oil content and fatty acid composition of three botanical sources & omega-3-fatty acid planted in the yungas ecosystem of tropical Argentina. **Tropical Science**, 47, 183-187.

Azizi, S., Azizi, M. H., Moogouei, R. and Rajaei, P. (2020). The effect of quinoa flour and enzymes on the quality of gluten-free bread. **Food Science & Nutrition**, 8, 2373-2382.

Baljeet, S. Y., Ritika, B. Y. and Roshan, L. Y. (2010). Studies of functional properties and incorporation of buckwheat flour for biscuit making. **International Food Research Journal**, 17, 1067-1076.

Barakat, H., Khalifa, I., Ghazal, G. Shams, A. and Denev, P. (2017). Chemical composition and nutritional value of seeds from new quinoa accessions, cultivated in Egypt. **Bulgarian Chemical Communications**, 49, 231-238.

Barrientos, V. A., Aguirre, A. and Borneo, R. (2012). Chia (*Salvia hispanica* L.) can be used to manufacture sugar-snap cookies with an improved nutritional value. **International Journal of Fuzzy Systems**, 1, 135-143.

Bastidas, E. G., Roura, R., Rizzolo, D. A. D., Massanés, T. and Gomis, R. (2016). Quinoa (Chenopodium quinoa Willd), from nutritional value to potential health benefits: An integrative review. **Journal of Nutrition and Food Science**, 6, 497-508.

Bhargava, A., Shukla, S. and Ohri, D. (2006). Chenopodium quinoa an Indian persepctive. **Ind Crops Prod.**, 23, 73-87.

Bietz, J. A., Shepherd, K. W. and Wall, J. S. (1975). Single kernel analysis of glutenin. **Theor. Appl. Genet.**, 70, 599.

Bilalis, D., kakabouki, I., Karkanis, A., Travolis, I., Triantafyllidis , V. and Hela, D. (2012). Seed and saponin production of organic quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) for different tillage and fertilization. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, 40, 42-46.

Bilgiçli, N and İbanoğlu, Ş. (2015). Effect of pseudo cereal flours on some physical, chemical and sensory properties of bread. **Journal of Food Science and Technology**, 52, 1-5.

Bozdogan, N., Kumcuoglu, S. and Tavman, S. (2019). Investigation of the effects of using quinoa flour on gluten-free cake batters and cake properties. **J Food Sci Technol.**, 56, 683-694.

Brandão, N. A., Lima Dutra, M. B., Gaspardi, A. L. A. and Campos, M. R. S. (2019). Chia (*Salvia hispanica* L.) cookies: physicochemical/microbiological attributes, nutrimental value and sensory analysis. **Journal of Food Measurement and Characterization**, 13, 1100-1110.

Branlard, G., Dardevet, M., Saccomano, R., Lagoutte, F. and Gourdon, J. (2001). Genetic diversity of wheat storage proteins and bread wheat quality. **Euphytica**, 119, 59-67.

Brito, I. L., de Souza, E. L., Felex, S. S. S., Madruga, M. S., Yamashita, F. and Magnani, M. (2015). Nutritional and sensory characteristics of gluten-free quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)-based cookies development using an experimental mixture design. **J. Food Sci. Technol.**, 52, 5866-5873.

Brütsch, L., Stringer, F. J., Kuster, S., Windhab, E. J. and Fischer, P. (2019). Chia seed mucilage—A vegan thickener: Isolation, tailoring viscoelasticity and rehydration. **Food Funct.**, 10, 4854-4860.

Bushuk, W. and Zillman, R. R. (1978). Wheat cultivar identification by gliadin electrophoregrams. I. Apparatus, method and nomenclature. **Can. J. Plant Sci.**, 58, 505-515.

Cannas, M., Pulina, S., Conte, P., Del Caro, A., Urgeghe, P. P., Piga, A. and Fadda, C. (2020). Effect of substitution of rice flour with quinoa flour on the chemical-physical, nutritional, volatile and sensory parameters of gluten-free ladyfinger biscuits. **Foods**, 9, 808-824.

Capelli, A., Oliva, N. and Cini, E. (2020). A systematic review of gluten-free dough and bread: Dough rheology, bread characteristics, and improvement strategies. **Appl. Sci.**, 10, 6559.

Capitani, M. I., Spotorno, V., Nolasco, S. M. and Tomas, M. C. (2012). Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispanica* L.) seeds of Argentina. **LWT Food Science and Technology**, 45, 94-102.

Castellion, M., Silvia, M., Pilar, B. and Sara, M. (2010). Protein deterioration and longevity of quinoa seeds during long-term storage. **Food chem.**, 121, 952-958.

Cauvain, S. P. and Linda, S. Y. (2007). Bread-making process. In: **Technology of Breadmaking.** Chapter 2, (2nd Ed.) Springer, New York, USA, pp. 28-33.

Chandra, S., Singh, S. and Kumari, D. (2015). Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. **J Food Sci Technol.**, 52, 3681-3688.

Choukr-Allah, R., Rao, N. K., Hirich, A., Shahid, M., Alshankiti, A. and Toderich K. (2016). Quinoa for marginal environments: toward future food and nutritional security in MENA and Central Asia Regions. **Front. Plant Sci.**, 7, 346-357.

Ciaffi, M., Tozzi, L. and Lafiandra, D. (1996). Relationship between flour protein composition determined by size-exclusion high-performance liquid chromatography and dough rheological parameters. **Cereal Chemistry**, 73, 346–351.

Coelho, M. S. and Salas-Mellado, M. M. (2014). Chemical characterization of chia (*Salvia hispanica* L.) for use in food products. **Journal of Food and Nutrition Research**, 2, 263-269.

Coelho, M. S. and Salas-Mellado, M. M. (2015). Effects of substituting chia (*Salvia hispanica*) flour or seeds for wheat flour on the quality of the bread. **LWT-Food Science and Technology**, 60, 729-736.

Córdova-Pozo, K. (2002). La cadena global de la quinua en la parte Andina de Bolivia 1990 -2002. **Thesis of Economics**, UMSS. Cochabamba-Bolivia.

Costantini, L., Luksic, L., Molinari, R., Kreft, I., Bonafaccia, G., Manzi, L. and Merendino, N. (2014). Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. **Food Chemistry**, 165, 232-240.

Cotovanu, I. and Mironeasa, S. (2020). Characterization of quinoa seeds milling fractions and their effect on the rheological properties of wheat flour dough. **Applied Sciences**, 10, 7225-7246.

Cruces, L., de la Pena, E. and De Clercq, P. (2020). Seasonal phenology of the major insect pests of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and their natural enemies in a traditional zone and two new production zones of Peru. **Agriculture**, 10, 644-661.

Dadkhah Hashemiravan, A., Hashemiravan, M. and Seyedain-Ardebili, M. (2012). Effect of shortening replacement with nutrim oat bran on chemical and physical properties of shortened cakes. **Annals of Biological Research**, 3, 2682-2687.

Dakhili, S., Abdolalizadeh, L., Hosseini, S. M., Shojaee-Aliabadi, S. and Mirmoghtadaie, L. (2019). Quinoa protein: Composition, structure and functional properties. **Food Chem.**, 299, 125161.

Dally, V. and Navarro, L. (1999). Flour tortillas: a growing sector of the U.S. food industry. **Cereal Foods World**, 44, 457-459.

