تقييم الخصائص الفيزيوكيميائية، التصنيعية والحسية لأنواع من الخبز المسطح الخالي من الغلوتين والخاصة بمرضى داء الزلاقي

سوسن زينه* **وجهاد سمعان****

الملخص

أُجري هذا البحث في مخابر قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، بهدف إنتاج أنواع خبز خالي من الغلوتين لمرضى الداء الزلاقي. تمَّ في هذا البحث إنتاج خبز خالي من الغلوتين باستخدام أنواع مختلفة من الدقيق الخالي من الغلوتين (دقيق الأرز، دقيق الذرة ودقيق الصويا منزوع الدسم) والخلطات المحضرة منهم، وتمَّ تقييم الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق المستخدم، ومن ثم تقييم الخصائص الكيميائية، التصنيعية والحسية للخبز الناتج. بينت نتائج التحليل تباين التركيب الفيزيوكيميائي لأنواع الدقيق الأساسية المستخدمة في تحضير الخلطات، إذ تميز دقيق الصويا بارتفاع كل من مؤشرات الرماد، البروتين ودرجة اللون وانخفاض نسبة الرطوبة مقارنةً مع دقيق الأرز ودقيق الذرة، كما وُجدت اختلافات معنوية بالنسبة للخلطات المحضرة من أنواع الدقيق السابقة، في محتوى الرطوبة، الرماد، البروتين ودرجة اللون لمختلف أنواع الدقيق المركب، وأبدت هذه الخلطات تركيب

* طالبة ماجستير في قسم علوم الأغذية– كلية الزراعة–جامعة دمشق.
Zena@damascusuniversity.edu.sy
** أستاذ مساعد في قسم علوم الأغذية –كلية الزراعة–جامعة دمشق– ص.ب. 30621.
Samaan@damascusuniversity.edu.sy

فيزيوكيميائي أعلى بكثير من محتوى دقيق القمح، وبشكل عام، ازداد محتوى البروتين والرماد واللون في الدقيق المركب مع زيادة مستوى دقيق فول الصويا في الخلطة. من جهة أخرى، أظهر تحليل التركيب الكيميائي لجميع عينات الخبز المحضرة وجود تباين كبير في محتواها من البروتين، اللبيدات والرماد، وتميزت عينات الخبز المحضرة من دقيق فول الصويا بأعلى نسبة بروتينات، وبالمقابل، أظهر الخبز المحضر من دقيق الذرة أعلى قيمة لبيدات، بينما كان تباين النسبة المئوية للألياف ضمن مجال ضيق، بالإضافة إلى ذلك، تباينت الخصائص التصنيعية لجميع عينات الخبز المحضرة. أبدى خبز الأرز أفضل تقييم حسي من ناحية اللون، النكهة والقبول العام مقارنةً مع باقي الأنواع، ويليه خبز الذرة من حيث اللون والقبول العام.

الكلمات المفتاحية: الداء الزلاقي، الغلوتين، الخبز، الدقيق المركب، الخصائص الفيزيوكيميائية، الخصائص الحسية.

Physiochemical, processing and sensory properties evaluation of gluten-free flat bread types for celiac disease patients

S. Zena* **J. Samaan****

Abstract

This research was conducted at the Department of Food Science, Faculty of Agriculture, Damascus University, with the aim of producing gluten-free bread for patients with celiac disease. In this research, gluten-free bread were produced Using different types of gluten-free flour (rice flour, cornmeal and skimmed soy flour) and the mixtures prepared from them, and the physiochemical properties of the used flour were evaluated, and then the chemical, processing and sensory properties of the resulting bread were evaluated. The results of the analysis showed the variation in the physiochemical composition of the main types of flours used in the preparation of mixtures. Soy flour was characterized by high levels of ash, protein and colour, and low moisture content compared to rice flour and corn flour, also there were significant differences with respect to the mixtures prepared from the previous types of flour, in moisture content, ash, protein and colour degree of the various types of composite flour. Moreover, these mixtures demonstrated a physiochemical composition much higher than that of wheat flour. In general, the protein, ash and colour content of the composite flour increased with the increase in the level of soybean flour in the mixture. On the other hand, analysis of the chemical composition of all prepared bread samples showed a large variation in their protein content, lipid and ash, and bread samples prepared from soybean flour were characterized by the highest protein content, and in contrast, bread prepared from corn flour showed the highest lipid value, while the percentage

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

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

variation of the fibers was within a narrow range, in addition, all the prepared bread samples varied in the processing characteristics. Sensory evaluation showed that rice bread was generally more preferred in terms of colour, flavour and general acceptance than other types, followed by cornbread in terms of colour and general acceptance.

Keywords: Celiac disease, gluten, bread, composite flour, physiochemical properties, sensory properties.

