مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
المجلد 40 العدد 3 (2024): 251-264

Damascus University Journal of Agricultural Sciences
Vo 40 No.3 (2024): 187-200

تأثير تدعيم دقيق القمح بدقيق الكينوا في الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية للدقيق وجودة النودلز الناتج

مها خليل[1]، جهاد سمعان[2]، محمد الدعيمس[3]

[1] طالبة ماجستير في قسم علوم الأغذية- كلية الزراعة-جامعة دمشق.

[2] أستاذ مساعد في قسم علوم الأغذية -كلية الزراعة-جامعة دمشق.

[3] باحث في هيئة البحوث الزراعية، حماة.

الملخص:

أُجري هذا البحث في مخابر (قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، ومخبر الحبوب المركزي، وزارة التجارة الداخلية وحماية المستهلك)، بهدف دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية لدقيق القمح عالي الجودة المدعم بنسب مختلفة (0، 5، 10 و15%) من دقيق بذور الكينوا، وتقييم الخصائص الحسية وخصائص الطبخ للنودلز المصنع.

بيَّن اختبار تحليل التباين التأثير عالي المعنوية لإضافة دقيق بذور الكينوا في خصائص دقيق القمح، فقد انخفضت النسبة المئوية للرطوبة والنسبة المئوية للغلوتين الرطب والنسبة المئوية للغلوتين الجاف ودليل الغلوتين، بينما ازدادت النسبة المئوية للرماد، النسبة المئوية للبروتينات الكلية ودرجة لون الدقيق، وبالتالي تعكس هذه النتائج الاختلاف المعنوي في التركيب الفيزيوكيميائي بين دقيق القمح ودقيق بذور الكينوا. فضلاً عن ذلك، أدت عملية استبدال دقيق القمح بدقيق بذور الكينوا إلى تغيرات معنوية في مؤشرات الفارينوغراف لدقيق القمح، حيث ارتفعت امتصاصية الدقيق للماء، زمن تطور العجينة ودرجة ضعف العجينة، بينما انخفض زمن ثباتية العجينة والرقم الفالوريمتري، كما بينت نتائج تحليل مؤشرات الاكستينسوغراف أن إضافة دقيق بذور الكينوا إلى دقيق القمح أدت إلى انخفاض في المقاومة العظمى لشد العجينة ومطاطيتها وارتفاع في مرونتها. وبشكل عام، بينت نتائج تحليل خصائص الدقيق أن إضافة دقيق بذور الكينوا إلى دقيق القمح من شأنه أن يزيد من القيمة الغذائية لدقيق القمح لكن يخفض من قوة الدقيق. من جهة أخرى، بينت نتائج تحليل خصائص النودلز بعد الطبخ ازدياد في مؤشرات الزمن الأمثل للطبخ، ووزن الطبخ وفاقد الطبخ، بينما انخفضت الخصائص الحسية المتمثلة بالصلابة، درجة الالتصاق، قابلية المضغ ودرجة القبول العام، ويعود ذلك، وبشكل أساسي إلى انخفاض نسبة الغلوتين في الدقيق المستخدم.

الكلمات المفتاحية: دقيق الزيرو عالي الجودة، الكينوا، الخصائص الفيزيوكيميائية، الخصائص الريولوجية، النودلز.

تاريخ الايداع:2022/11/28
تاريخ القبول: 2023/2/15

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

ISSN: 2789-7214 (online)
http://journal.damascusuniversity.edu.sy

Effect of fortifying wheat flour with quinoa flour on the physicochemical and rheological properties of flour and the quality of the resulting noodles

Khalil[1], Samaan[2], Al-Daimis[3]
[1] MSc Candidate, Food Science Department, Agriculture Faculty.
[2] Prof Assistant, Food Science Department, Agriculture Faculty. Damascus University.
[3] Researcher at the Agricultural Research Authority, Hama.

Abstract:

This research was conducted at the laboratories of (Food Sciences Department, Faculty of Agriculture, Damascus University, and the Central Grain Laboratory, Ministry of Internal Trade and Consumer Protection), with the aim of studying the physiochemical and rheological properties of high quality wheat flour fortified with different proportions (0, 5, 10 and 15%) of quinoa seed flour, and evaluation of sensory and cooking properties of processed noodles.

The analysis of variance test showed the highly significant effect of adding quinoa seed flour on the properties of wheat flour, where water content, wet gluten content, dry gluten content and gluten index decreased, while ash content, total protein content and color degree increased, thus these results reflecting a significant difference in the physicochemical composition between wheat flour and quinoa seed flour. In addition, the process of replacing wheat flour with quinoa seed flour led to significant changes in the farinograph indicators of wheat flour, where flour water absorption, dough development time and dough weakening degree increased, while dough stability time and the valorimetric number decreased. Moreover, the results of the analysis of the extensograph indicators showed that the addition of quinoa seed flour compared to wheat flour resulted in a decrease in the maximum resistance to extension and elasticity of the dough and an increase in its extensibility. In general, the results of flour properties analysis showed that adding quinoa seed flour to wheat flour would increase the nutritional value of wheat flour but reduce flour strength. On the other hand, the results of the analysis of the noodles characteristics after cooking showed an increase in the indicators of the optimal cooking time, cooked weight and cooking loss, while the sensory characteristics decreased in terms of firmness, adhesiveness, chewiness and the overall acceptability, mainly due to the decrease in the proportion of gluten in the used flour.

Keywords: High Quality Flour, Quinoa, Physiochemical Properties, Rheological Properties, Noodles.

Received: 28/11/2022
Accepted: 15/2/2023

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

المقدمة والدراسة المرجعية:

تعد بذور الكينوا من البذور المهمة بالنسبة لتغذية الإنسان، وقد أبدى العلماء اهتماماً بدقيق بذور الكينوا بسبب جودته الغذائية العالية، حيث يحتوي دقيق الكينوا على نسبة عالية من البروتين (15% تقريباً) والكربوهيدرات واللبيدات مع توازن صحيح من الأحماض الأمينية الأساسية، ومحتوى عالٍ من الفيتامينات والمركبات الغذائية مثل الفلافونويدات، كما تعد هذه البذور مصدراً ممتازاً لمجموعة فيتامين B (وخاصةً حمض الفوليك) والفيتامينات E وC، وكذلك المعادن مثل (Ca، Fe، Mg، Mn، P، K وZn)، بالإضافة إلى ذلك، يحتوي على أحماض دهنية صحية وبروتينات غنية بالليسين (Contreras-Jiméneza *et al*., 2019, 2)، ومحتوى عالٍ من الألياف (9–16%)، وقد أدرجت ضمن الأنظمة الغذائية والحميات الهادفة لإنقاص الوزن (Ahmed *et al*., 2018, 302).