Danielsen, S., Jacobsen, S. E. and Hockenhull, J. (2002). First report of Downy Mildew of quinoa caused by *Peronospora farinosa* f. sp. *chenopodii* in Denmark. **Plant Dis.**, 86, 1175.

Delcour, J., Joye, I., Pareyt, B., Wilderjans, E., Brijs, K. and Lagrain, B. (2012). Wheat gluten functionality as a quality determinant in cereal-based food products. **Annual review of food science and technology**, 3, 469-492.

Demir, M. K. and Kilinç, M. (2017). Utilization of quinoa flour in cookie production. **International Food Research Journal**, 24, 2394-2401.

Deora, N. V., Deswal, A. H. N. and Mishra, H. N. (2014). Alternative approaches towards gluten-free dough development: Recent trends. **Food Eng. Rev.**, 6, 89-104.

Dickinson, O. J. (2015). Safety Assessment of Chia Seed (Extension of Use). **Food Safety Authority of Ireland**. Franklin, A. M and Hongu, N. Chia seeds. University of Arizona Extension.

Dini, I., Tenore, G. C. and Dini, A. (2005). Nutritional and antinutritional composition of Kancolla seeds: an interesting and underexploited andine food plant. **Food Chemistry**, 92, 125-132.

Divyashree, K., Ashwath Kumar, K. A., Sharma, G. K.1, Semwal, A. D. and Umesha, M. (2016). Development and storage stability of buckwheat - chia seedsfortified biscuits. **Intl. J. Food. Ferment. Technol.**, 6(1), 103-110.

Dong, H., Cox, T. S., Sears, R. G. and Lookhart, G. L. (1991). High molecular weight glutenin genes: Effects on quality in wheat**. Crop Science**, 31, 974-979.

Dubat, A. and Bock, J. (2019). Impact of the wheat tempering procedure on the grain behavior during milling and on the flour quality at the laboratory PART.1: Effect of final tempering moisture content. **Technical Report**, CHOPIN Technologies.

Dumschott, K., Wuyts, N., Alfaro, C., Castillo, D., Fiorani, F. and Zurita-Silva A. (2022). Morphological and physiological traits associated with yield under reduced irrigation in Chilean Coastal Lowland Quinoa. **Plants (Basel)**, 26, 323.

Dundar, A. N., Aydin, E., Yildiz, E. and Parlak, O. (2021). Effects of chia seed on chemical properties and quality characteristics of regular and low-fat crackers. **Food Sci. Technol, Campinas**, 41, 919-927.

Edwards, N. M., Dexterl, J. E. and Scanlon, M. G. (2001). The use of rheological techniques to elucidate durum wheat dough strength properties. **ICHEAP-5**, 2, 825-830.

El Hazzam, K., Hafsa, J., Sobeh, M., Mhada, M., Taourirte, M., EL Kacimi, K. and Yasri, A. (2020). An Insight into saponins from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): A review. **Molecules**, 25, 1059.

El-Hamid, H and El-Makhzangy, A. (2019). Preparation and evaluation of physical and chemical properties of gluten-free biscuits. **Journal of Productivity and Development**, 24, 77-94.

Elhassaneen, Y., Abd Elhady, Y. and Mohamed, N. (2014). The use of gum Arabic from acacia tree (*Acacia senegal*), a food additive to improve the nutritional and rheological properties of wheat flour dough. **Life Sci J.**, 11, 385- 393.

Elhassaneen, Y., Ragab, S. and Mashal, R. (2016). Improvement of bioactive compounds content and antioxidant properties in crackers with the incorporation of prickly pear and potato peels powder. **International Journal of Nutrition and Food Sciences**, 5, 53-61.

Elsohaimy, S. A., Refaay, T. M. and Zaytoun, M. A. M. (2015). Physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. **Annals of Agricultural Sciences**, 60, 297-305.

El-Sohaimy, S., Mohamed, S. E., Shehata, M., Mehany, T. and Zeitoun, M. (2018). Compositional analysis and functional characteristics of quinoa flour. **Annual Research & Review in Biology**, 22, 1-11.

Eltahan, A., Kandil, E., Ibrahim, O. and Wali, A. (2019). Saline water as supplementary irrigation and plant distance in relation to the productivity and quality of quinoa under calcareous soil conditions. **Journal of Sustainable Agricultural Sciences**, 45, 67-79.

Enriquez, N., Peltzer, M., Raimundi, A., Tosi, V. and Pollio, M. L. (2003). Characterization of wheat and quinoa flour blends in relation to their breadmaking quality. **Anales des la Asociacion Quimica Argentina**, 91, 47-54.

Escuredo, O., Martin, M., Moncada, G., Fischer, S. and Hierro, J. (2014). Amino acid profile of the quinoa (*chenopodium quinoa* Willd.) using near infrared spectroscopy and chemometric techniques. **J. Cereal Sci.**, 60, 67-74.

Esquinas-Alcázar, J. (2005). Protecting crop genetic diversity for food security: political, ethical and technical challenges. **Science and Society**, 6, 946-953.

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

FAO. (2013). Area of quinoa harvested in three Andean countries in 5 referential years. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome.

Fernandes, S. S. and Salas-Mellado, M. L. (2017). Addition of chia seed mucilage for reduction of fat content in bread and cakes. **Food Chemistry**, 227, 237-244.

Ferng, L. H., Liou, C. M., Yeh, R. and Chen, S. H. (2016). Physicochemical property and glycemic response of chiffon cakes with different rice flours. **Food Hydrocolloids**, 53, 172-179.

Ferrari-Felisberto, M. H., Wahanik, A. L., Gomes-Ruffi, C. R., Clerici, M. T. P. S., Chang, Y. K. and Steel, C. J. (2015). Use of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage gel to reduce fat in pound cakes. **Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie**, 63, 1049-1055.

Fido, R. J., Bekes, F., Gras, P. W. and Tatham, A. S. (1997). Effects of α-, β-, γ- and ϖ-gliadins on the dough mixing properties of wheat flour. **Journal of Cereal Science**, 26, 271-277.

Filho, A. M. M., Pirozi, M. R., Borges, J. T. D. S., Pinheiro Sant'Ana, H. M., Chaves, J. B. P. and Coimbra, J. S. D. R. (2017). Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 57, 1618-1630.

Finney, K. F., Jones, B. L. and Shogren, M. D. (1982). Functional (bread-making) properties of wheat protein fractions obtained by ultracentrifugation. **Cereal Chem.**, 59, 449.

Franco, W., Evert, K. and Van Nieuwenhove, C. (2021). Quinoa flour, the germinated grain flour, and sourdough as alternative sources for gluten-free bread formulation: impact on chemical, textural and sensorial characteristics. **Fermentation**, 7, 115-131.

Fustier, P., Castaigne, F., Turgeon, S. L. and Biliaderis, C. G. (2009). Impact of commercial wheat fl our streams on dough rheology and quality a ributes of cookies. **J. of Food Eng.**, 90: , 228-237.

Gabrovská, D., Hálová, I., Chrpová, D., Ouhrabková, J., Sluková, M., Vavreinová, S., Faměra, O., Kohout, P., Pánek, J. and Skřivan, P. (2020). Cereals in human nutrition. In Obiloviny v Lidské Výživě, 1st ed.; Federation of the Food and Drink Industries of the Czech Republic: **Prague, Czech Republic**, pp. 44-49.

Gandhi, A. P., Kotwaliwale, N., Kawalkar, J., Srivastav, D. C., Parihar, V. and Raghu, N. (2001). Effect of incorporation of defatted soyflour on the quality of sweet biscuits. **Journal of Food Science and Technology-Mysore**, 38, 502-503.