المقدمة:

يعتبر الخبز منذ زمن طويل واحد من أكثر المنتجات الغذائية استهلاكاً وقبولاً بسبب قيمته الغذائية العالية نسبياً وخصائصه الحسية الفريدة (Dewettinck وزملاؤه، 2008)، ومع ذلك، فإن عدداً متزايداً من الأفراد يعانون من مرض الاضطرابات الهضمية أو مرض حساسية الغلوتين أو الداء البطني أو داء الزلاق أو مرض السيلياك، وهي جميعها مسميات لمرض واحد وهو عدم القدرة على تحمل الغلوتين الموجود في بعض الحبوب كالقمح والشعير والشيلم وغيرها (Pietzak وزملاؤه، 2015)، إذ يعتبر هذا المرض أحد أكثر الأمراض الغذائية الوراثية شيوعاً في جميع أنحاء أوروبا، الشرق الأوسط، أستراليا، أميركا وشمال أفريقيا، حيث يصيب شخصاً واحداً من كل 130–300 من السكان الأوربيين و1 من 111 من سكان الولايات المتحدة أي بنسبة 2–3 % (Rashid وLee، 2016)، أما بالنسبة لانتشار المرض في الأشخاص ممن لديهم قابلية وراثية للمرض فتصل نسبتهم إلى 4% لدى مرضى السكري، 2% للأقرباء من الدرجة الأولى، 3% لدى المرضى المصابين بالتهاب الغدة الدرقية المناعي ومن 5–10% من المرضى المصابين بمتلازمة داون (Bingley وزملاؤه، 2004؛ Hoffenberg وزملاؤه، 2003)، وأشار Ciacci وزملاؤه (2002) في دراسته أن مرض حساسية الغلوتين يُصيب الإناث أكثر مقارنةً مع الذكور، بينما ذكر Hallert وزملاؤه (1983) سابقاً إلى أن المرض يظهر في الجنسين ويمكن أن يبدأ في أي مرحلة من مراحل العمر فيظهر في الرضيع من وقت تناوله الحبوب وحتى سن متقدم من العمر (حتى لو كان هذا الشخص يستهلك الحبوب المحتوية على الغلوتين طوال حياته).

الداء الزلاقي أو الداء البطني (Celiac disease) هو اضطراب مزمن يصيب الجهاز الهضمي كردة فعل على التعرض لمادة الغلوتين الموجودة في الخبز، المعكرونة وأنواع أخرى من الأطعمة التي تحتوي على بروتينات القمح، حيث يقوم الجهاز المناعي، الموجود

في جسم المصاب بالداء البطني، بمهاجمة أنسجة الأمعاء الدقيقة فيسبب ضرراً لبطانة الأمعاء مما يجعلها عاجزة عن امتصاص بعض مركبات الغذاء الضرورية، ويؤدي إلى سوء امتصاص المواد الغذائية في نهاية المطاف ويحول دون وصول المركبات الغذائية الأساسية الضرورية لعمل الدماغ، الجهاز العصبي، العظام، الكبد وأعضاء أساسية أخرى مما يؤدي الى حدوث خلل في وظائف هذه الأعضاء (Greco وزملاؤه، 2010)، لايمكن الشفاء من الداء البطني لكن بالإمكان السيطرة على المرض عن طريق الالتزام بنظام غذائي ملائم، وعند تناول أطعمة خالية من الغلوتين يبدأ الالتهاب الناشئ في الأمعاء الدقيقة بالتراجع خلال بضعة أسابيع ويبدأ الشعور العام بالتحسن خلال بضعة أيام من بدء التغيير في النظام الغذائي، وقد تستغرق عملية شفاء جدار الأمعاء والزغب المعوي الذي يغلفه بضعة أسابيع لدى المرضى الشباب وبين سنتين وحتى ثلاث سنوات لدى المرضى الكبار في السن (Hegazy وزملاؤه، 2009)، ومن أجل السيطرة على الداء البطني ومنع حدوث المضاعفات المختلفة يجب على المريض تجنب جميع أنواع الطعام التي تحتوي على الغلوتين، حيث إن أي كمية صغيرة جداً من الغلوتين كافية للتسبب بظهور أعراض هذا المرض والمضاعفات المختلفة، لذلك يجب الامتناع كلياً عن مثل هذه الأطعمة كالقمح ومنتجاته (Pietzak وزملاؤه، 2009)، وقد اكتشف أن سمية بروتين القمح المسبب لهذا المرض تعزى إلى بروتين الغلياذين الموجود في القمح وخاصة الألفا غلياذين، حيث توجد استجابة مناعية غير مألوفة لتتابع معين للأحماض الأمينية في جزيء الغلياذين (Prandi وزملاؤه، 2014؛ van den Broeck وزملاؤه، 2011).

تعتبر الأغذية الخاصة التي يهتم بها شريحة من المستهلكين الذين يعانون من مشكلة حساسية الأمعاء لمادة الغلوتين وقفة علمية يجب التركيز عليها وإعطائها الأهمية اللازمة الضرورية (Kumar، 2018)، وعلى الرغم من التحديات، فقد تم إنتاج أنواع من الدقيق الخالي من الغلوتين، على سبيل المثال، يستخدم دقيق الذرة والبطاطا والأرز والصويا

والفاصولياء واللوبياء في عمل منتجات مثل الخبز والمعكرونة وأنواع معجنات أخرى تبيعه شركات متخصصة لهؤلاء المرضى (Fardet، 2015)، وحالياً هناك أنواع أطعمة معدلة منزوعة الغلوتين، ولكن يجب التأكد من ذلك قبل استخدامها (Czaja-Bulsa، 2015).

