مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (١٠) العدد (٧) ٢٠٢٦

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (10) No. (7) 2026

دراسة التأثير التآزري بين خميرة الخبز وبودرة خميرة الحمص على خصائص العجين والخبز

م. بلسم علي*

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٦/٢/١٨ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٦/٤/٢٣)

ملخّص

تم إجراء هذا البحث في مخابر كلية الهندسة التقنية في جامعة طرطوس خلال عام ٢٠٢٣، وهدف إلى تقييم التأثير التآزري لاستخدام بودرة خميرة الحمص مع خميرة الخبز على خصائص العجين وجودة خبز الصاج الناتج. حضرت خميرة الحمص السائلة وجففت باستخدام بعض المواد المساعدة في التجفيف (ألجينات الصوديوم، النشاء) وبتراكيز مختلفة. كما تم تحضير سبع عينات، شملت الشاهد (1.5%) من خميرة الخبز، وعينات محضرة من بودرة خميرة الحمص (1.1%، 3.3%، 5.5%) وعينات محضرة من خليط (1.5% خميرة خبز كنسبة ثابتة مع 1.1%، 3.3%، 5.5% بودرة على التوالي). تم إجراء اختبارات حموضة وقوة تخمر العجين، إضافة إلى اختبارات الحموضة والتقييم الحسي ومقاومة البيات والعفن لخبز الصاج الناتج.

أظهرت النتائج أن استخدام النشاء كمادة مساعدة في التجفيف بنسبة % 6 هو الأفضل في الحصول على بودرة خميرة الحمص المطلوبة، وبينت نتائج التجارب المجراة على العجين أن العينة المحضرة باستخدام الخليط (1.5% خميرة الخبز مع 5.5% بودرة) سببت انخفاضاً في درجة pH (5.30) بالمقارنة مع الشاهد (5.5). وسجلت أعلى قيمة لقوة التخمر (2550 ml) مقابل (1950 ml) للشاهد أيضاً. في حين أدى استخدام البودرة منفردة بتركيز (1.1%) إلى انخفاض معنوي في قوة التخمر (520 ml) في تجربة قياس قوة التخمر (SJA)، أما نتائج اختبارات الخبز، فلم تظهر فروقاً معنوية في قيم درجة pH، بينما تفوقت العينات المخلوطة (1.5% خميرة الخبز مع 1.1% بودرة) في التقييم الحسي مسجلة (4.15/5)، ومقاومة أعلى للبيات، وتأخر ظهور العفن حتى اليوم السادس من التخزين مقارنة بالشاهد الذي ظهر عليه العفن في اليوم الرابع. يستنتج أن الخليط المكون من 1.5% خميرة خبز و 1.1% من بودرة خميرة الحمص يمثل التركيبة المثلى لتحسين جودة الخبز.

الكلمات المفتاحية: بودرة خميرة الحمص، قوة تخمير الخميرة (SJA)، خبز الصاج، الخواص الحسية ومقاومة البيات للخبز الناتج.

*عضو هيئة فنية– قسم هندسة تقانة الأغذية– كلية الهندسة التقنية– جامعة طرطوس – طرطوس– سوريا.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (١٠) العدد (٧) ٢٠٢٦

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (10) No. (7) 2026

Study of the synergistic effect between Baker's yeast and chickpeas yeast powder on properties of dough and bread

Eng. Balsam Ali*

(Received 18/2/2026 . Accepted 23/4/2026)

□ ABSTRACT □

This research was conducted at the laboratories of the Faculty of Technical Engineering, Tartus University during 2023, aiming to evaluate the synergistic effect of using chickpea yeast powder with baker's yeast on dough properties and quality of the resulting Saj bread. Liquid chickpea yeast was prepared, then filtered and dried to become suitable for long-term storage using some drying aids (sodium alginate, starch) at different concentrations. Seven experimental samples were prepared, including a control sample (1.5% baker's yeast), samples prepared with chickpea yeast powder alone at different concentrations (1.1%, 3.3%, 5.5%), and samples prepared with a mixture of both (1.5% baker's yeast as a fixed ratio with 1.1%, 3.3%, 5.5% chickpea yeast powder, respectively). Tests were conducted to measure the acidity and fermentation power of the resulting dough, in addition to some tests such as acidity, sensory evaluation, staling resistance, and mold growth for the resulting Saj bread.

The results showed that using starch as a drying aid for liquid chickpea yeast at 6% was optimal for obtaining the desired chickpea yeast powder. The experiments conducted on dough revealed that the sample prepared with the mixture (1.5% baker's yeast with 5.5% chickpea yeast powder) caused a decrease in pH value (5.30) compared to the control sample (5.50). It also recorded the highest fermentation power value (2550 ml) versus (1950 ml) for the control. While using chickpea yeast powder alone at (1.1%) led to a significant decrease in fermentation power (520 ml) in the fermentation power test (SJA). Regarding bread test results, no significant differences appeared in pH values, while the mixed samples (1.5% baker's yeast with 1.1% chickpea yeast powder) excelled in sensory evaluation scoring (4.15/5), higher resistance to staling, and delayed mold appearance until the sixth day of storage compared to the control which showed mold on the fourth day. It is concluded that the mixture of 1.5% baker's yeast and 1.1% chickpea yeast powder represents the optimal composition for improving bread quality and extending its shelf life.

Keywords: Chickpea yeast, yeast fermentation strength (SJA), flatbread, sensory properties and staling resistance of bread

* Technical staff member, Department of Food Technology, Faculty of Technical Engineering, Tartous University, Tartous, Syria.

1-مقدمة: Introduction

انطلاقاً من أهمية الخبز الذي يعتبر غذاء أساسي لمختلف الطبقات في المجتمع، ونظراً لما عانته صناعة الخبز من صعوبات أهمها نوع الخميرة المستخدمة ذات قدرة التخمير المنخفضة التي أدت إلى إنتاج خبز غير ملائم للمواصفات القياسية السورية (م.ق.س. 2019:3761)، حيث تعد عملية تخمير العجين من أهم العمليات التصنيعية اليومية التي تجري في أنحاء العالم، كون الخبز هو المنتج الرئيس في سلة غذاء شعوب الأرض (Pena, 2002).

تستند جودة عملية تخمير العجين إلى ركيزتين، إحداهما تشترك فيها مكونات العجين والخميرة وهي قدرتها في إنتاج غاز CO_2، والثانية قدرة العجين على احتجاز أكبر كمية من الغاز والاحتفاظ به (Said and Ahmad, 2014)، ومن هنا برزت الحاجة لإيجاد بدائل محلية واقتصادية لخميرة الخبز التقليدية (*Saccharomyces cerevisiae*). يعد الحمص (*Cicer arietinum*) من البقوليات الغنية بالعناصر الغذائية والكربوهيدرات، والتي يمكن تخميرها بواسطة الميكروبات الموجودة طبيعياً عليها مثل (*Bacillus spp.* و*Clostridium spp.*) وكذلك بكتريا حمض اللاكتيك (LAB) وبخاصة السلالات السائدة من جنس *Pediococcus*، وبالتالي إنتاج سائل مخمر غني يمتلك خصائص تخميرية مميزة، حيث أدى استخدام خميرة الحمص المجففة كعامل لتخمير العجين زيادة في امتصاص الماء من قبل عجينة الدقيق وزيادة في استقرار العجين وزيادة في تقبل خبز الصمون الناتج من خلط خميرة الخبز مع خميرة الحمص (Saad *et al.*, 2015). وقد أظهرت الدراسات أن استخدام خميرة الحمص يخفض درجة حموضة العجين والخبز، ويزيد من تعداد بكتريا حمض اللاكتيك البروبيوتيكية، كما يحسن المحتوى الكلي للفينولات والقدرة المضادة للأكسدة وصفات النكهة في الخبز (Durmaz et al., 2023; Nouska *et al.*, 2023).