García-Salcedo, A. J., Torres-Vargas1, O. L. and Ariza-Calderón, H. (2018). Physical-chemical characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), amaranth (*Amaranthus caudatus* L.), and chia (*Salvia hispanica* L.) flours and seeds. **Acta Agronómica**, 67, 215-222.

Geren, H. and Gure, E. (2017). A preliminary study on the effect of different N and P levels on the grain yield and other yield components of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). **Journal of Agriculture Faculty of Ege University**, 54, 1-8.

Gianibelli, M. C., Larroque, O. R., MacRitchie, F. and Wrigley, C. W. (2001). Biochemical, genetic and molecular characterization of wheat glutenin and its component subunits. **Cereal Chem.**, 78, 6, 635-646.

Gómez, M. and Sciarini, L. S. (2015). Gluten-Free Bakery Products and Pasta. In Advances in the Understanding of Gluten Related Pathology and the Evolution of Gluten-Free Foods, Arranz, E., Fernández-Bañares, F., Rosell, C. M., Rodrigo, L. and Peña, A. S., Eds.; **OmniaScience**: Barcelona, Spain, 2015; pp. 565-604.

Gómez-Caravaca, A. M., Segura-Carretero, A., Fern, A. and Caboni, M. F. (2011). Simultaneous determination of phenolic compounds and saponins in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) by a liquid chromatography-diode array detection-electrosprayionization-time-of-flight mass spectrometer methodology. **J. Agric. Food Chem.**, 59, 10815-10825.

Gonzales, J., Konishi, Y., Bruno, M., Valoy, M. and Pradoc, F. (2012). Inter-relationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivars from two different agro-ecological regions. **J Sci Food Agric.**, 92, 1222-1229.

Goyat, J., Passi, S., Suri, S. and Dutta, H. (2018). Development of chia (Salvia hispanica, L.) and quinoa (Chenopodium quinoa, L.) seed flour substituted cookies- physicochemical, nutritional and storage studies. **Current Research in Nutrition and Food Science Journal**, 6, 757-769.

Grancieri, M., Martino, H. S. D. and De Mejia, E. G. (2019). Chia seed (Salvia hispanica L.) as a source of proteins and bioactive peptides with health benefits: A review. **Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.**, 18, 480-499.

Graybosch, R. A., Peterson, C. J., Hansen, L. E. and Mattern, P. J. (1990). Relationships between protein solubility characteristics, 1BL/lRS, high molecular weight glutenin composition, and end-use quality in winter wheat germ plasm. **Cereal Chem.**, 67, 342.

Guiotto, E. N., Ixtaina, V. Y., Tomás, M. C. M. and Nolasco, S. M. (2013). Moisture-dependent engineering properties of chia (Salvia hispánica L.) seeds. In: **Food Industry**. INTECH, 381-397.

Guiotto, E., Ixtaina, V. Y., Tomás, M. C. and Nolasco, S. M. (2011). Influence of moisture content on physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. **Trans. ASABE**, 54, 527-533.

Gulia, N. and Khatkar, B. (2015). Quantitative and qualitative assessment of wheat gluten proteins and their contribution to instant noodle quality. **International Journal of Food Properties**, 18, 1648-1663.

Gupta, R. B. and Shepherd, K. W. (1987). Genetic control of LMW glutenin subunits in bread wheat and association with physical dough properties. In: Proc. Int. **Workshop on Gluten Proteins**, 3rd ed. Lasztity, R. and Bekes, F. eds. World Scientific: Singapore.

Gupta, R. B. and Shepherd, K. W. (1990). Two-step one-dimensional SDS-PAGE analysis of LMW Subunits of glutelin. I. Variation and genetic control of the subunits in hexaploid wheats. **Theoretical and Applied Genetics**, 80, 65-74.

Gupta, R. B., Masci, S., Lafiandra, D., Bariana, H. S. and MacRitchie, F. (1996). Accumulation of protein subunits and their polymers in developing grains of hexaploid wheats. **Journal of Experimental Botany**, 47, 1377-1385.

Gupta, R. P., Batey, I. L. and MacRitchie, F. (1992). Relationships between protein composition and functional properties of wheat flours. **Cereal Chemistry**, 69, 125-131.

Hager, A. S., Wolter, A., Jacob, F., Zannini, E. and Arendt, E. K. (2012). Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. **Journal of Cereal Science**, 56, 239-247.

Hallen, E., Ibanoglu, S. and Ainsworth, P. (2004). Effect of fermented/germinated cowpea flour addition on the rheological and baking properties of wheat flour. **Journal of Food Engineering**, 63, 177-184.

Han, Y., Chi, J., Zhang, M., Zhang, R., Fan, S., Dong, L., Huang, F. and Liu, L. (2019). Changes in saponins, phenolics and antioxidant activity of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd) during milling process. **LWT Food Science and Technology**, 114, 108381-108417.

Hasler, C. M. (2002). Functional foods: benefits, concerns and challenges- A position paper from the American Council on Science and Health. **The Journal of Nutrition**, 132, 3772-3781.

Hellin, J. and Higman, S. (2005). Crop diversity and livelihood security in the Andes. **Dev. Pract.**, 15, 165-174.

Hinojosa, L., Leguizamo, A., Carpio, C., Muñoz, D., Mestanza U. C., Ochoa, J., Castillo, C., Murillo, A., Villacréz, E., Monar, C., Pichazaca, N. and Murphy, K. (2021). Quinoa in Ecuador: Recent advances under global expansion. **Plants**, 10, 298-320.

Hooda, S. and Jood, S. (2005). Organoleptic and nutritional evaluation of wheat biscuits supplemented with untreated and treated fenugreek flour. **Food Chemistry**, 90, 427-435.

Horstman, S. W., Atzler, J. J., Heitmann, M., Zannini, E., Lynch, K. M. and Arendt, E. K. (2019). A comparative study of gluten-free sprouts in the gluten-free bread-making process. **Eur. Food Res. Technol.**, 245, 617-629.

Hrušková, M. and Švec, I. (2015). Chemical, rheological and bread characteristics of wheat flour influenced by different forms of chia (*Salvia hispanica* L.). **Em. J. Food Agri.**, 27, 872-877.

Hussain, M. I., Farooq, M., Syed, Q. A., Ishaq, A., Al-Ghamdi, A. A. and Hatamleh, A. A. (2021). Botany, nutritional value, phytochemical composition and biological activities of quinoa. **Plants (Basel)**, 10, 2258.

Iglesias-Puig, E. and Haros, M. (2013). Evaluation of performance of dough and bread incorporating chia (*Salvia hispanica* L.). **European Food Research and Technology**, 237, 865-874.

Inglett, G. E., Chen, D. and Liu S. (2014). Physical properties of sugar cookies containing chia-oat composites. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 94, 3226-3233.

Ixtaina, V. Y., Nolasco, S. M. and Tomas, M. C. (2008). Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. **Industrial Crops and Products**, 28, 286-293.

Ixtaina, V. Y., Vega, A., Nolasco, S. M., Tomás, M. C., Gimeno, M. and Bárzana, E. (2010). Supercritical carbon dioxide extraction of oil from mexican chia seed (Salvia hispanica L.); characterization and process optimization. **Journal of Supercritical Fluids**, 55, 192-199.

Jacbsen, S. (2003). The world wide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). **Food Rev Int.**, 19, 167-177.