في السنوات الأخيرة، تمَّ إنتاج الخبز ومنتجات المخابز الأخرى باستخدام الدقيق المركب الخالي من الغلوتين، وبالمقارنة مع المنتجات المخبوزة التقليدية، فإنَّ تطوير منتجات خالية الغلوتين عالية الجودة أمرٌ صعبٌ بسبب الخصائص الفريدة للغلوتين، كما أنها مكلفة أكثر بسبب استخدام المكونات المتخصصة، وذات مدة صلاحية أقصر، وبناءً على ماسبق، فقد هدف هذا البحث إلى:

1. إنتاج أنواع من الخبز الخالي من الغلوتين (GFB) الخاصة بمرضى داء الزلاقي.
2. تقييم الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق المستخدم والخصائص الفيزيوكيميائية، التصنيعية والحسية لعينات الخبز الخالي من الغلوتين المُنتَجة.

مواد البحث وطرائقه:

1- مواد البحث:

1- حبوب الأرز، الذرة الصفراء وفول الصويا، تمَّ شراؤها من السوق المحلية، وتمَّ طحن الحبوب وغربلت للتخلص من الشوائب للحصول على الدقيق المطلوب.

2- الملح المعالج باليود.

3- سكر أبيض.

4- خميرة جافة (خميرة الخباز).

5- ماء فاتر 40 °م.

2- تحضير الخبز:

تمَّ تحضير الخبز حسب الطريقة التقليدية الموصوفة من قبل (Hegazy وزملاؤه، 2009) تبعاً للخطوات التالية:

1. تذوب الخميرة مع السكر (2-3%) في الماء الفاتر وتغطى لمدة 5 دقائق.
2. يخلط الدقيق مع الملح (2%) في وعاء عميق.
3. تضاف الخميرة المذابة في الماء إلى خليط الدقيق وتخلط جيداً ثم تترك لتختمر لمدة ساعتين.
4. تقسم العجينة ثم ترقق وتخبز بالفرن على درجة حرارة 225 ºم لمدة 10-15 دقيقة أو 400 ºم لمدة 2-3 دقائق.
5. تبرد الأرغفة لمدة ساعة بعد الخَبز.
6. تعاد التجربة تبعاً لنوع الدقيق كالتالي:

- الخلطة 1: 100% دقيق الأرز.
- الخلطة 2: 100% دقيق الذرة.
- الخلطة 3: 100% دقيق الصويا.
- الخلطة 4: 50% دقيق الأرز + 50% دقيق الذرة.
- الخلطة 5: 50% دقيق الأرز + 50% دقيق الصويا.
- الخلطة 6: 50% دقيق الذرة + 50% دقيق الصويا.
- الخلطة 7: 33.33% دقيق الأرز + 33.33% دقيق الذرة + 33.33% دقيق الصويا.

3- الاختبارات المدروسة:

3-1- 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 للبروتين: AACC رقم 10-46 (AACC، 2000).

3-2- اختبارات جودة الخبز:

1- الخصائص الكيميائية: قُدِّرت الرطوبة، الرماد والبروتين اعتماداً على الطريقة المتبعة في AOAC (AOAC، 2005)، كما تمَّ تقدير اللبيدات باستخدام جهاز سوكسليت (Soxhlet) تبعاً للطريقة المعتمدة في AACC رقم 25-30 (AACC، 2000)، وتمَّ تقدير الألياف الكلية بجهاز تقدير الألياف ماركة سيلكتا الإسباني حسب الطريقة المعتمدة في AACC رقم 32-45 (AACC، 2000)، بينما تم تحديد إجمالي الكربوهيدرات بطرح 100 غ من مجموع البروتين والرماد واللبيدات والألياف (FAO، 2003).

2- الخصائص التصنيعية: تمَّ تحديد خصائص الرغيف حسب الطريقة المتبعة في (Aleid وزملاؤه، 2014) وهي:

- القطر: تم قياس متوسط طول خطين متعامدين على رغيف الخبز مقدرة بالسنتيمتر وذلك لـ 10 عينات.
- السماكة: تم قياس متوسط السماكة مقدرة بالميليمتر لـ 10 عينات من خبز باستخدام جهاز البياكوليس.
- الوزن: تم قياس متوسط الوزن مقدراً بالغرام وذلك لـ 10 عينات من الخبز.

3- الخصائص الحسية: تمَّ تقييم الأنواع المختلفة من الخبز الخالي من الغلوتين حسياً بالنسبة إلى اللون، النكهة، القوام، الطعم والقبول العام من قبل 10 أشخاص، اعتماداً على مجموع النقاط لكل نوع وفق لـ 5 درجات تتوزع كالتالي: النقطة 5: ممتازة، النقطة 4: جيدة جداً، النقطة 3: جيدة، النقطة 2: مقبولة والنقطة 1: سيئة.

4- التحليل الإحصائي: أجريت جميع الاختبارات بثلاثة مكررات وسجلت النتائج كمتوسطات ± الانحراف المعياري، وأجري 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 تحضير الخبز:

حُلِّلت الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأنواع الدقيق المستخدم (الأرز، الذرة والصويا) والخلطات المحضرة منها والمعدة لتحضير أنواع من الخبز الخالية الغلوتين (الجدول 1).

الجدول (1) التركيب الفيزيوكيميائي لخلطات الدقيق.

