دراسة تأثير إضافة دقيق الكينوا في خصائص الصمون

هبة شتور[1]، محمد مصري[2]، شريف صادق [3]

الملخص

تُعد المخبوزات من الأغذية الأساسية واسعة الاستهلاك، إلا أن محدودية قيمتها الغذائية تستدعي البحث عن مصادر طبيعية لتحسين تركيبها الغذائي مع الحفاظ على خصائصها الخبيزية والحسية . وبناءً على ذلك، هدفت هذه الدراسة إلى تقييم تأثير إضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة في الخصائص الفيزيائية والكيميائية والحسية للصمون خلال فترة التخزين.

تم تصنيع صمون مدعّم بدقيق الكينوا بنسب (5- 10- 15- 20- 25 -30) %مقارنة بعينة الشاهد، ودراسة تأثير الإضافة والتخزين لمدة سبعة أيام. تمثلت المتغيرات المدروسة محتوى الرطوبة، النشاط المائي، الرماد، الألياف الغذائية، الصلابة، الحجم والحجم النوعي، المردود، الخصائص اللونية (*L، *a، *b) إضافة إلى التقييم الحسي.

أظهرت النتائج أن زيادة نسبة دقيق الكينوا أدت إلى ارتفاع معنوي في محتوى الرطوبة يقابله انخفاض في النشاط المائي، مما يدل على زيادة تحسن ثبات الصمون أثناء التخزين. كما ارتفع المحتوى الرماد والألياف الغذائية مع زيادة الإضافة، دون تغيرات معنوية خلال فترة التخزين، مما يعكس تحسناً واضحاً في القيمة الغذائية. في المقابل، ازدادت صلابة الصمون بارتفاع نسبة الكينوا، إلا أن عينات الشاهد سجلت أعلى معدلات زيادة في الصلابة أثناء التخزين نتيجة ظاهرة تراجع النشاء. كما أظهرت نتائج اللون انخفاض قيمة *Lوارتفاع قيم *aو *bمع زيادة نسبة الكينوا وزمن التخزين، مما يشير إلى ازدياد الاسمرار نتيجة تفاعلات ميلارد ومحتوى الكينوا من المركبات الملونة. وتوصلت الدراسة إلى أن تدعيم الصمون بدقيق الكينوا بنسبة معتدلة (10-

15)% يُعد الخيار الأمثل، إذ حقق تحسناً غذائياً ملحوظاً مع الحفاظ على الخصائص الخبيزية والحسية المقبولة، في حين أن النسب العالية (≤20%) أثرت سلباً في القبول الحسي والحجم نتيجة ضعف شبكة الغلوتين.

الكلمات المفتاحية: دقيق القمح، دقيق الكينوا، الصمون، الصلابة، المردود.

1 قائم بالأعمال في قسم الهندسة الغذائية، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، جامعة حمص.

2 أستاذ في قسم علوم الأغذية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة حمص.

3 استاذ في قسم الهندسة الغذائية، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، جامعة حمص.

Studying the effect of adding quinoa flour in the properties of samoon

Heba Shatour [1], Mohamed Masry[2], Sharif Sadeq [3]

Abstract

Bakery products are among the most widely consumed staple foods; however, their limited nutritional value necessitates the search for natural sources to enhance their nutritional composition while maintaining acceptable baking and sensory properties. Accordingly, this study aimed to evaluate the effect of adding quinoa flour at different levels on the physical, chemical, and sensory properties of samoon during storage.

Samoon fortified with quinoa flour at levels of 5, 10, 15, 20, 25, and 30% was produced and compared with a control sample, and the effects of fortification and storage for seven days were investigated. The studied variables included moisture content, water activity, ash content, dietary fiber, hardness, loaf volume and specific volume, yield, color characteristics (L*, a*, b*), in addition to sensory evaluation.

The results showed that increasing the level of quinoa flour led to a significant increase in moisture content accompanied by a decrease in water activity, indicating enhanced water binding within the internal structure of samoon and improved stability during storage. Ash and dietary fiber contents also increased with higher quinoa addition, with no significant changes observed during storage, reflecting a clear improvement in nutritional value. Conversely, samoon hardness increased with increasing quinoa levels; however, the control samples exhibited the highest rate of hardness increase during storage due to starch retrogradation. Color analysis revealed a decrease in L* values and an increase in a* and b* values with higher quinoa levels and longer storage

time, indicating increased browning as a result of Maillard reactions and the presence of natural pigments in quinoa.
The study concluded that fortification of samoon with quinoa flour at moderate levels (10–15%) represents the optimal option, achieving a noticeable nutritional enhancement while maintaining acceptable baking and sensory properties, whereas higher levels (≥20%) negatively affected sensory acceptance and loaf volume due to weakening of the gluten network.

Keywords: Wheat flour, Quinoa flour, Flatbread, Firmness, Baking yield.

1. **Acting Head** of the Department of Food Engineering, Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, University of Homs.
2. **Professor** in the Department of Food Science, Faculty of Agricultural Engineering, University of Homs.
3. **Professor** in the Department of Food Engineering, Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, University of Homs.

1.مقدمة :

يُعد خبز الصمون من أكثر أنواع الخبز استهلاكاً في العديد من الدول، ويُصنّع تقليدياً من دقيق القمح لما يمتلكه من خصائص خبيزية مميزة ناتجة عن وجود الغلوتين. إلا أن الاتجاهات الحديثة في علوم وتكنولوجيا الأغذية تسعى إلى تحسين القيمة الغذائية للخبز من خلال تدعيمه بمصادر غذائية غير تقليدية، ومن أبرزها الكينوا(Chenopodium quinoa Willd) .

تتميز الكينوا بقيمتها الغذائية المرتفعة، إذ يتراوح محتواها من البروتين بين (**13–17)%**، وتمتاز بروتيناتها بقيمة حيوية عالية وتوازن جيد في الأحماض الأمينية الأساسية. كما تحتوي على الألياف الغذائية بنسبة تتراوح بين (7–10)%، والدهون بنحو **(5–7)%**المعادن،

الفيتامينات، والمركبات الفينولية ذات النشاط المضاد للأكسدة [13 ;27]. كما تتميز الكينوا بخلوها من بروتينات الغليادين والغلوتينين المسؤولة عن تكوين الغلوتين عند العجن، مما يجعلها مادة خام مناسبة لتطوير منتجات مخبوزة(الخبز –الصمون –البسكويت) ذات خصائص صحية ووظيفية محسّنة. وقد أظهرت العديد من الدراسات أن إضافة دقيق الكينوا إلى المخبوزات تُسهم في تحسين محتواه من البروتين، الرماد، الألياف الغذائية، والمركبات المضادة للأكسدة، مما يرفع من قيمته الغذائية والوظيفية [11;22].

تؤدي زيادة نسبة استبدال دقيق القمح بدقيق الكينوا إلى تغيّرات ملحوظة في الخصائص الفيزيائية والريولوجية للخبز، حيث لوحظ انخفاض الحجم النوعي وازدياد صلابة اللب مع ارتفاع نسب الإضافة، ويُعزى ذلك إلى تخفيف شبكة الغلوتين والتداخل بين بروتينات الكينوا وبروتينات القمح [21;14]. في المقابل، ظهرت إضافات منخفضة (10–5) %تأثيراً محدوداً على الجودة الخَبزية مع تحسن واضح في القيمة الغذائية.

يؤثر دقيق الكينوا على لون القشرة واللب للصمون، حيث يؤدي إلى انخفاض قيم *L السطوع وارتفاع قيم *a و *b، نتيجة زيادة محتوى الرماد والبوليفينولات وتعزيز تفاعلات ميلارد أثناء الخَبز [13 ;4].

كما أظهرت تحاليل القوام زيادة في الصلابة والمضغية للمخبوزات مع ارتفاع نسبة الكينوا، مقابل انخفاض المرونة والتماسك، خاصة عند نسب الإضافة المرتفعة [22].

بيّنت دراسات أن الخبز المدعّم بدقيق الكينوا يُظهر سلوكاً مختلفاً أثناء التخزين مقارنة بخبز القمح التقليدي. إذ أظهرت عينات الخبز المحتوية على الكينوا قدرة أعلى على الاحتفاظ بالرطوبة وانخفاضاً نسبياً في بيات الخبز (staling) ، ويُعزى ذلك إلى المحتوى المرتفع من الألياف والبروتينات التي تحد من تراجع النشاء [4 ;11]. كما سُجِّل ازدياد تدريجي في الصلابة أثناء التخزين، إلا أن هذا الازدياد كان أقل حدّة في بعض نسب الإضافة المعتدلة، مما يشير إلى إمكانية تحسين الخصائص التخزينية للخبز باستخدام الكينوا بنسب مدروسة.

وبيَّن [12] إن إضافة أكثر من 15–20٪ من دقيق الكينوا، أدت إلى انخفاض في الحجم النهائي لمنتج الصمون، وللتخفيف من الأثر السلبي لتركيزات عالية من دقيق الكينوا والقمح الجاف تم إضافة الغلوتين بكمية 0–5٪ لوصفة الصمون، حيث أظهرت عينات الصمون المدعم

زيادة محتوى البروتين من 7.0 إلى 11.5٪ ، وزيادة محتوى الألياف الغذائية 16.2٪ والثيامين 17.8٪ والمغنيزيوم 24.5٪ والحديد 16.7٪ والفوسفور 19.4٪.

