تأثير إضافة دقيق بعض أنواع البقوليات في الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية لأنواع دقيق القمح المنتجة محلياً

عبد السلام الضللي* **وجهاد سمعان****

الملخص

أُجري هذا البحث في مخبر التموين المركزي ومخبر الحبوب المركزي بهدف دراسة تأثير إضافة دقيق بعض أنواع البقوليات في الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية لأنواع دقيق القمح المنتجة محلياً. تمَّ اختيار نوعين من دقيق القمح (دقيق القمح عالي الجودة والدقيق القياسي) ونوعين من دقيق البقوليات (دقيق الحمص ودقيق العدس)، ودُعِّم كل نوع من دقيق القمح بنسبة (0، 5، 10 و15%) من كل نوع من دقيق البقوليات، وأُجريت الاختبارات الفيزيوكيميائية والريولوجية حسب الطرائق المعتمدة في AACC. أظهرت نتائج تقييم الخصائص الفيزيوكيميائية وجود اختلافات معنوية بين الخلطات، حيث انخفضت النسبة المئوية للرطوبة والنسبة المئوية للبروتينات، وازدادت النسبة المئوية للرماد ودرجة اللون، بالإضافة إلى ذلك، ترافق إضافة دقيق البقوليات إلى دقيق القمح مع انخفاض كمي ونوعي في غلوتين نوعي دقيق القمح. من جهة أخرى، أظهرت المتغيرات المدروسة، نوع دقيق القمح، نوع دقيق البقوليات ونسبة الإضافة، تأثيراتٍ معنويةٍ في خصائص الفارينوغراف، فقد أدى إضافة دقيق البقوليات إلى دقيق القمح بازدياد معنوي في امتصاصية الدقيق للماء، زمن تطور العجينة ودرجة ضعف العجينة، بينما انخفض زمن ثباتية العجينة، بينما أظهرت

* طالب ماجستير في قسم علوم الأغذية– كلية الزراعة–جامعة دمشق.

** أستاذ مساعد في قسم علوم الأغذية –كلية الزراعة–جامعة دمشق– ص.ب. 30621.

مؤشرات الاكستينسوغراف انخفاض في القدرة، مقاومة الشد، المقاومة العظمى للشد والمطاطية وازدادت المرونة، وبالتالي تشير نتائج تقييم الخصائص الريولوجية إلى أن تدعيم أنواع دقيق القمح المنتجة محلياً بنسب مختلفة من أنواع دقيق البقوليات يؤدي إلى انخفاض في قوة الدقيق، وهذا يترتب إجراء تعديلات في العملية التصنيعية عند استخدام الدقيق المركب في تحضير منتجات المخابز التي تتطلب دقيق قوي مثل الخبز والمعكرونة. بينت نتائج قياس قوة التخمر لخلطات دقيق القمح من خلال قياس حجم غاز CO_2 المنطلق، أن إضافة دقيق البقوليات قد زاد من قوة تخمر دقيق القمح نتيجة ازدياد نسبة السكريات البسيطة في الخلطات.

الكلمات المفتاحية: دقيق الزيرو، الدقيق الموحد، دقيق الحمص، دقيق العدس،الدقيق المركب، الخصائص الريولوجية، قوة التخمر.

The effect of adding some legumes flour types on the physiochemical and rheological properties of locally produced wheat flour types

A. Dulli* **J. Samaan****

Abstract

This research was conducted at the Central Supply Laboratory and the Central Grain Laboratory, with the aim of studying the effect of adding some types of legumes flour on the physiochemical and rheological properties of locally produced wheat flour types. Two types of wheat flour (high-quality wheat flour and standard flour) and two types of legume flour (chickpea flour and lentil flour) were selected, and each type of wheat flour was fortified with (0, 5, 10 and 15%) with each type of legume flour, and the physiochemical and rheological tests were performed according to the methods approved in the AACC. The results of the physiochemical properties evaluation showed that there were significant differences between the mixtures, as moisture content and protein content decreased, while ash content and colour degree increased. Moreover, the addition of legume flour to wheat flour was associated with a quantitative and qualitative decrease in the gluten of the two types of wheat flour. On the other hand, the studied variables, wheat flour type, legume flour type and the addition ratio, showed significant effects on the farinograph properties, where the addition of legume flour to wheat flour significantly increased water absorption, dough development time and dough weakening degree, while dough stability time decreased. While the extensograph indicators showed a decrease in area, resistance to extension, maximum resistance to extension and elasticity, and increased extensibility, and therefore the results of the rheological

* MSc. Candidate, Food Science Department, Agriculture Faculty.

** Prof Assistant, Food Science Department, Agriculture Faculty. Damascus University. P. O. Box: 30621

characteristics evaluation indicated that fortifying locally produced wheat flour with different proportions of legume flour led to a decrease in the flour strength, and this entails adjustments in the manufacturing process when composite flour is used in the preparation of bakery products that require strong flours, such as bread and pasta. The results of measuring the fermentation power of wheat flour mixtures by measuring the volume of released CO2 showed that the addition of legume flour increased the fermentation power of wheat flour due to the increase in the proportion of simple sugars in the mixtures.

Keywords: high quality flour, standard flour, chickpea flour, lentil flour, composite flour, rheological properties, fermentation power.

المقدمة:

تعد محاصيل الحبوب (القمح، الشعير، الرز والذرة الصفراء) من أكثر الحبوب المزروعة في العالم، وذلك لأهميتها كغذاء لكثير من سكان العالم، لسهولة زراعتها وقدرتها على التكيف مع البيئات المختلفة، واستخدامها في العديد من الصناعات الأساسية (Pomeranz وWilliams، 1990). يتميز القمح عن بقية أنواع الحبوب بالخصائص الفريدة للبروتينات التي تجعل منه مكون رئيسي، لكثير من الصناعات مثل الخبز، المعكرونة والمعجنات، حيث عند مزج دقيق القمح مع الماء تتحد البروتينات المخزنة (الغليادين والغلوتينين) مع بعضها ومع مركبات أخرى مثل اللبيدات والكربوهيدرات وعناصر معدنية لتشكيل كتلة لزجة مطاطية تدعى الغلوتين (Rustgi وزملاؤه، 2019)، حيث يكون الغليادين مسؤول عن صفة اللزوجة والغلوتينين عن صفة المطاطية (Zilic، 2013)، ووجد أن مركب الغلوتين وتداخله مع حبيبات النشاء يعد العامل ذو التأثير الأكبر في خصائص العجينة والخبز الناتج (Jekle وزملاؤه، 2016).

إن إنتاج البقوليات يتزايد حالياً مع نمو سكان العالم، ولكن الانخفاض في الاستهلاك نتيجة للتغيرات في العادات الغذائية، أدى إلى ظهور اهتمامات في مجال الصناعة الغذائية لايجاد استخدامات جديدة للبقوليات وانتاج أغذية جديدة ذات تأثيرات إيجابية في الصحة (Aguilera وزملاؤه، 2011). تعدُّ البقوليات من بين أهم مصادر البروتين والنشاء والألياف الغذائية، حيث تحتوي هذه المحاصيل على (18.5–30%) بروتين، (32–52%) نشاء، و(14.6–26.3%) ألياف الغذائية على أساس الوزن الجاف (Mohammed وزملاؤه، 2012). بالإضافة إلى ذلك، إن البقوليات مصادر غنية بالفيتامينات (Maninder وزملاؤه، 2007) وخصوصاً النياسين، الرايبوفلافين والثيامين (Rysova وزملاؤه، 2010)، والمعادن

مثل الكالسيوم، الحديد، المنغنيز والزنك (Maninder وزملاؤه، 2007)، ومضادات الأكسدة والبوليفينولات (Han وزملاؤه، 2010).