	الرطوبة (%)	الرماد (%)	البروتين (%)	اللون (درجة)
الخلطة 1	13.25 ± 0.12^{a}	0.51 ± 0.02^{a}	8.10 ± 0.15^{a}	0.65 ± 0.01^{a}
الخلطة 2	12.10 ± 0.08^{b}	1.35 ± 0.05^{b}	7.33 ± 0.25^{b}	1.10 ± 0.05^{b}
الخلطة 3	10.22 ± 0.05^{c}	4.65 ± 0.04^{c}	35.22 ± 0.55^{c}	5.75 ± 0.22^{c}
الخلطة 4	13.05 ± 0.21^{d}	0.88 ± 0.02^{d}	7.66 ± 0.10^{d}	0.85 ± 0.10^{d}
الخلطة 5	12.25 ± 0.11^{b}	2.33 ± 0.01^{e}	22.10 ± 0.21^{e}	3.10 ± 0.02^{e}
الخلطة 6	11.41 ± 0.14^{e}	3.15 ± 0.05^{f}	21.35 ± 0.20^{f}	3.55 ± 0.10^{f}
الخلطة 7	11.22 ± 0.15^{f}	3.24 ± 0.03^{f}	24.86 ± 0.12^{g}	3.75 ± 0.02^{g}

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

لوحظ من الجدول تباين التركيب الفيزيوكيميائي لأنواع الدقيق الأساسية (الخلطات 1، 2و3)، فقد تميزت الخلطة (3) بارتفاع كل من مؤشرات الرماد (4.65%)، البروتين (35.22%) ودرجة اللون (5.75 درجة) وانخفاض نسبة الرطوبة (10.22%) مقارنةً مع الخلطة (1) والخلطة (2)، حيث كانت القيم (13.25%، 12.10%) للرطوبة، (0.51%، 1.35%) للرماد، (8.10%، 7.33%) للبروتينات و(0.65 درجة، 1.10 درجة) للون، وبشكلٍ عام، كانت القيم في الجدول (1) قريبة من القيم المذكورة في دراسات سابقة عن التركيب الكيميائي للأرز، الذرة والصويا (Sabanis و Tzia، 2009).

بالنسبة للخلطات المحضرة من أنواع الدقيق السابقة، كانت هناك اختلافات معنوية في محتواها من الرطوبة، الرماد، البروتين ودرجة اللون، وكان محتوى الرماد (2.33%، 3.15% و3.24%)، البروتين (22.10%، 21.35% و24.86%) ودرجة اللون (3.10، 3.55 و3.75 درجة) للدقيق المركب (الخلطة 5، 6 و7 على التوالي) أعلى بكثير من مقارنةً مع الخلطة 4 (0.88%، 7.66% و0.85 درجة) للرماد والبروتين واللون على التوالي، كما أبدت هذه الخلطات تركيباً فيزيوكيميائياً أعلى بكثير من محتوى دقيق القمح، حيث يعطي دقيق القمح عالي الجودة (دقيق الزيرو) قيماً تتراوح بين (0.55–0.60%) للرماد، (9.50–12.50%) للبروتين و(0.60–1.00 درجة) للون (Bhat وزملاؤه، 2016). وبشكل عام ازداد محتوى البروتين والرماد واللون في الدقيق المركب مع زيادة مستوى دقيق فول الصويا، ومن الواضح أن هذا قد يرجع إلى ارتفاع نسبة البروتين والرماد في فول الصويا (Abioye وزملاؤه، 2011).

2- الخصائص الكيميائية لعينات الخبز الخالية من الغلوتين:

قُدِّرت الخصائص الكيميائية (النسبة المئوية للرطوبة، النسبة المئوية للبروتينات، النسبة المئوية للسكريات، النسبة المئوية للبيدات، النسبة المئوية للرماد والنسبة المئوية للألياف الخام لعينات الخبز المحضرة من خلطات الدقيق خالية الغلوتين (الجدول 2).

الجدول (2): التركيب الكيميائي لعينات الخبز الخالية من الغلوتين.

	الرطوبة (%)	الرماد (%)	البروتين (%)	اللبيدات (%)	الألياف (%)	السكريات (%)
الخلطة 1	29.30 ± 0.12^{a}	0.42 ± 0.01^{a}	8.33 ± 0.12^{a}	1.10 ± 0.01^{a}	0.60 ± 0.02^{a}	89.55 ± 2.02^{a}
الخلطة 2	27.37 ± 0.15^{b}	0.85 ± 0.05^{b}	7.82 ± 0.23^{b}	2.14 ± 0.08^{b}	$0.76 \pm 0.01^{b,c}$	88.43 ± 3.15^{a}
الخلطة 3	25.42 ± 0.10^{c}	3.55 ± 0.08^{c}	33.50 ± 2.10^{c}	0.35 ± 0.02^{c}	$0.75 \pm 0.05^{b,c}$	61.86 ± 1.55^{b}
الخلطة 4	29.22 ± 0.05^{a}	0.54 ± 0.02^{d}	7.76 ± 0.11^{b}	1.65 ± 0.01^{a}	0.69 ± 0.02^{c}	89.76 ± 2.12^{a}
الخلطة 5	27.40 ± 0.10^{b}	1.56 ± 0.05^{e}	21.70 ± 1.15^{d}	0.52 ± 0.05^{c}	0.70 ± 0.01^{c}	75.51 ± 1.45^{c}
الخلطة 6	24.20 ± 0.15^{d}	2.81 ± 0.02^{f}	21.55 ± 0.55^{d}	1.28 ± 0.01^{a}	$0.75 \pm 0.05^{b,c}$	73.61 ± 3.22^{d}
الخلطة 7	24.33 ± 0.11^{d}	2.86 ± 0.01^{f}	23.10 ± 1.10^{e}	1.23 ± 0.01^{a}	0.70 ± 0.01^{c}	72.11 ± 2.65^{d}

