مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٨)العدد (٨) ٢٠٢٤
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (8) No. (8) 2024

دراسة إمكانية استخدام خميرة الحمص في إنتاج الخبز والتأكد من سلامته

د. ياسر قرحيلي*

م. بلسم علي**

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٤/٦/١٠ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٤/٨/٤)

□ ملخّص □

تم إجراء هذا البحث في مخابر كلية الهندسة التقنية في جامعة طرطوس، حيث تم غمر بذور الحمص (صنف درعوزي) المطحونة بشكل خشن في الماء المغلي والمبرد بنسبة (1:3 w/v)، ووضعه في جهاز التحضين على درجة حرارة 37 ^{o}C. وقيس رقم الحموضة للسائل المتخمر خلال فترة التخمير باستخدام جهاز pH. وتم دراسة إمكانية استخدامها كبادئ في صنع الخبز أو كمحسن لخميرة الخبز المنتجة من المولاس، كما تم إجراء الاختبارات الحسية والتخزينية للخبز الناتج.

أوضحت النتائج أن الزمن الأمثل للحصول على خميرة الحمص 16h. وكانت نتائج قوة التخمر عند استخدام خميرة الحمص لوحدها أقل من عينة الشاهد المحضرة باستخدام خميرة الخبز بنسبة 1.5%. أما إضافة خميرة الحمص السائلة مع خميرة الخبز أدت إلى زيادة مهمة إحصائياً في زيادة قوة التخمر حيث ارتفع حجم غاز CO_2 المتشكل في تجربة SJA من 1950 ml في عينة الشاهد المحضرة باستخدام خميرة الخبز فقط بنسبة 1.5% إلى 3475 ml في العينة المحضرة بنسبة خلط (11%:1.5%) من خميرة الحمص وخميرة الخبز على التوالي. كما ساهمت في الوصول إلى الحموضة المناسبة للعجين حيث انخفض pH من 5.5 في عينة الشاهد إلى 5 في العينة المحضرة بنسبة خلط (11%:1.5%)، بينما ارتفع pH إلى 5.65 في العينة المحضرة باستخدام خميرة الحمص لوحدها بنسبة 33%. ولوحظ تحسن في الخواص الحسية للخبز الناتج، حيث ارتفع التقييم الحسي الإجمالي للخبز من 3.25 درجة في عينة الشاهد إلى 4.55 درجة (من أصل 5 درجات) في العينة المحضرة بنسبة خلط (11%:1.5%) . وباختبار طازجية الخبز ومقارنة نتائج قوام الخبز عند الثني في اليوم السادس من الحفظ لوحظ أن الخبز المحضر من العينة (11%:1.5%) هو الأفضل، وأعطت هذه العينة أفضل النتائج من حيث مقاومة العفن. وهنا يبرز دور خميرة الحمص في تحسين عمل خميرة الخبز من حيث تخفيض الزمن اللازم للحصول على العجين وتحسين الخصائص الحسية للخبز من حيث النكهة وقابلية التخزين.

الكلمات المفتاحية: خميرة الحمص، قوة تخمير الخميرة، خبز الصاج، الخواص الحسية والتخزينية للخبز الناتج

* أستاذ مساعد في قسم تقانة الأغذية– كلية الهندسة التقنية – جامعة طرطوس– طرطوس– سوريا.

** طالبة ماجستير في اختصاص تقانة الأغذية– قسم هندسة تقانة الأغذية– كلية الهندسة التقنية– جامعة طرطوس – طرطوس– سوريا.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٨)العدد (٨) ٢٠٢٤

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (8) No. (8) 2024

Study the possibility of using chickpeas yeast for bread production and its safety

Dr. Yaseer Karhely*

Eng. Balsam Ali**

(Received 10/6/2024 . Accepted 4/8/2024)

□ ABSTRACT □

This research was conducted in the laboratories of the Faculty of Engineering at Tartous University, where chickpea seeds (Drouzey variety) were coarsely ground and soaked in boiling and then cooled water at a ratio of (1:3 w/v), and placed in an incubator at a temperature of 37ºC. The pH of the fermented liquid was measured during the fermentation period using a pH meter. The possibility of using it as a starter in bread making or as an improver for baker yeast produced from molasses was studied. Sensory and storage tests were also conducted on the resulting bread.