على الرغم من أن ارتفاع نسب إضافة الكينوا قد يؤدي إلى انخفاض طفيف في القبول الحسي، خصوصاً من حيث اللون والنكهة، إلا أن معظم الدراسات تؤكد أن نسب الإضافة المعتدلة (5–15%) تحقق توازناً مقبولاً بين الجودة الحسية والقيمة الغذائية، مع تحسين النشاط المضاد للأكسدة وانخفاض قابلية هضم النشاء السريع، مما قد يسهم في خفض المؤشر الغلايسيمي للخبز [22; 14].

2. هدف البحث:

هدفت هذا البحث لدراسة التأثير المتكامل لإضافة دقيق الكينوا في خصائص الصمون أثناء التخزين وليس بعد الخَبز فقط، من خلال تتبع التغيرات الفيزيائية–الكيميائية، الميكانيكية، اللونية والحسية. كما يبرز التجديد في الربط بين الرطوبة، النشاط المائي وتراجع النشاء وتأثيرها في الصلابة واستقرار الحجم النوعي، مع تحديد نسبة إضافة مثلى (10–15)% تحقق تحسناً غذائياً ملحوظاً مع الحفاظ على الجودة الخبيزية والحسية وثبات نسبي في الخصائص اللونية خلال التخزين، مما يسد فجوة بحثية في الدراسات السابقة على المخبوزات المدعّمة بالحبوب البديلة.

3. مواد وطرائق البحث:

3–1– مواد البحث: أنجز البحث باستخدام:

1. الدّقيق: تمّ استخدام دقيق القمح ذو نسبة استخراج 72 % إنتاج الشركة العامة للمطاحن في سورية. وهو مُنتج وفق المواصفة القياسيّة السّوريّة رقم 192 لعام 2002 (م.ق.س 192/ 2002).

2. الكينوا: تم الحصول على بذور نبات الكينوا من هيئة العامة للبحوث العلمية في محافظة حمص (تحسين محاصيل إيرانية) ، وتمت تنقيتها وتنظيفها وغسيلها لإزالة السابونين وتجفيفها وحفظها إلى حين إجراء الفحوصات اللازمة عليه.

ويبين الجدول (1) التركيب الفيزيوكيميائي لدقيق القمح ودقيق بذور الكينوا المستخدم في البحث.

الجدول (1) التركيب الفيزيوكيميائي لدقيق القمح ودقيق الكينوا

القرائن (%)	الرطوبة	الرماد	البروتين	الألياف
دقيق القمح	0.06±13.8	0.02±0.65	0.12±11.7	0.05±0.43
دقيق الكينوا	0.09±10.2	0.05±2.57	0.07±13.88	0.12±5.39

على الرغم من الارتفاع النسبي في محتوى البروتين (13.88 % في دقيق الكينوا)، فإن خلو المادة من الغلوتين يمنع تشكّل شبكة غلوتينية متماسكة في دقيق الكينوا.

3-2- تجربة الخبيز لخبز الصمون (Samoon Baking Test):

أُجريت تجربة الخبيز لإنتاج خبز الصمون في المخابز المحلية المتخصصة بإنتاج الصمون (أفران الميدان)، وفق الظروف الصناعية المتبعة، واتباعاً للخطوات الآتية:

1-تحضير العجين:

تم تحضير عجين الصمون وفق الطريقة المباشرة (Direct method) باستخدام المكونات الآتية: دقيق القمح، الخميرة، ملح الطعام (NaCl) والماء.تم إضافة 100 غ دقيق و بلغت نسبة الخميرة الطرية المضافة 2% من وزن الدقيق، في حين استُخدم ملح الطعام بنسبة 1.3% وسكر بنسبة 1%. حُددت كمية الماء اللازمة لتحضير العجين اعتماداً على قراءات جهاز الميكسولاب عند أساس رطوبة 14% للدقيق المستخدم في جميع الخلطات. تم العجن باستخدام عجانة مخبرية بسرعة 70 دورة/دقيقة ولمدة 12-10 دقيقة حتى الوصول إلى عجين متجانس وذو قوام مناسب [10 ;5].

2- تخمير العجين:

أُعطي العجين فترة تخمير أولي لمدة 50-45 دقيقة عند درجة حرارة 30-28°م، بهدف تنشيط الخميرة وتكوين البنية الغلوتينية المناسبة لعجين الصمون [7].

3-تقطيع العجين:

قُطع العجين يدوياً إلى قطع متساوية بوزن يقارب 80 غ لكل قطعة، وهو الوزن الشائع المستخدم في إنتاج خبز الصمون، ثم شُكلت القطع على هيئة كرات.

4-التشكيل النهائي:

تم تشكيل قطع العجين على شكل (ممدود الشكل التقليدي للصمون)، وذلك يدوياً، ثم نُقلت القطع إلى خط الإنتاج لإجراء عمليات التخمير النهائي.

5- استراحة العجين (التخمير النهائي):

تُركت قطع العجين بعد التشكيل النهائي لفترة استراحة وتخمير نهائي مدتها 15-10 دقيقة عند درجة حرارة 30±2 م°، وذلك لتحسين حجم الصمون وانتظام مساميته الداخلية.

6-الخبيز:

أُجري خبيز الصمون في الفرن عند درجة حرارة تراوحت بين 350-300°م لمدة 6- 10 دقائق، وهي ظروف نموذجية مستخدمة في إنتاج خبز الصمون، حيث يُلاحظ تكوّن القشرة الخارجية مع احتفاظ اللب بالنعومة [17 ;5].

7- التبريد

بُردت عينات الصمون بعد الخروج من الفرن على رفوف، تبريد لمدة 15-10 دقيقة حتى الوصول إلى درجة حرارة الجو، لمنع تكاثف الرطوبة داخل العبوات.

8-التغليف

تم تغليف عينات خبز الصمون باستخدام أكياس من البولي بروبلين حيث يوضح الجدول خصائص البولي بروبلين، وأُجريت الاختبارات الفيزيائية والكيميائية والريولوجية اللاحقة في نفس يوم الخبيز لضمان دقة النتائج وثبات الخصائص المقاسة.

خصائص البولي بروبلين

الخاصية	PP
الكثافة g/cm^3	0.9
درجة المقاومة الحرارية (الثباتيةC°)	140
النفاذية لغاز الأوكسجين10^3*$(cm^3/100\mu m/m^2/day.\ atm)$	6

النفاذية لبخار الماء $g/m^2/day/100\ \mu m$	0.5
النفاذية النسبية للضوء (%)	~60

3-3-طرائق البحث:

- **الرطوبة (%):** قُدرت نسبة الرطوبة في عينات خبز الصمون باستخدام فرن التجفيف عند درجة حرارة 105°م حتى ثبات الوزن، وذلك وفق الطريقة القياسية المعتمدة من AACC International رقم 15.02-44، والمستخدمة على نطاق واسع في تقييم الخبز العربي ومنتجات المخابز [3; 6].
- **الرماد (%):** حُددت نسبة الرماد في عينات خبز الصمون بالحرق في المرمدة عند درجة حرارة 550 °م حتى ثبات الوزن، حسب طريقة AACC International رقم 08-01.01، كما ورد في دراسات تقييم جودة الخبز العربي والصمون [3; 19].
- **اللون:** تم قياس لون لبّ وقشرة خبز الصمون باستخدام جهاز قياس اللون Konica Minolta CM-3500d (Japan) لتحديد إحداثيات اللون في نظام L*, a*, b*، حيث تعبّر قيمة **L*** عن درجة البياض أو الإضاءة، بينما تعبّر a* عن شدة الاحمرار و **b*** عن شدة الاصفرار،
بعد معايرة الجهاز باستخدام اللوحات البيضاء والسوداء كألوان مرجعية قياسية، وفق ما هو متبع في تقييم لون خبز الصمون والخبز العربي [7;25].
- **الألياف (%):** تم تقدير محتوى الألياف الخام في عينات الدقيق باستخدام طريقة ويندە (Weende) التي تعتمد على الهضم المتسلسل بالحمض H2SO4 5% والقلوي NaOH 5% وإزالة المركبات غير الليفية، وذلك وفق الطريقة القياسية المعتمدة من رقم 978.10 [8].
- **النشاط المائي** (aw): قيس النشاط المائي لعينات خبز الصمون باستخدام جهاز Novasina (Axair Ltd) عند درجة حرارة 25°م، وذلك لتقييم استقرارية المنتج وقابليته للتلف الميكروبي، وفق الطريقة الموصوفة في دراسات خبز الصمون والخبز المسطح [5; 17].

- **الصلابة (Texture):** قُدرت صلابة خبز الصمون باستخدام جهاز TA-XT.plus Texture Analyser (Stable Micro Systems, Surrey, U.K)، من خلال قياس أقصى قوة اختراق (Maximum Force) معبراً عنها بوحدة نيوتن ، بسرعة مسبر مقدارها mm/sec0.2 لعمق أعظمي مقداره 10 mm ، والتي تُعد مؤشراً على صلابة لبّ الخبز وتغير قوامه أثناء التخزين، وفق طرق تحليل قوام الخبز العربي والصمون [17 ;9 ;5].
- **قياس حجم خبز الصمون:** بجهاز قياس الحجم حيث يقاس الحجم ب (سم^3) وذلك بطريقة الإزاحة ببذر الكتان حيث تم وضع كمية من بذور الكتان في بيشر سعة 2000 مل حتى الامتلاء، ثم أُفرغ البيشر من البذور، وبعد ذلك وُضعت الصمونة في مركز البيشر وأُعيدت تعبئته ببذور الكتان حتى غُمرت الصمونة بالكامل ونقيس الزيادة عن2000 مل ونقوم بحساب الحجم.
- **الحجم النوعي (سم^3/غ):** بتقسيم الحجم (سم^3) على الوزن (غ)، حسب طريقة[3] وطريقة [30].
- **مردود الخبيز:** بتقسيم وزن الصمونة على وزن الدقيق حسب طريقة [3].