إلا أن تحضير خميرة الحمص بشكلها السائل قبل كل عملية خبز يواجه بعض الصعوبات العملية، مما زاد الاهتمام باستخدامها بشكل جاف (Durmaz *et al.*, 2023; Hendek and Coskon, 2018). وقد أثبتت الدراسات الحديثة إمكانية تجفيف خميرة الحمص باستخدام تقنيات التجفيف المختلفة (مثل التجفيف بالتجميد والتجفيف بالرذاذ) مع الحفاظ على فعاليتها الوظيفية، حيث أظهرت النتائج أن تأثيرات الأشكال الجافة من خميرة الحمص على خصائص الخبز كانت مماثلة لتأثيرها في الشكل السائل التقليدي (Durmaz *et al.*, 2023). كما أكدت دراسة (Hendek and Coskon, 2018) إمكانية تحسين العمر التخزيني والخصائص الفيزيوكيميائية والتغذوية لخبز القمح باستخدام كميات محسنة من عجين الحمص المخمر المجفف.

ونتيجة لما سبق تم التركيز في هذا البحث على تقييم إمكانية استخدام بودرة خميرة الحمص المحضرة محلياً، كبديل أو مكمل لخميرة الخبز التقليدية في إنتاج خبز الصاج، مع التركيز على دراسة الخصائص التخمرية والحسية والتخزينية لخبز الصاج كنموذج عن الخبز المدروس.

2- أهميّة البحث وأهدافه (Importance and Aims of Research):

تسعى هذه الدراسة إلى تقديم حلاً واعداً لتحسين جودة الخبز وذلك باستخدام مورد طبيعي وهو الحمص، فهي تسعى إلى الاستفادة من تخمير الحمص وتحويل الخميرة السائلة الناتجة عنه إلى منتج مجفف سهل الاستخدام والتخزين، كما تفتح الباب أمام إنتاج خبز بخصائص حسية أفضل وعمر تخزيني أطول بشكل

طبيعي مقارنة بالخبز المنتج من خميرة الخبز حالياً، مما يقلل الاعتماد على الإضافات الكيميائية، ويحسن القيمة الغذائية للمنتج. وتهدف هذه الدراسة إلى:

- إيجاد الطريقة المثلى لتجفيف خميرة الحمص السائلة وتحويلها إلى بودرة قابلة للحفظ والتخزين.
- دراسة تأثير استخدام بودرة خميرة الحمص بمفردها على خصائص العجين والخبز الناتج.
- دراسة التأثير التآزري لخليط خميرة الخبز وبودرة خميرة الحمص على خصائص العجين والخبز.
- تقييم الصفات الحسية لخبز الصاج الناتج عن العينات المختلفة.
- تحديد مدى تحسن العمر التخزيني للخبز ومقاومته للعفن عند استخدام هذه الخلائط.

3- مواد البحث وطرائقه (MATERIALS & METHODS):

3-1- مواد البحث:

تمَّ استخدام المواد المبيّنة في الجدول (1):

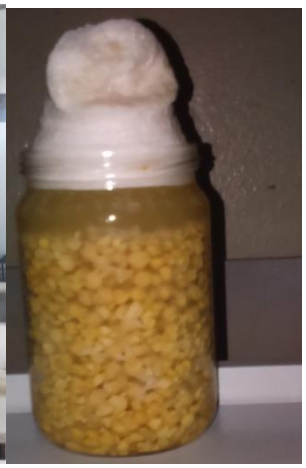
الجدول (1) المواد المستخدمة في البحث

اسم المادة	المصدر	المواصفات الفيزيائية والكيميائية
بذور الحمص	السوق المحلية	محتوى الرطوبة:(13±0.1%) اللون: كريمي صغيرة الحجم ذات ملمس خشن
نشاء الذرة	AVONCHEM Wellington House.UK	F.Wt. (162.20) n pH (2% Soln.) 6.5-7.5 عالية النقاء
ألجينات الصوديوم	شركة (Himedia, India)	مسحوق أبيض أو مصفر pH= 6-7.5
دقيق القمح **(استخلاص 82%)**	مديرية المطاحن في طرطوس	الرطوبة 13% البروتين 11.4% الدهون 1.62% النشاء 67.2% الجلوتين الرطب 26% الرماد 0.72%
خميرة الخبز الجافة	الشركة العامة للمخابز (طرطوس)	قوة التخمر 1950 ml
ملح الطعام	السوق المحلية	بلورات بيضاء ناعمة

3-2- طرائق العمل:

3-2-1- تحضير بودرة خميرة الحمص:

تمَّ تحضير خميرة الحمص السائلة في الشكل (1) حسب الطريقة المعتمدة في دراسة (قرحيلي وآخرون، ٢٠٢٤)، ثم أجريت عليها عملية التجفيف باستخدام جهاز التجفيف المخبري المعروض في الشكل (2)بثلاث طرق مختلفة:



الشكل (1) خميرة الحمص



الشكل (2) المجفف المخبري

٣-٢-١-١- التجفيف باستخدام جهاز التجفيف بدون إضافات:

تم سكب 30 ml من الخميرة السائلة في طبق بتري، ووضع في المجفف المخبري على درجة حرارة 37 ºC لمدة 22 h.

3-2-1-2 التجفيف بعد إضافة ألجينات الصوديوم:

تم تحضير 4 أطباق بتري وسكب في كل منها 30 ml من خميرة الحمص السائلة الحاوية على نسب مختلفة من الألجينات الممزوجة معها بشكل جيد (0%, 0.5%, 0.75%, 1%) على التوالي، والتي تعمل كمساعد على التجفيف، ثم وضعت في المجفف المخبري على درجة حرارة 37 ºC لمدة 22 h.

3-2-1-3 التجفيف بعد إضافة النشاء:

تم تحضير 9 أطباق من Stainless steel ووضع في أسفل كل منها طبقة من البولي بروبلين، ثم سكب في كل منها 30 ml من الخميرة السائلة الحاوية على نسب مختلفة من النشاء الممزوج معها بشكل جيد (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%) على التوالي ووضعت جميعها في المجفف المخبري على درجة حرارة 37 ºC لمدة 22 h. علماً أنه تم اختبار مدى واسع من نسب النشاء لتحديد النسبة المثلى القادرة على تحقيق الجفاف الكامل وسهولة الطحن، حيث تزداد فعالية النشاء كحامل مع زيادة التركيز، بينما اقتصر اختبار ألجينات الصوديوم بنسب منخفضة لأن زيادة تركيزها يؤدي إلى تكوين هلام أكثر كثافة مع أيونات الكالسيوم مما يزيد من سوء عملية التجفيف بدلاً من تحسينها. وبعد انتهاء التجفيف في كل الحالات السابقة تم كشط الخميرة الجافة وطحنت من أجل الحصول بودرة الخميرة، حيث حفظت البودرة الناتجة في كيس من البولي إيتلين في درجة حرارة الغرفة لاستخدامها في تحضير عينات العجين لاحقاً.

3-2-2- تحضير عينات العجين:

تمَّ تحضير سبع عينات من عجين خبز الصاج بأوزان تتوافق مع النسب المعتمدة في الجدول (2)، من أجل الحصول على خبز الصاج في المرحلة التالية. علماً أن بودرة خميرة الحمص المستخدمة في جميع العينات هي نفسها المحضرة بإضافة النشاء بنسبة 6% وفق الطريقة المذكورة سابقاً.