The results indicated that the optimum time to obtain chickpea yeast was 16 hours. The results of the fermentation strength when using chickpea yeast alone were lower than the control sample prepared using baker yeast at a ratio of 1.5%. However, adding liquid chickpea yeast with baker yeast led to a statistically significant increase in fermentation strength, with the volume of CO_2 gas formed in the SJA experiment increasing from 1950 ml in the control sample prepared using only baker yeast at a ratio of 1.5% to 3475 ml in the sample prepared with a mixture ratio (11%:1.5%) of chickpea yeast and baker yeast, respectively. It also contributed to reaching the appropriate dough acidity, where the pH decreased from 5.5 in the control sample to 5 in the sample prepared with a mixture ratio (11%:1.5%), while the pH increased to 5.65 in the sample prepared using chickpea yeast alone at a ratio of 33%. An improvement in the sensory properties of the resulting bread was observed, as the overall sensory rating of the bread increased from 3.25 degrees in the control sample to 4.55 degrees (out of 5 degrees) in the sample prepared with a mixture ratio (11%:1.5%). Testing the freshness of the bread and comparing the bread texture results on the sixth day of storage revealed that the bread prepared from the (11%:1.5%) sample was the best, and this sample provided the best results in terms of mold resistance. This highlights the role of chickpea yeast in improving the performance of baker yeast by reducing the time required to obtain dough and improving the sensory properties of bread in terms of flavor and storage stability

Keywords:

Chickpea yeast, yeast fermentation strength, flatbread, sensory and storage properties of bread

* **Assistant Professor, Department of Food Technology, Faculty of Technical Engineering, Tartous University, Tartous, Syria.**

** **Postgraduate student, Department of Food Technology, Faculty of Technical Engineering, Tartous University, Tartous, Syria.**

1-مقدمة: Introduction

لا يخفى على أحد ما للخبز من أهمية في مختلف النواحي سواء الاجتماعية أو الاقتصادية، فهو يوفر نسبة عالية من احتياجات الجسم اليومية من السعرات الحرارية والبروتينات والمعادن والفيتامينات. يعتبر تخمر العجين واحدة من أقدم العمليات التكنلوجية الغذائية(Saad et al., 2015). وتستند 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، وتعتبر خميرة الخبز *Sccharomyces cerevisiae* في مقدمة البوادئ المستعملة في تحضير العجين (Khafaji et al., 1994).

ومن المؤكد أن إيجاد عوامل تخمير بديلة منخفضة التكلفة حاوية على المواد الغذائية المطلوبة لنمو الخلايا يساهم في تخفيض تكلفة عملية التخمير، حيث يعتبر الحمص من النباتات البقولية الهامة وهو مصدر جيد للنظام الغذائي من حيث البروتينات والكربوهيدرات والمعادن، يمكن تخمير الحمص والحصول على خميرة الحمص السائلة حيث لوحظ خلال تحضير هذه الخميرة انخفاض في معظم السكريات القابلة للذوبان عند تحلل وإذابة النشاء بعد 8h. كما لوحظ زيادة في مستوى الأحماض الدهنية الحرة والسكريات المرجعة والأحماض الأمينية الحرة بينما انخفض الرقم الهيدروجيني pH (Hatzikamari et al., 2007). وتعتبر هذه الخميرة عامل تخمير رخيص وصديق للبيئة وتحوي على سلالة الكلوستريديوم التي تساهم بشكل كبير في تشكيل العجين، كما عززت إضافة الحمص المخمر إلى دقيق القمح الجودة الغذائية والعمر التخزيني للخبز الناتج (Hatzikamari et al., 2007).

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

تزداد أهمية الخمائر البديلة والمحسنة لخميرة الخبز للأسباب التالية:

- ارتفاع تكاليف خميرة الخبز المنتجة من المولاس وقلتها في حالات الطوارئ والكوارث وصعوبة إيصالها إلى الأماكن البعيدة.
- التفكير ببديل للمولاس كمادة خام أولية مستخدمة في إنتاج خميرة الخبز من الموارد الزراعية المتوفرة محلياً.
- البحث المتواصل عن العمليات والمنتجات الجديدة التي تؤكد إمكانية حدوث التخمر والتحول الميكربيولوجي الذي يعتبر أمر أساسي للتخمر والحصول على المنتجات المخبوزة بمواصفات جيدة وتكلفة تصنيع فعالة.
- تحسين نوعية الخبز مع إيلاء اهتمام خاص بنوعية الخبز الناتج وخواصه الحسية والتخزينية.

- **أهداف البحث:**

- إنتاج خميرة الحمص محلياً وبالتالي حل بعض المشاكل الاقتصادية.
- الاستفادة من خميرة الحمص في إنتاج خبز الصاج وخلطها بنسب مدروسة مع خميرة الخبز المنتجة من المولاس ودراسة قوة التخمر في الحالتين السائلة وعند خلطها مع خميرة الخبز
- تقييم الخبز الناتج من الناحية الحسية والتخزينية.