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

بيَّن اختبار تحليل التباين وجود فروقات ذات دلالة إحصائية ($P \leq 0.05$) بين التركيب التقريبي لجميع عينات الخبز المحضرة، حيث وجد أن محتوى البروتين، والذي تراوح بين (7.76–33.50%)، قد كان الأعلى في عينات الخبز المحضرة من دقيق فول الصويا (الخلطة 3)، بينما أظهر الخبز المحضر من دقيق الذرة يليه الخبز المحضر من دقيق الأرز أقل القيم (7.82% و8.33%) على التوالي، وترتبط هذه الزيادة في محتوى البروتين في الخبز بوجود دقيق الصويا في الخلطة، والذي يتميز بارتفاع نسبة البروتينات (Marco و Rosell، 2008).

على النقيض من ذلك، أظهرت عينات الخبز المحضرة من دقيق فول الصويا (الخلطة 3 و5) أقل القيم للمحتوى من اللبيدات (0.35% و0.52%) على التوالي، وهذا يعود إلى انخفاض نسبة اللبيدات في دقيق الصويا (Julianti وزملاؤه، 2016)، وبالمقابل، أظهر الخبز المحضر من دقيق الذرة أعلى قيمة من البيدات (2.14%)، وبشكل عام، انخفضت

نسبة اللبيدات في جميع عينات الخبز، وهو ما يتفق مع عدم وجود مكون دهني في تركيب الخبز المحضر.

لوحظ وجود اختلافات كبيرة بين عينات الخبز في محتواها من الرماد، حيث تراوحت بين (0.42–3.55%)، وأيضاً أبدت عينات الخبز المحتوية على دقيق الصويا أعلى محتوى من الرماد، وهذا يتفق مع (Porter وJones، 2003)، وكما كان تباين النسبة المئوية للألياف ضمن مجال ضيق (0.60–0.76%) وهذا يعود إلى تقاريب كمية الألياف في أنواع الحبوب المستخدمة (Sabanis وTzia، 2009)، وقد ذكر Thompson (2000) أن قيم الألياف الغذائية في عينات الخبز التجاري الخالي من الغلوتين تتراوح بين (1.2–5.6%)، بينما تتراوح تلك القيم في الخبز المدعم بالألياف بين (6.1–9.6%)، وفقط لغرض المقارنة، تجدر الإشارة إلى احتواء الخبز الأبيض على (0.81%، 3.13% و3.84%) من الألياف غير الذوابة، الألياف الذوابة والألياف الكلية على التوالي (Saura-Calixto وزملاؤه، 2000).

اختلف محتوى الكربوهيدرات الكلي من (61.86%) في عينة الخبز المحضرة من دقيق فول الصويا إلى (89.55%) في عينة الخبز المحضرة من دقيق الأرز، وبشكل عام، يمكن أن يتأثر التركيب الكيميائي للخبز الخالي الغلوتين بالعديد من العوامل مثل النطاق الواسع للمكونات المعقدة المضافة، إلى جانب الإضافات المستخدمة لتحسين بنية هذه المنتجات وخصائصها الحسية ومقبولها العام وعمرها الافتراضي (Lazaridou وزملاؤه، 2007؛ Marco وRosell، 2008)، وتظهر الدراسات أن الخبز الخالي من الغلوتين هو منتج قائم على الكربوهيدرات، يُبدي تباين كبير في محتوى أنواعه من البروتين والدهون والمعادن، على عكس الاختلاف الضيق جداً في التركيب التقريبي الذي يُلاحظ في منتجات الخبز المعتمدة على القمح (Rosell، 2011).

3- الخصائص التصنيعية لعينات الخبز الخالية من الغلوتين:

قُدرت الخصائص التصنيعية (القطر، السماكة والوزن) لعينات الخبز المحضرة من أنواع الدقيق خالية الغلوتين (الجدول 3).

الجدول (3): الخصائص التصنيعية لعينات الخبز الخالية الغلوتين.

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

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

بين اختبار تحليل التباين وجود فروقات ذات دلالة إحصائية ($P \leq 0.05$) بين الخصائص التصنيعية لجميع عينات الخبز المحضرة، حيث تراوح وزن الرغيف بين (88.25-98.22 غ) وكانت عينات خبز الصويا منزوع الدسم هي الأكثر وزناً، بينما كانت عينات خبز الأرز هي الأقل وزناً، أما خبز الذرة فقد وصلت أوزان العينات إلى حوالي (96.10 غ).

أظهرت عينات الخبز المحضرة من دقيق الذرة سماكة وصلت إلى (3.38 مم)، وعلى عكس عينات الخبز المحضرة من دقيق الأرز حيث وصلت سماكة الرغيف إلى (2.51 مم)، أما باقي العينات (الخلطة 3، 4، 5 و6) فقد كان تحليلها الإحصائي يدل على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة 5% وأعطت القيم (3.11، 2.92، 3.10 و3.12 مم) على التوالي.