3-4-التقييم الحسي لعينة الصمون :

تم إجراء التقييم الحسي لعينة الصمون وشملت المعايير المتبعة لتقييم الصمون:

- المظهر الخارجي واللون (لون القشرة وشكل الرغيف)،
- الطعم والنكهة،
- الملمس والطراوة (قساوة العجين، المسامية)،
- القبول العام.

شارك في التقييم لجنة التقيم الحسي في الهندسة الغذائية، وتم تقديم العينات لهم بطريقة عشوائية ومرقمة لتجنب التحيز، وتم تسجيل نتائج التقييم مباشرة على استمارات مخصصة لكل عينة.

3-5-الدّراسة الإحصائيّة:

تمّ إجراء جميع الاختبارات بأخذ ثلاثة مكررات لكل اختبار، والتعبير عن النتائج على أساس المتوسط الحسابي والانحراف المعياري. وتمّ التقييم الإحصائي للنتائج التي تمّ التوصل إليها بواسطة البرنامج الإحصائي Minitab 17 باستخدام تحليل التباين ANOVA وذلك عند قيم $\alpha=0.05$.

4 . النتائج والمناقشة:

4-1 محتوى الرطوبة والنشاط المائي للصمون:

يُظهر الجدول (2) قيم الرطوبة والنشاط المائي لعينات الصمون المدعمة بدقيق الكينوا بنسب (5-30) %خلال التخزين لمدة سبعة أيام في درجة حرارة الغرفة. بينت نتائج الرطوبة وجود فروق معنوية ($P\leq0.05$)بين العينات تبعًا لنسبة الإضافة وفترة التخزين. سُجلت أدنى قيم للرطوبة في عينة الشاهد (30.24% في اليوم الأول و27.85% في اليوم السابع)، في حين ازداد محتوى الرطوبة تدريجياً وبشكل معنوي مع زيادة نسبة الكينوا ليبلغ أعلى قيمة عند مستوى 30% (33.38% في اليوم الأول و32.10% بعد سبعة أيام). وعلى الرغم من انخفاض الرطوبة في جميع العينات خلال التخزين، فإن معدل الفقد كان أقل في العينات المدعمة بالكينوا مقارنة بالشاهد، مما يدل على تحسن القدرة على الاحتفاظ بالماء.

يُعزى ذلك إلى ارتفاع محتوى دقيق الكينوا من الألياف الغذائية والبروتينات ذات السعة العالية للارتباط بالماء، إضافةً إلى خصائص نشائه الوظيفية المختلفة عن نشاء القمح. إذ تمتلك الألياف مجموعات هيدروكسيلية فعالة تمكّنها من تكوين روابط هيدروجينية مع جزيئات الماء، مما يزيد من نسبة الماء المرتبط ويقلل الماء الحر داخل المصفوفة العجينية [15، 22]. كما أن تفاعل الألياف مع مكونات النشاء يؤثر في ديناميكية الجلتنة وإعادة التبلور، ويحدّ من إعادة انتظام سلاسل الأميلوز والأميلوبكتين أثناء التخزين، مما يبطئ عملية ارتداد النشاء (Starch Retrogradation) ، وهي الآلية الرئيسة المسؤولة عن البيات في منتجات المخابز [4، 24].

وتتفق هذه النتائج مع ما أورده [18] و[4] حول دور الكينوا في رفع محتوى الرطوبة وتحسين الثبات الرطوبي وتقليل فقد الماء أثناء التخزين.

أما بالنسبة للنشاط المائي، فقد أظهرت النتائج انخفاضاً معنوياً في قيم مع زيادة نسبة إضافة الكينوا؛ إذ سجلت عينة الشاهد أعلى القيم (0.839–0.832)، في حين سجلت عينة 30% أدنى القيم (0.822–0.817). ويعكس ذلك انخفاض كمية الماء الحر نتيجة تحوله إلى ماء مرتبط داخل البنية الهيكلية للعجين بفعل الألياف والبروتينات [21، 23]. كما لوحظ انخفاض طفيف في النشاط المائي لجميع العينات بعد سبعة أيام من التخزين نتيجة الفقد الجزئي للرطوبة، إلا أن هذا الانخفاض كان أقل في العينات المدعمة بالكينوا، مما يشير إلى تحسن استقرار الرطوبة وتأخير جفاف المنتج.

وبناءً على ذلك، فإن الآلية الوظيفية المتمثلة في امتصاص الماء والتفاعل البنيوي مع النشاء ترتبط عملياً بتحسين استقرار الرطوبة، خفض النشاط المائي، وإبطاء البيات، مما ينعكس إيجاباً على المحافظة على الطراوة وإطالة العمر التخزيني للصمون، وهو ما يتوافق مع ما أوردته دراسات متعددة حول الدور التكنولوجي للألياف في منتجات المخابز [18، 21، 23].

الجدول (2) قيم الرطوبة والنشاط المائي لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة خلال زمن التخزين

نسبة الإضافة(%)	الرطوبة (%)		النشاط المائي	
	اليوم الأول	اليوم السابع	اليوم الأول	اليوم السابع
عينة الشاهد	^{dA}0.98±30.24	^{eB}0.82±27.85	^{aA}0.005±0.839	^{aB}0.004±0.832
5	^{cdA}1.05±30.99	^{dB}0.96±28.94	^{bA}0.004±0.835	^{bB}0.005±0.829
10	^{cA}0.43±31.33	^{cdB}0.75±29.66	^{cA}0.006±0.831	^{cB}0.006±0.826
15	^{bcA}0.96±31.56	^{bcB}1.09±30.03	^{cdA}0.004±0.829	^{cdB}0.004±0.825
20	^{bA}0.37±32.13	^{bB}0.83±30.81	^{dA}0.003±0.827	^{dB}0.006±0.823
25	^{abA}0.93±32.69	^{abB}0.64±31.44	^{deA}0.005±0.825	^{deB}0.003±0.820
30	^{aA}1.11±33.38	^{aB}0.84±32.10	^{eA}0.004±0.822	^{eB}0.007±0.817

* تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

2-4 محتوى الرماد والألياف للصمون:

يُبين الجدول (3) قيم الرماد والألياف لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة (5-10-15-20-25-30)% خلال التخزين (1-7)يوم ، حيث يبيّن جدول (3) وجود زيادة معنوية ($P \leq 0.05$) في قيم الرماد بارتفاع نسبة الإضافة في كل من اليوم الأول واليوم السابع من التخزين، إذ سجلت عينة الشاهد أقل القيم، في حين حققت عينتا 25 و30% أعلى القيم دون فروق معنوية بينهما، ويعزى ذلك إلى كمية المعادن المرتفعة لدقيق الكينوا واحتوائه على كميات أكبر من العناصر المعدنية مثل الكالسيوم، المغنيسيوم، الحديد، الزنك والبوتاسيوم مقارنة بدقيق القمح، مما ينعكس مباشرة على ارتفاع محتوى الرماد في المنتج النهائي. كما تُظهر

النتائج عدم حدوث تغيرات معنوية في محتوى الرماد مع التخزين لمدة سبعة أيام ضمن نفس نسبة الإضافة، ويمكن تفسير ذلك بأن الرماد يمثل المواد غير العضوية الثابتة التي لا تتأثر بعمليات الفقد الرطوبي أو التغيرات الفيزيائية الحاصلة أثناء التخزين. تتوافق هذه النتائج مع ما ذكر[21] و [16]اللذان أشارا إلى أن تدعيم منتجات الخبز بمصادر غنية بالمعادن مثل الكينوا أو الحبوب الكاملة يؤدي إلى زيادة معنوية في محتوى الرماد دون تأثره بفترات التخزين القصيرة، كما أكد [4] أن ارتفاع نسبة الإضافة هو العامل الرئيس في زيادة الرماد، بينما يبقى تأثير التخزين محدوداً.

توضح نتائج الجدول (3) أن محتوى الألياف في الصمون يزداد بشكل معنوي مع ارتفاع نسبة إضافة دقيق الكينوا، حيث سجلت عينة الشاهد أدنى قيمة للألياف (8.25–8.28%)، بينما وصلت أعلى قيمة للألياف في عينة 30% (12.53–12.56%)، مع اختلاف معنوي واضح بين العينات.هذه الزيادة تُعزى إلى التركيب الغني بالكربوهيدرات غير النشوية(مثل الألياف الغذائية، السكريات البسيطة) والألياف القابلة وغير القابلة للذوبان في الكينوا، والتي تعزز المحتوى الكلي للألياف في المنتج النهائي. كما تشير البيانات إلى أن محتوى الألياف ظل ثابتاً تقريباً خلال فترة التخزين لمدة سبعة أيام، حيث لم تطرأ تغييرات معنوية بين اليوم الأول واليوم السابع، وهو أمر متوافق مع طبيعة الألياف المستقرة كيميائياً، بينما ظهر ارتفاع طفيف ظاهري ناتج عن انخفاض الرطوبة الإجمالي للصمون خلال التخزين. تتوافق هذه النتائج مع[22] فإضافة دقيق الكينوا للخبز تؤدي إلى زيادة محتوى الألياف وتحسن الخصائص الغذائية دون أن تتأثر الألياف بشكل كبير بفترة التخزين القصيرة. كما أكدت [4] أن الألياف الناتجة عن الكينوا تسهم في احتجاز الماء وتحسين طراوة المخبوزات، وهو ما يفسر ثبات الألياف رغم انخفاض الرطوبة الطفيف خلال التخزين.