على الرغم من أن محصول الكينوا ظل منسياً أو مهمشاً لعدة قرون لصالح محاصيل أخرى مثل القمح والأرز والذرة، إلا أن قيمته الغذائية العالية شجعت على زيادة تنشيطه في السنوات الأخيرة، وتماشياً مع هذا، أعلنت منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO) عام 2013 السنة الدولية للكينوا (Romano *et al*., 2019, 1). تتميز الكينوا بتكاليف إنتاجها المنخفضة مقارنةً بالمحاصيل الأخرى، نظراً لقلة احتياجاتها من المياه، وله ميزات رئيسية تجعل منه محصولاً متنوعاً يمكن زراعته في مختلف أنحاء العالم. والكينوا من البذور النشوية، إذ يتراوح محتوى النشاء من 55 إلى 60% (مادة جافة)، هذه الخاصية تجعل الكينوا مصدراً جيداً للنشاء المعزول، مع محتوى أميلوز منخفض تقريباً 7%، (Contreras-Jiméneza *et al*., 2019, 4).

تم استخدام الكينوا بأشكال عديدة، مثل البذور الكاملة، والدقيق المسلوق أو المحمص، حيث يُستخدم دقيق الكينوا كأغذية داعمة بعد تحميص البذور ثم طحنها وإضافة دقيقها لأنواع مختلفة من الخبز والأطعمة الخفيفة وحبوب الإفطار والكيك والبسكويت ومنتجات المخابز الخالية من الغلوتين (Ahmed *et al*., 2018, 302)، كما يصنع من بذورها الشوربات، وتخمر ليصنع منها البيرة (Arendt and Zannini, 2013, 155). بالإضافة إلى ذلك، تعتبر الكينوا من أفضل الأغذية لتنظيف الكلى فهي تعمل كمدر للبول وتساعد في التخلص من الحصيات بالكلى ومنظم لضربات القلب وتعمل على خفض ضغط الدم وتساعد على الوقاية من أمراض القلب كتصلب الشرايين والتجلطات (Ng *et al*., 1994, 311)، وتستخدم كمسكن للألم، وتقوي العظام وتمدها بالعناصر اللازمة لها (Yücekutlu and Bildacı, 2008, 129)، وتحتوى على مضادات الاكسدة التي تساعد في الحفاظ على صحة الجسم ومناعته وقوة الاسنان، وتحفز الكينوا إنتاج وإطلاق هرمونات النمو ذات الأهمية الخاصة لدى الأطفال (Capodistrias, 2013, 10)، وبما أنها خالية من الغلوتين، فهي توفر منتجاً مناسباً للأشخاص الذين يعانون من الاضطرابات الهضمية (Romano *et al*., 2019, 1). على الرغم من ذلك، تتصف بذور الكينوا بطعمها المر، لذلك أُدخل هذا المحصول في الهندسة الوراثية لجعل طعم بذوره أقل مرارةً (Valencia-Chamorro, 2003, 4895).

توجد أصناف عديدة من الكينوا تتميز عن بعضها البعض بلون البذور، ومنها الكينوا البيضاء فاتحة اللون، تتحول بذورها للون الذهبي عند طهيها، تتميز بمذاق خفيف المرارة لانخفاض نسبة السابونين في بذورها، والكينوا الحمراء غامقة اللون تتميز بمذاق شديد المرارة لارتفاع نسبة السابونين في بذورها، وتتميز بوزن نوعي أعلى لبذورها مقارنةً بالكينوا البيضاء الفاتحة اللون (Kuljanabhagavad *et al*., 2008, 1919)، حيث يتراوح محتوى السابونين في البذور خفيفة المرارة من 0.2 إلى 0.4 غ/كغ من المادة الجافة، وفي البذور شديدة المرارة من 4.7 إلى 11.3 غ/كغ من المادة الجافة، وبشكل عام، يختلف لون البذور باختلاف الصنف ويتغير من الأبيض،

أصفر، بني فاتح إلى الأحمر، وبذور الكينوا صغيرة الحجم ذات قطر (1.5 ملم)، 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 أحداهما تحتوي على مادة السابونين التي تعطي الطعم المر، ويشكل الجنين حوالي (60%) من وزن البذور (Hellin and Higman, 2005, 165).

درس Gaikwad وآخرون (2021, 660) إمكانية إضافة دقيق الكينوا في تحضير النودلز، تمت إضافة دقيق الكينوا بنسبة (20، 40، 60 و80%) بنسب مختلفة من دقيق القمح المكرر، وتمَّ تحضير النودلز بطريقة البثق على البارد، ودُرِّست صفاتها الحسية والطبخية واللونية، أشارت النتائج إلى أنه يمكن دمج دقيق الكينوا في دقيق القمح المكرر حتى نسبة 40% دون تغيرات معنوية في صفات الدقيق، وكانت الدرجة الحسية للون النودلز المدعم بدقيق الكينوا هي الأفضل، كما ازداد معنوياً وزن الطبخ وامتصاص الماء مع زيادة مستوى دقيق الكينوا في النودلز وكذلك زيادة في فاقد الطبخ.