Jacobsen, S., Hill, J. and Stolen, O. (1996). Stability of quantitative traits in quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Theor Apple Genet.**, 93, 110-116.

Jamieson, P. D., Stone P. J. and Semenov, M. A. (2001). Towards modeling uality in wheat from grain nitrogen concentration to protein composition. **Aspects of Applied Biology**, 64, 111-126.

Jan, K. N., Panesar, P. S. and Singh, S. (2018). Optimization of antioxidant activity, textural and sensory characteristics of gluten-free cookies made from whole indian quinoa flour. **Lebensm. Wiss.**, 93, 573-582.

Jancurová, M., Minarovičová, L. and Dandár, A. (2009). Quinoa – a review. **Czech J. Food Sci.**, 27, 71-79.

Jarvis, D. E., Ho, Y. S., Lightfoot, D. J., Schmöckel, S. M., Li, B., Borm, T. J., Ohyanagi, H., Mineta, K., Michell, C. T., Saber, N., Kharbatia, N. M., Rupper,

R. R., Sharp, A. R., Dally, N., Boughton, B. A., Woo, Y. H., Gao, G., Schijlen, E. G., Guo, X., Momin, A. A., Negrão, S., Al-Babili, S., Gehring, C., Roessner, U., Jung, C., Murphy, K., Arold, S. T., Gojobori, T., Linden, C. G., van Loo, E. N., Jellen, E. N., Maughan, P. J. and Tester, M. (2017). The genome of Chenopodium quinoa. **Nature** 542, 307-312.

Jaswinder, S., Malcolm, B., Greg, T. and John, H. S. (2001). Albumin and globulin proteins of wheat flour immunological and n-terminal sequence characterisation**. J. Cereal Sci.,** 34, 85-103.

Jellen, E. N., Maughan, P. J., Fuentes, F. and Kolano B. A. (2015). Botany, phylogeny and evolution. In **State of the Art Report on Quinoa Around the World 2013**, eds Bazile, D., Bertero, D. and Nieto C., Rome: FAO; CIRAD, 12-23.

Jin, F., Nieman, D. C., Sha, W., Xie, G., Qiu, Y. and Jia, W. (2012). Supplementation of milled chia seeds increases plasma ALA and EPA in postmenopausal women. **Plant Foods Hum. Nutr.**, 67, 105-110.

Joppa, L.R., Khan, K. and Williams, N.D. (1983). Chromosomal location of genes for gliadin polypeptides in durum wheat *Triticum turgidum* L. **Theor. Appl. Genet.**, 64, 289-293.

Juang, Y. P. and Liang, P. H. (2020). Biological and pharmacological effects of synthetic saponins. **Molecules**, 25, 4974.

Kent, N. (1983). Chemical composition of cereals. In: **Technology of Cereals**, 3rd edn., pp. 27-48. Oxford: Pergamon Press.

Keppel, S. (2012). The Quinoa boom is a lesson in the global economy. **ABC Univision**, March 4, 2012.

Konishi, Y., Hirano, S., Tsuboi, H. and Wada, M. (2004). Distribution of minerals in quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) seeds. **Biosci. Biotechnol. Biochem.**, 68, 231-234.

Kowalski, S., Mikulec, A. and Pustkowiak, H. (2020). Sensory assessment and physicochemical properties of wheat bread supplemented with chia seeds. **Pol. J. Food Nutr. Sci.**, 70, 387-397.

Koyro, H. and Eisa, S. (2008). Effect of salinity on compostion, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. **Plant Soil**, 302, 79-90.

Koziol, M. (1992). Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **J food Compo Anal.**, 5, 35-68.

Kulczynski, B., Kobus-Cisowska, J., Taczanowski, M., Kmiecik, D. and Gramza-Michalowska, A. (2019). The chemical composition and nutritional value of chia seeds-current state of knowledge. **Nutrients**, 11, 1242.

Kuljanabhagavad, T., Thongphasuk, P., Chamulitrat, W. and Wink, M. (2008). Triterpene saponins from **Cenopodium quinoa** Willd. **Phytochemistry**, 69, 1919-1926.

Kumar, D. G., Perumal, P. C., Kumar, K., Muthusami, S. and Gopalakrishnan, V. K. (2016). Dietary evaluation antioxidant and cytotoxic activity of crude etract from chia seeds *Salvia hispanica* L. against human prostate cancer cell line (PC-3). **International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research**, 8, 1358-1362.

Kumar, K. A., Sharma, G. K., Khan, M. A. and Semwal, A. D. (2015). Optimization of multigrain premix for high protein and dietary fibre biscuits using response surface methodology (RSM). **Food Nutri. Sci.**, 6: , 747-756.

Kurek, M. and Sokolova, N. (2019). Optimization of bread quality with quinoa flour of different particle size and degree of wheat flour replacement. **Food Science and Technology**, 40, 307-314.

Lack, H. W. and Fuentes, S. (2013). The discovery, naming and typification of Chenopodium quinoa (Chenopodiaceae). **Willdenowia**, 43, 143-149.

Lafiandra, D., Margiotta, B., Colaprico, G., Masci, S., Roth, M. R. and MacRitchie, F. (2000). Introduction of the D-genome related high and low molecular glutenin subunits into durum wheat and their effect on technological

properties. Shewry, P.R. and Tatham, A.S., Eds. Gluten Proteins 2000. **Proceedings of the Seventh International Gluten Workshop**, Cambridge, UK. Royal Society of Chemistry. 51-54.

Lasztity, R. (1984). The chemistry of cereal proteins. **CRC Press Inc.**, Boca Raton, USA.

Lauková, M., Karovičová, J., Minarovicova, L. and Kohajdová, Z. (2019). Wheat bran stabilization and its effect on cookies quality. **Potravinarstvo**, 13, 109-115.

Lee, M. R., Swanson, B. R. and Baik, B. K. (2001): Influence of amylose content on properties of wheat starch and bread making quality of starch and gluten blends. **Cereal Chemistry**, 78, 701-706.

Li, G. and Zhu, F. (2016). Physicochemical properties of quinoa flour as affected by starch interactions. **Food Chemistry**, 221, 1560-1568.

Lin, J., Gu, Y. and Bian, K. (2019). Bulk and surface chemical composition of wheat flour particles of different sizes. **Journal of Chemistry**, 2019, 1-11.

Lookhart, G. L., Jones, B. L., Hall, S. B. and Finney, K. F. (1982). An improved method for standardizing polyacrylamide gel electrophoresis of wheat gliadin proteins. **Cereal Chem.**, 59, 178-181.

Lozano-Isla, F., Apaza, J. D., Mujica Sanchez, A. (2023). Enhancing quinoa cultivation in the Andean highlands of Peru: a breeding strategy for improved yield and early maturity adaptation to climate change using traditional cultivars. **Euphytica**, 219, 26.

Ma, Y., Wu, D., Guo, L., Yao, Y., Yao, X., Wang, Z., Wu, K., Cao, X. and Gao, X. (2022). Effects of quinoa flour on wheat dough quality, baking quality, and in vitro starch digestibility of the crispy biscuits. **Front. Nutr.**, 9, 846808.

MacRitchie, F. (1985). Studies of the methodology for fractionation and reconstitution of wheat flours. **J. Cereal Sci.**, 3, 221-230.

MacRitchie, F. and Lafiandra, D. (2001). The use of near-isogenic wheat cultivars to determine protein composition- functionality relationship. **Cereal Chem.**, 78, 501-506.