جدول (2) نسب المواد المستخدمة في تحضير العجين المعتمدة في البحث

العينة	بودرة خميرة الحمص (g) %	خميرة خبز (g) %	ماء (ml) %	ملح (g) %
الشاهد	–	1.5	57	1.5
1	1.1	–	57	1.5
2	3.3	–	57	1.5
3	5.5	–	57	1.5
4	1.1	1.5	57	1.5
5	3.3	1.5	57	1.5
6	5.5	1.5	57	1.5

3-2-3- تحضير عينات خبز الصاج:

تم تحضير عينات خبز الصاج باتباع الخطوات التالية:

- وزن المكونات حسب النسب السابقة في الجدول (2) ثم نخلت ووضعت في وعاء العجن.
- تم خلط المكونات وإضافة الماء اللازم لها تدريجياً مع استمرار العجن حتى تمام تكوين العجين.
- كورت العجينة على هيئة كرة مصمتة ووضعت في وعاء التخمير داخل الفرن بعد تدفئته عند درجة حرارة (28–30 ºC). تم تغطية الوعاء بقطعة قماش لمنع جفاف السطح مع وضع وعاء به ماء بجانب وعاء التخمير لتوفير رطوبة نسبية، تركت العجينة للتخمر لمدة 20–30 min.
- بعد انتهاء وقت التخمر قطعت العجينة لقطع مناسبة لتشكيل الرغيف وزن كل منها حوالي 50 g ووضعت في قوالب التخمير بعد تشكيلها على هيئة كرة مصمتة وتركت لفترة راحة لمدة 20 min.
- فردت العجينة بواسطة النشابة أو الشوبك وهي عبارة عن اسطوانة خشبية ذات مقبضين حيث فردت العجينة بواسطته على شكل رغيف دائري.
- وضعت العجينة المتشكلة من كل كرة على الكارة (وسادة دائرية الشكل) ليتم لصقها على سطح الصاج والذي سبق تسخينه على درجة حرارة حوالي (250–300 ºC) حتى أصبح لون الرغيف مائل للوردي، حيث رفع عندها عن سطح الصاج.
- ترك الخبز ليبرد ثم عبأ في أكياس النايلون وحفظ في درجة حرارة الغرفة حوالي (25ºC) لإجراء الاختبارات المطلوبة (قرحيلي وآخرون، 2016).

3-3- اختبارات على العجين:

٣-٣-١- تحديد درجة حموضة العجين (pH):

تم تحديد درجة حموضة العجين (pH) من خلال وضع 10 g من العجين في بيشر يحوي 90 ml ماء مقطر، تم الخلط باستخدام خلاط ميكانيكي حتى التجانس كما في الشكل (3)، ومن ثم تم قياس حموضة القسم الطافي من العجين باستخدام مقياس (pH) المعروض في الشكل (4) (Ternovskoy et al., 2013).



الشّكل (3) الخلاط الميكانيكي



الشكل (4) جهاز قياس pH

3-٣-2- اختبار قوة التخمر: (Fermentation Force Test)

تمّ تحديد قوة التخمر باستخدام جهاز الفارمينتوغراف SJA كما في الشكل (5)، وذلك لعجين محضر من 280 g من الدقيق مع 160 ml من الماء و 4.2 g خميرة خبز، تم قياس التخمر في حاضنات الجهاز الثلاث عند درجة حرارة 35 ºC لمدة 3 h، حيث أخذت قراءة الجهاز الدالة على حجم غاز CO_2 المنطلق كل ساعة، ومن ثم إعادة ضغط العجين بعد ساعة من أجل التخلص من الغاز، وتم جمع حجم الغاز المنطلق خلال الساعات الثلاث، حيث يعبر حجم الغاز الناتج عن قوة التخمر (Zamani *et al.*, 2008).



الشّكل (٥) جهاز قياس قوة تخمر العجين SJA

3-4- اختبارات تقييم الخبز:

3-4-1- اختبار حموضة الخبز قبل وبعد التخزين:

تم خزن الخبز في أكياس من النايلون بدرجة حرارة الغرفة ولمدة 6 أيام. وتم تحديد درجة الحموضة (pH) قبل وبعد التخزين من خلال وضع 10 g من الخبز في كوب يحوي 90 ml ماء مقطر، ومن ثم الخلط باستخدام خلاط ميكانيكي حتى التجانس، وقياس حموضة القسم الطافي من العجين باستخدام مقياس pH السابق (Ternovskoy *et al.*, 2013).

3-4-2- التقييم الحسي للخبز:

أجري التقييم الحسي لخبز الصاج من حيث (اللون، الرائحة، الطعم والمضغ) لكل من العينات التالية:

- العينة A (خبز باستخدام خميرة الخبز بنسبة 1.5%)
- العينة B (خبز باستخدام بودرة خميرة الحمص بنسبة 1.1%)
- العينة C (خبز محضر باستخدام خليط من خميرة الخبز وبودرة خميرة الحمص بنسبة خلط 1.1% و1.5%,على التوالي).

حيث أعطي لكل خاصية 5 درجات كحد أقصى كما في الجدول (3)، من خلال لجنة مؤلفة من 5 أشخاص ذوي الخبرة، حيث تم تدريبهم على الخصائص الحسية المطلوب تقييمها (اللون والرائحة والطعم والمضغ) وفق منهجية موحدة، كما تم إجراء التقييم في ظروف محددة من الإضاءة ودرجة الحرارة. تم أخذ المتوسط الحسابي لنتائج تقييمهم لكل خاصية، ومن ثم تم حساب التقييم الحسي العام بجمع نتائج تقييم جميع الخصائص الحسية المذكورة وتقسيمها على 4 (Williams *et al.*, 1988). حيث يعرض الجدول (3) النموذج المعتمد لإجراء الاختبارات الحسية على عينات خبز الصاج.

الجدول (3) النموذج المعتمد لإجراء الاختبارات الحسية على عينات خبز الصاج

عينات خبز الصاج	التقييم الحسي (درجة من خمس درجات)				
	اللون	الرائحة	الطعم	المضغ	التقييم الإجمالي
A					
B					
C					

3-4-3- تحديد حالة العفن بعد تخزين خبز الصاج:

تم تقييم التلف الناتج عن نمو العفن عن طريق الفحص البصري الظاهري لعينات خبز الصاج المقيمة حسياً في التحليل الحسي السابق. حيث وضع الخبز في أكياس من البولي إيتلين وحفظ عند درجة حرارة 25 ^{o}C لمدة ١٤ يوم. ثم سجل اليوم الذي يبدأ فيه ظهور العفن، ثم تحديد المساحة التي يغطيها نمو العفن عليه عن طريق تحليل صور الخبز باستخدام برنامج ImageJ 1.41o softwere وتم التعبير عن المساحة كنسبة مئوية من تغطية شرائح الخبز بالعفن.

3-5- التحليل الإحصائي:

تم إجراء التحليل الإحصائي باستخدام برنامج costat 6.4 لتحليل تصميم التجربة (عاملية من الدرجة الثالثة) حيث تم إجراء تحليل التباين Anova لتحديد وجود تأثير للمعاملات المدروسة مقارنة بالشاهد وتطبيق اختبار Duncan LSD للمقارنات البعدية لتحديد وجود الفروق المعنوية بين المعاملات المدروسة وذلك عند مستوى معنوية 0.05.