بناءً على ما سبق، ونظراً لأهمية بذور نبات الكينوا من الناحية التغذوية، وبالإضافة إلى ندرة المراجع المتعلقة بدراسة خصائص الجودة لمنتجات القمح المدعمة بدقيق بذور الكينوا حديث الزراعة في سورية، فقد هدف هذا البحث إلى دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية لدقيق القمح المدعم بنسب مختلفة من دقيق بذور الكينوا وتقييم الخصائص الحسية وخصائص الطبخ للنودلز المصنع من دقيق القمح المدعم بنسب مختلفة من دقيق بذور الكينوا

مواد البحث وطرائقه:

2-1- مواد البحث:

1. دقيق القمح عالي الجودة (دقيق الزيرو بنسبة استخراج 72%) تمَّ شراؤه من السوق المحلية لمحافظة دمشق.
2. بذور نبات الكينوا المزروعة محلياً (صنف زعير وهو بطور الاعتماد)، تمَّ الحصول عليها من المراكز البحثية لهيئة البحوث الزراعية.
3. استخدام الطريقة الرطبة، الغسيل بالماء القلوي (محلول 0.1 N هيدروكسيد الصوديوم)، للتخلص من السابونين في بذور الكينوا (El Hazzam *et al.*, 2020, 1061): حيث توضع البذور في أنبوب زجاجي ويضاف الماء القلوي ويرج بقوة لمدة 30 ثانية، حيث يفترض إزالة معظم مادة السابونين من بذور الكينوا بهذه العملية، ويستدل على ذلك من خلال إعادة المحاولة على نفس البذور باستخدام ماء عادي ونلاحظ عدم تشكل رغوة.
4. طحن بذور الكينوا إلى دقيق، ثم نخل الدقيق عبر منخل قطر فتحاته 500 ميكرومتر.
5. تدعيم دقيق القمح (استبدال) بدقيق الكينوا بنسبة (0، 5، 10 و15%).

2-2- الاختبارات الفيزيوكيميائية للدقيق:

1. النسبة المئوية للرطوبة: قُدِّرت النسبة المئوية للرطوبة في عينات الدقيق حسب AACC رقم 44-A15 (AACC, 2000)، حيث تمَّ وضع عينة من الدقيق (2-3 غ) في أطباق التجفيف، وجُفِّفت لمدة (60 دقيقة) على درجة حرارة (103 مْ) بواسطة فرن التجفيف (Hot air-oven method, PackTest Machines Inc. England) ثمّ حُسِّبت النسبة المئوية للرطوبة من المعادلة:

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

3. النسبة المئوية للرماد: قيست النسبة المئوية للرماد حسب AACC رقم 01–08 (AACC, 2000) ويُعبر عنها كنسبة مئوية من الوزن الجاف، حيث تمَّ وضع (2–3 غ) من عينة الدقيق في أطباق الترميد ورُمِّدت العينة على درجة حرارة (575–590 مْ) بواسطة فرن الترميد (Laboratory furnace, Germany) حتّى الحصول على لون رمادي فاتح، وحُسِّبت النسبة المئوية للرماد من المعادلة:

100xالرماد (%) = (الوزن المتبقي / وزن العينة)

100xالرماد (%) على أساس المادة الجافة = (% للرماد / 100– % للرطوبة)

4. النسبة المئوية للبروتين: قدر النتروجين الكلي في الدقيق بطريقة كلداهل (Crude Protein-Improved Kjeldahl) حسب AACC رقم 10–46 (AACC, 2000)، ثم حسب البروتين الكلي باستخدام معامل التحويل 5.7 N. حولت النسبة المئوية للبروتين الرطب إلى الوزن الجاف من المعادلة: البروتين (%) على أساس المادة الجافة = (% للبروتين / 100– % للرطوبة) x 100

5. كمية ونوعية الغلوتين: قدرت كمية الغلوتين (الرطب والجاف) ونوعيته (دليل الغلوتين) حسبAACC رقم 12A–38 (AACC, 2000) بإستخدام غسالة الغلوتين (Perten Glutomatic 2200 with double washing chambers). تم غسيل عينة الدقيق (10 غ) من النشاء والبروتينات الذوابة بواسطة محلول كلور الصوديوم 2%، ثم ثفلت كتلة البروتين المتبقية بعد عملية الغسيل لمدة دقيقة واحدة بسرعة 6000 دورة/الدقيقة بإستخدام المثفلة (2015 bench-top centrifuge) ومنخل معدني قطر فتحاته 600 ميكرومتر. ثم جُمع جزء الغلوتين المتبقي فوق المنخل ويوزن، أما جزء الغلوتين المار من المنخل المعدني فجمع باستخدام سباتيولة وأُضيف إلى جزء الغلوتين العلوي ثمّ يوزن لحساب وزن الغلوتين الرطب. حُسب الوزن الكلي للغلوتين الرطب كنسبة مئوية من 10غ من عينة الدقيق حسب المعادلة:

100x% للغلوتين الرطب = (وزن الغلوتين الرطب / وزن الدقيق)

بينما حُسب دليل الغلوتين من المعادلة:

100xدليل الغلوتين = (وزن الغلوتين المتبقي فوق المنخل / وزن الغلوتين الكلي)

جُففت كتلة الغلوتين الرطب بإستخدام مجفف Glutork 2020 على درجة حرارة 150مْ لمدة 4 دقائق ثمّ وزنت كتلة الغلوتين الجاف وتحسب النسبة المئوية للغلوتين الجاف من المعادلة التالية:

100x% للغوتين الجاف = (وزن الغلوتين الجاف / وزن الدقيق)

6. درجة اللون: باستخدام جهاز (Satake Colour Grader PCGA Series 4, England) حسب (Samaan, 2007)، حيث تمَّ وضع عينة (30 غ) من الدقيق في بيشر وأضيف 50 مل ماء مقطر مع المزج الجيد، وضع قسم من المزيج في خلية خاصة بجهاز تقدير اللون حتى الإشارة المحددة، ثم وضعت الخلية في جهاز اللون الذي تمَّ تشغيله قبل 15 دقيقة تقريباً من بدء الإختبار لإستقرار كاشفه الضوئي، وسجلت قراءة الجهاز الذي يعتمد على إنعكاس الأشعة في مجال الطيف المرئي خلال 90 ثانية من بدء القياس، وتعبر القيمة الظاهرة على شاشة الجهاز عن درجة لون عينة الدقيق.