إن تقنية تدعيم دقيق الحبوب بدقيق البقوليات لصناعة أنواع معينة من الأغذية تستحق اهتماماً خاصاً، حيث إن مستويات اللايسين العالية في البقوليات يُمكِّن من تكميل النقص في النظام الغذائي القائم في الحبوب (Angioloni وCollar، 2012)، ونتيجة لذلك، فإن مزيج من الحبوب مع البروتينات البقولية يوفر توازن عام أفضل من الأحماض الأمينية الأساسية (Kadam وزملاؤه، 2012)، وبالإضافة إلى هذه الفوائد الغذائية، تمتلك البقوليات خصائص علاجية وطبية (Hemeda وMohamed، 2010)، حيث تُخفض البقوليات من خطر الإصابة بالسكري من النوع الثاني وأمراض القلب والأوعية الدموية (Ma وزملاؤه، 2011؛ Siddiq وزملاؤه، 2010)، هشاشة العظام وارتفاع ضغط الدم، واضطرابات الجهاز الهضمي، وأمراض الغدة الكظرية وانخفاض في الكولسترول (Boye وزملاؤه، 2010)، والوقاية من الإصابة بأورام مختلفة (Angioloni وCollar، 2012؛ Ma وزملاؤه، 2011).

عمل العديد من الباحثين على توسيع استهلاك واستخدام البقوليات كمكونات وظيفية في مختلف تطبيقات المواد الغذائية (Ma وزملاؤه، 2011)، من جهة أخرى، ركزت دراسات أخرى على إمكانية استخدام دقيق البقوليات كعوامل تدعيم بالبروتينات في المنتجات المخبوزة (Des-Marchais وزملاؤه، 2011؛ Tiwari وزملاؤه، 2011)، على سبيل المثال، الخبز (Dhinda وزملاؤه، 2012؛ Hefnawy وزملاؤه، 2012)، المعجنات (Gómez وزملاؤه، 2008؛ Abou-Zaid وزملاؤه، 2011؛ De la Hera وزملاؤه، 2012) والمعكرونة (Arab وزملاؤه، 2010).

في دراسة قام بها Hefnawy وزملاؤه (2012) لبيان تأثير إضافة دقيق الحمص (*Cicer arietinum* L) إلى دقيق القمح في الخصائص الريولوجية للدقيق وجودة الخبز الناتج، وجد الباحثون أن دقيق الحمص عند نسب الإضافة 15% و30% زاد من امتصاصية الدقيق

للماء وثباتية العجينة ومؤشر التحمل (Tolerance index)، لكن انخفض حجم الخبز مع رفع مستوى دقيق الحمص ويعود ذلك إلى الانخفاض في قوة الغلوتين بإضافة بروتينات الحمص، ومع ذلك، كانت نوعية الخبز، من حيث الوزن والقوام واللب، جيدة كما عينة الشاهد. هدف البحث الذي قام به Man و Paucean (2013) إلى أمثلة عملية تدعيم دقيق القمح بدقيق العدس الأحمر (*Lens culinaris*) لتحسين الخواص الحسية (اللون، الطعم، النكهة والقوام) للخبز الأبيض، حيث اضيف دقيق العدس الأحمر بنسبة 12%، 25% و40% لدقيق القمح، وبينت نتائج التحاليل الحسية، الفيزيائية والكيميائية أن المستوى 12% من دقيق العدس الأحمر لا يغير سلباً في هذه الخصائص.

بناءً على ما سبق، ونظراً لأهمية البقوليات من الناحية الكيميائية (النسبة المرتفعة من البروتينات والأحماض الأمينية الأساسية والفيتامينات والمعادن) وخصائصها العلاجية والطبية، وبالإضافة إلى ندرة المراجع المتعلقة بتدعيم دقيق القمح المنتج محلياً بدقيق البقوليات، هدف هذا البحث إلى دراسة تأثير إضافة دقيق بعض أنواع البقوليات (دقيق الحمص ودقيق العدس) في الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية لأنواع دقيق القمح المنتجة محلياً (دقيق القمح عالي الجودة والدقيق القياسي).

مواد البحث وطرائقه:

1- مواد البحث:

تمَّ اختيار نوعين من دقيق القمح المنتج محلياً:

1. الدقيق القياسي (الدقيق الموحد) بنسبة استخراج 80%.
2. الدقيق عالي الجودة (دقيق الزيرو) بنسبة استخراج 72%.

وتمَّ اختيار نوعين من دقيق البقوليات:

1. دقيق الحمص (*Cicer arietinum* L).
2. دقيق العدس (*Lens culinaris*).

وقد تمَّ شراؤها من السوق المحلية لمحافظة دمشق.

تمَّ تدعيم أنواع دقيق القمح بنسبة (0%، 5%، 10% و15%) بكل نوع من دقيق البقوليات المدروسة كما هو مبين في الجدول (1).

الجدول (1): ترميز العينات المستخدمة في البحث.

رقم العينة	مكونات العينة
1	دقيق الحمص
2	دقيق العدس
3	دقيق الزيرو
4	الدقيق الموحد
5	دقيق الزيرو + 5% دقيق الحمص
6	دقيق الزيرو + 10% دقيق الحمص
7	دقيق الزيرو + 15% دقيق الحمص
8	الدقيق الموحد + 5% دقيق الحمص
9	دقيق الموحد + 10% دقيق الحمص
10	دقيق الموحد + 15% دقيق الحمص
11	دقيق الزيرو + 5% دقيق العدس
12	دقيق الزيرو + 10% دقيق العدس
13	دقيق الزيرو + 15% دقيق العدس
14	الدقيق الموحد + 5% دقيق العدس
15	دقيق الموحد + 10% دقيق العدس
16	دقيق الموحد + 15% دقيق العدس

2- الاختبارات الفيزيوكيميائية للدقيق:

1- درجة اللون: باستخدام جهاز Grader Satake Colour PCGA Series 4 حسب (Samaan، 2007).

2- النسبة المئوية للرطوبة: AACC رقم 15A-44 (AACC، 2000).

3- النسبة المئوية للرماد: AACC رقم 01-08 (AACC، 2000).

4- النسبة المئوية للبروتينات: AACC رقم 10-46 (AACC، 2000).

5- كمية ونوعية الغلوتين: AACC رقم A12-38 (AACC، 2000).

3- الاختبارات الريولوجية للدقيق:

1- اختبار الفارينوغراف: AACC رقم 21-54 (AACC، 2000).

2- اختبار الإكستنسوغراف: AACC رقم 10-54 (AACC، 2000).

4- اختبار قوة التخمر:

تَّم تحديد قوة التخمر لعينات الدقيق حسب الطريقة المتبعة في AACC رقم 01-89 (AACC، 2000) باستخدام جهاز قياس قوة التخمر (Fermentograph Type JM 451, Sweden)، حيث حُضِّرت العجينة من 100 غ دقيق و20 مل ماء و10 غ خميرة، على درجة حرارة 30 °م لمدة ثلاث ساعات، تؤخذ قراءة الجهاز الدالة على حجم الغاز المنطلق كل ساعة، ويُجمع حجم الغاز المنطلق خلال الساعات الثلاث.

5- التحليل الإحصائي:

أجريت جميع الاختبارات بثلاثة مكررات وسُجِّلت النتائج كمتوسطات ± الانحراف المعياري. أجري اختبار تحليل التباين ANOVA ثم تبع باختبار Tukey لتحديد الفروق المعنوية بين المتوسطات على مستوى ثقة ($p \leq 0.05$) باستخدام البرنامج الاحصائي Minitab 14.