Maldonado-Alvarado, P., Pavón-Vargas, D. J., Abarca-Robles, J., Valencia-Chamorro, S. and Haros, C. M. (2023). Effect of germination on the nutritional properties, phytic acid content, and phytase activity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). **Foods**, 12, 389.

Mann, G., Allen, H., Morell, M. K., Nath, Z., Martin, P., Oliver, J., Cullis, B. and Smith, A. (2005). Comparison of small-scale and large-scale extensibility of dough produced from wheat flour. **Australian Journal of Agricultural Research**, 56, 1387-1395.

Marineli, R. D., Moraes, E. A., Lenquiste, S. A., Godoy, A. T., Eberlin, M. N. and Marostica, M. R. (2014). Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean chia seeds and oil (*Salvia hispanica* L.). **LWT**, 59, 1304-1310.

Marion, D., Dubreil, L. and Douliez, J. P. (2003). Functionality of lipids and lipid-protein interactions in cereal-derived food products. **Ocl-Oleagineux Corps Gras Lipides**, 10, 47-56.

Martínez-Villaluenga, C., Peñas, E. and Hernández-Ledesma, B. (2020). Pseudocereal grains: nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. **Food Chem. Toxicol.**, 137.

Mastebroek, D., Limburg, H., Gilles, T. and Marvin, H. (2000). Occurrence of Sapogenins in leaves and seeds of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **J. Sci. Food Agric.**, 80, 152-156.

Matiacevich, S. B., Castellión, M. L., Maldonado, S. B. and Buera, M. P. (2006). Water-dependent thermal transitions in quinoa embryos. **Thermochimica Acta**, 448, 117-122.

Matos, M. and Rosell, C. (2011). Chemical composition and starch digestibility of different gluten-free breads. **Plant foods for human nutrition (Dordrecht, Netherlands)**, 66, 224-30.

McWatters, K. H., Ouedraogo, J. B., Resurreccion, A. V., Hung, Y. C. and Phillips, R. D. (2003). Physical and sensory characteristics of sugar cookies containing mixtures of wheat, fonio (*Digitaria exilis*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) flours. **International Journal of Food Science and Technology**, 38, 403-410.

Mesias, M, Holgado, F, Marquez-Ruiz, G and Morales, F. J. (2016). Risk/benefit considerations of a new formulation of wheat-based biscuit supplemented with different amounts of chia flour. **LWT-Food Science and Technology**, 73, 528-535.

Metakovsky, E. V., Novoselskaya, A. Y. and Sozinov, A. A. (1984). Genetic analysis of gliadin components in winter wheat using two-dimensional polyacrylamide gel-electrophoresis. **Theor. Appl. Genet.**, 69, 31-37.

Mikhaylenko, G. G., Czuchajowska, Z., Baik, B. K. and Kidwell, K. K. (2000). Environmental influences on flour composition, dough rheology, and baking quality of spring wheat. **Cereal Chemistry**, 77, 507-511.

Mikulec, A., Kowlaski, S., Makarewicz, M., Skoczylas, Ł. and Tabaszewska, M. (2020). Cistus extract as avaluable component for enriching wheat bread. **LWT – Food Science and Technology**, 118, 108713.

Mikulec, A., Kowlaski, S., Sabat, R., Skoczylas, Ł., Tabaszewska, M. and Wywrocka-Gurgul, A. (2019). Hemp flour as avaluable component for enriching physicochemical and antioxidant properties of wheat bread. **LWT – Food Science and Technology**, 102, 164-172.

Miller, R. A. and Hoseney, R.C. (1997). Factors in hard wheat fl our responsible for reduced cookies spread. **Cereal Chem.**, 74: , 330-336.

Mills, E. N. C., Burgess, S. R., Tatham, A. S., Shewry, P. R., Chan, H. W. S. and Morgan, M. R. A. (1990). Characterization of a panel of monoclonal anti-gliadin antibodies. **Journal of Cereal Science**, 11, 89-101.

Miranda-Ramos, K. C. and Haros, C. M. (2020a). Combined effect of chia, quinoa and amaranth incorporation on the physico-chemical, nutritional and functional quality of fresh bread. **Foods**, 9(12), 1859-1881.

Miranda-Ramos, K., Millan-Linares, M. C. and Haros, M. (2020b). Effect of chia as breadmaking ingredient on nutritional quality, mineral availability, and glycemic index of bread. **Foods**, 9(5), 663-671.

Miś, A., Nawrocka, A. and Dziki, D. (2017). Behaviour of dietary fibre supplements during bread dough development evaluated using novel farinograph curve analysis. **Food Bioprocess Technol.**, 10, 1031-1041.

Moawad, E., Rizk, I., Kishk, Y. F. and Youssif, M. (2019). Effect of substitution of wheat flour with quinoa flour on quality of pan bread and biscuit. **Arab Universities Journal of Agricultural Sciences**, 26, 2387-2400.

Mohamed, D. A., Mohammed, S. E. and Hamed, I. M. (2022). Chia seeds oil enriched with phytosterols and mucilage as a cardioprotective dietary supplement towards inflammation, oxidative stress, and dyslipidemia. **J. Herbmed Pharmacol.**, 11, 83-90.

Mohammed, I., Ahmed, A. R. and Senge, B. (2014). Effects of chickpea flour on wheat pasting properties and bread making quality. **J. Food Sci. Technol.**, 51, 1902-1910.

Moller, C. S., Oliveira, V., Amorim, T. P., Thoen, R. U. and Rios, A. (2013). Elaboration, physicochemical and sensory analysis of a sweet bread made with buckwheat and fruit flours. **Advance Journal of Food Science and Technology**, 5, 1450-1455.

Mondal, A. and Datta, A. K. (2008). Bread baking- A review. **Journal of Food Engineering**, 86, 465-474.

Montemurro, M., Pontonio, E. and Rizzello, C. G. (2019). Quinoa flour as an ingredient to enhance the nutritional and functional features of cereal-based foods. In Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention, 2nd ed.; Preedy, V. R., Watson, R. R., Eds.; **Academic Press: Cambridge**, MA, USA, pp. 453-464.

Moradi, V., Mousavi Khaneghah, A., Fallah, A. and Akbarirad, H. (2016). Rheological properties of wheat flour with different extraction rate. **International Food Research Journal**, 23, 1056-1061.

Moragues, M., Luis, F., Garcia, D. M., Moralejo, M. and Royo, C. (2006). Yield formation strategies of durum wheat landraces with distinct pattern of dispersal within the Mediterranean Basin II. **Biomass Production and Allocation, Field Crops Research** 95, 182-193.

Morita, M., Hirata, N., Park, C. and Mitsunaga, T. (2001). Quinoa flour as a new food stuff for improving dough and bread. **J. Appl. Glyco. Sci.**, 48, 263-270.

Morita, N., Maeda, T., Miyazaki, M., Yamamori, M., Miura, H. and Ohtsuka, I. (2002). Dough and baking properties of high- amylose and waxy wheat flours. **Cereal Chemistry**, 79, 491-495.

Mu, J., Qi, Y., Gong, K., Chen, Z., Brennan, M. A., Ma, Q., Wang, J. and Brennan, S. C. (2023). Effects of quinoa flour (*Chenopodium quinoa* Willd) substitution on wheat flour characteristics. **Current Research in Food Science**, 7, 100556.