2- 3- الاختبارات الريولوجية للدقيق:

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

- الامتصاصية (%): هي كمية الماء بالميللتر اللازمة لجعل مركز قمة المنحني على الخط 500 برابندر، ويُعبَّر عن الامتصاصية كنسبة مئوية من وزن الدقيق على أساس رطوبة 14%، حيث تحسب باستخدام المعادلة التالية:

$$\textbf{Absorption \%} = (X - Y + 300)/3$$

X: كمية الماء بالميللتر اللازمة لجعل مركز قمة المنحني على الخط 500 برابندر.

Y: وزن الدقيق (غ) المعادل لـ 300غ دقيق عند الرطوبة 14%.

- زمن تطور العجينة (دقيقة): هو الزمن بالدقائق من لحظة إضافة الماء حتى وصول المنحنى إلى أقصى ارتفاع.
- زمن ثباتية العجينة (دقيقة): هو الزمن بالدقائق الذي تبقى فيه قمة المنحني فوق خط 500 برابندر.
- درجة ضعف العجينة (BU): يقاس على أنه الفرق في وحدات برابندر بين قمة المنحنى عند المستوى الأمثل والنقطة على المنحنى بعد 5 دقائق، ويشير إلى مدى سرعة انهيار بنية الغلوتين بعد الوصول إلى تطورها الكامل.
- رقم الفالورميتري: وهو مؤشر عام عن خصائص الفارينوغراف.

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

- القدرة (سم2): وهي المساحة تحت منحني الاكستينسوغرام.
- مقاومة الشد (BU): هي ارتفاع المنحني بعد 5 سم من بدء المنحني على المخطط.
- المقاومة العظمى للشد (BU): وهي الارتفاع الأعظمي للمنحني على المخطط.
- المرونة (مم): وهي طول المنحني المقدَّر بالميلمتر على المسقط الأفقي للمخطط.
- المطاطية: وتشير إلى نسبة المقاومة العظمى للشد إلى المرونة.

2-4- تصنيع النودلز:

تمَّ تصنيع النودلز يدوياً حسب الطريقة المتبعة في (Wu *et al*., 1998, 40)، حيث تم مزج الدقيق (100%) والماء (33%) والملح (2%) والأملاح القلوية (كربونات الصوديوم 0.5%). ترقق العجينة بتمريرها بين أسطوانات، بعد الترقيق الأول يتم ضم طبقتين مع بعض ثم تخضع إلى عملية ترقيق ثانية، تريح الرقاقات قبل إجراء عمليات الترقيق الثالثة والرابعة والخامسة، تهدف عمليات الترقيق إلى تشكيل الشبكة الغلوتينية وإلى خفض سماكة الرقاقات إلى السماكة المطلوبة. تقطع الرقاقات يدوياً بعد ذلك إلى شرائح حسب العرض المطلوب، بعد ذلك تقطع حسب الطول المطلوب، بعد عملية التقطيع تخضع الشرائح إلى عملية قلي بزيت النخيل (عند درجة حرارة 140-160م° لمدة 1-2 دقيقة لتقليل المحتوى المائي).

2-5- اختبارات الطبخ للنودلز:

1. الزمن الأمثل للطبخ: حسب طريقة AACC رقم 66-50 (AACC، 2000)، وهو الزمن اللازم لاختفاء لون نواة شريحة النودلز، حيث تؤخذ عينة 10 غ من النودلز وتطبخ في بيشر يحوي 300 مل ماء مقطر، ويتم سحب عينات من شرائح النزدلز خلال فترات زمنية ثابتة أثناء الطبخ، وتقطع عرضياً بواسطة سكين، ويسجل الزمن اللازم لاختفاء لون نواة شريحة النودلز على أنه الزمن الأمثل للطبخ.

2. وزن الطبخ أو درجة امتصاص الماء: حسب طريقة AACC رقم 66-50 (AACC، 2000)، حيث تؤخذ عينة 10 غ من النودلز وتطبخ الى الزمن الأمثل للطبخ في بيشر يحوي 300 مل ماء مقطر، بعد الطبخ تغسل عينة النودلز بالماء البارد وتجفف لمدة 15 دقيقة، ثم توزن ويسجل الوزن بالغرام.
3. فاقد الطبخ: حسب طريقة AACC رقم 66-50 (AACC، 2000)، حيث يجفف ماء الطبخ والغسيل بدرجة حرارة 110 ^{o}م لمدة 20 ساعة، يوزن المتبقي وتسجل كنسبة مئوية من وزن العينة.

2-6- الاختبارات الحسية للنودلز:

تمَّ تقييم المؤشرات الحسية للنودلز بعد الطبخ بواسطة لجنة تقييم حسي من 10 أشخاص باستخدام مقياس من 1 (ضعيف) إلى 5 (ممتاز)، وهي: الصلابة (Firmness)، درجة الالتصاق (Adhesiveness)، قابلية المضغ (Chewiness) ودرجة القبول العامة (Overall acceptability).

2-7- التحليل الإحصائي:

أجريت جميع الاختبارات بثلاثة مكررات وسجلت 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.

3- النتائج والمناقشة:

3-1- الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق:

يبين الجدول (1) الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق القمح عالي الجودة والمدعم بنسبة (0، 5، 10 و15%) من دقيق بذور الكينوا المعاملة بالماء القلوي لإزالة مادة السابونين.

الجدول (1): الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق القمح المدعم بدقيق الكينوا.

المؤشرات المدروسة	نسبة دقيق الكينوا			
	0%	5%	10%	15%
المحتوى المائي (%)	$13.86^{a}\pm0.34$	$13.31^{b}\pm0.41$	$13.02^{c}\pm0.55$	$12.88^{d}\pm0.20$
الرماد (%)	$0.44^{a}\pm0.01$	$0.56^{b}\pm0.05$	0.65 ± 0.02^{c}	0.74 ± 0.01^{d}
البروتين (%)	$11.15^{a}\pm0.10$	$11.55^{b}\pm0.12$	11.85 ± 0.15^{c}	12.10 ± 0.22^{d}
الغلوتين الرطب (%)	$27.55^{a}\pm0.52$	$26.60^{b}\pm0.44$	26.05 ± 0.32^{c}	25.51 ± 0.54^{d}
الغلوتين الجاف (%)	$7.62^{a}\pm0.11$	7.25 ± 0.23^{b}	6.85 ± 0.25^{c}	6.45 ± 0.10^{d}
دليل الغلوتين (%)	$65.33^{a}\pm1.12$	$65.22 \pm 0.88^{a,b}$	64.91 ± 0.21^{b}	64.55 ± 0.65^{c}
اللون (درجة)	$1.50^{a}\pm0.05$	$4.30^{b}\pm0.02$	6.60 ± 0.01^{c}	8.50 ± 0.02^{d}

- تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة P≤0.05.