الجدول (3) قيم الرماد وألياف لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة خلال زمن التخزين

نسبة الإضافة(%)	الرماد (%)		الألياف (%)	
	اليوم الأول	اليوم السابع	اليوم الأول	اليوم السابع
عينة الشاهد	^{eA}0.06±1.07	^{eA}0.05±1.10	^{fA}0.19±8.25	^{fA}0.11±8.28
5	^{dA}0.09±1.19	^{dA}0.03±1.21	^{eA}0.09±9.23	^{eA}0.15±9.25
10	^{cdA}0.02±1.23	^{cdA}0.08±1.25	^{dA}0.13±10.45	^{dA}0.12±10.46
15	^{cA}0.11±1.29	^{cA}0.12±1.30	^{cA}0.14±10.92	^{cA}0.09±10.94
20	^{bA}0.04±1.48	^{bA}0.05±1.50	^{bA}0.09±11.36	^{bA}0.12±11.38
25	^{aA}0.06±1.75	^{aA}0.11±1.78	^{abA}0.21±11.99	^{abA}0.14±12.02
30	^{aA}0.12±1.99	^{aA}0.04±2.02	^{aA}0.14±12.53	^{aA}0.19±12.56

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

3-4 صلابة الصمون:

يُظهر الجدول (4) قيم الصلابة لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة (5-10-15-20-25-30)% خلال التخزين (1-7)يوم ، وأظهرت النتائج المبينة في الجدول (4) أن صلابة الصمون ازدادت تدريجياً مع زيادة نسبة إضافة دقيق الكينوا في اليوم الأول وكذلك بعد 7 أيام من التخزين، إذ سُجِّلت أعلى قيم للصلابة عند نسبة إضافة 30% من الكينوا، حيث بلغت 0.64±7.557 نيوتن في اليوم الأول و

0.93±7.889 نيوتن بعد 7 أيام من التخزين. ويُعزى هذا الارتفاع إلى غنى دقيق الكينوا بالبروتينات غير الغلوتينية والألياف الغذائية، التي تساهم في تحسين بنية العجين واحتجاز الماء .فالبروتينات غير الغلوتينية في الكينوا لا تكوّن شبكة غلوتين كما في القمح، لكنها ترتبط بالماء والنشاء والألياف لتشكيل مصفوفة شبه صلبة تحسن تماسك العجين وتقلل تفتت الفتات، مما يؤدي إلى زيادة الصلابة والاستقرار الهيكلي للمنتج النهائي خلال التخزين [4؛15].

من جهة أخرى، لوحظ أن صلابة الصمون ازدادت في جميع العينات خلال فترة التخزين، إلا أن مقدار الزيادة اختلف باختلاف نسبة الإضافة، إذ سجّلت عينة الشاهد أكبر زيادة في الصلابة، حيث ارتفعت من 0.81±5.136 نيوتن في اليوم الأول إلى 0.97±7.591 نيوتن بعد 7 أيام، أي بزيادة قدرها نحو 2.46 نيوتن. في المقابل، كانت الزيادة أقل وضوحاً في العينات المدعّمة بدقيق الكينوا، ولاسيما عند النسب المتوسطة، حيث سجلت عينة 15% أدنى قيمة للصلابة بعد التخزين (0.87±5.319 نيوتن)، ولم تختلف معنوياً عن عينات 5% و10%، مما يشير إلى قدرة الكينوا عند هذه النسبة على إبطاء عملية التراجع خلال التخزين.

يمكن تفسير الزيادة الكبيرة في صلابة عينة الشاهد بظاهرة تراجع النشاء ، التي تكون أكثر وضوحاً في الخبز التقليدي الخالي من الإضافات الغنية بالألياف، في حين تسهم الألياف والبروتينات في دقيق الكينوا في تقليل معدل إعادة تبلور النشاء والحد من فقدان الرطوبة، وبالتالي إبطاء التصلب رغم ارتفاع الصلابة الابتدائية لبعض العينات. وتتفق هذه النتائج مع ما توصلت إليه دراسات سابقة، والتي أشارت إلى أن إضافة دقيق الكينوا تحسّن الخصائص الميكانيكية للمخبوزات وتؤدي إلى زيادة تدريجية في الصلابة مع ارتفاع نسبة الإضافة، مع تحسين ثبات القوام خلال التخزين عند النسب المتوسطة [18؛21]

الجدول (4) قيم الصلابة لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة خلال زمن التخزين

نسبة الإضافة(%)	الصلابة (N)	
	اليوم الأول	اليوم السابع
عينة الشاهد	^{dB}0.81±5.136	^{aA}0.97±7.591
5	^{dA}0.93±5.145	^{cA}0.94±5.323
10	^{dA}0.75±5.171	^{cA}0.65±5.369
15	^{cdA}0.74±5.197	^{cA}0.87±5.319
20	^{cB}0.77±5.721	^{bA}0.93±6.023
25	^{bB}0.82 ±7.032	^{aA}0.68±7.351
30	^{aB}0.64±7.557	^{aA}0.93±7.889

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

4-4-تأثير إضافة نسبة مختلفة من دقيق الكينوا في وزن الصمون خلال زمن التخزين:

يُوضح الجدول (5) قيم الوزن لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة (5-10-15-20-25-30)% خلال التخزين (1-7)يوم، وأظهرت نتائج الجدول (5) وجود فروق معنوية ($P \leq 0.05$) في وزن الصمون بين العينات في كلٍ من اليوم الأول واليوم السابع من التخزين عند درجة حرارة الغرفة، حيث سجّلت عينة الشاهد أقل وزن وأعلى فقدان خلال فترة التخزين، في حين أدت إضافة دقيق الكينوا إلى تقليل فقدان الوزن بشكل واضح. فقد لوحظ أن عينات 5% و10% كينوا أظهرت فقدان وزن

أقل من عينات 20–30%، بينما سجلت عينة 15% أقل فقدان وزن مقارنة بجميع العينات الأخرى، مما يشير إلى وجود نسبة إضافة مثلى لتحسين احتجاز الرطوبة.

ويُعزى هذا السلوك إلى المحتوى المرتفع من الألياف والبروتينات في دقيق الكينوا، والتي تمتلك قدرة عالية على الارتباط بالماء وتحويله من ماء حر إلى ماء مرتبط داخل الهيكل الداخلي للصمون، وقد أظهرت دراسات حديثة أن إضافة الكينوا إلى المخبوزات ترفع من قابلية الاحتفاظ بالماء (Water Holding Capacity) وتحسّن استقرار الرطوبة خلال التخزين مقارنة بالخبز المصنوع من دقيق القمح فقط [21; 29]كما أن وجود مكونات غير نشوية في الكينوا يحدّ من تأثير تراجع النشاء (starch retrogradation) المسؤول عن فقدان الماء وبيات الخبز أثناء التخزين، الأمر الذي يفسر انخفاض فقدان الوزن في العينات المدعمة بالكينوا مقارنة بعينة الشاهد.

الجدول (5) قيم الوزن لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة خلال زمن التخزين

نسبة الإضافة(%)	الوزن (غ)	
	اليوم الأول	اليوم السابع
عينة الشاهد	^{dA}1.16±68.93	^{dB}1.08±64.85
5	^{cA}1.23±70.61	^{cB}1.35±67.95
10	^{cA}1.11± 70.94	^{cB}1.11±68.28
15	^{bA}1.09±71.42	^{bB}0.98±68.84
20	^{bA}1.26±72.06	^{bB}1.20±69.25
25	^{aA}1.31±72.89	^{aB}1.13±69.75
30	^{aA}1. 22±73.75	^{aB}1.04±70.44

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

4-5-تأثير إضافة نسبة مختلفة من دقيق الكينوا في الحجم لخبز الصمون خلال زمن التخزين:

يُبين الجدول (6) قيم الحجم لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة (5-10-15-20-25-30)% خلال التخزين (1-7)يوم، أظهر الجدول (6) تأثير نسبة الإضافة والزمن على حجم الصمون المخزن. في اليوم الأول، سجلت عينة الشاهد أعلى حجم (2395.24 ± 16.50^{a} سم^{3}) يليه 5% كينوا (2374.89 ± 14.32^{a})، بينما انخفض الحجم تدريجياً مع زيادة نسبة الكينوا، وكان أقل حجم عند نسب 25% و30% (2261.59 ± 26.04^{d} و2245.99 ± 19.37^{d}) يعكس هذا الانخفاض في الحجم الأولي مع ارتفاع نسبة الكينوا ضعفاً نسبياً في بنية شبكة الغلوتين، مما يقلل من قدرة العجين على احتجاز الغازات الناتجة أثناء التخمير، وهو ما لوحظ سابقاً في دراسات تناولت تأثير دقيق الحبوب الخالية من الغلوتين على بنية العجين والأبعاد الحجمية للمخبوزات [20]. عند اليوم السابع من التخزين، لوحظ انخفاض معنوي في الحجم لجميع العينات مقارنة باليوم الأول نتيجة فقدان الرطوبة وترتيب جزيئات النشاء (retrogradation)، والتي تؤدي إلى تقلص بنية الداخلية وانكماش الحجم، ويتفق ذلك مع [28]. ومن الجهة الأخرى، سجلت عينة 15% كينوا أكبر حجم في اليوم السابع (2315.92 ± 17.32^{a} سم^{3}) مقارنة بباقي المعاملات، تلتها 10% و5% (2295.46 ± 15.32^{c} و2285.66 ± 18.22^{c})، مما يدل على أن نسب (10-15)%من الكينوا يمكن أن تعزز ثبات الحجم خلال التخزين بشكل أفضل من النسب العالية أو الشاهد. يعود ذلك إلى أن الألياف والبروتينات في الكينوا يمكن أن تحسن من قدرة الشبكة على الاحتفاظ بالماء المرتبط وتقليل هجرة الرطوبة، مما يحد من تقلص الهياكل الهوائية داخل بنية الصمون [224]. في المقابل، كان لدى العينات ذات نسب الكينوا العالية (25 و30)% انخفاض واضح في الحجم بعد 7 أيام