لوحظ من الجدول (3) وجود تباين في قطر رغيف الخبز الناتج وتراوح بين (17.90–20.70 سم)، وقد وجد أن الخبز المحضر من الخلطة (7) قد وصل قطر رغيفه إلى (20.70 سم) وهو بذلك يتشابه مع مواصفات الخبز العربي المرقد الصغير من ناحية الحجم والذي يترواح قطر رغيفه بين (20–23 سم)، بينما انخفض في خبز الذرة ليصل إلى (20.10 سم)، أما الخبز المحضر من دقيق الأرز والخبز المحضر من دقيق الأرز والصويا منزوع الدسم فقد وصل قطر رغيفه إلى (19.70 و19.10 سم) على التوالي، وكان الأقل قطراً (17.40 سم) لعينات الخبز المحضرة من دقيق الذرة والصويا منزوع الدسم (الخلطة 6). وقد وافقت نتائج تقدير الخصائص التصنيعية لعينات خلطات الخبز في هذا البحث مع نتائج دراسات سابقة والتي بينت أن التخلص من الغلوتين في النظام الغذائي للمرضى الذين يعانون من مرض الاضطرابات الهضمية ينطوي على صعوبات أكبر في عملية صنع الخبز، مثل نقص التماسك والمرونة وانخفاض قدرة العجين الخالي من الغلوتين على الاحتفاظ بالغازات، وبالتالي، فإن الخبز الذي لايحتوي على الغلوتين يعرض خصائص تصنيعية متدنية مثل الحجم المنخفض، القوام الهش، النكهة السيئة والتفتت السريع مقارنةً بخبز القمح التقليدي (Masure وزملاؤه، 2016)، لذلك أصبح استخدام محسنات جودة الخبز عنصراً أساسياً في تحسين جودة منتجات المخابز الخالية الغلوتين (Bourekoua وزملاؤه، 2018).

4- الخصائص الحسية لعينات الخبز الخالية من الغلوتين:

تم تحديد الخصائص الحسية لعينات الخبز الخالي من الغلوتين من قبل 10 أشخاص الذين حددوا درجاتهم المفضلة فيما يتعلق باللون والنكهة والقوام والطعم والقبول العام، وسُجِّلت النتائج في الجدول (4).

الجدول (4): الخصائص الحسية لعينات الخبز الخالية من الغلوتين.

	اللون	النكهة	القوام	الطعم	القبول العام
الخلطة 1	4.45 ± 0.15^{a}	3.60 ± 0.35^{a}	2.60 ± 0.15^{a}	3.25 ± 0.04^{a}	3.60 ± 0.1^{a}
الخلطة 2	3.80 ± 0.12^{b}	2.85 ± 0.15^{b}	3.10 ± 0.22^{b}	3.00 ± 0.15^{b}	3.44 ± 0.11^{b}
الخلطة 3	2.63 ± 0.25^{c}	3.22 ± 0.01^{c}	2.60 ± 0.31^{a}	3.45 ± 0.05^{c}	3.25 ± 0.06^{c}
الخلطة 4	3.00 ± 0.10^{d}	3.00 ± 0.10^{d}	2.25 ± 0.06^{c}	2.65 ± 0.25^{d}	2.80 ± 0.15^{d}
الخلطة 5	$2.85 \pm 0.05^{c,d}$	2.65 ± 0.05^{e}	1.85 ± 0.10^{d}	2.20 ± 0.10^{e}	2.45 ± 0.02^{e}
الخلطة 6	2.20 ± 0.20^{e}	2.40 ± 0.22^{f}	2.60 ± 0.02^{a}	3.00 ± 0.21^{b}	3.40 ± 0.10^{b}
الخلطة 7	3.65 ± 0.02^{b}	2.50 ± 0.11^{f}	1.65 ± 0.05^{e}	1.60 ± 0.01^{f}	1.60 ± 0.02^{f}

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

أظهر التقييم الحسي أن خبز الأرز كان الأكثر تفضيلاً بشكل عام من ناحية اللون (4.45 درجة)، النكهة (3.60 درجة) والقبول العام (3.60 درجة) عن باقي الأنواع الأخرى، ويليه خبز الذرة من حيث اللون (3.80 درجة) والقبول العام (3.44 درجة) مع الخبز المحضر من الخلطة (6) وهي خلطة دقيق الذرة ودقيق الصويا منزوع الدسم (3.40 درجة)، بينما يعتبر الخبز المحضر من الخلطة (7) وهي خلطة دقيق الذرة ودقيق الصويا منزوع الدسم ودقيق الأرز هو الأقل قبولاً (1.60 درجة)، وتتفق هذه النتائج مع (Hong وKweon، 2020) اللذين بينوا أن الخبز الخالي من الغلوتين المحضر من دقيق الأرز يتميز بخصائص حسية أفضل مقارنةً مع أنواع الدقيق الأخرى.

لوحظ من الجدول (4) تباين كبير من حيث طعم الخبز الناتج وخاصة أنواع الخبز المحضرة من أنواع الدقيق الأساسية (خبز الصويا منزوع الدسم، خبز الأرز وخبز الذرة)، إذ بلغت الدرجات التفضيلية (3.45، 3.25 و3.00 درجة) على التوالي مقارنةً مع الأنواع المحضرة من الخلطات (6، 4 و5) بدرجات طعم (3.00، 2.65 و2.20 درجة) على التوالي،

أما الخبز المحضر من الخلطة (7) فقد كان ذو طعم غير مقبول (1.60 درجة). بالنسبة لقوام الخبز الناتج، فقد وجدت فروق معنوية بين الدرجات التفضيلية، إذ تراوحت بين (1.65–3.10 درجة)، وتمتع خبز الذرة بالدرجة الأعلى بالقوام الجيد المتماسك المقبول، أما الخبز المحضر من الخلطة (7) قد نال الدرجة الأدنى (قوام غير متماسك ومفتت)، وعلى النقيض من ذلك، فقد امتاز هذا الخبز بدرجة لون جيدة (3.65 درجة) مقارنةً مع باقي الخلطات.