لوحظ من خلال إجراء اختبار تحليل التباين التأثير عالي المعنوية لإضافة دقيق بذور الكينوا في خصائص دقيق القمح، فقد انخفض المحتوى المائي (12.88–13.86%)، النسبة المئوية للغلوتين الرطب (25.51–27.55%)، النسبة المئوية للغلوتين الجاف (6.45–7.62%) ودليل الغلوتين (64.55–65.33%)، بينما ازدادت النسبة المئوية للرماد (0.44–0.74%)، النسبة المئوية للبروتينات الكلية (11.15–12.10%) ودرجة لون الدقيق (1.50–8.50 درجة). تعكس هذه النتائج الاختلاف المعنوي في التركيب الفيزيوكيميائي بين دقيق القمح ودقيق بذور الكينوا، حيث يتميز دقيق الكينوا بارتفاع نسبة الرماد والبروتينات وعدم تشكيله لمادة الغلوتين عند خلطه بالماء (Pathan and Siddiqui, 2022, 558)، وقد أظهرت الدراسات السابقة أن محتوى البروتين في الكينوا أعلى بشكل عام من محتوى الحبوب الشائعة مثل القمح والذرة والشعير (Dakhili *et al*., 2019, 1; Xu *et al*., 2019, 87)، ومحتوى الرماد في دقيق الكينوا أعلى من محتوى دقيق القمح (Contreras-Jiménez *et al*., 2019, 10)، وبالتالي تكون نتائج هذه الدراسة على الخصائص التركيبية للكينوا ودقيق القمح قابلة للمقارنة مع النتائج السابقة من حيث أن إضافة دقيق بذور الكينوا إلى دقيق القمح من شأنه أن يزيد من القيمة الغذائية لدقيق القمح لكن يخفض من قوته (Ma *et al*., 2022, 251).

3-2- الخصائص الريولوجية للدقيق:

دُرِّست تغيرات الخصائص الريولوجية مقاسةً بتقنية الفارينوغراف لدقيق القمح الزيرو والحاوي على نسب مختلفة من دقيق الكينوا (0، 5، 10 و15%) وسُجِّلت النتائج في الجدول (2).

الجدول (2): مؤشرات الفارينوغراف لدقيق القمح المدعم بدقيق الكينوا.

المؤشرات المدروسة	نسبة دقيق الكينوا			
	%0	%5	%10	%15
امتصاصية الماء (%)	58.30 ± 0.33^{a}	0.65^{b}±59.45	0.21^{c}±61.10	0.55^{d}±62.25
زمن تطور العجينة (د)	2.25 ± 0.05^{a}	0.01^{a}±2.50	3.00 ± 0.02^{b}	3.50 ± 0.05^{c}
زمن ثباتية العجينة (د)	3.50 ± 0.01^{a}	0.10^{a}±3.40	$3.25 \pm 0.05^{a,b}$	3.00 ± 0.15^{b}
درجة ضعف العجينة (BU)	65.00 ± 3.20^{a}	1.15^{b}±70.50	72.00 ± 1.21^{b}	75.00 ± 0.95^{c}
الرقم الفالوريمتري	50.00 ± 0.65^{a}	50.05 ± 0.40^{a}	48.55 ± 1.05^{b}	48.25 ± 0.55^{c}

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

بين اختبار تحليل التباين التأثير المعنوي لإضافة دقيق الكينوا في مؤشرات الفارينوغراف لدقيق القمح، حيث ارتفعت امتصاصية الدقيق للماء (58.30–62.25%) وزمن تطور العجينة (2.25–3.50 دقيقة) مع ارتفاع نسبة دقيق بذور الكينوا في الدقيق المركب، ويعود ذلك بشكل أساسي إلى ارتفاع نسبة البروتينات والألياف في دقيق الكينوا مقارنةً بدقيق القمح (Nowak *et al*., 2016, 47)، والتي تعمل على رفع امتصاصية الدقيق للماء والمترافق مع رفع درجة مقامته للخلط (Zhou *et al*., 2021, 1). على النقيض من ذلك، ترافق استبدال دقيق القمح بدقيق بذور الكينوا مع انخفاض في قوة الدقيق (الجدول 4) وذلك من خلال انخفاض زمن ثباتية العجينة (3.00–3.50 دقيقة) وارتفاع درجة ضعف العجينة (65.00–75.00 BU)، وهذا يتوافق مع أبحاث سابقة أشارت إلى أن استبدال دقيق القمح بأنواع من الدقيق غير الغلوتيني يسبب انخفاض في قوة دقيق القمح (Duda *et al*., 2019,

505). وبشكل عام، تبين أن استبدال دقيق القمح بدقيق الكينوا أدت إلى انخفاض في الرقم الفالوريمتري (48.25–50.00)، وهذا يتوافق مع (Enriquez *et al*., 2003, 47).

يبين الجدول (3) نتائج دراسة التغيرات في الخصائص الريولوجية لدقيق القمح المدعم بنسب مختلفة من دقيق بذور الكينوا مقاسةً بجهاز الاكستينسوغراف.

الجدول (3): مؤشرات الاكستينسوغراف لدقيق القمح المدعم بدقيق الكينوا.