Mudgil, D., Barak, S. and Khatkar, B. S. (2017). Cookie texture, spread ratio and sensory acceptability of cookies as a function of soluble dietary fiber, baking time and different water levels. **LWT - Food Science and Technology**, 80, 537-542.

Muñoz, L. A., Cobos, A., Diaz, O. and Aguilera, J. M. (2013). Chia seed (*Salvia hispanica*): An ancient grain and a new functional food. **Food Reviews International**, 29, 394-408.

Munoz, L. H. (2012). Mucilage from Chia Seeds (*Salvia hispanica* L.) microstructure, physcio chemical characterization and applications in food industry. **Doctoral diss.**, Pontificia Universidad Catolica De chile Escuela De Ingenieria, Santiago den Chile, p: 81-101.

Munteanu, M., Voicu, G., Ungureanu, N., Zăbavă, B. S., Ionescu, M., Constantin, G. and Istrate, I. (2016). Methods for determining the characteristics of flour

and dough. 5th International **Conference on Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development** TE-RE-RD At: Golden Sands.

Muzzalupo, I. (2013). Food Industry II. Moisture-Dependent Engineering Properties of Chia (*Salvia hispanica* L.) Seeds. **Chapter 17**.

Ognean, C., Ognean, M. and Darie, N. (2011). The Effect of Some commercial fibers on dough rheology. **Bulletin University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture**, 68, 372-377.

Oikonomou, N. A., Bakalis, S., Rahman, M. S. and Krokida, M. K. (2015). Gluten index for wheat products: Main variables in affecting the value and nonlinear regression model. **International Journal of Food Properties**, 18, 1-11.

Oliveira, M. R., Novack, M. E., Santos, C. P., Kubota, E. and Da Rosa, C. S. (2015). Evaluation of replacing wheat flour with chia flour (*Salvia hispanica* L.) in pasta. **Semina: Ciencias Agrarias**, 36, 2545-2553.

Orona-Tamayo, D., Valverde, M. and Paredes-López, O. (2017). Chia-the new golden seed for the 21st century: Nutraceutical properties and technological uses. In **Sustainable protein sources**, Academic Press: 265-281.

Ortolan, F. and Steel, C. J. (2017). Protein characteristics that affect the quality of vital wheat gluten to be used in baking: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 16, 369-381.

Osborne, T. B. (1907). The Proteins of the Wheat Kernel. Carnegie Institution of Washington, Publication No. 84, **Judd & Detweiler, Inc.**, Washington DC.

Packkia-Doss, P. P., Chevallier, S., Pare, A. and Le-Bail, A. (2019). Effect of supplementation of wheat bran on dough aeration and final bread volume. **J. Food Eng.**, 252, 28-35.

Panozzo, J. F., Eagles, H. A. and Wootton, M. (2001). Changes in protein composition during grain development in wheat. **Australian Journal of Agricultural Research**, 52, 485-493.

Park, S., Maeda, T. and Morita, N. (2005). Effect of whole quinoa flours and lipase on the chemical, rheological and breadmaking characteristics of wheat flour. **Journal of Applied Glycoscience**, 52, 337-343.

Pathan, S. and Siddiqui, R. A. (2022). Nutritional composition and bioactive components in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) greens: A review. **Nutrients**, 14, 558.

Payne, P. I. L. M., Holt. Jackson, E. A. and Law, C. N. (1984). Wheat storage proteins: Their genetics and their potential for manipulation by plant breeding. **Phil Trans R Soc Lond B.**, 304, 359-371.

Payne, P. I., Holt, L. M., Harinder, K., Macartney, D. P. and Lawerence, G. J. (1987). The use of near-isogenic cultivars with different HMW glutenin subunits in studying breadmaking quality and glutenin structures. Proc. 3rd Int. **Workshop on Gluten Proteins**, 216 221. Laszity, R. and Bekes, F. eds. World Scientific Publishing: Singapore.

Peña, R., Trethowan, R., Pfeiffer, W. and van Ginkel, M. (2008). Quality (end-use) improvement in wheat. **Journal of Crop Production**, 5, 1-37.

Peressini, D. and Sensidoni, A. (2009). Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. **J. Cereal Sci.**, 49, 190-201.

Porceddu, E., Turchetta, T., Masci, S., D`Ovidio, R., Lafiandra, D., Kasarda, D. D., Impiglia, A. and Nachit, M. M. (1998). Variation in endosperm protein composition and technological quality properties in durum wheat. **Euphytica**, 100, 197-205.

Preichardt, L. and Gularte, M. (2013). Gluten formation: Its sources, composition and health effects. **Gluten: Sources, Composition and Health Effects**. 55-70.

Przybylski, R. Chauhan, G. S. and Eskin, N. A. M. (1994). Characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa*) lipids. 51, 187-192.

Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., D'Andria, R., Iafelice, G. and Marconi, E. (2010). Field trial evaluation of two chenopodium quinoa genotypes grown

under rain-fed conditions in a typical mediterranean environment in South Italy. **J. Agron. Crop Sci.**, 196, 407-411.

Quiroga, C., Escalera, R., Aroni, G., Bonifacio, A., Gonzalez, J. A., Villca, M., Saravia, R. and Ruiz, A. (2015). Traditional processes and technological innovations in quinoa harvesting, processing and industrialization. In: FAO & CIRAD (Eds). **State of the Art Report on Quinoa around the World in 2013**, p. 218-249, Rome.

Ramos-Diaz, J. M., Kirjoranta, S. and Tenitz, S. (2013). Use of amaranth, quinoa and kañiwa in extruded corn-based snacks. **J Cereal Sci.**, 58, 59-67.

Rao, N. and Shahid, M. (2012). Quinoa-a promising new crop for the Arabian Peninsula. **Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci.**, 12, 1350-1355.

Rasmussen, C., Lagnaoui, A. and Esbjerg, P. (2003). Advances in the knowledge of quinoa pests. **Food Reviews International**, 19, 61-75.

Reguera, M., Conesa, C., Gil-Gómez, A., Haros, C. M., Pérez-Casas, M., Briones-Labarca, V., Bolaños, L., Bonilla, I., Alvarez, R., Pinto I. K., Mujica, A. and Bascuñán-Godoy, L. (2018). The impact of different agroecological conditions on the nutritional composition of quinoa seeds. **Peer J.**, 6, e4442.

Repo-Carrasco, R., Espinoza, C. and Jacobsen, S. E. (2003). Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). **Food Reviews International**, 19, 179-189.

Ribotta, P. D., Arnulphi, S. A., León, A. E. and Añón, M. C. (2005). Effect of soybean addition on the rheological properties and breadmaking quality of wheat flour. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 85, 1889-1896.

Rodriguez-Sandoval, E., Sandoval, G. and Cortés Rodríguez, M. (2012). Effect of quinoa and potato flours on the thermomechanical and breadmaking properties ofwheat flour. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, 29, 503-510.

Romankiewicz, D., Hassoon, W. H., Cacak-Pietrzak, G., Slbczyk, M. Wirkowska-Wojdyla, M., Ceglinska, A. and Dziki, D. (2017). The effect of chia seeds

(*Salvia hispanica* L.) addition on quality and nutritional value of wheat bread. **Journal of Food Quality**, 2017, 1-7.

Rossel, C., Rojas, J. and Benedito, C. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. **Food Hydrocolloids**, 15, 75-81.

Sadeek, A., Areeg, S. A. and Reham G. A. (2021). Incorporation quinoa and chia flour with wheat flour to enhance the nutritional value and improve the sensory properties of pasta. **Journal of the College of Specific Education for Educational and Specific Studies**, 6, 1-37.