النتائج والمناقشة:

1- الخصائص الفيزيوكيميائية لخلطات الدقيق المستخدمة في الدراسة:

لُوحظ من الجدول (2) بأن قيم النسبة المئوية للرطوبة تتناقص بازدياد نسبة دقيق البقوليات المضاف إلى دقيق القمح، ويعود ذلك لانخفاض رطوبة دقيق الحمص (8.89%) ودقيق العدس (9.50%) مقارنةً برطوبة نوعي الدقيق (13.99% و14.58%) لدقيق الزيرو والدقيق الموحد على التوالي، بينما بالنسبة لقيم الرماد لوحظ بأن قيم الرماد تزداد بازدياد نسب الإضافة من كل من دقيق الحمص ودقيق العدس، حيث كانت القيم (0.58، 0.64 و0.67%) للنسب (5، 10 و15%) دقيق حمص مضاف لدقيق الزيرو على التوالي، بينما كانت القيم (0.74، 0.81 و0.87%) للنسب (5، 10 و15%) دقيق حمص مضاف إلى الدقيق الموحد على التوالي، وكذلك الامر بالنسبة لدقيق العدس المضاف إلى كل من دقيق الزيرو والموحد، ويعود السبب في ذلك إلى أنه عند زيادة نسب الاستخراج للدقيق تزداد قيم الرماد وينخفض المحتوى الرطوبي، وهذه النتائج تتوافق مع ما جاء به (Czaja وزملاؤه، 2020). كما أظهرت العينات وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة ($p\leq0.05$) في قيم اللون، حيث عند إضافة دقيق الحمص إلى دقيق الزيرو ازدادت قيم اللون، وبلغت عند النسبة 15% دقيق حمص مضاف لدقيق الزيرو (3.35 درجة)، بينما بلغت النسبة ذاتها لدقيق الحمص المضاف إلى الدقيق الموحد (4.16 درجة)، وكانت في النسبة ذاتها لدقيق العدس المضاف إلى الدقيق الموحد (4.45 درجة)، ويعود السبب في هذه الزيادة إلى ارتفاع درجة اللون لدقيق البقوليات الأساسي (4.27 و6.43 درجة) لدقيق الحمص ودقيق العدس على التوالي، ويعود ارتفاع اللون إلى وجود أصبغة متنوعة في الفلقات وغلاف البذور (Zhang وزملاؤه، 2015)، وإن هذه الخاصية لدقيق البقوليات تشجع في الوقت الحاضر استخدامها كملونات طبيعية لمنتجات المخابز (Teterycz وزملاؤه، 2020)، حيث هناك

طلب متزايد على مكونات التلوين الطبيعي التي يتم قبولها بسهولة أكبر وتكتسب ثقة أكبر بين المستهلكين (Kowalska وزملاؤه، 2017). بينت نتائج تقدير نسبة البروتين في الجدول (2) وجود فروقات معنوية بين عينات الدقيق المدروسة والتي تزداد مع زيادة النسب من دقيق العدس ودقيق الحمص إلى كل من دقيق الزيرو والدقيق الموحد، حيث كانت أعلى قيمة للبروتين عند النسبة 15% دقيق العدس المضاف إلى الدقيق الموحد (12.83%)، ويعود سبب الزيادة في ذلك إلى ارتفاع نسبة دقيق البقوليات الغنية بالبروتين، ووفقاً للعديد من الباحثين، فإن الطريقة الجيدة لزيادة القيمة الغذائية لمنتجات القمح هي إضافة دقيق البقوليات (Wood، 2009)، حيث تعتبر البقوليات مصدراً ممتازاً للبروتين (16–55%)، وغنية بالأحماض الأمينية الأساسية، بما في ذلك اللايسين، ويشبه تكوين الأحماض الأمينية لبروتين البقوليات بروتين اللحوم (Sparvoli وزملاؤه، 2015)، وغالباً ما يشار إليه باسم "لحم الفقراء" (Duranti، 2006).

الجدول (2): التركيب الفيزيوكيميائي لخلطات الدقيق.

رقم العينة	الرطوبة (%)	الرماد (%)	اللون (درجة)	البروتين (%)
1	8.89 ± 0.13^{a}	1.41 ± 0.12^{a}	4.27 ± 0.21^{a}	20.80 ± 0.10^{a}
2	9.50 ± 0.02^{b}	1.42 ± 0.10^{a}	6.43 ± 0.15^{b}	25.93 ± 0.15^{b}
3	13.99 ± 0.30^{c}	0.53 ± 0.02^{b}	1.80 ± 0.10^{c}	10.25 ± 0.15^{c}
4	14.58 ± 0.48^{d}	$0.71 \pm 0.06^{c,e}$	3.40 ± 0.10^{d}	11.37 ± 0.31^{d}
5	13.80 ± 0.19^{c}	$0.58 \pm 0.01^{b,d}$	2.23 ± 0.04^{e}	10.60 ± 0.20^{e}
6	13.73 ± 0.07^{c}	0.64 ± 0.03^{d}	2.57 ± 0.02^{f}	11.00 ± 0.31^{f}
7	13.06 ± 0.19^{e}	0.67 ± 0.04^{e}	3.35 ± 0.06^{d}	11.55 ± 0.10^{g}
8	14.51 ± 0.20^{d}	0.74 ± 0.02^{c}	3.55 ± 0.45^{g}	11.61 ± 0.59^{g}
9	14.32 ± 0.12^{d}	0.81 ± 0.03^{f}	3.89 ± 0.07^{h}	12.03 ± 0.32^{h}
10	14.12 ± 0.13^{f}	0.87 ± 0.02^{f}	4.16 ± 0.04^{a}	12.50 ± 0.44^{i}
11	13.84 ± 0.14^{c}	0.59 ± 0.04^{b}	2.27 ± 0.16^{e}	10.76 ± 0.35^{j}
12	13.82 ± 0.11^{c}	$0.67 \pm 0.09^{d,e}$	2.62 ± 0.03^{f}	11.20 ± 0.15^{k}
13	13.18 ± 0.07^{e}	0.70 ± 0.02^{c}	3.04 ± 0.15^{i}	11.77 ± 0.21^{l}
14	14.55 ± 0.03^{d}	0.72 ± 0.04^{c}	3.81 ± 0.01^{h}	11.80 ± 0.20^{m}
15	14.44 ± 0.04^{d}	0.80 ± 0.05^{f}	4.05 ± 0.04^{k}	12.47 ± 0.25^{n}
16	14.20 ± 0.10^{g}	0.88 ± 0.02^{f}	4.45 ± 0.12^{l}	12.83 ± 0.15^{o}

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

2- الخصائص الكمية والنوعية لغلوتين خلطات الدقيق المستخدمة في الدراسة:

يُبيِّن الجدول (3) الخصائص الكمية والنوعية لغلوتين خلطات الدقيق مقاسةً بتقنية الغلوتوماتيك، حيث ترتبط مؤشرات الغلوتين بشكل عالي المعنوية بالخصائص التصنيعة