المؤشرات المدروسة	نسبة دقيق الكينوا			
	%0	%5	%10	%15
القدرة (سم^2)	56.10 ± 1.20^a	0.44^a±55.60	0.75^b±52.30	0.22^c±50.20
مقاومة الشد (BU)	220.00 ± 3.35^a	1.22^a±215.00	200.00 ± 4.10^b	180.00 ± 5.11^c
المقاومة العظمى للشد (BU)	250.00 ± 2.32^a	2.10^b±245.00	235.00 ± 5.12^c	220.00 ± 3.00^d
المرونة (مم)	115.20 ± 3.30^a	1.10^b±120.00	130.50 ± 2.33^c	135.50 ± 5.12^d
المطاطية (BU/مم)	2.17 ± 0.05^a	2.04 ± 0.10^b	1.80 ± 0.01^c	1.62 ± 0.02^d

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

أهم ما يميز نتائج تحليل مؤشرات الاكستينسوغراف هو أن إضافة دقيق بذور الكينوا إلى دقيق القمح أدت إلى انخفاض في المقاومة العظمى لشد العجينة ومطاطية العجينة وارتفاع في مرونتها. لوحظ من الجدول (3) أن رفع نسبة استبدال دقيق القمح بدقيق الكينوا إلى 15% قد ترافق مع انخفاض القدرة، المساحة تحت منحني الاكستينسوغرام، إلى (50.20 سم^2)، مقاومة الشد، ارتفاع المنحني بعد 5 سم من بداية الاختبار، إلى (180.00 BU)، المقاومة العظمى للشد، الارتفاع الأعظمي للمنحني، إلى (220.00 BU) ومطاطية العجينة، حاصل قسمة المقاومة العظمى للشد على المرونة، إلى (1.62)، بينما ازدادت مرونة العجينة، المسقط الأفقي للمنحني، إلى (135.50 مم)، بعد أن كانت قيم الشاهد (56.10 سم^2، 220.00 BU، 250.00 BU، 115.20 مم و2.17) للقدرة، مقاومة الشد، المقاومة العظمى للشد، المرونة والمطاطية على التوالي. بشكل عام، تتوافق نتائج الاكستينسوغراف مع نتائج الفارينوغراف من حيث أن استبدال دقيق القمح بدقيق بذور الكينوا من شأنه أن يخفض من قوة دقيق القمح، وهذا يتوافق مع دراسات سابقة (Alsuhaibani *et al*., 2022, 1).

الجدول (4): المقاييس الرسمية للمؤشرات الريولوجية.

نوع الدقيق	زمن التطور (دقيقة)	زمن الثبات (دقيقة)	المقاومة العظمى (BU)
ضعيف	1	1	120
متوسط القوة	2-4	4-7	350
قوي	3-5	8-14	450
قوي جداً	4-12	20-23	630

(Williams, 1997)

3-3- خصائص الطبخ للنودلز:

قُيِّمت خصائص الطبخ (الزمن الأمثل للطبخ، وزن الطبخ وفاقد الطبخ) لعينات النودلز المحضرة من دقيق القمح الزيرو والمدعم بنسب مختلفة (0، 5، 10 و15%) من دقيق بذور الكينوا، وسُجِّلت النتائج في الجدول (5).

الجدول (5): خصائص الطبخ لعينات النودلز.

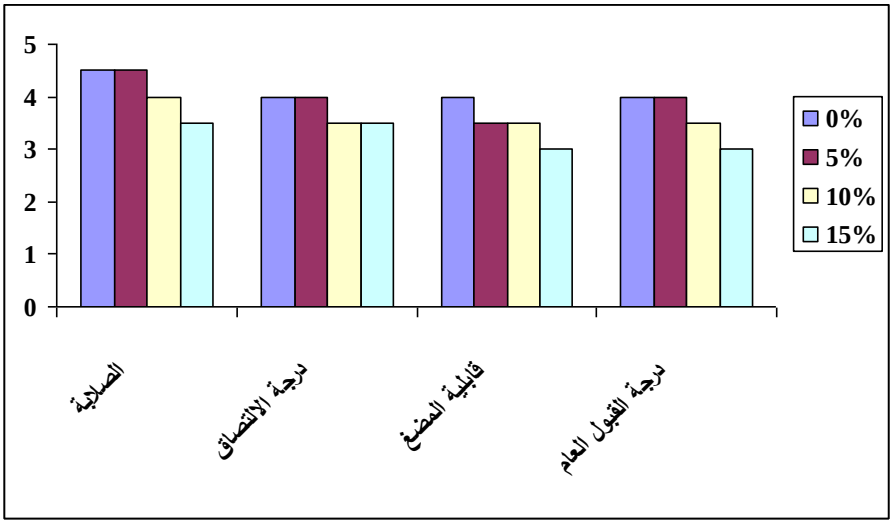
المؤشرات المدروسة	نسبة دقيق الكينوا			
	%0	%5	%10	%15
زمن الطبخ (د)	3.45 ± 0.10^{a}	0.05^{b}±3.60	0.15^{c}±3.90	0.20^{d}±4.10
وزن الطبخ (غ)	$.55 \pm 0.25^{a}16$	0.41^{b}±17.80	18.95 ± 0.11^{c}	20.05 ± 0.10^{d}
فاقد الطبخ (%)	5.00 ± 0.22^{a}	0.12^{b}±5.40	5.82 ± 0.15^{c}	6.00 ± 0.02^{d}

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

أشارت النتائج الواردة في الجدول (5) إلى أنه تم الحصول على أعلى زمن للطبخ للعينة المدعمة بنسبة 15% من دقيق بذور الكينوا (4.10 دقيقة)، وكانت قيم زمن الطبخ لبقية العينات (3.45، 3.60 و3.90 دقيقة) لعينة الشاهد، العينة المدعمة بنسبة 5% والعينة المدعمة بنسبة 10% على التوالي، حيث أقل زمن طبخ لوحظ لعينة الشاهد والذي ازداد تدريجياً بإضافة دقيق بذور الكينوا، يتأثر زمن الطبخ الأمثل للنودلز عموماً بمعدل حركة الماء في النودلز وعملية جلتنة النشاء اللاحقة (Sozer and Kaya, 2008, 351). وجد أن وزن الطبخ هو الأقل في عينة الشاهد (16.55 غ) وقد ازداد معنوياً عند إضافة دقيق بذور الكينوا من (17.80غ) في العينة المدعمة بنسبة 5% إلى (20.05 غ) في العينة المدعمة بنسبة 15%، وهذه النتائج في اتفاق وثيق مع (Olga *et al*., 2021, 1). بالإضافة إلى ذلك، أظهرت النتائج أن أقل فاقد للطبخ كان لعينة الشاهد (5.00%)، بينما كان فاقد الطبخ الأعلى في العينة المدعمة بنسبة 15% من دقيق الكينوا (6.00%)، وتراوحت الزيادة في فاقد الطبخ لعينات النودلز المدعمة بنسبة 5% و10% من دقيق الكينوا بين (5.40%) و(5.82%)، يزداد فاقد الطبخ لأن بوليمرات النشاء تقل في المصفوفة (مصفوفة النشاء والبروتين) بسبب عدم وجود شبكة من الغلوتين، وبالتالي منع الانتفاخ المفرط لحبيبات النشاء وتشتت المكونات في ماء المطبخ (Olga *et al*., 2021, 1)، كما لوحظ زيادة في فاقد الطبخ في أبحاث سابقة (Caratini and Rosentrator, 2019, 20; Gaikwad *et al*., 2021, 660).