(2205.73 ± 20.34^{f} و2180.63 ± 18.76^{f})، وهو ما يمكن تفسيره بتأثير زيادة المحتوى غير الغلوتيني في ضعف بنية شبكة العجين وقدرته على احتجاز الهواء والماء مع مرور الزمن، مما أدى إلى تقلص أكبر في الحجم. وقد أظهرت الدراسات أن الزيادة المفرطة في المكونات غير الغلوتينية تسرّع من انهيار البنية وتقلل من الاستقرار الحجمي خلال التخزين [26]. وبالتالي أن إضافة الكينوا بنسبة معتدلة (15%) توفر توازناً جيداً بين المحافظة على الحجم الأولي وتقليل التقلص خلال التخزين، بينما النسب العالية تؤدي إلى فقدان حجمي أكثر وضوحاً، وعينة الشاهد تفقد الحجم الأكبر بسبب غياب العوامل الحابسة للرطوبة.

الجدول (6) قيم الحجم لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة خلال التخزين

نسبة الأضافة(%)	الحجم (سم^3)	
	اليوم الأول	**اليوم السابع**
عينة الشاهد	^{aA}16.50 ± 2395.24	^{dB}20.32±2240.83
5	^{aA}24.89±23741.43	^{bB}18.22±2285.66
10	^{bA}16.51±2354.72	^{bB}15.32±2295.46
15	^{bA}18.22±2343.69	^{aB}17.32±2315.92
20	^{cA}22.65±2306.12	^{cB}19.36±2265.39
25	^{dA}26.04±2261.59	^{eB}20.34±2205.73
30	^{dA}19.37±2245.99	^{eB}18.76±2180.63

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .
وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

4-6-تأثير إضافة نسبة مختلفة من دقيق الكينوا في الحجم النوعي لخبز الصمون خلال الزمن:

يُظهر الجدول (7) قيم الحجم النوعي لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة (5-10-15-20-25-30)% خلال التخزين (1-7)يوم ،حيث أظهرت النتائج في الجدول (7) وجود فروق معنوية ($P \leq 0.05$) في الحجم النوعي بين المعاملات المختلفة في كلا اليومين من التخزين عند درجة حرارة الغرفة. في اليوم الأول، سجلت عينة الشاهد أعلى حجم نوعي (34.76 ± 0.80^{a} سم³/غ مقارنة بالعينات المدعمة بالكينوا، بينما لوحظ انخفاض تدريجي في الحجم النوعي مع زيادة نسبة الكينوا، حيث كانت العينات بنسبة 25-30% الأدنى ($30.45-31.02 \pm 0.70-0.75^{e}$ سم³/غ). يعزى هذا الانخفاض الأولي إلى أن إضافة نسب عالية من الكينوا تؤثر على شبكة الغلوتين وتضعف قدرتها على احتجاز الغازات الناتجة أثناء التخمير، مما يقلل من المسامية والهواء المحبوس داخل العجين، وهو ما أشار إليه [21] حول تأثير الحبوب غير الغلوتينية على بنية العجين وحجم المخبوزات. بعد 7 أيام من التخزين، لوحظ انخفاض الحجم النوعي لجميع العينات نتيجة فقدان الرطوبة وانكماش الفتات الناتج عن تراجع النشاء ، ويتفق ذلك مع [29]. ومع ذلك، أظهرت عينة 15% كينوا أعلى حجم نوعي معنوي (33.65 ± 0.63^{a} سم³/غ) بعد 7 أيام، تلتها العينات 5% و10%، ما يشير إلى أن نسبة إضافة معتدلة من الكينوا توفر أفضل توازن بين الاحتفاظ بالرطوبة والحفاظ على بنية العجين أثناء التخزين. يعود ذلك إلى قدرة الألياف والبروتينات في الكينوا على الاحتفاظ بالماء وتحويله من ماء حر إلى ماء مرتبط داخل الهيكل الداخلي، مما يقلل من معدل فقدان الرطوبة وانكماش الحجم، ويعزز استقرار الحجم النوعي مقارنة بالخبز المصنوع من دقيق القمح وحده [24; 26]. أما العينات ذات نسب الكينوا العالية (25-30)%، فقد سجلت أدنى قيم حجم نوعي بعد 7 أيام،

مما يعكس تأثير زيادة المحتوى غير الغلوتيني على ضـــعف شـــبكة العجين وعدم القدرة على الاحتفاظ بالهواء والماء مع مرور الزمن، وبالتالي تقلص أكبر في الحجم النوعي، وهو ما تؤكده الدراسات حول المخبوزات الغنية بالحبوب البديلة [20]. نستنتج أن ارتفاع محتوى الرطوبة الناتج عن إضافة الكينوا بنسبة معتدلة (10–15)% ساهم في تحسين الحجم النوعي ووزن العينة خلال التخزين، مقارنة بعينة الشـــاهد والنســـب العالية، مما يدل على قدرة الكينوا على تعزيز الاحتفاظ بالماء داخل بنية العجين والحفاظ على استقرار الصمون المخزن وجودته.

الجدول (7) قيم الحجم النوعي لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة خلال التخزين

نسبة الأضافة(%)	الحجم النوعي (سم³/غ)	
	اليوم الأول	اليوم السابع
عينة الشاهد	$^{aA}0.80\pm34.76$	$^{fA}0.55\pm34.54$
5	$^{bA}0.68\pm34.76$	$^{cB}0.70\pm33.63$
10	$^{cA}0.65\pm33.18$	$^{cA}0.64\pm33.61$
15	$^{cA}0.67\pm32.81$	$^{aA}0.63\pm33.65$
20	$^{dA}0.71\pm32.01$	$^{dA}0.67\pm32.71$
25	$^{eA}0.75\pm31.02$	$^{eA}0.68\pm31.63$
30	$^{eA}0.70\pm30.45$	$^{eA}0.66\pm30.97$

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .
وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

4-7-تأثير إضافة نسبة مختلفة من دقيق الكينوا في مردود لخبز الصمون خلال الزمن:

يُوضح الجدول (8) قيم المردود لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة (5-10-15-20-25-30)% خلال التخزين (1-7)يوم، وأظهرت النتائج في الجدول (8) وجود فروق معنوية ($P \leq 0.05$) في مردود الخبز لجميع العينات من اليوم الأول واليوم السابع من التخزين عند درجة حرارة الغرفة. في اليوم الأول، سجلت عينة 15% كينوا أعلى مردود (81.50±1.25[a])% ، تلتها عينات 10% و20% (81.22 و81.10)%، في حين كانت عينات الشاهد والنسب العالية من الكينوا (25-30%) الأقل (78.43-79.52) %. هذا يشير إلى أن إضافة الكينوا بنسبة معتدلة تعزز احتجاز الرطوبة أثناء الخبز، حيث تعمل البروتينات والألياف في الكينوا على تحويل الماء من شكل حر إلى ماء مرتبط داخل مصفوفة العجين، مما يقلل فقد الوزن أثناء الخبز ويحسن المردود.

بعد 7 أيام من التخزين، لوحظ انخفاض طفيف في مردود جميع العينات نتيجة فقد الرطوبة وانكماش الفتات الناتج عن تراجع النشاء (starch retrogradation). ومع ذلك، حافظت عينات 15-20% كينوا على أعلى مردود معنوي (80.00-80.04) %، بينما سجلت عينات الشاهد والنسب العالية من الكينوا (25-30%) أقل مردود (77.11-77.51) %. يشير هذا إلى أن الإضافة المعتدلة للكينوا تحسن استقرار الخبز خلال التخزين مقارنة بالعينات الشاهد أو الغنية بالكينوا، إذ توفر شبكة من البروتينات والألياف تحتفظ بالماء داخل الفتات وتقلل من فقدان الوزن مع مرور الوقت.

نستنتج مما سبق إضافة الكينوا بنسبة معتدلة (10–20)% تحسن مردود الخبز بشكل معنوي أثناء الخبز وبعد 7 أيام من التخزين، أما النسب العالية (25–30)% تقلل مردود الخبز بسبب تأثيرها على شبكة الغلوتين وعدم القدرة على الاحتفاظ بالرطوبة، وعينة الشاهد هي الأقل من حيث الاستقرار، ما يؤكد أهمية الإضافات الغنية بالبروتين والألياف لتحسين خصائص الخبز المخزن، وهو ما يتفق مع الدراسات حول تأثير الحبوب البديلة على جودة المخبوزات [24 ;28 ;21].