4- النتائج والمناقشة (RESULTS & DISCUSSION):

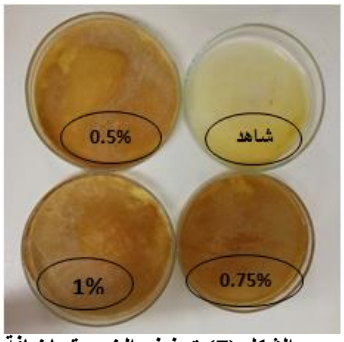
4-1- تحديد طريقة التجفيف الأمثل للحصول على بودرة خميرة الحمص:

تبين في الشكل (6) من خلال الخواص الظاهرية للعينات الناتجة أن العينة المجففة بدون استخدام مواد مساعدة على التجفيف كانت لزجة جداً ولم تتغير لزوجتها هذه بتغيير زمن التجفيف، أما في الشكل (7) فقد تبين أن العينات المجففة بعد إضافة الألجينات قد تخلصت من قسم كبير من الرطوبة ولكن بقي فيها قسم من رطوبتها مسبباً حالة من اللزوجة تعيق طحنها وتشكيل البودرة. ولكن ظهر في الشكل (8) أن العينات المجففة بعد إضافة النشاء بنسبة 6% كانت هي الأفضل من حيث الجفاف وإمكانية الطحن للحصول على البودرة المطلوبة. ويعود فشل عملية التجفيف بدون أي إضافات إلى غنى خميرة الحمص بالسكريات الأحادية والبروتينات الذائبة ذات درجة حرارة تحول زجاجي منخفضة، مما يبقيها في الحالة المطاطية اللزجة غير القابلة للطحن (Xing *et al.*, 2020; Roos, 1995). ويعود فشل ألجينات الصوديوم في

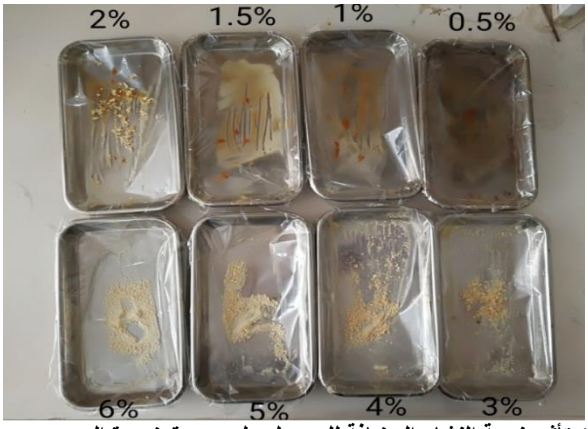
الحصول على البودرة المطلوبة إلى تشكيله هلاماً مع أيونات الكالسيوم الموجودة في الحمص، مما يحجز الماء ويمنع الجفاف الكامل (George *et al.*, 2006)، بينما يمكن تفسير سبب نجاح استخدام النشاء بنسبة 6 % في الحصول على البودرة هو قدرته على رفع درجة حرارة التحول الزجاجي للخليط (Roos, 2006) وامتصاص الرطوبة الزائدة وتشتيت المواد اللزجة في الوسط (Scherf and Schieber, 2015). وهذا يتوافق مع نتائج (Nouska et *al.*, 2023) الذي استخدم المالتوديكسترين كمساعد في التجفيف.



الشكل (6) تجفيف الخميرة بدون إضافات



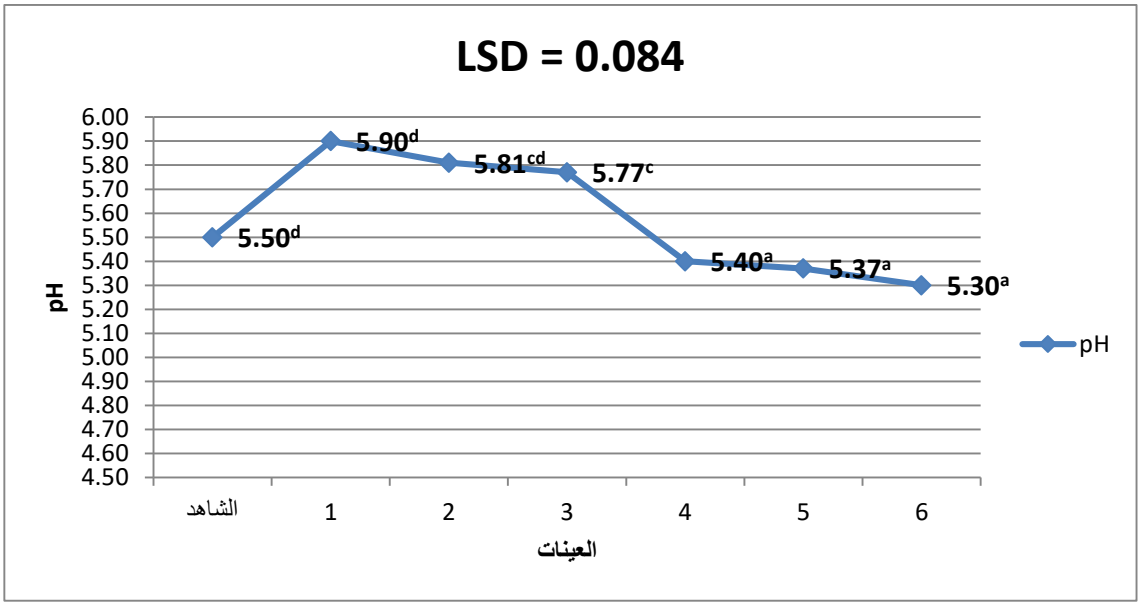
الشكل (7) تجفيف الخميرة بإضافة الألجينات



الشكل (8) تأثير نسبة النشاء المضافة للحصول على بودرة خميرة الحمص بعد الطحن

4-2- نتائج اختبار تحديد درجة حموضة العجين (pH):

يبين الشكل (9) نتائج اختبار الحموضة على عينات العجين المحضرة في الدراسة:



الشكل(9) مقارنة نتائج درجة الحموضة (pH) لعينات العجين المدروسة

يلاحظ من الشكل (9) وجود فروق معنوية بين عينة الشاهد والعينات التي استخدم فيها خليط من خميرة الخبز وبودرة خميرة الحمص، حيث ساهم هذا الخليط في تخفيض (pH) العجين من (5.50) في عينة الشاهد إلى (5.40، 5.37، 5.30) في العينات المحضرة باستخدام (خليط من خميرة الخبز بنسبة 1.5%، وبودرة خميرة الحمص بنسبة 1.1%، 3.3%، 5.5%) على التوالي. وتعود قدرة خميرة الحمص على خفض pH العجين بشكل أساسي إلى نشاط بكتريا حمض اللاكتيك (LAB) وبخاصة السلالات السائدة من جنس *Pediococcus* (Xing et al., 2020) حيث تنتج هذه البكتريا حمض اللاكتيك عبر التخمر المتجانس للكربوهيدرات. وأثبتت الدراسات السابقة أن هذه القدرة لا تتبدد بالتجفيف حيث تحتفظ خميرة الحمص المجففة بالتجفيد بقدرتها على خفض (pH) العجين وزيادة تعداد بكتريا حمض اللاكتيك (LAB) بشكل مماثل لخميرة الحمص السائلة (Durmaz *et al.*, 2023; Keramari *et al.*, 2024)، ويعزى ذلك إلى بقاء أعداد كافية من البكتريا قابلة للحياة بعد التجفيف، وإلى النشاط الإنزيمي المرتفع (الأميلوليتي والبرتيوليتي) الناتج عن التخمر، والذي يوفر ركائز إضافية لتغذية الأحياء الدقيقة (Xing *et al.*, 2020).

4-3- نتائج اختبار تحديد قوة التخمر:

يبين الجدول (4) نتائج اختبار تحديد قوة التخمر باستخدام جهاز SJA للعجين المحضر بأوزان تتوافق مع النسب المعتمدة محسوبة على أساس الدقيق.