للدقيق (Oikonomou وزملاؤه، 2014). تبين النتائج بأن النسبة المئوية للغلوتين الرطب تتناقص بازدياد نسب الإضافة من دقيق الحمص ودقيق العدس إلى كل من دقيق الزيرو والدقيق الموحد، ويعود السبب في ذلك إلى أن دقيق البقوليات خالية الغلوتين (Miñarro وزملاؤه، 2012)، ولكن بشكل عام، تراوحت قيم النسبة المئوية للغلوتين الرطب لدقيق الزيرو بين (27.43%) للشاهد و(26.87%) للدقيق المركب المكون من دقيق الزيرو و15% دقيق الحمص، أما بالنسبة للدقيق الموحد، فقد تراوحت النسبة المئوية للغلوتين الرطب بين (29.13%) للشاهد و(27.33%) للدقيق المركب المكون من الدقيق الموحد و15% دقيق الحمص. وبشكل مماثل، فقد لوحظ أيضاً بأن قيم النسبة المئوية للغلوتين الجاف قد انخفضت بازدياد نسب كل من دقيق الحمص ودقيق العدس المضافين إلى كلٍ من دقيق الزيرو والدقيق الموحد، وتراوحت بين (6.66–7.22%) لدقيق الزيرو و(8.21–8.70%) للدقيق الموحد، وقد توافقت هذه النتائج مع العديد من الدراسات السابقة والتي بينت أن إضافة دقيق البقوليات إلى دقيق القمح يترافق مع انخفاض كمي في نسبة الغلوتين (Fenn وزملاؤه، 2010؛ Kohajdová وزملاؤه، 2013؛ Bajka وزملاؤه، 2021). من جهة أخرى، بينت النتائج بأن قيم دليل الغلوتين، وهو مؤشر على الخصائص النوعية للغلوتين، تنخفض بازدياد نسب الإضافة من دقيق نوعي البقوليات إلى كل من نوعي دقيق القمح، وقد بلغت قيمة دليل الغلوتين (59.05% و63.11%) للخلطة 15% دقيق عدس و85% دقيق موحد ودقيق زيرو على التوالي، مقارنةً مع (58.95% و63.10 %) للخلطة 15% دقيق حمص و85% دقيق موحد ودقيق زيرو على التوالي، وهذه النتائج تتوافق مع (Monnet وزملاؤه، 2019).

الجدول (3): الخصائص الكمية والنوعية لغلوتين خلطات الدقيق.

رقم العينة	الغلوتين الرطب (%)	الغلوتين الجاف (%)	دليل الغلوتين (%)
1	-	-	-
2	-	-	-
3	27.43 ± 0.15^{a}	7.22 ± 0.11^{a}	65.44 ± 0.33^{a}
4	29.13 ± 0.11^{b}	8.70 ± 0.05^{b}	62.51 ± 0.21^{b}
5	27.37 ± 0.21^{a}	7.10 ± 0.02^{c}	65.40 ± 0.53^{a}
6	27.13 ± 0.26^{c}	6.95 ± 0.20^{d}	65.36 ± 0.45^{a}
7	26.87 ± 0.15^{d}	6.66 ± 0.10^{e}	63.10 ± 0.25^{c}
8	28.93 ± 0.10^{e}	8.61 ± 0.12^{f}	62.48 ± 0.55^{b}
9	28.67 ± 0.15^{f}	8.45 ± 0.05^{g}	60.88 ± 0.35^{d}
10	28.27 ± 0.31^{g}	8.21 ± 0.11^{h}	58.95 ± 0.22^{e}
11	27.33 ± 0.15^{a}	7.12 ± 0.12^{c}	65.38 ± 0.10^{a}
12	27.10 ± 0.25^{c}	$7.02 \pm 0.20^{c,d}$	65.30 ± 0.40^{a}
13	26.88 ± 0.21^{d}	6.71 ± 0.33^{e}	63.11 ± 0.25^{c}
14	$29.05 \pm 0.20^{b,e}$	8.65 ± 0.05^{f}	62.45 ± 0.15^{b}
15	28.60 ± 0.10^{f}	8.41 ± 0.15^{g}	60.72 ± 0.11^{d}
16	28.22 ± 0.20^{g}	8.25 ± 0.12^{h}	59.05 ± 0.12^{e}

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

3- الخصائص الريولوجية لخلطات الدقيق المستخدمة في الدراسة:

قيست الخصائص الريولوجية لخلطات دقيق القمح (دقيق الزيرو والدقيق الموحد) مع دقيق البقوليات (دقيق الحمص ودقيق العدس) بنسبة (0، 5، 10 و15%) باستخدام جهاز

الفارينوغراف (الجدول 4). بينت نتائج تحليل التباين وجود فروقات معنوية في امتصاصية الدقيق للماء بين الخلطات، حيث ازدادت الامتصاصية لنوعي الدقيق عند إضافة دقيق البقوليات، وتميزت عينة الدقيق المركب من 85% دقيق موحد مع 15% دقيق العدس بأعلى قيمة للامتصاصية (64.10%)، بالمقارنة مع (63.85%) لعينة الدقيق المركب من 85% دقيق موحد مع 15% دقيق الحمص، كما كانت قيم الامتصاصية (63.95% و63.20%) للدقيق الزيرو المدعم بنسبة 15% دقيق العدس ودقيق الحمص على التوالي، ونستنتج بذلك أن امتصاصية دقيق القمح للماء ترتفع عند رفع نسبة استخراج الدقيق، ويعود ذلك إلى زيادة نسبة البروتينات والألياف (Azizi وزملاؤه، 2006)، كما أن دقيق العدس يرفع امتصاصية الماء أكثر من دقيق الحمص كونه يحتوي على نسبة أعلى من البروتينات (Portman وزملاؤه، 2018)، حيث أن (30%) من امتصاصية الدقيق للماء عائدة إلى البروتينات (Sapirstein وزملاؤه، 2018). أظهرت نتائج زمن تطور العجينة وجود فروقات معنوية بين أنواع عينات الدقيق تبعاً لنوع دقيق القمح، نوع دقيق البقوليات ونسبة الإضافة، حيث ازداد زمن تطور العجينة مع رفع نسبة استخراج الدقيق وزيادة نسبة إضافة دقيق البقوليات، وتراوح بين (2.75 دقيقة) لدقيق الزيرو الشاهد و(3.25 دقيقة) عند إضافة 15% دقيق العدس، وبين (3.10 دقيقة) للدقيق الموحد الشاهد و(3.85 دقيقة) عند إضافة 15% دقيق العدس، وتتوافق هذه النتائج مع دراسات سابقة أثبتت ازدياد زمن تطور العجينة عند إضافة دقيق البقوليات نتيجة ازدياد نسبة البروتينات (Kohajdová وزملاؤه، 2013). على النقيض من ذلك، انخفض زمن ثباتية العجينة، وهو مؤشر على قوة الغلوتين، مع رفع نسبة استخراج الدقيق وزيادة نسبة إضافة دقيق البقوليات، وتراوحت قيم ثباتية العجينة لعينات دقيق الزيرو بين (2.35–2.80 دقيقة) ولعينات الدقيق الموحد بين (2.00–2.45 دقيقة)، وقد بينت أبحاث سابقة أنه عند رفع نسبة استخراج دقيق القمح تزداد نسبة النخالة والتي تعمل على تقطيع الشبكة الغلوتينية، وهذا يترافق مع انخفاض ثباتية العجين (Gajula،

2017)، أما الاستبدل الجزئي لدقيق القمح بدقيق البقوليات فهذا بدوره يخفض كمية الغلوتين في الدقيق المركب الناتج مما يسبب في انخفاض زمن ثباتية العجين (Noorfarahzilah وزملاؤه، 2014). وقد ترافق انخفاض زمن ثباتية العجينة مع ازدياد في درجة ضعف العجينة لعينات الدقيق المركب بالمقارنة مع عينات الشاهد، حيث تراوحت بين (95.60–140.50 BU) و(110.15–160.10 BU) لعينات دقيق الزيرو والدقيق الموحد على التوالي، وبالتالي تشير نتائج زمن ثباتية العجينة ودرجة ضعف العجينة إلى أن تدعيم أنواع دقيق القمح بنسب مختلفة من أنواع دقيق البقوليات يؤدي إلى انخفاض في قوة الدقيق، وهذا يترتب إجراء تعديلات في العملية التصنيعية عند استخدام الدقيق المركب في تحضير منتجات المخابز التي تتطلب دقيق قوي مثل الخبز والمعكرونة (Bouhlal وزملاؤه، 2019). من جهة أخرى، إن إضافة دقيق البقوليات لم تحدث فرقاً معنوياً كبيرة في الرقم الفالورمتري مع زيادة نسبة الإضافة، وبشكل عام، تراوح بين (48.00–53.00).