Samaan, J. (2007). Characterisation of grain quality of Syrian durum wheat genotypes affecting milling performance and end-use quality. **PhD Thesis**, School of Biological Sciences, Faculty of Science, University of Plymouth, UK.

Sandoval-Oliveros, M. R. and Paredes-Lopez, O. (2013). Isolation and characterization of proteins from chia seeds (*Salvia hispanica* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 61, 193-201.

Sciarini, L. S., Bustos, M. C., Vignola, M. B., Paesani C., Salinas, C. N. and Pérez, G. T. (2017). A study on fibre addition to gluten free bread: its effects on bread quality and in vitro digestibility. **J Food Sci Technol.**, 54, 244-252.

Segura-Campos, M. R., Ciau-Solís, N., Rosado-Rubio, G., Chel-Guerrero, L., and Betancur-Ancona, D. (2014). Physicochemical characterization of chia (*Salvia hispanica*) seed oil from Yucatán, Méxic. **Agricultural Sciences**, 5, 220-226.

Segura-Campos, M. R., Salazar-Vega, I. M., Chel-Guerrero, L. A. and Betancur-Ancona, D. (2013). Biological potential of chia (Salvia hispanica) protein hydrolysates and their incorporation into functional foods. **LWT-Food Science and Technology**, 50, 723-731.

Sharma, H. R. and Chauhan, G. S. (2000). Physicochemical and rheological quality characteristics of fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) supplemented wheat flour. **J. Food Sci. Technol.**, 37, 87-90.

Shewry, P. R. and Hey, S. J. (2015). The contribution of wheat to human diet and health. **Food and energy security**, 4, 178-202.

Shewry, P. R. and Tatham, A. S. (1997). Disulphide bonds in wheat gluten proteins. **Journal of Cereal Science**, 25, 207-227.

Shewry, P. R., Halford, N. G. and Tatham, A. S. (1989). The high molecular weight glutenin subunits of wheat, barley, and rice: genetics, molecular biology, chemistry, and role in wheat gluten structure and functionality. **Oxf. Surv. Plant Mol. Cell Biol.**, 6, 163.

Simsek, S. and Nehir, E. S. (2015). In vitro starch digestibility, estimated glycemic index and antioxidant potential of taro (*Colocasia esculenta* L. *Schott*) corm. **Food Chemistry**, 168, 257-261.

Singh, M. and Mohamed, A. (2007). Influence of gluten-soy protein blends on the quality of reduced carbohydrates cookies. **LWT - Food Science and Technology**, 40, 353-360.

Singh, S., Riar, C. S. and Saxena D. C. (2010). Effect of incorporating sweet potato flour to wheat flour on the quality characteristics of cookies. **African Journal of Food Science**, 2, 65-72.

Šmídová, Z. and Rysová, J. (2022). Gluten-free bread and bakery products technology. **Foods**, 11, 480-496.

Sn, G., Pm, K. and Chavan, U. (2020). Studies on effect of quinoa flour on sensorial and textural properties of biscuits. Int**ernational Journal of Food Science & Technology**, 5, 77-84.

Srujana, M. N., Kumari, B. A., Maheswari, K. U., Devi, K. B. S. and Suneetha, W. J. (2017). Sensory quality characteristics of gluten-free products prepared with germinated quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild). **Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.**, 6, 3507-3514.

Steffolani, E., de la Hera, E., Perez, G. and Gomez, M. G. (2014). Effect of chia (*Salvia hispanica* L) addition on the quality of gluten free bread. **Journal of Food Quality**, 37, 309-317.

Stikic, R., Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-Radovic, B., Jovanovic, Z., Milojkovic-Opsenica, D., Jacobsen, S. E. and Milovanovic, M. (2012). Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. **Journal of Cereal Science**, 55, 132-138.

Suri, S., Passi, S. J. and Goyat, J. (2016). Chia seeds (*Salvia hispanica* L.): a new age functional food. **International Journal of Advanceal Technology in Engineering and Science**, 4, 286-299.

Sven-Erik, J. (2011). The situation for quinoa and its production in southern Bolivia: From economic success to environmental disaster. **Journal of Agronomy and Crop Science**, 197, 390-399.

Takao, T., Watanabe, N., Yuhara, K., Itoh, S., Suda, S., Tsuruoka, Y., Nakatsugawa, K. and Konishi, Y. (2005). Hypocholesterolemic effect of protein isolated from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. **Food Sci. Technol. Res.**, 11, 161-167.

Tamba-Berehoiu, R. M., Turtoi, M. and Popa, C. (2019). Assessment of quinoa flours effect on wheat flour doughs rheology and bread quality. Annals of Dunarea de Jos University of Galati. **Fascicle VI – Food Technology**, 43, 173-188.

Tapia, M. E. (2015). The Long Journey of quinoa. Chapter 01. In FAO & CIRAD. **State of the Art Report of Quinoa in the** World in 2013, p. 03-09. Rome.

Tapia, M. E. and Fríes, A. M. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. **FAO y ANPE**. Lima, Perú. 209 p.

Teoh S. L., Lai N. M., Vanichkulpitak P., Vuksan V., Ho H. and Chaiyakunapruk N. (2018). Clinical evidence on dietary supplementation with chia seed (*Salvia hispanica* L.): A systematic review and meta-analysis. **Nutr. Rev.**, 76, 219-242.

Toth, M., Vatai, G. and Koris, A. (2020). Consumers' acceptance, satisfaction in consuming gluten-free bread: A market survey approach. **Int. J. Celiac Dis.**, 8, 44-49.

Turkut, G. M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S. and Tavman, S. (2016). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. **Journal of Cereal Science**, 69, 174-181.

Tyagi, S. K., Manikantan, M. R., Oberoi, H. S. and Kaur, G. (2007). Effect of mustard flour incorporation on nutrition, textural and organoleptic characteristics of biscuits. **J. Food Eng.**, 80(4), 1043-1050.

Ullah, R., Nadeem, M., Khalique, A. Imran, M., Mehmood, S., Javid, A. and Hussain, J. (2016). Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.): A review. **Journal of Food Science and Technology**, 53, 1750-1758.

USDA. (2018). National Nutrient Database for Standard Reference. **United States Department of Agriculture**, USA.

Uthayakumaran, S., Batey, I. L. and Wrigley, C. W. (2001). On the spot identification of grain variety and wheat quality type by Lab-on-chip capillary electrophoresis. **J. Cereal Sci.**, 41, 371-374

Valencia-Chamorro, S. A. (2003). Quinoa. In: Caballero, B.: **Encyclopedia of Food Science and Nutrition**. Vol. 8. Academic Press, Amsterdam: 4895-4902.

Van den Broeck, H. C., Teun W. J., van Herpen, M., Schuit, C., Elma, M‹. Salentijn, J., Dekking, L., Bosch, D., Hamer, R. J., Marinus, J., Smulders, M‹. Ludovicus, J., Gilissen, W.J. and van der Meer I. M. (2009). Removing celiac disease-related gluten proteins from bread wheat while retaining technological properties: a study with Chinese Spring deletion lines. BMC Plant Biol., 9, 41.

Vanlauwe, B., Coyne, D., Gockowski, J., Hauser, S., Huising, J., Masso, C., Nziguheba, G., Schut, M. and Van Asten, P. (2014). Sustainable intensification and the African smallholder farmer. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, 8, 15-22.