الجدول (4) نتائج اختبار تحديد قوة التخمر باستخدام جهاز SJA

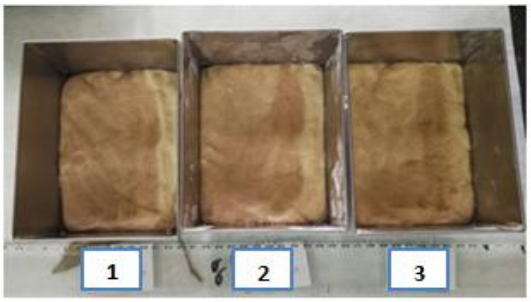
العينة	حجم غاز CO_2 الناتج (ml)			
	الساعة الأولى	الساعة الثانية	الساعة الثالثة	المجموع
الشاهد	600	650	٧٠٠	1950^{b}
1	150	170	200	520^{c}
2	150	190	210	550^{c}
3	155	200	220	575^{c}

2250[a]	900	750	600	4
2400[a]	900	800	650	5
2550[a]	1000	850	700	6
97.12				Duncan $LSD_{0.05}$

نستنتج من الجدول (4) وجود فروق معنوية واضحة بين العينات المدروسة. فاستخدام بودرة خميرة الحمص منفردة بنسب (1.1% ، 3.3%، 5.5%) قد سجل أدنى القيم لقوة التخمر حيث بلغ (520 ml، 550 ml، 575 ml) على التوالي، مقارنة مع عينة الشاهد المحضرة باستخدام خميرة الخبز بنسبة (1.5%) التي حققت قوة تخمر (1950 ml). أما العينات التي حضرت باستخدام خليط من خميرة الخبز بنسبة (1.5%) ونسب متزايدة من بودرة خميرة الحمص (1.1%، 3.3%، 5.5%) فقد سجلت أعلى القيم وبلغت (2250 ml، 2400 ml، 2550 ml) على التوالي. يعود انخفاض قوة تخمر البودرة منفردة إلى سببين رئيسيين أولهما موت جزء كبير من الأحياء الدقيقة أثناء التجفيف نتيجة الإجهاد الحراري وفقدان الرطوبة (Hatzikamami et al., 2007b) وثانيهما ضعف قدرة بكتريا حمض اللاكتيك المتبقية مثل *Pediococcus* على إنتاج الغاز مقارنة بخميرة الخبز التي تمتلك مسارات استقلابية متخصصة في إنتاج الغاز بكميات وفيرة (Vucurovic *et al.*, 2018). أما تفوق العينات المخلوطة يمكن أن يعزى إلى التأثير التآزري بين الخميرتين، حيث توفر بودرة خميرة الحمص مصادر غذائية إضافية تنشط خميرة الخبز وتحافظ على درجة حموضة مثالية تدعم نشاطها، ويتضح هذا التأثير بزيادة قوة التخمر مع ارتفاع نسبة البودرة في الخليط من (1.1%) إلى (5.5%) وهذه النتائج تتفق مع الدراسات الحديثة التي أجريت من قبل (Durmaz et al., 2023; Nouska et al., 2023)، وتوضح الأشكال ((9)، (10)، (11)) عينات العجين المحضرة باستخدام خميرة الخبز لوحدها، وباستخدام نسب متزايدة من بودرة خميرة الحمص، والعينات المحضرة باستخدام خليط من خميرة الخبز مع نسب متزايدة من بودرة خميرة الحمص على التوالي.



الشكل (9) العجين المحضر لتجربة الشاهد باستخدام خميرة الخبز 1.5%



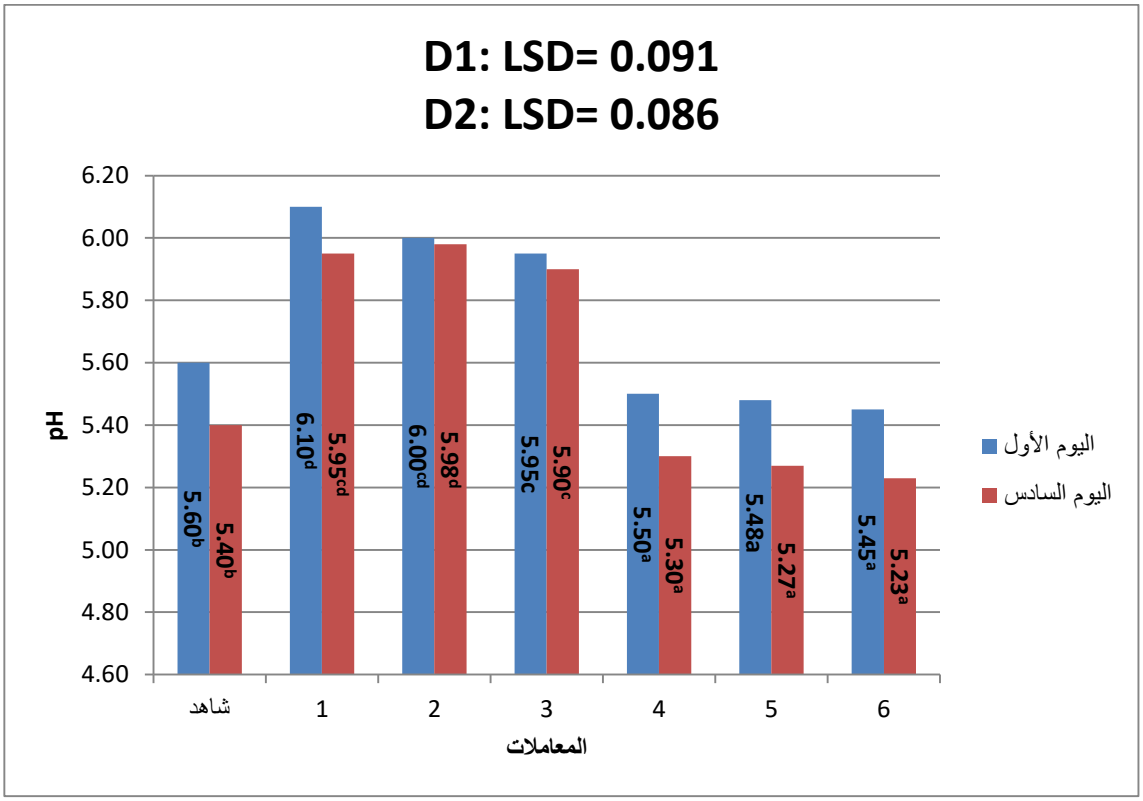
الشكل (10) العجين المحضر باستخدام نسب متزايدة من بودرة خميرة الحمص



الشكل (11) العجين المحضر باستخدام خليط من خميرة الخبز 1.5% ونسب متزايدة من بودرة خميرة الحمص

4-4- نتائج اختبار درجة حموضة الخبز (pH) قبل وبعد التخزين:

يعرض الشكل (12) نتائج تحليل الخبز المحضر وفق عينات الدراسة في اليوم الأول والسادس من حيث الحموضة:



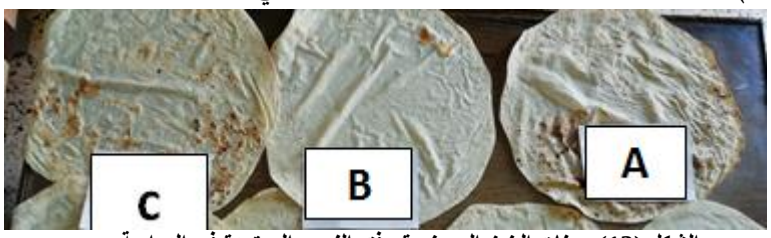
الشكل(12) مقارنة نتائج درجة الحموضة (pH) لعينات الخبز المدروسة قبل وبعد التخزين

تظهر نتائج قياس درجة حموضة الخبز (pH) قبل التخزين المبينة في الشكل (12) عدم وجود فروق معنوية بين خبز عينة الشاهد والخبز المحضر باستخدام خليط من خميرة الخبز ونسب متزايدة من بودرة خميرة الحمص، حيث انخفض (pH) من (5.6) في عينة الشاهد إلى (5.5، 5.48، 5.45) في العينات المحضرة باستخدام خليط من خميرة الخبز بنسبة (1.5%) ونسب متزايدة من بودرة خميرة الحمص (1.1%، 3.3%، 5.5%)على التوالي، وهذا الانخفاض الطفيف غير المعنوي يعكس قدرة خميرة الحمص على خفض pH بشكل متوازن، وهذا ما يتوافق مع نتائج (Durmaz *et al.*, 2023) التي أثبتت أن كلاً من خميرة الحمص السائلة والجافة لديها القدرة على خفض (pH) العجين وزيادة تعداد بكتريا حمض اللاكتيك. ويعزى هذا التأثير إلى الأحماض العضوية (حمض اللاكتيك والخليك) المنتجة أثناء تخمر الحمص والتي ثبت أنها تثبط نمو العفن وتطيل العمر التخزيني عند بقاء pH عند المدى الأمثل الذي يتراوح (4.9–4.5) (Smith *et al.*, 2022).