الجدول (4): خصائص الفارينوغراف لخلطات الدقيق.

رقم العينة	الامتصاصية (%)	زمن التطور (د)	الثباتية (د)	الضعف (BU)	الرقم الفالوريمتري
1	–	–	–	–	–
2	–	–	–	–	–
3	61.44 ± 0.24^{a}	2.75 ± 0.01^{a}	2.80 ± 0.02^{a}	95.60 ± 0.55^{a}	$\pm 0.20^{a}48.00$
4	62.75 ± 0.15^{b}	3.10 ± 0.05^{b}	2.45 ± 0.01^{b}	110.15 ± 0.45^{b}	$\pm 0.11^{a,b}49.00$
5	62.50 ± 0.34^{c}	2.90 ± 0.02^{a}	2.75 ± 0.05^{a}	105.10 ± 0.66^{c}	$0 \pm 0.44^{a}5.48$
6	62.95 ± 0.55^{d}	3.00 ± 0.04^{c}	2.50 ± 0.02^{c}	125.15 ± 0.85^{d}	$.00 \pm 0.10^{b}05$
7	63.20 ± 0.31^{e}	3.15 ± 0.02^{b}	2.45 ± 0.01^{c}	140.10 ± 0.72^{e}	$.50 \pm 0.15^{c}15$
8	63.10 ± 0.22^{e}	$3.20 \pm 0.03^{b,f}$	2.35 ± 0.01^{b}	125.20 ± 0.42^{d}	$0 \pm 0.45^{a,b}5.49$
9	63.50 ± 0.15^{f}	3.40 ± 0.05^{d}	2.20 ± 0.04^{d}	145.60 ± 0.86^{e}	$.00 \pm 0.91^{c}51$
10	63.85 ± 0.24^{g}	3.55 ± 0.02^{e}	2.05 ± 0.05^{e}	160.15 ± 0.25^{f}	$.00 \pm 0.22^{c,d}52$
11	63.05 ± 0.12^{e}	3.00 ± 0.01^{c}	2.70 ± 0.01^{a}	105.70 ± 0.50^{c}	$.00 \pm 0.45^{a,b}49$
12	63.40 ± 0.22^{f}	3.15 ± 0.04^{b}	2.40 ± 0.02^{c}	125.10 ± 0.44^{d}	$.00 \pm 0.30^{c}51$
13	63.95 ± 0.62^{g}	3.25 ± 0.05^{f}	2.35 ± 0.01^{b}	140.50 ± 0.45^{e}	$\pm 0.10^{c,d}52.00$
14	63.25 ± 0.55^{e}	3.40 ± 0.03^{d}	$2.30 \pm 0.06^{b,d}$	125.85 ± 0.61^{d}	$.00 \pm 0.05^{b}05$
15	63.60 ± 0.40^{f}	3.65 ± 0.01^{e}	2.10 ± 0.02^{e}	145.55 ± 0.32^{e}	$0 \pm 0.35^{c}5.15$
16	64.10 ± 0.34^{h}	3.85 ± 0.04^{g}	2.00 ± 0.01^{e}	160.10 ± 0.55^{f}	53.00 ± 0.15^{d}

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

قِيست الخصائص الريولوجية لخلطات دقيق القمح باستخدام جهاز الإكستنسوغراف، وسُجِّلت النتائج في الجدول (5). لوحظ أن أهم ما يميز نتائج الاكستينسوغراف لخلطات دقيق القمح المدعم بدقيق البقوليات بنسب مختلفة، أولاً، انخفاض قوة دقيق القمح عند إضافة دقيق البقوليات، حيث انخفضت القدرة، مقاومة الشد، المقاومة العظمى للشد والمطاطية وازدادت

المرونة، ثانياً، لم يختلف نوعي دقيق البقوليات معنوياً في درجة تأثيرهما في خصائص الاكستينسوغراف لنوعي دقيق القمح، حيث كانت الاختلافات في المؤشرات المدروسة عائدة بشكل أساسي لنوع دقيق القمح ونسبة الإضافة من دقيق البقوليات، وبالتالي هذه النتائج تدعم دراسات سابقة أثبتت أن تقنية الاكستينسوغراف ترتبط بشكل عالي المعنوية بالخصائص النوعية لغلوتين دقيق القمح، والتي تخضع بشكل كامل لتأثير العوامل الوراثية، وتستخدم لتحديد سلوك الدقيق أثناء عمليات التصنيع (Anderssen وزملاؤه، 2004؛ Torbica وزملاؤه، 2007؛ Iancu و Ognean، 2016).

بينت نتائج تحليل التباين لخلطات الدقيق المركب (الجدول 5) وجود فروقات معنوية في قيم القدرة، وهي المساحة تحت المنحني مقدرة بـ سم^2، بين نوعي الدقيق عند كل نسبة إضافة من نوعي دقيق البقوليات، وتراوحت بين (47.25–58.20 سم^2) لعينات دقيق الزيرو وبين (42.50–55.15 سم^2) لعينات الدقيق الموحد، كما انخفضت قيم مقاومة الشد، والتي تعبر عن طول المنحني بوحدات البرابندر (BU) بعد 5 سم من بداية الاكستينسوغرام، بشكلٍ معنوي ما بين عينات الشاهد والعينات المدعمة بدقيق البقوليات، حيث كانت (225.20 BU و210.50 BU) لعينات الشاهد، وانخفضت معنوياً إلى (185.00 BU و160.10 BU) عند إضافة 15% من دقيق البقوليات لدقيق الزيرو والدقيق الموحد على التوالي. بالإضافة إلى ذلك، فقد أظهرت المقاومة العظمى للشد، وهي الارتفاع الأعظمي لمنحني الاكستينسوغرام والمؤشر الهام الذي يدل على قوة الدقيق، فروقات معنوية بين نوعي الدقيق وعند إضافة دقيق البقوليات، وانخفضت معنوياً من (285.20 BU) إلى (245.30 BU) في عينات دقيق الزيرو، ومن (260.50 BU) إلى (205.20 BU) في عينات الدقيق الموحد، وتبعاً لتصنيف Williams، (1997) الذي يعطي القيم (120، 350، 450 و630 BU) للمقاومة العظمى للشد للدقيق الضعيف ومتوسط القوة والقوي والقوي جداً، يمكننا الاستنتاج أن جميع عينات الدقيق المدروسة (عينات الدقيق الشاهد والدقيق المركب) تصنف

كدقيق متوسط القوة، أي إضافة دقيق البقوليات (دقيق الحمص ودقيق العدس) لحد نسبة 15% إلى أنواع الدقيق المحلية (دقيق الزيرو والدقيق الموحد) تؤدي إلى خفض قوة الدقيق لكن يبقى ضمن الفئة متوسط القوة. وعلى النقيض من المؤشرات السابقة، ازدادت مرونة العجينة، وهي طول المسقط الأفقي للاكيتنسوغرام بالميليمتر، عند تدعيم نوعي دقيق القمح بنوعي دقيق البقوليات، حيث بلغت قيمة المرونة في عينات الشاهد (120.15 مم و135.45 مم) وازدادت إلى (166.15 مم و174.50) لدقيق الزيرو والدقيق الموحد على التوالي. من جهة أخرى، بينت نتائج قياس مطاطية العجينة، وهي نسبة مقاومة الشد العظمى إلى المرونة، وجود اختلافات معنوية بين نوعي دقيق القمح والتي انخفضت عند إضافة دقيق البقوليات، وتراوحت بين (1.48–2.37) لعينات دقيق الزيرو و(1.17–1.92) لعينات الدقيق الموحد. وتتوافق نتائج هذه الدراسة مع العديد من نتائج الدراسات السابقة والتي بينت انخفاض مؤشرات الاكستينسوغراف، وبالتالي قوة الدقيق، عند إضافة أنواع من الدقيق خالية الغلوتين (Zaidel وزملاؤه، 2010؛ Mohammed وزملاؤه، 2012؛ Mis و Dziki، 2013).