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

الاستنتاجات:

- تباين التركيب الفيزيوكيميائي لأنواع الدقيق الأساسية المستخدمة في تحضير الخلطات (دقيق الأرز، الذرة وفول الصويا منزوع الدسم)، فقد تميز دقيق الصويا بارتفاع كل من مؤشرات الرماد، البروتين ودرجة اللون وانخفاض نسبة الرطوبة مقارنةً مع دقيق الأرز ودقيق الذرة.
- كانت هناك اختلافات معنوية بالنسبة للخلطات المحضرة من أنواع الدقيق السابقة، في محتوى الرطوبة، الرماد، البروتين ودرجة اللون لمختلف أنواع الدقيق المركب، وكما

أبدت هذه الخلطات تركيباً فيزيوكيميائياً أعلى بكثير مقارنةً مع محتوى دقيق القمح، وبشكل عام، ازداد محتوى البروتين والرماد واللون في الدقيق المركب مع زيادة مستوى دقيق فول الصويا في الخلطة.

- أظهر تحليل التركيب الكيميائي لجميع عينات الخبز المحضرة وجود تباين كبير في محتواهم من البروتين، اللبيدات والرماد، وقد تميزت عينات الخبز المحضرة من دقيق فول الصويا بأعلى نسبة بروتينات، وبالمقابل، أظهر الخبز المحضر من دقيق الذرة أعلى قيمة للبيدات، بينما كان تباين النسبة المئوية للألياف ضمن مجال ضيق، وهذا يعود إلى تقاريب كمية الألياف في أنواع الحبوب المستخدمة.
- بين اختبار تحليل التباين وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين الخصائص التصنيعية لجميع عينات الخبز المحضرة، وكانت عينات خبز الصويا منزوع الدسم هي الأكثر وزناً، بينما كانت عينات خبز الأرز هي الأقل وزناً.
- أظهر التقييم الحسي أن خبز الأرز كان الأكثر تفضيلاً بشكل عام من ناحية اللون، النكهة والقبول العام عن باقي الأنواع الأخرى، ويليه خبز الذرة من حيث اللون والقبول العام، من جهة أخرى، لوحظ وجود تباين كبير من حيث طعم الخبز الناتج وخاصة أنواع الخبز المحضرة من أنواع الدقيق الأساسية، وكان خبز الذرة الأعلى بدرجة القوام الجيد المتماسك المقبول.

التوصيات:

إجراء المزيد من الدراسات عن إمكانية تطبيق المعالجات الفيزيائية، الكيميائية والأنزيمية على خلطات الدقيق بهدف تطوير خبز خالٍ من الغلوتين يتمتع بخصائص جودة مماثلة لرغيف الخبز الأبيض القياسي.

المراجع References:

1. AACC. 2000. Approved Methods of the AACC, 10th edn. Methods 44-15A, 08-01, 46-10, 46-10, 38-12A, 54-21, 54-10. St Paul, MN, USA.
2. Abioye, V. F., Ade-Omowaye, B. I. O., Babarinde, G. O. and Adesigbin, M. K. 2011. Chemical, physico-chemical and sensory properties of soy-plantain flour. African Journal of Food Science, 5, 176-180.
3. Aleid, S. M., AL-Hulaibi, A. A., Ghoush, M. A. and Al-Shathri, A. A. 2014. Enhancing arabic bread quality and shelf life stability using bread improvers. Journal of Food Science and Technology, 52, 4761-4772.
4. AOAC. 2005. Association of Official Analytical Chemistry, Official methods of analysis. 17th Ed, Washington DC, USA.
5. Bhat, N. A., Wani, I. A., Hamdani, A. M., Gani, A. and Masoodi, F. A. 2016. Physicochemical properties of whole wheat flour as affected by gamma irradiation. LWT - Food Science and Technology, 71, 175-183.
6. Bingley, P. J., Williams, A. J., Norcross, A. J., Unsworth, D. J., Lock, R. J., Ness, A. R. and Jones, R. W. 2004. Avon longitudinal study of parents and children study team undiagnosed coeliac disease at age seven: population based prospective birth cohort study. BMJ, 328, 322-323.
7. Bourekoua, H., Różyło, R., Benatallah, L. Wójtowicz, A., Łysiak, G., Zidoune1, M. N. and Sujak, A. 2018. Characteristics of gluten-free bread: quality improvement by the addition of starches/hydrocolloids and their combinations using a definitive screening design. Eur Food Res Technol., 244, 345-354.
8. Ciacci, C., Iavarone, A., Siniscalchi, M., Romano, R. and Rosa, A. 2002. Psychological dimensions of celiac disease: Toward an integrated approach. Digestive diseases and sciences, 47, 2082-2087.
9. Czaja-Bulsa, G. 2015. Non coeliac gluten sensitivity – A new disease with gluten intolerance. Clinical Nutrition, 34, 189-194.
10. Dewettinck, K., Van Bockstaele, F., Kühne, B., Walle, D., Courtens, T. M. and Gellynck, X. 2008. Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. Journal of Cereal Science, 48, 243-257.