أما بعد التخزين لمدة ستة أيام، فقد لوحظ انخفاض طفيف في قيم (pH) لجميع العينات، لكنه بقي ضمن المجال (5.60–5.45). وهذا الثبات النسبي له أهمية كبيرة، حيث تشير دراسة (Gerez *et al.*,2019) إلى أن بقاء (pH) أعلى من (5.5) يحد من فعالية المواد الحافظة الطبيعية، بينما انخفاضه إلى ما دون (5.5) يزيد من كفاءة التثبيط الميكروبي، وتتفق هذه النتائج مع دراسة (Keramari *et al.*, 2024) التي أكدت أن إدراج العجين المخمر بالحمص في تركيبات الخبز يخفض (pH) ويزيد الحموضة الكلية مما يحسن النعومة ويؤخر البيات. وذلك بسبب احتواء العينات المحضرة باستخدام خليط من خميرة الحمص وخميرة الخبز على كمية أعلى من الحموض المعايرة الكلية مما ساهم في انخفاض (pH) في هذه العينات بالمقارنة مع عينة الشاهد وبشكل غير مهم إحصائياً.

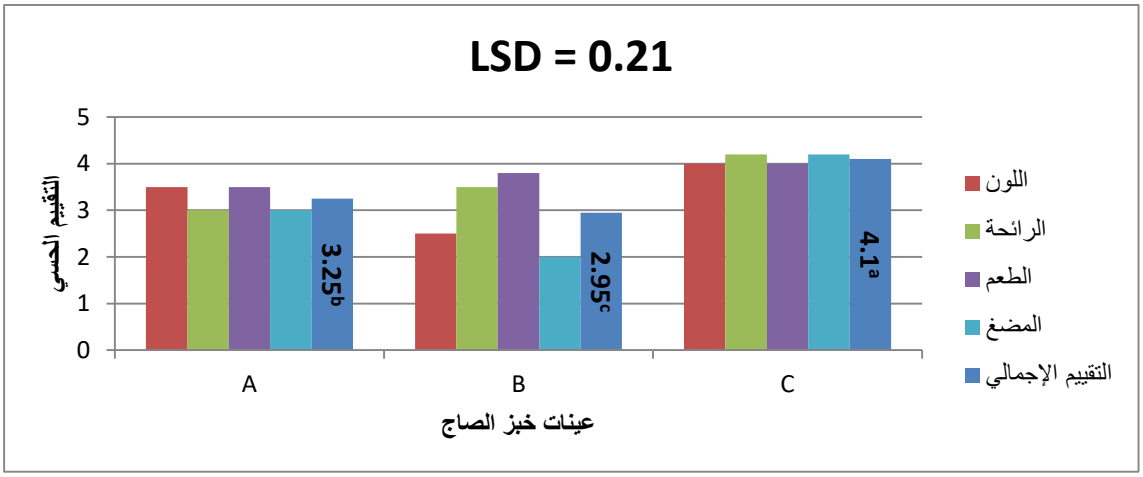
4-5- نتائج التقييم الحسي للخبز:

يبين الشكل (13) عينات الخبز المحضرة وفق النسب المعتمدة في الدراسة:



الشكل (13) عينات الخبز المحضرة وفق النسب المعتمدة في الدراسة

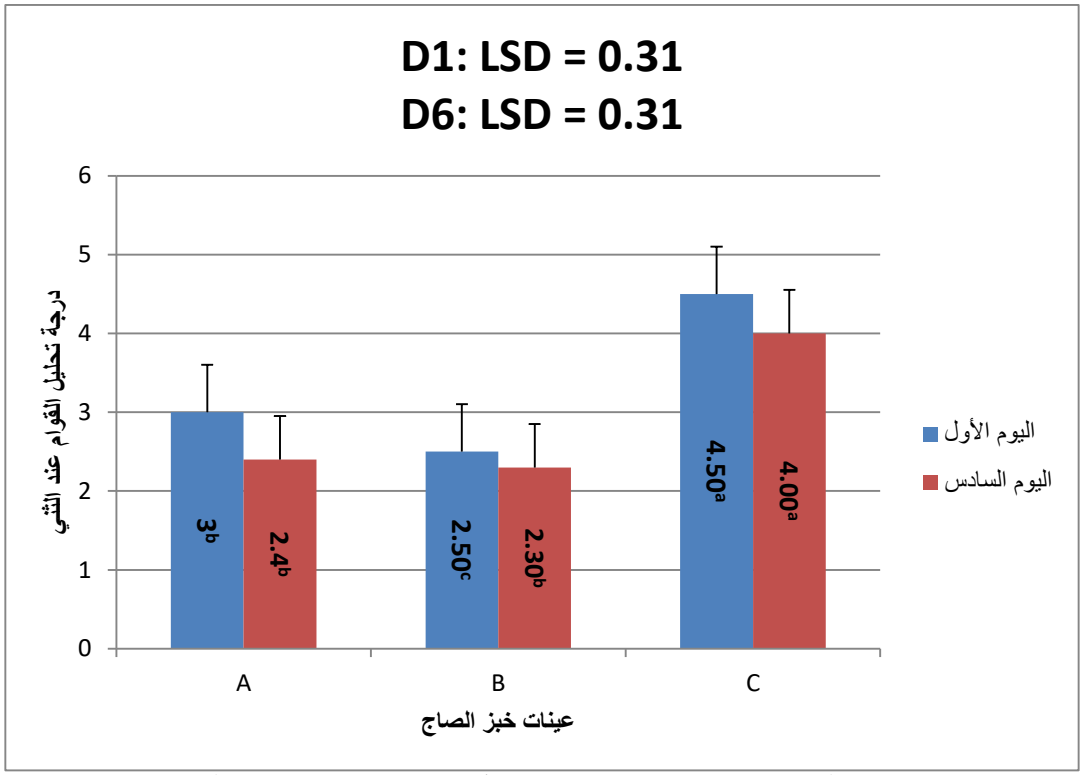
ويبين الشكل (14) نتائج التقييم الحسي لثلاث عينات من الخبز الصاج، حيث تمثل العينة A (خبز باستخدام خميرة الخبز بنسبة 1.5%) والعينة B (خبز باستخدام بودرة خميرة الحمص بنسبة 1.1%) والعينة C (خبز محضر باستخدام خليط من خميرة الخبز وبودرة خميرة الحمص بنسبة خلط (1.5%, 1.1%)على التوالي).



الشكل (14) نتائج التقييم الحسي لعينات خبز الصاج المدروسة

أظهرت نتائج التقييم الحسي للعينات الثلاث المدروسة فروقاً معنوية واضحة ، حيث سجلت العينة A التي تمثل عينة الشاهد المحضرة باستخدام 1.5% من خميرة الخبز تقييماً عاماً (3.25) مع درجات متوسطة في جميع الخصائص. أما العينة B المحضرة باستخدام 1.1% من بودرة خميرة الحمص فقد سجلت أدنى تقييم عام (2.95). مع انخفاض معنوي واضح في المضغ واللون وذلك بسبب ضعف الشبكة الغلوتينية الناتج عن النشاط البربيوليتي أثناء التخمر (Hatzikamari *et al.*, 2007a; Xing *et al.*, 2020). بينما سجلت العينة C المحضرة باستخدام خليط من (خميرة الخبز بنسبة 1.5% وبودرة خميرة الحمص بنسبة 1.1%) أعلى تقييم عام بلغ (4.1)، كما تفوقت معنوياً في جميع الخصائص وخاصة المضغ والرائحة ويعود ذلك إلى التأثير التآزري بين الخميرتين، حيث وفرت خميرة الخبز البيئة المناسبة، بينما أضافت البودرة نكهة مميزة بفضل المركبات العطرية الناتجة عن التخمر (Rizzello *et al.*, 2019; Keramari *et al.*, 2024).