الجدول (5): خصائص الاكستينسوغراف لخلطات الدقيق.

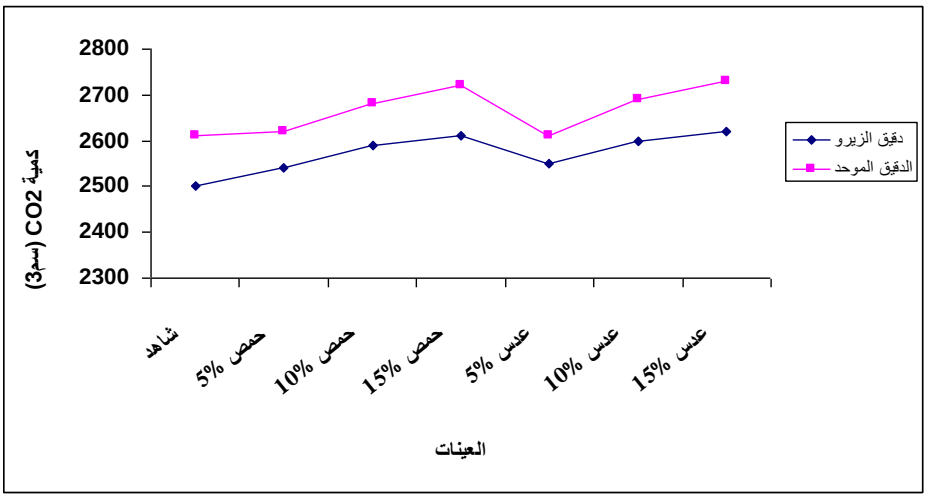
رقم العينة	القدرة (سم^2)	مقاومة الشد (BU)	المقاومة العظمى (BU)	المرونة (مم)	المطاطية
1	–	–	–	–	–
2	–	–	–	–	–
3	58.20 ± 0.45^a	225.20 ± 3.25^a	285.20 ± 3.22^a	120.15 ± 2.25^a	2.37 ± 0.05^a
4	55.15 ± 0.35^b	210.50 ± 2.50^b	260.50 ± 2.30^b	135.45 ± 0.92^b	1.92 ± 0.22^b
5	55.40 ± 0.25^b	210.00 ± 4.20^b	280.50 ± 1.55^c	133.20 ± 1.10^b	2.11 ± 0.01^c
6	51.10 ± 0.41^c	200.50 ± 1.65^c	260.10 ± 1.80^b	148.30 ± 4.05^c	1.75 ± 0.10^d
7	47.25 ± 0.22^d	185.40 ± 3.00^d	245.30 ± 4.15^d	166.15 ± 1.44^d	1.48 ± 0.12^e
8	51.30 ± 0.32^c	195.65 ± 1.44^e	245.30 ± 2.15^d	150.25 ± 2.22^c	1.63 ± 0.01^f
9	46.95 ± 0.46^d	185.20 ± 4.60^d	220.10 ± 1.10^e	165.15 ± 0.88^d	1.33 ± 0.22^g
10	42.80 ± 0.20^e	160.10 ± 1.15^f	205.50 ± 2.33^f	174.10 ± 1.25^e	1.18 ± 0.02^h
11	55.50 ± 0.11^b	210.45 ± 2.22^b	280.10 ± 2.21^c	131.50 ± 2.11^b	2.13 ± 0.11^c
12	50.90 ± 0.65^c	200.00 ± 3.15^c	260.45 ± 4.45^b	149.25 ± 3.15^c	1.75 ± 0.21^d
13	47.30 ± 0.50^d	185.00 ± 2.05^d	245.50 ± 1.44^d	165.55 ± 4.20^d	1.48 ± 0.15^e
14	51.10 ± 0.45^c	195.10 ± 2.30^e	245.55 ± 3.35^d	151.20 ± 0.90^c	1.62 ± 0.05^f
15	47.05 ± 0.12^d	185.00 ± 0.95^d	220.00 ± 5.20^e	165.95 ± 3.50^d	1.33 ± 0.24^g
16	42.50 ± 0.66^e	160.20 ± 3.10^f	205.20 ± 1.65^f	175.50 ± 4.15^e	1.17 ± 0.02^h

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

4- قياس قوة التخمر لخلطات الدقيق المستخدمة في الدراسة:

أُجري تقدير قوة التخمر لعينات نوعي دقيق القمح والمدعم بنسبة (0، 5، 10 و15%) من دقيق الحمص ودقيق العدس، وذلك من خلال قياس كمية غاز CO_2 المنطلق من العجينة المحضرة من دقيق وماء وخميرة على درجة حرارة 30 °م لمدة ساعة، وعُبر عن النتائج في الشكل (1).

لوحظ من الشكل أن عينات الشاهد أبدت أقل قيم لحجم غاز CO_2 المنطلق، وكانت (2500 سم^3 و2610 سم^3) لدقيق الزيرو والدقيق الموحد على التوالي، وقد ازدادت هذه القيم مع ارتفاع نسبة دقيق البقوليات المضاف، ولم يبدِ نوعي دقيق البقوليات اختلافات معنوية في درجة التأثير في قوة تخمر دقيق القمح، ووصلت إلى (2620 سم^3 و2730 سم^3) عند إضافة 15% من دقيق البقوليات إلى دقيق الزيرو والدقيق الموحد على التوالي. أثبتت الدراسات السابقة أن التركيب والحجم المميز للمنتجات المخمرة يعتمد على إنتاج الخميرة لغاز ثاني أكسيد الكربون، ويتم تحقيق حجم رغيف مرغوب فيه فقط إذا كان العجين يوفر بيئة مواتية لنمو الخميرة وتوليد الغاز، وفي الوقت نفسه، يمتلك مصفوفة غلوتين قادرة على الحد الأقصى للاحتفاظ بالغاز (Sahlström وزملاؤه، 2004)، وترتبط قدرة خميرة الخباز على تخمير العجين بكمية السكريات البسيطة في الدقيق (Antoni وزملاؤه، 2019)، حيث يحتوي القمح على (1.5–2.5%) من السكريات البسيطة (Schmidt وSciurba، 2021) بينما تحوي البقوليات على (6.69–9.99%) من السكريات البسيطة (Han وBaik، 2006)، وهذا ما يفسر ارتفاع قوة تخمر دقيق القمح عند تدعيمه بدقيق البقوليات.



الشكل (1): كمية CO_2 المنطلق لخلطات الدقيق.