11. FAO. 2003 Food energy-methods of analysis and conversion factors, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
12. Fardet, A. 2015. Wheat-based foods and non celiac gluten/wheat sensitivity: Is drastic processing the main key issue?. Medical Hypotheses, 85:934-939.
13. Greco, L., Gobbetti, M., Auricchio, R., Mase, R., Landolfo, F., Paparo, F., Di Cagno, R., De Angelis, M., Rizzello, C., Cassone, A., Terrone, G., Timpone, L., D'Aniello, M., Maglio, M., Troncone, R. and Auricchio, S. 2010. Safety for patients with celiac disease of baked goods made of wheat flour hydrolyzed during food processing. Clinical gastroenterology and hepatology: the official clinical practice journal of the American Gastroenterological Association, 9, 24-29.
14. Gustafson, K. L. 2016. Impact of ingredients on quality and sensory characteristics of gluten-free baked goods. MSc dissertation, Food Science Department, Kansas State University, Manhattan, Kansas, USA.
15. Hallert, C., Gotthard, R., Jansson, G., Norrby, K. and Walan, A. 1983. Similar prevalence of celiac disease in children and middle aged adults in a district of Sweden. Gut., 24, 389-391.
16. Hegazy, A., Ammar, M. and, Ibrahium, M. 2009. Production of Egyptian gluten-free bread. World J. Dairy Food Sci., 4, 123-128.
17. Hoffenberg, E., Mackenzie, T., Barriga, K., Eisenbarth, G., Bao, F., Haas, J., Erlich, H., Tl, T., Sokol, R., Taki, I., Norris, J. and Rewers, M. 2003. A prospective study of the incidence of childhood celiac disease. The Journal of pediatrics, 143, 308-314.
18. Hong, Y. and Kweon, M. 2020. Optimization of the formula and processing factors for gluten-free rice bread with tamarind gum. Foods, 9, 145-156.
19. Julianti, E., Rusmarilin, H., Ridwansyah, H. and Yusraini, E. 2016. Effect of soybean flour on physico-chemical, functional, and rheological properties of composite flour from rice, sweet potato, and potato. Trop. Life Sci. Res., 27, 133-138.
20. Kumar, K. 2018. Role of gluten-free functional foods in the management of celiac disease. EC Nutrition, 13.12, 742-744.

21. Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N. and Biliaderis, C. G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. J. Food Eng., 79, 1033-1047.
22. Marco, C. and Rosell, C. M. 2008. Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads. Eur. Food Res. Technol., 227, 1205-1213.
23. Masure, H. G., Fierens, E. and Delcour, J. A. 2016. Current and forward looking experimental approaches in gluten-free bread making research. J Cereal Sci., 67, 92-111.
24. Pietzak, M., Preedy, V. R. and Zibadi, S. 2015. Chapter 11 - Immunologic Reactions to Wheat: Celiac Disease, Wheat Allergy and Gluten Sensitivity A2 - Watson, Ronald Ross. In: Wheat and Rice in Disease Prevention and Health. Academic Press, San Diego. 133-141.
25. Pietzak, M., Schofield, T., McGinniss, M. and Nakamura, R. 2009. Stratifying risk for celiac disease in a large at-risk United States population by using HLA alleles. Clinical gastroenterology and hepatology: the official clinical practice journal of the American Gastroenterological Association, 7, 966-971.
26. Porter, M. A. and Jones, A. M. 2003. Variability in soy flour composition. Journal of the American Oil Chemists' Society, 80, 557-562.
27. Prandi, B., Faccini, A., Tedeschi, T., Cammerata, A., Sgrulletta, D., D'Egidio, M., Galaverna, G. and Sforza, S. 2014. Qualitative and quantitative determination of peptides related to celiac disease in mixtures derived from different methods of simulated gastrointestinal digestion of wheat products. Analytical and bioanalytical chemistry, 406, 4765-4775.
28. Rashid, M. and Lee, J. 2016. Serologic testing in celiac disease: Practical guide for clinicians. Can Fam Physician, 62, 38-43.
29. Rosell, C. M. 2011. The science of doughs and bread quality. In Preedy, V. R., Watson, R. R. and Patel, V. B. (eds), Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention. London/Burlington/San Diego: Elsevier, pp 3-14.
30. Sabanis, D. and Tzia, C. 2009. Effect of rice, corn and soy flour addition on characteristics of bread produced from different wheat cultivars. Food Bioprocess Technology, 2, 68-79.

31. 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.
32. Saura-Calixto, F., García-Alonso, A., Goñi, I. and Bravo, L. 2000. In vitro determination of the indigestible fraction in foods: An alternative to dietary fiber analysis. J. Agric. Food Chem., 48, 3342-3347.
33. Sciarini, L. S., Pérez, G. T., de Lamballerie, M., León, A. E. and Ribotta, P. D. 2011. Partial-baking process on gluten-free bread: impact of hydrocolloid addition. Food and Bioprocess Technology, 5, 1724-1732.
34. Thompson, T. 2000. Folate, iron, and dietary fiber contents of the gluten-free diet. J. Am. Diet. Assoc., 100, 1389-1396.
35. Van den Broeck, H., Smulders, M. J. M. Hamer, R., Gilissen, L. J. W. J. and van der Meer, I. 2011. Coeliac-safe wheat. A novel wheat to decrease the prevalence and symptoms of coeliac disease. Agro Food Industry Hi-tech., 22, 18-21.