Vazquez-Luna, A., Vercruzana, U., Cortes, V., Carmona, F., Diaz-Sobac, R. and De Chile, P. (2019). Quinoa leaf as a nutrirional alternative. **Cienc. Investig. Agrar.**, 46, 137-143.

Vega-Galvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L. and Martinez, E. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chinopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: A review**. J Sci Food Agric.**, 90, 2541-2547.

Vilche, C., Gely, M. and Santalla, E. (2003). Physical properties of quinoa seeds. **Biosystems Engineering**, 86, 59-65.

Wall, J. S. (1979). The role of wheat proteins in determining baking quality. In Laidman, D. L. and Wyn-Jones, R. G. (Eds.), **Recent advances in biochemistry of cereals**. London: Academic Press. pp. 275-311.

Wang, S. and Zhu, F. (2016). Formulation and quality attributes of quinoa food products. **Food Bioprocess Technol.**, 9, 49-68.

Wang, S., Opassathavorn, A. and Zhu, F. (2015). Influence of quinoa flour on quality characteristics of cookie, bread and Chinese steamed bread. **Journal of Texture Studies**, 46, 281-292.

Wani, S. A. and Kumar, P. (2015). Characterization of extrudates enriched with health promoting ingredients. **Food Measure**, 9, 592-598.

Waniska, R. D. (1999). Perspectives on flour tortillas. **Cereal Foods World**, 44, 471-473.

Waniska, R. D., Cepeda, M., King, B.S., Adams, J. L., Rooney, L. W., Torres, P. I., Lockhart, G. L., Bean, S. R., Wilson, J. D. and Betchel, D. B. (2004). Effects of flour properties on tortilla quality. **Cereal Foods World**, 49, 237-272.

Waniska, R. D., Graybosch, R. A. and Adams, J. L. (2002). Effect of partial waxy wheat on processing and quality of wheat flour tortillas. **Cereal Chem.**, 79, 210-214.

Ward, S. M. (2000). Response to selection for reduced grain saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Field Crop. Res.**, 68, 157-163.

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.

Weegels, P. L., Marseille, J. P., Bosveld, P. and Hamer, R. J. (1994). Large-scale separation of gliadins and their bread-making quality. **J. Cereal Sci.**, 20, 253-264.

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

Williams, P. (1997). Variety development and quality control of wheat in Canada. **International Japanese Conference on Near-Infrared Reflectance**,CGC. http://www.grainscanada.gc.ca/Cdngrain/VarietyDev/variety1-e.htm.

Wolter, A., Hager, A. S., Zannini, E. and Arendt, E. K. (2014). Influence of sourdough on in vitro starch digestibility and predicted glycemic indices of gluten-free breads. **Food & Function**, 5, 564-572.

Wrigley, C. W. and Baxter, R. I. (1974). Identification of Australian wheat cultivars by laboratory procedures: Grain samples containing a mixture of cultivars. **Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.**, 14, 805.

Wrigley, C., Corke, H. and Walker, C. E. (2004). Encyclopedia of Grain Science. **Elsevier Academic Press**, Waltham, Massachusetts. pp 20-52.

Xu, X., Luo, Z., Yang, Q., Xiao, Z. and Lu, X. (2019). Effect of quinoa flour on baking performance, antioxidant properties and digestibility of wheat bread. **Food Chemistry**, 294, 87-95.

Yamsaengsung, R., Berghofer, E. and Schoenlechner R. (2012). Physical properties and sensory acceptability of cookies made from chickpea addition to white wheat or whole wheat flour compared to gluten-free amaranth or buckwheat flour. **International Journal of Food Science and Technology**, 47, 2221-2227.

Yazynina, E., Johansson, M., Jägerstad, M. and Jastrebova J (2008) Low folate content in gluten-free cereal products and their main ingredients. **Food Chemistry**, 111, 236-242.

Yusufu, M. I. and Akhigbe, A. O. (2014). The production of pawpaw enriched cookies: Functional, physico-chemical and sensory characteristics. **Asian Journal of Agriculture and Food Science**, 2, 100-106.

Zettel, V., Kramer, A., Hecker, F. and Hitzmann, B. (2014). Influence of gel from ground chia (*Salvia hispanica* L.) for wheat bread production. **European Food Research and Technology**, 240, 655-662.

Zghal, M. C., Scanlon, M. G. and Sapirstein, H. D. (2001). Effects of flour strength, baking absorption, and processing conditions on the structure and mechanical properties of bread crumb. **Cereal Chemistry Journal**, 78, 1-7.

Zilić, S., Barać, M., Pešić, M., Dodig, D. and Ignjatović-Micić D. (2011). Characterization of proteins from grain of different bread and durum wheat genotypes. **Int J Mol Sci.**,12, 5878-5894.

Zurita-Silva, A., Fuentes, F., Zamora, P., Jacobsen, S. E. and Schwember, A. R. (2014). Breeding quinoa (Chenopodium quinoaWilld.): potential and perspectives. **Molecular Breeding**, 34, 13-30.

Abstract

This study was conducted at the laboratories of Food Science Department, Faculty of Agricultural Engineering, Damascus University and the Central Cereals Laboratory of the Ministry of Internal Trade and Consumer Protection with the aim of studying the effect of replacing locally produced wheat flour types with different percentages (10, 20, 30 and 40%) of locally grown quinoa and chia seed flour on the physicochemical, rheological and manufacturing properties of the resulting composite flour. Analysis of the physicochemical properties of the flour types showed higher proteins, ash and color in quinoa and chia flour compared to the two types of wheat flour. Replacing wheat flour with the studied seed flour led to a significant increase in these indicators, and significant differences appeared in the quantitative and qualitative gluten indicators. On the other hand, the results of the analysis of variance test for the farinograph indicators showed a difference in the effect of adding seed flour depending on the type of wheat flour, and the analysis of the extensograph indicators showed a gradual and significant decrease in the strength of wheat flour with increasing the percentage of added seed flour. The results of the cluster analysis test confirmed the great importance in that wheat flour can be replaced by quinoa or chia seed flour at a rate of up to 40% while maintaining, to a large extent, the physicochemical and rheological properties of wheat flour, and that partial replacement of wheat flour up to 40% by whole quinoa flour does not change the strength of wheat flour. On the other hand, the analysis of the chemical composition of pan bread and biscuits made from composite flour showed a highly significant effect of adding seed flour on all studied chemical indicators, and a significant decrease in the volume of bread was observed, accompanied by a decrease in the values of the specific volume of bread. Similarly, the spread ratio of biscuit samples decreased with increasing substitution percentage, while no significant differences were observed between the sensory evaluation scores of bread and biscuits made from wheat flour only and quinoa or chia flour mixture up to 10%. As for gluten-free products, it was shown that pan bread and biscuits can be produced by replacing the control consisting of rice flour and corn flour at a rate of up to 20% with quinoa or chia seed flour.

Keywords: High quality flour, standard flour, quinoa, chia, physicochemical properties, rheological properties, pan bread, biscuits.

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

The Effect of Adding Quinoa and Chia Flour on the Quality of Some Bakery Products

Thesis submitted for obtaining a PhD degree in Agricultural Engineering
(Food Science)

By
Majd Abu Hamza

Supervisor
Dr. Jihad Samaan
Faculty of Agriculture
Dep. of Food Science

Co-supervisor
Prof. Muhammad Khair Tahla
Faculty of Agriculture
Dep. of Food Science

2024