3-4- الخصائص الحسية للنودلز:

يبين الشكل (1) تقييم الخصائص الحسية لعينات النودلز بعد الطبخ من حيث درجة الصلابة (Firmness)، درجة الالتصاق (Adhesiveness)، قابلية المضغ (Chewiness) ودرجة القبول العام (Overall acceptability).



الشكل (1): الخصائص الحسية لعينات النودلز.

تُظهر البيانات الواردة في الشكل (1) أن درجة القبول الإجمالية الأكبر كانت لعينة الشاهد (4 درجات) مقارنةً بالعينات الأخرى، وكان هناك تباين كبير بين العينات من حيث القبول العام. بالإضافة إلى ذلك، كانت أعلى درجة صلابة، درجة إلتصاق وقابلية مضغ لنودلز الشاهد (4.5، 4 و4 درجات)، وأقلها للعينة الحاوية على 15% دقيق كينوا (3.5، 3.5 و3 درجات) على التوالي. بشكل عام، يمكننا الاستنتاج أن إضافة دقيق بذور الكينوا إلى دقيق القمح قد أدى إلى تدني في الخصائص الحسية للنودلز، ويعود ذلك، وبشكل أساسي إلى انخفاض نسبة الغلوتين في الدقيق المستخدم، فقد بينت الأبحاث السابقة أن الغلوتين يتحكم في تماسك النودلز ونعومته ومرونته (Zhang *et al*., 2010, 294)، على سبيل المثال، يرتبط الغلوتينين ارتباطاً مباشراً بالصلابة والمرونة بالإضافة إلى زمن الطبخ الأمثل للنودلز (Park *et al*. 2003, 297). على الرغم من أن الدراسات الأولية على النودلز قد أكدت أهمية النسبة المئوية للبروتينات الكلية للدقيق في جودة النودلز، فعادةً ما تكون النودلز المصنوعة من دقيق منخفض البروتين أكثر هشاشةً من النودلز المحضرة من الدقيق المحتوي على نسبة عالية من البروتين، مما يؤدي إلى شبكة بروتين أقوى (Khatkar and Kaur, 2018, 2218). ومع ذلك، في السنوات الأخيرة، ركزت معظم الدراسات على تأثير الغلوتين في جودة النودلز، بينما لا يزال دور المجموعات الوظيفية للبروتين في تحديد جودة النودلز غير مفهوم جيداً (Zong-Bao *et al*., 2021, 1; Cuicui *et al*., 2018, 246).

الاستنتاجات والتوصيات:

1. بيَّن اختبار تحليل التباين التأثير عالي المعنوية لإضافة دقيق بذور الكينوا في خصائص دقيق القمح، فقد انخفضت النسبة المئوية للرطوبة والنسبة المئوية للغلوتين الرطب والنسبة المئوية للغلوتين الجاف ودليل الغلوتين، بينما ازدادت النسبة المئوية للرماد والنسبة المئوية للبروتينات الكلية ودرجة لون الدقيق، وبالتالي تعكس هذه النتائج الاختلاف المعنوي في التركيب الفيزيوكيميائي بين دقيق القمح ودقيق بذور الكينوا.

2. أدت عملية استبدال دقيق القمح بدقيق بذور الكينوا إلى تغيرات معنوية في مؤشرات الفارينوغراف لدقيق القمح، حيث ارتفعت امتصاصية الدقيق للماء، زمن تطور العجينة ودرجة ضعف العجينة، بينما انخفض زمن ثباتية العجينة والرقم الفالوريمتري.

3. أهم ما يميز نتائج تحليل مؤشرات الاكستينسوغراف هو أن إضافة دقيق بذور الكينوا إلى دقيق القمح أدت إلى انخفاض في المقاومة العظمى لشد العجينة ومطاطيتها وارتفاع في مرونتها.

4. بينت نتائج تحليل خصائص الدقيق بشكل عام أن إضافة دقيق بذور الكينوا إلى دقيق القمح من شأنه أن يزيد من القيمة الغذائية لدقيق القمح لكن يخفض من قوة الدقيق.

5. بينت نتائج تحليل خصائص النودلز بعد الطبخ ازدياد في مؤشرات الزمن الأمثل للطبخ، ووزن الطبخ وفاقد الطبخ، بينما انخفضت الخصائص الحسية متمثلاً بالصلابة، درجة الالتصاق، العلكية ودرجة القبول العام، ويعود ذلك، وبشكل أساسي إلى انخفاض نسبة الغلوتين في الدقيق المستخدم.