الجدول (8) قيم مردود الخبيز لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة خلال زمن التخزين

نسبة الأضافة(%)	مردود الخبيز	
	اليوم الأول	اليوم السابع
عينة الشاهد	^{cA}2.35±79.52	^{dB}1.22±77.51
5	^{bA}1.19±80.91	^{cB}2.37±79.12
10	^{abA}2.01±81.22	^{bcA}2.09±79.89
15	^{aA}1.25±81.50	^{aA}1.31±80.04
20	^{abA}2.31±81.10	^{aA}2.35±80.00
25	^{cA}1.13±78.43	^{dA}1.19±77.25
30	^{cA}1.22±78.49	^{dA}1.22±77.11

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

4-8-قيم الدرجة اللونية لخبز الصمون المضاف له نسب مختلفة من الكينوا مع زمن التخزين:

4-8-1تأثير إضافة نسبة مختلفة من دقيق الكينوا في مؤشرات اللون للقصرة العلوية لخبز الصمون خلال زمن التخزين:

يبين الجدول (9) قيم اللون للقصرة العلوية لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة (5-10-15-20-25-30)% خلال التخزين (1-7)يوم عند درجة حرارة الغرفة، وأظهرت نتائج الجدول (9) انخفاضاً معنوياً ($P \leq 0.05$) في قيم **L*** بزيادة نسبة إضافة دقيق الكينوا وفي اليوم السابع مقارنة باليوم الأول، مما يدل على ازدياد اسمرار الصمون، ويُعزى ذلك إلى اللون الطبيعي الأغمق للكينوا وارتفاع محتواها من البروتينات والسكريات المختزلة التي تعزز تفاعلات ميلارد أثناء الخبز، إضافة إلى فقدان الرطوبة أثناء التخزين الذي يؤدي إلى تكثف اللون. في المقابل، ارتفعت قيم **a*** و **b*** معنوياً مع زيادة نسبة الإضافة ومع زمن التخزين، مما يشير إلى زيادة درجات الاحمرار والاصفرار، ويُفسر ذلك بتكوّن مركبات الميلانويدين الناتجة عن تفاعلات ميلارد، ووجود الأصباغ الطبيعية في الكينوا مثل الكاروتينات والمركبات الفينولية، فضلاً عن استمرار الأكسدة البطيئة للمركبات اللونية خلال التخزين. وبشكل عام، تُظهر النتائج

أن إضـــافة دقيق الكينوا تؤدي إلى اســـمرار الخبز وتعزيز الاحمرار والاصـــفرار، وتزداد هذه التأثيرات مع الزمن، في حين تُعد نسب الإضافة المتوسطة (10–15%) الأكثر توازناً من حيث تحسـين القيمة الغذائية مع الحفاظ على لون مقبول وثبات لوني أفضـل مقارنة بعينة الشـاهد أو نسب الإضافة العالية، وهو ما يتفق مع [4 ;22].

الجدول (9) قيم اللون للقصرة العلوية لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة خلال زمن التخزين

قيم اللون	L*		a*		b*	
التخزين / نسبة الأضافة (%)	1day	7day	1day	7day	1day	7day
عينة الشاهد	$3.5\pm55.63^{aA}5$	$1.\pm53.10^{aB}99$	$0.\pm13.69^{eB}83$	$0.3\pm14.85^{eA}4$	$1.0\pm29.7^{dB}8$	$0.5\pm30.85^{dA}5$
5	$1.2\pm53.26^{bA}4$	$1.\pm51.22^{bB}10$	$0.\pm17.05^{dB}22$	$0.7\pm18.15^{dA}1$	$0.\pm27.08^{eB}48$	$0.6\pm28.41^{eA}1$
10	$1.1\pm50.06^{cA}8$	$1.\pm48.63^{cB}05$	$0.\pm17.68^{cdB}15$	$0.5\pm18.76^{cdA}1$	$0.\pm29.95^{dB}56$	$0.3\pm31.16^{dA}4$

15	1.4±48.71 $^{dA}8$	1.±47.91 $^{dA}46$	0.±18.20 $^{cB}31$	0.4±19.16 $^{cA}5$	0.±30.17 $^{cB}80$	0.7±31.33 $^{c}5$
20	1.5±48.15 $^{dA}6$	1.±47.26 $^{dA}35$	0.±19.55 $^{bB}32$	0.6±20.47 $^{bA}2$	0.±31.43 $^{bB}34$	0.6±32.67 $^{bA}2$
25	2.2±47.74 $^{dA}1$	1.±47.81 $^{dA}27$	0.±19.70 $^{bB}16$	0.4±20.59 $^{bA}5$	0.±31.71 $^{bB}56$	0.7±32.91 $^{bA}4$
30	1.9±47.63 $^{dA}9$	1.±46.50 $^{eB}69$	0.±20.21 $^{aB}53$	0.3±21.10 $^{aA}3$	0.±32.22 $^{aB}75$	1.0±33.46 $^{aA}3$

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

4-8-2تأثير إضافة نسبة مختلفة من دقيق الكينوا في مؤشرات اللون للقصرة السفلية لخبز الصمون خلال زمن التخزين:

يُبيّن جدول (10) قيم اللون لوجه الصمون السفلي وجود فروق معنوية واضحة ($P \leq 0.05$)بين العينات تبعاً لنسبة إضافة دقيق الكينوا وزمن التخزين، إذ يعكس المؤشر *Lدرجة الإضاءة (السطوع)، حيث سجّلت عينة الشاهد أعلى قيم في اليوم الأول واليوم السابع، مما يدل على لون أفتح، في حين أدّت زيادة نسبة الكينوا إلى انخفاض تدريجي في قيم *L، خاصة عند نسب الإضافة المرتفعة (25–30%) ومع التقدم في زمن التخزين، وهو ما يشير إلى ازدياد قتامة اللون نتيجة احتواء الكينوا على مركبات فينولية وبروتينات وصبغات طبيعية تسهم في تعزيز تفاعلات ميلارد والكرملة أثناء الخَبز. أما المؤشر *a، الذي يدل على الاتجاه نحو اللون الأحمر، فقد

ارتفعت قيمه مع زيادة نسبة الكينوا ومع التخزين، إذ سجلت عينات 25% و30% أعلى القيم، ويُعزى ذلك إلى تكثف تفاعلات ميلارد الناتجة عن ارتفاع محتوى الحموض الأمينية المختزِلة في دقيق الكينوا مقارنة بدقيق القمح. وبالنسبة للمؤشر b*، المعبّر عن الاصفرار، فقد أظهرت النتائج زيادة طفيفة مع ارتفاع نسب الإضافة ومع الزمن، ولا سيما في عينات 25% و30%، ويُفسَّر ذلك بوجود صبغات طبيعية في الكينوا، إضافةً إلى تأثير التخزين الذي يعزز إعادة توزيع الرطوبة وتسارع التفاعلات غير الإنزيمية في الوجه السفلي للصمون، الذي يخضع لدرجات حرارة أقل نسبياً خلال الخَبز، الأمر الذي يجعل التغيرات اللونية فيه انعكاساً مباشراً لتركيب العجين ومكوناته الكيميائية أكثر من كونها ناتجة عن التأثير الحراري المباشر. وتتفق هذه النتائج مع ما أوردته دراسات حديثة حول المخبوزات المدعمة بالكينوا، والتي أكدت أن زيادة نسب الإضافة تؤدي إلى لون أغمق وأكثر ميلاً للأحمر والاصفرار مع التخزين مقارنة بالخبز المصنوع من دقيق القمح فقط، نتيجة لتأثير الكينوا في تفاعلات البنيان اللوني واستقرار اللون أثناء التخزين [29 ;22].

الجدول (10) قيم اللون للقصرة السفلية لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة خلال زمن التخزين

قيم اللون	L*		a*		b*	
زمن التخزين / نسبة الأضافة (%)	1day	7day	1day	7day	1day	7day
عينة الشاهد	2.±63.38 $^{aA}37$	2.1±61.05 $^{aA}1$	0.19±9.21 ^{dB}	0.2±10.05 $^{dA}8$	1.1±30.16 $^{bB}6$	1.0±31.40 $^{bA}2$
5	3.±59.38 $^{bA}56$	3.0±57.12 $^{bcA}1$	0.4±11.93 $^{cB}3$	0.3±12.85 $^{cA}6$	0.2±28.55 $^{cA}6$	0.7±29.72 $^{cA}9$
10	3.±59.53 $^{bA}43$	2.9±57.86 $^{bA}5$	0.2±12.33 $^{bcB}5$	0.4±13.20 $^{bcA}1$	0.1±28.95 $^{cA}9$	1.6±30.10 $^{bcA}5$
15	2.±59.52 $^{bA}99$	2.6±57.14 $^{bcA}7$	0.5±13.17 $^{abB}3$	0.4±14.05 $^{abA}6$	1.9±29.02 $^{bcA}9$	0.6±30.35 $^{bcA}4$
20	1.±59.63 $^{bA}25$	1.1±57.90 $^{bA}8$	0.2±13.33 $^{abB}4$	0.3±14.22 $^{abA}5$	3.2±29.65 $^{bA}1$	1.9±30.98 $^{bA}7$

25	4.±59.13 $^{bA}02$	2.5±56.88 $^{cA}6$	0.6±13.46 $^{abB}1$	0.5±14.30 $^{abA}2$	2.9±30.63 $^{bB}3$	1.9±31.85 $^{abA}9$
30	1.±58.26 $^{bA}75$	1.4±55.92 $^{cA}9$	0.5±13.54 $^{aB}2$	0.4±14.45 $^{aA}4$	1.3±30.71 $^{bB}5$	2.0±31.95 $^{aA}9$

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

4-8-3تأثير إضافة نسبة مختلفة من دقيق الكينوا في مؤشرات لون اللبابة لخبز الصمون خلال الزمن:

توضح قيم *L و *a و *bللّبابة أن اللون يتأثر بشكل واضح بنسبة إضافة دقيق الكينوا وزمن التخزين. المؤشر *L، الذي يعكس درجة السطوع ، سجل أعلى قيمة في عينة الشاهد (2.05±69.67) في اليوم الأول وأقل قيمة في عينة 30% كينوا (1.83±61.94)، مما يشير إلى أن إضافة الكينوا تؤدي إلى اسمرار تدريجي للبابة. هذا الانخفاض في السطوع يزداد مع التخزين، إذ تقل قيم *Lلجميع العينات بعد 7 أيام، وهو ما يُعزى إلى فقدان الرطوبة الجزئي وتفاعلات ميلارد البطيئة بين البروتينات والسكريات المختزلة في الكينوا، والتي تؤدي إلى تكوّن صبغات بنية داخلية.