الاستنتاجات:

1. أظهرت نتائج تقييم الخصائص الفيزيوكيميائية لنوعي دقيق القمح (دقيق الزيرو والدقيق الموحد) المدعم بنسبة (0، 5، 10 و15%) من دقيق البقوليات (دقيق الحمص ودقيق العدس) وجود اختلافات معنوية بين الخلطات، حيث أن إضافة دقيق البقوليات إلى دقيق القمح قد أدى إلى انخفاض في النسبة المئوية للرطوبة والنسبة المئوية للبروتينات، وترافق ذلك أيضاً بازدياد النسبة المئوية للرماد ودرجة اللون.
2. ترافق إضافة دقيق البقوليات إلى دقيق القمح مع انخفاض كمي ونوعي في غلوتين نوعي دقيق القمح، حيث انخفضت النسبة المئوية للغلوتين الرطب، النسبة المئوية للغلوتين الجاف ودليل الغلوتين.

3. أظهرت المتغيرات المدروسة، نوع دقيق القمح، نوع دقيق البقوليات ونسبة الإضافة، تأثيرات معنوية في الخصائص الريولوجية لدقيق القمح مقاسةً بتقنية الفارينوغراف، فقد أدى إضافة دقيق البقوليات إلى دقيق القمح بازدياد معنوي في امتصاصية الدقيق للماء، زمن تطور العجينة ودرجة ضعف العجينة، بينما انخفض زمن ثباتية العجينة.
4. أظهرت نتائج تقييم الخصائص الريولوجية لخلطات دقيق القمح المدعم بنسب مختلفة بدقيق البقوليات مقاسةً بتقنية الاكستينسوغراف، انخفاض قوة دقيق القمح عند إضافة دقيق البقوليات، حيث انخفضت القدرة، مقاومة الشد، المقاومة العظمى للشد والمطاطية وازدادت المرونة، بالإضافة إلى ذلك، لم يختلف نوعي دقيق البقوليات معنوياً في درجة تأثيرهما في خصائص الاكستينسوغراف لنوعي دقيق القمح، حيث كانت الاختلافات في المؤشرات المدروسة عائدة بشكل أساسي لنوع دقيق القمح ونسبة الإضافة من دقيق البقوليات.
5. تشير نتائج تقييم الخصائص الريولوجية إلى أن تدعيم أنواع دقيق القمح المنتجة محلياً بنسب مختلفة من أنواع دقيق البقوليات يؤدي إلى انخفاض في قوة الدقيق، وهذا يترتب إجراء تعديلات في العملية التصنيعية عند استخدام الدقيق المركب في تحضير منتجات المخابز التي تتطلب دقيق قوي مثل الخبز والمعكرونة.
6. بينت نتائج قياس قوة التخمر لخلطات دقيق القمح من خلال قياس حجم غاز CO_2 المنطلق، أن إضافة دقيق البقوليات قد زاد من قوة تخمر دقيق القمح نتيجة ازدياد نسبة السكريات البسيطة في الخلطات.

التوصيات:

1. متابعة البحث لتقييم الخصائص التصنيعية والحسية لمنتجات المخابز المحضرة من دقيق القمح المدعم بدقيق البقوليات.
2. استخدام تحليل الأمثلة الاحصائي لتحديد النسب المثلى من دقيق أنواع البقوليات الواجب إضافتها إلى دقيق القمح والتي تترافق مع أفضل مؤشرات الجودة.

المراجع References:

1. AACC. 2000. Approved Methods of the AACC, 10th edn. Methods 44-15A, 08-01, 46-10, 38-12A, 54-21, 54-10, 89-01. St Paul, MN. AACC.
2. Abou-Zaid, A. A. M., Ramadan, M. T. and Al-Asklany, S. A. 2011. Utilisation of faba bean and cowpea flours in gluten free cake production. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5, 2665-2672.
3. Aguilera, Y., Estrella, I., Benitez, V., Esteban, R. M. and Martin-Cabrejas, M. A. 2011. Bioactive phenolic compounds and functional properties of dehydrated bean flours. Food Research International, 44, 774-780.
4. Anderssen, R., Bekes, F., Gras, P. W., Nikolov, A. and Wood, J. 2004. Wheat-flour dough extensibility as a discriminator for wheat varieties. Journal of Cereal Science, 39, 195-203.
5. Angioloni, A. and Collar, C. 2012. High legume-wheat matrices: an alternative to promote bread nutritional value meeting dough viscoelastic restrictions. European Food Research and Technology, 234, 273-284.
6. Antoni, L., Lütjen, M., Rohde, A. K. and Freitag, M. 2019. Determination of the optimal state of dough fermentation in bread production by using optical sensors and deep learning. Applied Sciences, 9, 4266-4282.
7. Arab, E. A. A., Helmy, I. M. F. and Barch, G. F. 2010. Nutritional evaluation of functional properties of chickpea (Cicer arietinum L.) flour and the improvement of spaghetti produced from its. Journal of American Science, 6, 1055-1072.
8. Azizi, M. H., Sayeddin, S. M. and Payghambardoos,t S. H. 2006. Effect of flour extraction rate on flour composition, dough rheological characteristics and quality of flat bread. J. Agric. Sci. Technol., 8, 323-330.
9. Bajka, B. H., Pinto, A. M., Ahn-Jarvis, J., Ryden, P., Perez-Moral, N., van der Schoot, A., Stocchi, C., Bland, C., Berry, S. E., Ellis, P. R. and Edwards, C. H. 2021. The impact of replacing wheat flour with cellular legume powder on starch bioaccessibility, glycaemic response and

bread roll quality: A double-blind randomised controlled trial in healthy participants, Food Hydrocolloids, 114, 1-11.
10. Bouhlal, O., Taghouti, M., Benbrahim, N., Benali, A., Visioni, A. and Benba, J. 2019. Wheat-lentil fortified flours: Health benefits, physicochemical, nutritional and technological properties. Journal of Materials and Environmental Science. 10, 1098-1106.
11. Boye, J., Zare, F. and Pletch, A. 2010. Pulse proteins: Processing, characterisation, functional properties and applications in food and feed. Food Research International, 43, 414-431.
12. Czaja, T., Sobota, A. and Szostak, R. 2020. Quantification of ash and moisture in wheat flour by raman spectroscopy. Foods, 9, 280-287.
13. De la Hera, E., Ruiz-Paris, E., Oliete, B. and Gómez, M. 2012. Studies on cake quality made of wheat-lentil composite flours. LWT- Food Science and Technology, 49, 48-54.
14. Des-Marchais, L. P., Foisy, M., Mercier, S., Villeneuve, S. and Mondor, M. 2011. Bread-making potential of pea protein isolate produced by a novel ultrafiltration/diafiltration process. Procedia Food Science, 1, 1425-1430.
15. Dhinda, F., Lakshmi, J. A., Prakash, J. and Dasappa, I. 2011. Effect of ingredients on rheological, nutritional and quality characteristics of high protein, high fibre and low carbo-hydrate bread. Food Bioprocess Technology, 5, 2998-3006.
16. Duranti, M. 2006. Grain legume proteins and nutraceutical properties. Fitoterapia, 77, 67-82.
17. Fenn, D., Lukow, O., Humphreys, G., Fields, P. and Boye, J. 2010. Wheat-legume composite flour quality. International Journal of Food Properties, 13, 381-393.
18. Gajula, H. 2017. Effect of wheat bran on gluten network formation as studied through dough development, dough rheology and bread microstructure. PhD. Thesis, Department of Grain Science and Industry, College of Agriculture, Kansas State University, Manhattan, Kansas, USA.