كما تضمن التحليل الحسي مقارنة نتائج تقييم الخبز عند الثني بين اليوم الأول والسادس من الحفظ والتي تم عرضها في الشكل (15):



الشكل (15) مقارنة نتائج تقييم الخبز عند الثني بين اليوم الأول والسادس من الحفظ (مقاومة البيات)

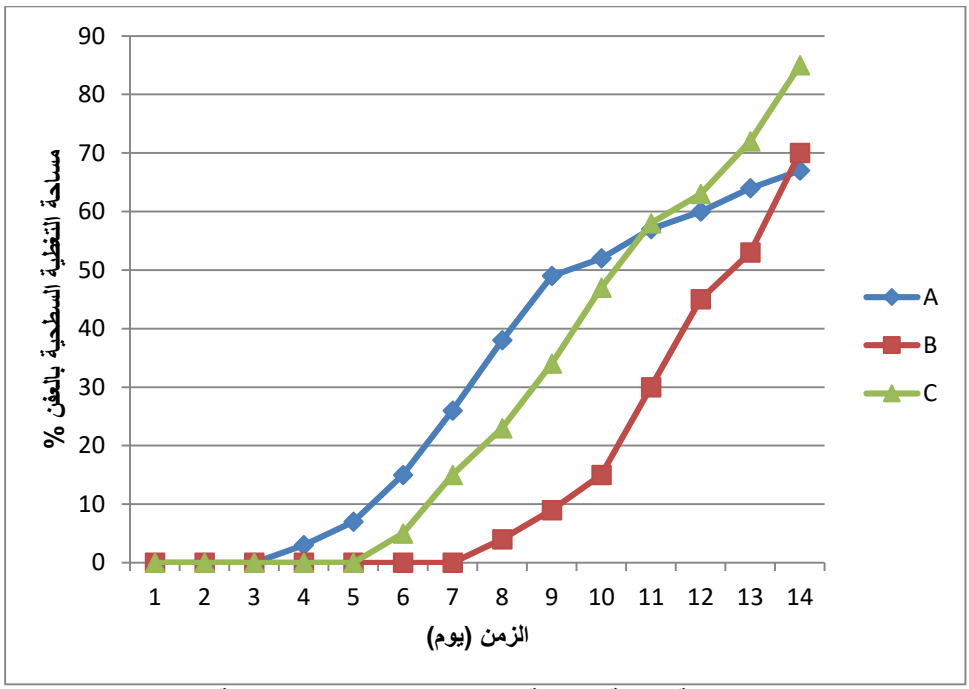
أظهرت نتائج تقييم قوام الخبز عند الثني خلال التخزين فروقاً معنوية في مقاومة البيات. حيث سجلت العينة A انخفاضاً في قابلية الثني مع ظهور تشققات في اليوم السادس. وكانت العينة B الأكثر تأثراً بالبيات بسبب ضعف الشبكة الغلوتينية (Hatzikamari *et al.*, 2007a; Xing *et al.*, 2020)، بينما أظهرت العينة C أفضل مقاومة للبيات وحافظت على مرونتها حتى اليوم السادس، بسبب دور ألياف البيتاغلوكان والأرابينوكسيلان الموجودة في بودرة خميرة الحمص والتي تمتلك مجموعات هيدروكسيلية قادرة على ربط الماء الحر ومنع حركته وفقدانه، وتأخير فقدان الرطوبة، وتثبيط إعادة بلورة الأميلوبكتين، وهي العملية المسؤولة عن تصلب الخبز أثناء التخزين بالإضافة إلى النشاط الإنزيمي لإنزيمات α–amylase التي تساهم في تأخير البيات من خلال تحلل النشاء وتقليل إعادة بلورته. وهذا ما يؤكد الدور الفعال لبودرة خميرة الحمص كمحسن طبيعي للخصائص التخزينية للخبز (Biliaderis et al., 1995; Magdalia et al.,2022; Xing et al., 2021).

4–6– مراقبة نمو العفن في الخبز:

تم عرض التغطية السطحية للخبز عن طريق نمو العفن أثناء التخزين عند 25 °C ، حيث يبين الشكل (16) وجود فروق واضحة في مدة الصلاحية بين العينات المدروسة. إذ سجلت العينة A ظهور أول علامات العفن في اليوم الرابع من التخزين. بينما تأخر ظهور العفن في العينة B إلى اليوم الثامن وفي العينة C إلى اليوم السادس. يعود تأخر نمو العفن في العينات المحتوية على بودرة خميرة الحمص إلى عدة عوامل مترابطة منها ارتفاع تركيز الأحماض العضوية الناتجة عن نشاط بكتريا حمض اللاكتيك أثناء التخمر، مما يؤدي إلى خفض pH الوسط وتثبيط نمو الأحياء الدقيقة غير المرغوب بها (Erasln *et al.*, 2023; Nouska *et al.*, 2023). وكذلك احتواء بذور الحمص على ببتيدات مضادة للميكروبات لها القدرة على

تثبيط نمو فطريات الخميرة (Zielinska and Szawra-Noak, 2021) كما أن التفاعل التآزري بين البيتيدات والأحماض العضوية يمكن أن يعزز الفعالية المضادة للفطريات.

وتجدر الإشارة إلى أن العينة B قد أظهرت أفضل مقاومة لنمو العفن رغم ضعف خصائصها التخميرية والحسية، وهذا يعود إلى خلوها من خميرة الخبز التي توفر ركيزة إضافية لنمو العفن في البداية، إضافة لارتفاع تركيز الأحماض العضوية فيها، بينما العينة C حققت توازناً بين الخصائص الحسية الجيدة ومقاومة العفن، وهو ما يتوافق مع دراسة (Keramari *et al.*, 2024) التي أكدت أن إضافة العجين المخمر بالحمص يحسن الخصائص التخزينية للخبز.



الشكل (16) مساحة التغطية السطحية بالعفن لعينات خبز الصاج المدروسة مع الزمن

٥- الاستنتاجات والتوصيات:

5-1- الاستنتاجات:

- أظهر استخدام بودرة خميرة الحمص منفردة انخفاضاً معنوياً في قوة التخمر (520-575 ml) مقارنة بعينة الشاهد (1950 ml).
- حقق الخلط بين خميرة الخبز وبودرة خميرة الحمص تحسناً معنوياً في جميع الخصائص المدروسة.
- سجلت العينات المخلوطة أعلى قيم لقوة التخمر (2250-2550 ml) وأفضل تقييم حسي (4.15/5).
- أظهرت العينات المحتوية على بودرة خميرة الحمص مقاومة أعلى للبيات وتأخراً في ظهور العفن حتى اليوم السادس من التخزين.

-مثل الخليط المكون من (1.5% خميرة خبز و 1.1% بودرة خميرة الحمص) التركيبة المثلى للحصول على خبز صاج بجودة عالية وعمر تخزيني أطول.

5-2- التوصيات:

بناء على ما سبق يمكن أن نوصي بما يلي:

- استخدام بودرة خميرة الحمص السهلة الحفظ كداعم لخميرة الخبز من أجل الوصول بالخبز إلى الطعم والنكهة والطازجية المطلوبة.
- إجراء المزيد من الدراسات لتقييم إمكانية استخدام خميرة الحمص في أنواع أخرى من المخبوزات.
- دراسة الجدوى الاقتصادية لإنتاج بودرة خميرة الحمص على نطاق تجاري.
- دراسة تأثير التخزين طويل الأمد على الفعالية الحيوية لبودرة خميرة الحمص وقدرتها التخميرية.