أما المؤشر *a، الذي يعبر عن الميل للّون الأحمر، فقد أظهر زيادة واضحة مع زيادة نسبة الكينوا ومع الزمن، إذ انتقل من 0.08±1.20 في عينة الشاهد إلى 0.25±2.44 في عينة 30% كينوا

في اليوم الأول، ووصل إلى 2.55±0.28 بعد 7 أيام. هذا يعكس زيادة الاحمرار المرتبط بالمركبات الناتجة عن تفاعلات ميلارد، ويعكس تأثير البروتينات والأحماض الأمينية والسكريات في دقيق الكينوا.

بالنسبة للمؤشر *b، الذي يمثل الميل للون الأصفر، فقد ارتفعت القيم أيضاً مع زيادة نسبة الكينوا وزمن التخزين، إذ سجلت عينة الشاهد 19.27±0.29 في اليوم الأول مقابل 21.58±1.03 في عينة 30% كينوا. يُعزى ذلك إلى وجود أصباغ طبيعية مثل الكاروتينويدات في الكينوا، بالإضافة إلى تركيز المواد الصلبة أثناء فقد الرطوبة في التخزين، مما يرفع من الاصفرار.

بشكل عام، توفر نسب الكينوا المتوسطة (10–15)% لوناً متوازناً للّبابة مع ثبات نسبي خلال 7 أيام، في حين تسبب النسب العالية (25–30) %اسمراراً واحمراراً أكبر، وهو أمر مهم عند تقييم القبول الحسي للمخبوزات. تتفق هذه النتائج مع ما أشارت إليه الدراسات الحديثة، حيث أظهرت أن إضافة الكينوا إلى المخبوزات تؤدي إلى اسمرار اللبابة وزيادة الاحمرار والاصفرار مع الزمن نتيجة لمحتوى البروتينات والفينولات وارتباطها بتفاعلات ميلارد [28 ;21].

الجدول (11) قيم اللون اللبابة لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة خلال التخزين

قيم اللون	L*		a*		b*	
التخزين. / نسبة الأضافة (%)	1day	7day	1day	7day	1day	7day

عينة الشاهد	2.±69.67 $^{aA}05$	1.±68.10 $^{aA}95$	0.0±1.20 $^{dA}8$	0.0±1.38 $^{dB}7$	0.±19.27 $^{dA}29$	0.±19.95 $^{dB}35$
5	1.±69.48 $^{aA}72$	1.±68.05 $^{aA}60$	0.1±1.69 $^{cA}1$	0.1±1.85 $^{cB}0$	0.±20.09 $^{cA}95$	0.±20.72 $^{cA}78$
10	1.±69.34 $^{aA}59$	1.±67.85 $^{aA}55$	0.2±1.73 $^{cA}1$	0.1±1.90 $^{cB}8$	1.±20.22 $^{cA}74$	1.±20.85 $^{cA}60$
15	1.±68.08 $^{bA}06$	1.±66.55 $^{bA}12$	0.0±1.79 $^{bcA}9$	0.0±1.90 $^{bcA}9$	1.±20.34 $^{cA}22$	1.±20.98 $^{cA}15$
20	2.±64.01 $^{cA}11$	2.±62.50 $^{cA}05$	0.1±1.92 $^{bA}8$	0.1±2.14 $^{bB}7$	0.±21.55 $^{bA}97$	0.±22.20 $^{bA}90$
25	1.±63.35 $^{cA}99$	1.±61.85 $^{cA}80$	0.2±2.14 $^{bA}2$	0.2±2.30 $^{bA}0$	1.±21.56 $^{bA}15$	1.±22.51 $^{bA}18$
30	1.±61.94 $^{dA}83$	1.±60.45 $^{dA}73$	0.2±2.44 $^{aA}5$	0.2±2.55 $^{aA}8$	1.±21.58 $^{bA}03$	1.±22.87 $^{bB}05$

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين.

4-9 التقييم الحسي للصمون:

يُوضح الجدول (12) التقيم الحسي لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة (5–10–15–20–25–30)% ،و أظهرت نتائج التقييم الحسي في الجدول (12) أن إضافة دقيق الكينوا بنسبة منخفضة (5–15%) لم تؤثر بشكل كبير على صمون القمح، حيث سجلت عينة 10% على سبيل المثال: النكهة 9.44 ± 0.84، الطعم 39.22 ± 0.45، اللون 9.52 ± 0.86، الطراوة 19.22 ± 0.55، والتقييم العام 19.60 ± 0.71، والمجموع الكلي 97 من 100، وهو قريب جدًا من عينة الشاهد (97.96). أما عند زيادة نسبة الكينوا إلى 20–30%، لوحظ انخفاض واضح في جميع المؤشرات الحسية؛ فمثلاً عند 30% كانت النكهة 4.26 ± 1.96، الطعم 28.63 ± 1.85، اللون 5.08 ± 1.96، الطراوة 13.21 ± 1.79، والتقييم العام 13.42 ± 1.89، والمجموع الكلي 64.6، مما يعكس تأثير النكهة المرة للكينوا، وتغير اللون إلى الداكن وزيادة صلابة المنتج، وبالتالي انخفاض القبول الحسي ، وهذا يتفق مع دراسات المرجعية [15 ;21 ;4] يمكن الاستنتاج أن إضافة الكينوا بنسبة ≤15% تحافظ على الخصائص الحسية للصمون، بينما نسب ≥20% تقلل من القبول الحسي بشكل ملحوظ.

الجدول (12)التقييم الحسي لعينات الصمون المضاف لها دقيق الكينوا بنسب محتلفة

مؤشر التقييم		النكهة	الطعم	اللون	الطراوة	التقيم العام	المجموع
نسبة الأضافة (%)	قيمة المؤشر زمن التخزين (يوم)	10	40	10	20	20	100
الشاهد	1	0.±9.27 $^{Aa}11$	0.±39.24 $^{Aa}74$	0.±9.83 $^{Aa}45$	0.1±19.72 $^{Aa}3$	0.±19.63 $^{Aa}35$	$^{Aa}97.96$
	7	0.±8.44 $^{Ba}26$	0.±38.14 $^{Ba}96$	0.±9.52 $^{Aa}41$	0.6±18.42 $^{Ba}7$	0.±18.51 $^{Ba}56$	93.0 $^{Ba}3$
5	1	0.±9.45 $^{Aa}55$	0.±39.22 $^{Aa}84$	0.±9.61 $^{Aa}55$	1.8±19.28 $^{Aa}3$	^{Aa}0.55±19.60	$^{Aa}97.16$
	7	0.±9.07 $^{Aa}64$	1.±37.94 $^{Ba}11$	0.±9.37 $^{Aa}64$	1.2±17.92 $^{Ba}3$	0.±18.23 $^{Ba}72$	92.5 $^{Ba}3$
10	1	0.±9.44 $^{Aa}84$	0.±39.22 $^{Aa}45$	0.±9.52 $^{Aa}86$	0.5±19.22 $^{Aa}5$	0.±19.60 $^{Aa}71$	$^{Aa}97$
	7	0.±9.10 $^{Aa}96$	0.±37.82 $^{Ba}84$	0.±9.23 $^{Aa}91$	0.7±17.83 $^{Ba}1$	0.±18.10 $^{Ba}81$	92.0 $^{Ba}8$

15	1	0.±9.44 Aa91	0.±39.12 Aa87	0.±9.50 Aa99	1.0±19.19 Aa5	1.±19.58 Aa11	96.8 Aa3
	7	1.±8.96 Aa08	1.±37.53 Ba09	1.±9.11 Aa06	1.1±17.63 Ba4	1.±17.91 Ba26	91.1 Ba4
20	1	1.±9.05 Ba55	1.±31.61 Ab21	1.±9.53 Aa32	1.4±18.54 Ab2	1.±19.13 Ab32	Ab87. 86
	7	1.±8.47 Bb62	1.±30.29 Bb42	1.±9.06 Aa44	1.6±17.26 Bb3	1.±17.53 Bb47	82.6 Bb1
25	1	1.±7.26 Ac65	1.±30.43 Ab95	1.±7.14 Ab32	1.4±15.31 Ac6	1.±16.13 Ac89	7.27 Ac7
	7	1.±6.96 Ac82	2.±28.91 Bb14	1.±6.88 Ab53	1.7±14.22 Bc3	2.±15.04 Bc01	72.0 Ac1
30	1	1.±4.26 Ad96	1.±28.63 Ac85	1.±5.08 Ac96	1.7±13.21 Ad9	1.±13.42 Ad89	64.6 Ad
	7	1.±3.99 Ad89	2.±26.97 Bc13	2.±4.69 Ac08	1.9±12.29 Bd1	2.±12.51 Bd04	60.4 Bd5

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين.