وبناء على ما سبق يمكن أن نوصي بما يلي:

6. إضافة دقيق بذور الكينوا إلى دقيق القمح بنسبة تصل إلى 15%.
7. العمل على أمثلة ظروف إزالة مادة السابونين من بذور الكينوا وبيان تأثيرها في الخصائص الفيزيوكيميائية للبذور.
8. تحديد النسبة المثلى وزناً من دقيق بذور الكينوا التي يمكن إضافتها لدقيق القمح المعد لصناعة النودلز لحظي الطبخ.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

References:

1. AACC. (2000). Approved Methods of the AACC, 10th edn. Methods 44-15A, 08-01, 46-10, 38-21A, 54-21, 54-10, 50-66. St Paul, MN. AACC.
2. Ahmed, J., Thomas, L. and Arfat, Y. A. (2018). Functional, rheological, microstructural and antioxidant properties of quinoa flour in dispersions as influenced by particle size. Journal of Food Research International, 116, 302-311.
3. Alsuhaibani, A. M., Alkuraieef, A. N. and Aljobair, M. O. (2022). Technological, sensory, and hypoglycemic effects of quinoa flour incorporation into biscuits. J Food Quality, 2022, 1-7.
4. Arendt, E. K. and Zannini, E. (2013). Cereal grains for the food and beverage industries. Hughes S. (ed.), Woodhead Publishing, p. 155-200.
5. Capodistrias, P. (2013). Impacts of the production and export of quinoa in Bolivia. PhD Thesis.
6. Caratini, C. and Rosentrator, K. A. (2019). Developing and testing gluten-free spagattiusing quinoa. Canadian center of Science and Education, 8, 20-32.
7. Contreras-Jiméneza, B., Torres-Vargas, O. L. and Rodríguez-García, M. E. (2019). Physicochemical characterization of quinoa (Chenopodium quinoa) flour and isolated starch. Food Chemistry, 298, 1-29.
8. Cuicui, L., Qiyu, L., Zipeng, L. and Huili, Y. (2018). Effects of the addition of gluten with different disulfide bonds and sulfhydryl concentrations on Chinese white noodle quality. Czech Journal of Food Sciences, 36, 246-254.
9. Dakhili, S., Abdolalizadeh, L., Hosseini, S. M., Shojaee-Aliabadi, S. and Mirmoghtadaie, L. (2019). Quinoa protein: Composition, structure and functional properties. Food Chem., 299, 1-44.
10. Duda, A., Jezowski, P., Radzikowska-Kujawska, D. and Kowalczewski, P. (2019). Partial wheat flour replacement with gluten-free flours in bread - quality, texture and antioxidant activity. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 9, 505-509.
11. 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, 1059-1071.
12. Enriquez, V., Peltzer, M., Raimundi, A., Tosi, V. and Pollio, M. L. (2003). Characterization of wheat and quinoa flour blends in relation to their breadmaking quality. J. Arg. Chem. Soc., 91, 47-54.
13. FAO. (2013). Dietary Protein Quality Evaluation in Human Nutrition. Volume 92. FAO; Rome, Italy.
14. Gaikwad, K., Pawar, V., Pawar, G. and & Shingote, A. (2021). Effect of addition of quinoa flour on cooking and sensorial qualities of noodles. Biological Forum – An International Journal, 13, 660-665.
15. Hellin, J. and Higman, S. (2005). Crop diversity and livelihood security in the Andes. Development in Practice, 152, 165-174.
16. Khatkar, A. B. and Kaur, A. (2018). Effect of protein incorporation on functional, thermal, textural and overall quality characteristics of instant noodles. Food Measure, 12, 2218-2229.
17. Kuljanabhagavad, T., Thongphasuk, P., Chamulitrat, W. and Wink, M. (2008). Triterpene saponins from Chenopodium quinoa Willd. Phytochemistry, 69, 1919-1926.
18. 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. Frontiers in Nutrition, 9, 251-264.
19. Ng, K. G., Price, K. R. and Finweck, G. R. (1994). TLC method for the analysis of quinoa (Chenopodium quinoa) saponins. Food Chemistry, 49, 311-315.
20. Nowak, V., Du, J. and Charrondière, U. R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). Food Chem., 193, 47-54.

21. Olga, L. T., Mariana, L. and Yessica, V. G. (2021). Effect of using quinoa flour (Chenopodium quinoa Willd.) on the physicochemical characteristics of extruded pasta. International Journal of Food Science, 2021, 1-8.
22. Park, C. S., Hong, B. H. and Baik, B. K. (2003). Protein quality of wheat desirable for making fresh white salted noodles and its influences on processing and texture of noodles. Cereal Chemistry, 80, 297-303.
23. Pathan, S. and Siddiqui, R. A. (2022). Nutritional composition and bioactive components in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) greens: A review. Nutrients, 14, 558-566.
24. Romano, N., Micaela Ureta, M., Guerrero-Sánchez, M. andGómez-Zavaglia, A. (2019). Nutritional and technological properties of a Quinoa (chenopodium Quinoa willd) spray-dried powdered extract. Journal of Food Research International, 129, 1-41.
25. 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.
26. Sozer, N. and Kaya, A. (2008).The effect of cooking water composition on textural and cooking properties of spaghetti. International Journal of Food Properties, 11, 351-362.
27. Valencia-Chamorro, S. A. (2003). Quinoa. In: Caballero B., Finglas, P. and Toldra, F., (Editors): Encyclopedia of Food Science and Nutrition, vol. 8. Academic Press, Masterdam. pp.4895-4902.
28. 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.
29. Wu, T. P., Kuo, W. Y. and Cheng, M. C. (1998). Modern noodle based foods - Product range and production methods. In: Blakeney, A. B. and O'Brien, L. Pacific People and their Food. St. Paul, American Association of Cereal Chemists, MN, USA. 37-90.
30. 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 Chem., 294, 87-95.
31. Yücekutlu, A. and Bildacı, I. (2016). Determination of plant saponins and some of gypsophila species: A review of the literature. Hacettepe Journal of Biology and Chemistry, 36, 129-135.
32. Zhang, W., Sun, C., He, F. and Tian, J. (2010). Textural characteristics and sensory evaluation of cooked dry Chinese noodles based on wheat-sweet potato composite flour. International Journal of Food Properties, 13, 294-307.
33. Zhou, Y., Dhital, S., Zhao, C., Ye, F., Chen, J. and Zhao, G. (2021). Dietary fiber-gluten protein interaction in wheat flour dough: Analysis, consequences and proposed mechanisms. Food Hydrocolloids, 111, 1-53.
34. Zong-Bao, C., Chen, Y., Zhen, Y., Jun-Jie, X., Xiao-Na, G. and Ke-Xue, Z. (2021). Impact of gluten quality on textural stability of cooked noodles and the underlying mechanism. Food Hydrocolloids, 119, 1-10.