٦- المراجع:

6-1- المراجع العربية:

[1] قرحيلي، ياسر. معروف، نجمه. 2016، دراسة تأثير إضافة دقيق الشعير إلى الدقيق التمويني على القيمة الغذائية للخبز الناتج، المجلة العربية للغذاء والتغذية، البحرين، المجلد السادس عشر، العدد السابع والثلاثون، 114-90.

[2] قرحيلي، ياسر. علي، بلسم. 2024، دراسة إمكانية استخدام خميرة الحمص في إنتاج الخبز والتأكد من سلامته. مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية، طرطوس، سوريا، المجلد الثامن ، العدد الثامن.

[3] المواصفة القياسية السورية للخبز (م.ق.س. 2019:3761).

6-2- المراجع الأجنبية:

[٤] BILIADERIS,C.G.; IZYDORCZYK,M.S. and RATTAN,O. 1995, *Effect of arabinoxylans on bread-making quality of wheat flours. Food Chemistry*, U.K. Vol.53, N.2, 165-171.

[٥] DURMAZ,F.; OZULKU,G. and SAHIN,S. 2023, *The effect of liquid and freeze-dried chickpea yeast on dough rheology and bread quality. Journal of Food Science and Technology*, india, Vol.60,N.2, 511-521.

[٦] ERASLAN,A.; OZCELIK,B. and YILMAZ,E. 2023, *The antifungal effects of organic acids and their salts against bread spoilage fungi. Journal of Food Processing and Preservation*,U.S.A., Vol.47, N.1, e16123.

[٧] GEORGE,M. and ABRAHAM,T.E. 2006, *Polyionic hydrocolloids for the intestinal delivery of protein drugs: Alginate and chitosan-a review. Journal of Controlled Release*, Netherlands, Vol.114, N.1, 1-14.

[٨] GEREZ,C.L.; TORINO M.I.; ROLLAN,G. and FONT DE VALDEZ,G. 2019, *Prevention of bread mould spoilage by using lactic acid bacteria with antifungal properties. Food Control*, U.K., Vol.20, N.2, 144-148.

[9] HATZIKAMARI,M.; KYRIAKIDIS,D.A.; TZANETAKIS,N.; BILIADERIS,C.G. and LITOPOULOU,E. 2007a, *Biochemical Changes during a Submerged Chickpea Fermentation Used as a Leavening Agent for Bread Production*. *Food Research and Technology*, Germany, Vol.224, 715-723.

[١٠] HATZIKAMARI,M.; YIANGOU,M.; TZANETAKIS,N. and LITOPOULOU-TZANETAKI, E. 2007b, *Changes in numbers and kinds of bacteria during a chickpea submerged fermentation used as a leavening agent for bread production. International Journal of Food Microbiology*, Netherlands, Vol.116, N.1, 37-43.

[١١] HENDEK,E.M. and COSKON,Y. 2018, Shelf Life, Physicochemical, and nutrional properties of dried chickpea sourdough and yeast by response surface methodology. Journal of FOOD processing and Preservation, Vol.42, N.7, E13650.

[١٢] KERAMARI,S.; PAPANIKOLAOU,S. and DIMOPOULOS,G. 2024, *Impact of chickpea sourdough on bread staling and shelf life. Foods*, Switzerland, Vol.13, N.2, 450-462.

[١٣] MAGDALIA,R.; LESTARI,L.A. and PUTRI,W.D.R. 2022, *The effect of germinated chickpea flour on physical and sensory characteristics of bread. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, U.K., Vol.980, N.1,3112-3123.

[14] NOUSKA,C.; HATZIKAMARI,M.; MATSAKIDOU,A., BILIADERIS,C.G. and LAZARIDOU,A. 2023, *Enhancement of textural and sensory characteristics of wheat bread using a chickpea sourdough fermented with a selected autochthonous microorganism. Foods*, Switzerland, Vol.12, N.16, 3112-3123.

[١٥] PENA,R.J. 2002, *Wheat for bread and other foods In Bread Wheat. FAO Plant Production and Protection Series*. Italy, 383-494..

[١٦] RIZZELLO,C.G.; CODA,R. and GOBBETTI,M. 2019, *Use of sourdough fermentation and non-wheat flours for enhanced nutritional and sensory properties of baked goods. In Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention. Academic Press*. 2ND , 215-229.

[17] ROOS,Y.H. 1995, *Phase transitions in foods. Academic Press*. 1st,Academic Press, U.S.A., 360.

[18] ROOS,Y.H. 2006, *Glass transition and its implications for food processing and product stability. Food Technology*, U.S.A., Vol.60,N.3, 48-55

[19] SAAD,A.M.; ELMASSRY,R.A.; WAHDAN,K.M.M. and RAMADAN,M.F. 2015, *Chickpea (Cicer arietinum) steep liquor as a leavening agent: effect on dough rheology and sensory properties of bread*. *Acta Periodica Technolo*, Serbia, Vol.46 ,91–102.

[20] SAID,M.W.M. and AHMAD,S.F. 2014, *Effect of some commercial types of dry yeast on dough rheology. Jordan J. Agric. Sci*. Jordan, Vol.10, N.5, 547-562.

[٢١] SCHERF,K.A. and SCHIEBERLE,P. 2015, *Characterization of the bread aroma of different wheat flour types using a newly developed sensory-directed approach. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, U.S.A., Vol.63, N.32, 7207-7217.

[٢٢] SMITH,J.P.; DAIFAS,D.P.; EL-KHOURY,W. and KOUKOUTSIS,J. 2022, *Shelf life and safety concerns of bakery products—a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, U.K., Vol.44, N.1, 19-55.

[23] TERNOVSKOY,G.; KUZNETSOVA,L.; SHLIEKIN,A.; MATINOVIC,A. and ORESHKO,L. 2013, *Application of sour dough in the production of gluten free bread. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, Poland, Vol.12, N.4, 355-358.

[٢٤] VUCUROVIC,V.M.; PUSKAS,V.S.; MILJIC,U.D. and FILIPOVIC,V.S. 2018, *The effect of yeast extract addition to dough on the fermentative activity of Saccharomyces cerevisiae. Journal on Processing and Energy in Agriculture*, Serbia, Vol.22, N.3, 150-152.

[25] WILLIAMS,P.C.; EL-HARAMEIN,F.J.; NELSON,W. and SRIVASTAVA,J.P. 1988, *Evaluation of wheat quality for the baking of Syrian-type two-layered flat breads. Journal of Cereal Science*, U.K., Vol.7, N.2, 195-207.

[٢٦] XING,Q.; DEKKER,S.; KYRIAKOPOULOU,K.; BOOM,R.M.; SMID,E.J. and SCHUTYSER,M.A. 2020, *Enhanced nutritional value of chickpea protein concentrate by dry separation and solid state fermentation. Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Netherlands, Vol.59, A.N.102269.

[٢٧] XING,Q.; KYRIAKOPOULOU,K.; ZHANG,L. and BOOM,R.M. 2021, *Protein fortification of wheat bread using dry fractionated chickpea protein-enriched fraction or its sourdough. LWT*, Netherlands, Vol.142, 110931.

[28] ZAMANI,J.; POUMIA,P. and SEIRAFI,H.A. 2008, *A novel feeding method in commercial baker's yeast production. Journal of applied microbiology*, U.K., Vol.105, N.3, 674-680.

[٢٩] ZIELINSKA,D., and SZAWARA-NOAK,D. 2021, *Antimicrobial activity of peptides derived from enzymatic hydrolysis of chickpea proteins. Journal of Food Science*, U.S.A., Vol.86, N.3, 902-910.