5 – الاستنتاجات والتوصيات:

5-1 الاستنتاجات:

1. أدت إضـــافة دقيق الكينوا إلى صـــمون القمح إلى تحســـين الخصـــائص الفيزيائية والكيميائية، حيث زاد محتوى الرطوبة تدريجياً مع ارتفاع نســـبة الكينوا، مع انخفاض

طفيف أثناء التخزين، ما يعكس قدرة الكينوا على تحسين احتجاز الماء بفضل محتواها العالي من الألياف والبروتينات والنشا غير التقليدي.

2. انخفض النشاط المائي (a_w) مع زيادة نسبة الكينوا، مما يشير إلى تحويل الماء الحر إلى ماء مرتبط داخل بنية العجين وتحسين ثبات الرطوبة أثناء التخزين.
3. ارتفعت محتويات الرماد والألياف مع زيادة نسبة الإضافة، دون تغير معنوي خلال التخزين، مما يعكس التحسين الغذائي الناتج عن الكينوا.
4. ازدادت صلابة الصمون مع زيادة نسبة الكينوا، وسجلت عينة 30% أعلى قيمة، بينما شهدت عينة الشاهد أكبر زيادة في الصلابة خلال التخزين نتيجة تراجع النشاء، مما يوضح دور الكينوا في تحسين الخصائص الميكانيكية وتقليل بيات الخبز.
5. حافظت نسب الإضافة المعتدلة (10–15) %على الخصائص الحسية، الحجم والحجم النوعي، والمردود، بينما النسب العالية (≤20%) أدت إلى انخفاض هذه المؤشرات نتيجة ضعف شبكة الغلوتين.
6. لوحظ تأثير واضح على لون القصرة واللبابة، إذ ازدادت قيم a* وb* وانخفضت L* مع ارتفاع نسبة الكينوا وزمن التخزين، ما يعكس اسمرار الصمون وزيادة الاحمرار والاصفرار نتيجة تفاعلات ميلارد ومحتوى الكينوا من أصباغ طبيعية وفينولات، مع ثبات نسبي للنسب المتوسطة (10–15) %خلال التخزين.

5-2التوصيات:

1. استخدام نسبة معتدلة من دقيق الكينوا (10–15)% عند تصنيع صمون القمح لتحقيق توازن بين التحسين الغذائي والحفاظ على الخصائص الحسية والميكانيكية.
2. دراسة تأثير إضافة الكينوا على مدة صلاحية الصمون لفترات أطول من التخزين (أكثر من 7 أيام) لمعرفة استقرار الرطوبة والملمس والطعم على المدى الطويل.

3. توجيه المخابز لانتاج الصـــمون المدعم بدقيق الكينوا التي أثبتت الدراســـات الســـابقة ملاءمتها(20%>) ، و طرحه في الأسـواق المحلية و التثقيف الصـحي لأهمية تناول هذا الصمون أو انتاجه
4. يوصـــى بزيادة فترة التخزين في الدراســات اللاحقة، لضـمان تتبع منحنى البيات (Lag Phase)بشـــكل كامل وتوصـــيف ديناميكية النمو الميكروبي بدقة أعلى عبر مراحل المختلف.

6المراجع :

6-1المراجع العربية:

1. عبد المجيد، عبد الله. جلال، فضل. خالد، عساج (2016). **خصائص الدقيق وجودة الخبز الناتج من خلط دقيق الكينوا بدقيق القمح**، قســـم علوم وتقنية الأغذية، كلية الزراعة، جامعة صنعاء، اليمن.
2. المواصفة القياسية السورية. (2002). **دقيق القمح – المواصفة القياسية السورية رقم 192. دمشق، الجمهورية العربية السورية.**

6-2المراجع الأجنبية:

3. AACC International. (2010). **Approved methods of analysis** (11th ed.). AACC International.
4. Ahmed, J., Almusallam, A. S., Al-Salman, F., Abdulrahman, M. H., & Al-Salem, E. (2020).**Rheological properties of wheat flour dough and quality of bread supplemented with quinoa flour**. Journal of Food Science and Technology, 57(10), 3799–3808.
5. Al-Dmoor, H. M. (2013). **Effect of baking method on the quality characteristics of Arabic bread**. Journal of Food Science and Technology, 50(4), 702–710. \
6. Alomari, D. Z., Abdul-Hussain, S. S., & Al-Dmoor, H. M. (2012). **Water activity and shelf life of flat and Arabic bread**. International Journal of Food Properties, 15(4), 786–798.

7. Alomari, D. Z., Hallab, M., & Al-Dmoor, H. M. (2018). **Quality characteristics of Samoon and Arabic bread as affected by formulation and processing conditions**. Journal of Food Processing and Preservation, 42(3), e13529.
8. AOAC International. (2016). **Official methods of analysis** (20th ed.). AOAC International.
9. Bentley, A. (2013). **Texture analysis of bakery products**. In S. Clark et al. (Eds.), Food texture design and optimization (pp. 245–270). Wiley-Blackwell.
10. Chopin Technologies. (2013). **Mixolab applications handbook**. Chopin Technologies.
11. Elgeti, D., Nordlohne, S. D., Föste, M., Besl, M., Linden, M. H., Heinz, V., Jekle, M., & Becker, T. (2014). **Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour**. Journal of Cereal Science, 59(1), 41–47.
12. Eliseeva, L. G., Kokorina, D. S., Zhirkova, E. V., Nevskaya, E. V., Goncharenko, O. A., & Othman, A. J. (2021, February). **Using functional quinoa ingredients for enhancing the nutritional value of bakery products**. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 640, No. 2, p. 022072). IOP Publishing.
13. Filho, A. M. M., Pirozi, M. R., Borges, J. T. S., Pinheiro Sant'Ana, H. M., Chaves, J. B. P., & Coimbra, J. S. R. (2017).**Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects**. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57(8), 1618–1630.

14. Gómez, M., Rosell, C. M., & Abu-Ghannam, N. (2012). **Breadmaking performance and wheat bread quality of pigmented and non-pigmented quinoa flours**. Food and Bioprocess Technology, 5, 2890–2899.
15. Gujral, H. S., Rosell, C. M., & Sharma, P. (2013). **Effect of hulless barley bran on rheological and quality characteristics of chapatti**. Journal of Cereal Science, 58(3), 390–396.
16. Gujral, H. S., Sharma, P., Kumar, A., & Singh, B. (2013). **Effect of hydrocolloids, emulsifiers and fibers on the quality characteristics of bread. Journal of Food Science and Technology, 50**, 1–8.
17. Hadnadev, T. D., Pojić, M. M., Hadnadev, M. S., & Torbica, A. M. (2019). **Rheological, textural, and sensory properties of bread supplemented with alternative flours**. Journal of Texture Studies, 50(2), 124–135.
18. Hoseney, R. C. (1994). **Principles of Cereal Science and Technology (2nd ed.)**. American Association of Cereal Chemists.
19. Hussein, A. M. S., Kamil, M. M., Hegazy, N. A., & El-Nor, S. A. H. (2012). **Effect of wheat flour substitution with barley and rice flour on the quality of bread**. Journal of Applied Sciences Research, 8(7), 3710–3720.

20. Mironeasa, S., & Codina, G. G. (2018). **Effects of non-gluten flours addition on dough rheology and bread quality**. Journal of Cereal Science.

21. Mironeasa, S., Codină, G. G., & Mironeasa, C. (2022). **Composite flours based on wheat and quinoa: Effects on bread quality, moisture distribution, and storage stability**. International Journal of Food Science & Technology, 57(6), 3602–3612.

22. Mironeasa, S., Codină, G. G., & Mironeasa, C. (2022). **Effect of quinoa flour addition on wheat bread quality, antioxidant properties, and starch digestibility**. Food Chemistry, 366, 130565.

23. Mironeasa, S., Codină, G. G., & Mironeasa, C. (2022). **The effect of quinoa flour addition on dough rheology and bread quality**. **Foods**, **11**(3), 1–15.

24. Rosell, C. M., et al. (2019). **Impact of fiber and protein on water retention and gas holding in composite flours**. **Food Hydrocolloids**.

25. See, E. F., Wan Nadiah, W. A., & Noor Aziah, A. A. (2007). **Physico-chemical and sensory evaluation of breads supplemented with pumpkin flour**. ASEAN Food Journal, 14(2), 123–130.

26. Shewry, P. R., Halford, N. G., & Belton, P. S. (2020). **Non-gluten functional ingredients in bakery products: Impacts on structure and quality**. Journal of Cereal Science, 95, 102997.

27. Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E. A. (2010).**Nutrition facts and functional potential of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)**. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90(15), 2541-2547.
28. Wang, X., Lao, Y., & Zhang, Y. (2022). **Effects of storage conditions on textural and structural changes in wheat bread breading additives**. Food Bioscience.
29. Wang, X., Lao, Y., Zhang, Y., & Li, Y. (2022). **Effect of pseudocereal flour addition on moisture retention, staling, and quality characteristics of wheat bread during storage**. Food Bioscience, 48, 101782.
30. Wu, K., Sung, W. and Yang, C. (2009). **Characteristics of dough and bread as affected by the incorporation of sweet potato paste in the formulation**. Journal of Marine Science and Technology, Vol. 17, No. 1. pp 13-22.