19. Gomez, M., Oliete, B., Rosell, C. M., Pando, V. and Fernandez, E. 2008. Studies on cake quality made from wheat-chickpea flour blends. LWT - Food Science and Technology, 41, 1701-1709.
20. Han, I. H. and Baik, B. K. 2006. Oligosaccharide content and composition of legumes and their reduction by soaking, cooking, ultrasound, and high hydrostatic pressure. Cereal Chemistry, 83, 428-433.
21. Han, J. J., Janz, J. A. M. and Gerlat, M. 2010. Development of gluten-free cracker snacks using pulse flours and fractions. Food Research International, 43, 627-633.
22. Hefnawy, T. M. H., El-Shourbagy, G. A. and Ramadan, M. F. 2012. Impact of adding chickpea (Cicer arietinum L.) flour to wheat flour on the rheological properties of toast bread. International Food Research Journal, 19, 521-525.
23. Hemeda, H. M. and Mohamed, E. F. 2012. Functional attribute of chickpea and defatted soybean flour blends on quality characteristics of shortening cake. European Journal of Applied Sciences, 2, 44-50.
24. Iancu, M. L. and Ognean, M. 2016. Use of flour-graphics technique in the compatibility parameter extensograph brabender and flourgraph E7. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 05, 277-281.
25. Jekle, M., Mühlberger, K., and Becker, T. 2016. Starch-gluten interactions during gelatinization and its functionality in dough like model systems. Food Hydrocolloids, 54, 196-201.
26. Kadam, M. L., Salve, R. V., Mehrajfatema, Z. M. and More, S. G. 2012. Development and evaluation of composite flour for Missi roti/chapatti. Food Process and Technology, 3, 134.
27. Kohajdová, Z., Karovičová, J. and Magala, M. 2013. Effect of lentil and bean flours on rheological and baking properties of wheat dough. Chem. Pap., 67, 398-407.
28. Kowalska, H., Czajkowska, K., Cichowska, J. and Lenart, A. 2017. What's new in biopotential of fruit and vegetable by-products applied in the food processing industry. Trends Food Sci Technol., 67, 150-159.

29. Ma, Z., Boye, J. I., Simpson, B. K., Prasher, S. O., Monpetit, D. and Malcolmson, L. 2011. Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flours. Food Research International, 44, 2534-2544.
30. Man, S. and Păucean, A. 2013. The effect of incorporation of red lentil flour on the bread quality. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies, 19, 148-152.
31. Maninder, K., Sandhu, K. S. and Singh, N. 2007. Comparative study of the functional, thermal and pasting properties of flours from different field pea (Pisum sativum L.) and pigeon pea (Cajanus cajan L.) cultivars. Food Chemistry, 104, 259-267.
32. Miñarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B. Capellas, M. (2012). Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. Journal of Cereal Science, 56, 476-481.
33. Miś, A. and Dziki, D. 2013. Extensograph curve profile model used for characterising the impact of dietary fibre on wheat dough. Journal of Cereal Science. 57, 471-479.
34. Mohammed, I., Ahmed, A. R. and Senge, B. 2012. Dough rheology and bread quality of wheat-chickpea flour blends. Industrial Crops and Products, 36, 196-202.
35. Monnet, A. F., Laleg, K., Michon, C. and Micard, V. 2019. Legume enriched cereal products: A generic approach derived from material science to predict their structuring by the process and their final properties. Trends in Food Science & Technology, 86, 131-143.
36. Noorfarahzilah, M., Lee, J. S., Sharifudin, M. S., Mohd Fadzelly, A. B. and Hasmadi, M. 2014. Applications of composite flour in development of food products. International Food Research Journal, 21, 2061-2074.
37. Oikonomou, N. A., Bakalis, S., Rahman, M. S. and Krokida, M. K. 2014. Gluten index for wheat products: Main variables in affecting the value and nonlinear regression model. International Journal of Food Properties, 18, 1-11.
38. Pomeranz, Y. and Williams, P. C. 1990. Wheat hardness: Its genetic, structure and biochemical background, measurement and significance.

In: Pomeranz, Y. Advances in Cereal Science and Technology. AACC, St. Paul, Minnesota, USA. 471-557.

39. Portman, D., Blanchard, C., Maharjan, P., McDonald, L., Mawson, J., Naiker, M. and Panozzo, J. 2018. Blending studies using wheat and lentil cotyledon flour-Effects on rheology and bread quality. Cereal Chemistry, 95, 1-12.
40. Rustgi, S., Shewry, P., Brouns, F., Deleu, L. and Delcour, J. A. 2019. Wheat Seed proteins: Factor's influencing their content, composition, and technological properties, and strategies to reduce adverse reactions. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 18, 1751-1769.
41. Rysova, J., Ouhrabkova, J., Gabrovska, D., Pauličkova, I., Winterova, R., Vymyslicky, T., Prokeš, J. and Hutař, M. 2010. Food with addition of little-known legume varieties. Agronomy Research, 8, 339-344.
42. Sahlström, S., Park, W. and Shelton, D. R. 2004. Factors influencing yeast fermentation and the effect of LMW sugars and yeast fermentation on hearth bread quality. Cereal Chemistry Journal, 81, 328-335.
43. 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.
44. Sapirstein, H., Wu, Y., Koksel, F. and Graf, R. 2018. A study of factors influencing the water absorption capacity of Canadian hard red winter wheat flour. Journal of Cereal Science, 81, 52-59.
45. Schmidt, M. and Sciurba, E. 2021. Determination of FODMAP contents of common wheat and rye breads and the effects of processing on the final contents. Eur Food Res Technol., 247, 395-410.
46. Siddiq, M., Ravi, R., Harte, J. B. and Dolan, K. D. 2010. Physical and functional characteristics of selected dry bean (Phaseolus vulgaris L.) flours. LWT - Food Science and Technology, 43, 232-237.
47. Sparvoli, F., Bollini, R. and Cominelli, E. 2015. Nutritional value. In: DeRon, A. M. (ed), Grain Legumes. Springer, Berlin, pp 291-318.

48. Teterycz, D., Sobota, A., Zarzycki, P. and Latoch, A. 2020. Legume flour as a natural colouring component in pasta production. J Food Sci. Technol., 57, 301-309.
49. Tiwari, B. K., Brennan, C. S., Jaganmohan, R., Surabi, A. and Alagusundaram, K. 2011. Utilisation of pigeon pea (Cajanus cajan L) byproducts in biscuit manufacture. LWT - Food Science and Technology, 44, 1533-1537.
50. Torbica, A., Antov, M., Mastilović, J. and Knezevic, D. 2007. The influence of changes in gluten complex structure on technological quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). Food Research International, 40, 1038-1045.
51. Williams, P. 1997. Variety development and quality control of wheat in Canada. International Japanese Conference on Near-Infrared Reflectance, CGC. 345-378.
52. Wood, A. J. 2009. Texture, processing and organoleptic properties of chickpea-fortified spaghetti with insights to the underlying mechanisms of traditional durum pasta quality. J Cereal Sci., 49, 128-133.
53. Zaidel, A. D. N., Chin, N. L. and Yusof, Y. A. 2010. A review on rheological properties and measurements of dough and gluten. Journal of Applied Sciences, 10, 2478-2490.
54. Zhang, B., Deng, Z. D., Ramdath, D. D., Tang, Y., Chen, P. X., Liu, R., Liu, Q. and Tsao, R. 2015. Phenolic profiles of 20 Canadian lentil cultivars and their contribution to antioxidant activity and inhibitory effects on α-glucosidase and pancreatic lipase. Food Chem., 172, 862-872.
55. Zilic, S. 2013. Wheat gluten: Composition and health effects. In Walter, D. B. Gluten: Sources, Composition and Health Effects. Publisher: Nova Science Publisher, Inc. pp.71-86.