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
دقيق القمح	الشركة العامة للمطاحن	الرطوبة 13% البروتين 11.4% الدهون 1.62% النشاء 67.2% الجلوتين الرطب 35% الرماد 0.72%
خميرة الخبز الجافة	الشركة العامة للمخابز	قوة التخمر 1695ml
ملح الطعام	السوق المحلية	بلورات بيضاء ناعمة

3-2- طرائق العمل:

3-2-1- تحضير خميرة الحمص:

تمَّ إجراء البحث في مخابر كلية الهندسة التقنية في جامعة طرطوس حيث تم غمر بذور الحمص المطحونة بشكل خشن في الماء المغلي والمبرد بنسبة (1:3 w/v)، ويضاف إليها ملح الطعام بنسبة 0.5% لتثبيط نمو الأحياء الدقيقة غير المرغوبة وتأمين الوسط الملائم لنمو*Bacilli* و *Clostridia*. وتوضع في جهاز التحضين المبين في الشكل (1) على درجة حرارة 37°C لمدة 24h نقيس خلالها درجة الحموضة باستخدام مقياس pH المبين في الشكل (2) لتحديد الزمن الأمثل للحصول على درجة الحموضة المطلوبة مع مراقبة تشكل الرغوة البيضاء والرائحة المميزة، بالتالي الحصول على خميرة الحمص المطلوبة الحاوية على الأحياء الدقيقة *Bacilli* و*Clostridia*، ثم تؤخذ من جهاز التحضين وترشح وتحفظ في كيس من البولي إيتلين في البراد على درجة حرارة 8°C لحين الاستخدام.

الشكل (1) جهاز التحضين

الشكل (2) جهاز قياس pH

3-2-2- تحضير عينات العجين:

تمَّ تحضير عينات العجين بأوزان تتوافق مع النسب المعتمدة في الجدول (2):

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

العينة	خميرة حمص سائلة (ml) %	خميرة خبز (g) %	ماء (ml) %	ملح (g) %
الشاهد	–	1.5	57	1.5
1	11	–	46	1.5
2	33	–	24	1.5
3	55	–	2	1.5
4	11	1.5	46	1.5
5	33	1.5	24	1.5
6	55	1.5	2	1.5

3-2-3- تحضير عينات خبز الصاج:

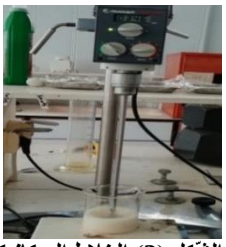
تم تحضير عينات خبز الصاج منزلياً باتباع الخطوات التالية:

- توزن المكونات حسب النسب السابقة، ثم تنخل وتوضع في وعاء العجن.
- تخلط المكونات ويضاف الماء اللازم تدريجياً مع استمرار العجن حتى تمام تكوين العجين.
- تكور العجينة على هيئة كرة مصمتة وتوضع في وعاء التخمير ويوضع الوعاء في الفرن المنزلي بعد تدفئته عند درجة حرارة (28–30°C) ويغطى الوعاء بقطعة قماش لمنع جفاف السطح مع وضع وعاء به ماء بجانب وعاء التخمير لتوفير رطوبة نسبية وتترك العجينة للتخمر لمدة 30–20 min.
- بعد انتهاء وقت التخمر تقطع العجينة لقطع مناسبة لتشكيل الرغيف وزنها حوالي 50 g وتوضع في قوالب التخمير بعد تشكيلها على هيئة كرة مصمتة وتترك لفترة راحة لمدة 20 min.
- تفرد العجينة بواسطة النشابة أو الشوبك وهي عبارة عن اسطوانة خشبية ذات مقبضين حيث تفرد العجينة بواسطته على شكل رغيف أو تشكل بواسطة اليد بشكل دائري مشابه لحركة تشكيل خبز التنور للحصول على شكل الرغيف النهائي.
- توضع هذه العجينة المتشكلة من كل كرة على الكارة (وسادة دائرية الشكل) ليتم لصقها على سطح الصاج الذي سبق تسخينه على درجة حرارة حوالي°C 300–250 حتى يصبح لون الرغيف مائل للوردي، حيث يرفع عندها عن سطح الصاج.
- يترك الخبز ليبرد ثم يعبأ في أكياس النايلون ويحفظ في درجة حرارة الغرفة حوالي 25°C لإجراء الاختبارات المطلوبة (قرحيلي وآخرون، 2016)

3-3- الاختبارات على العجين:

٣-٣-١- تحديد حموضة العجين pH:

تم تحديد pH العجين بوضع 10 g من العجين في بيشر يحوي 90 ml ماء مقطر، يتم الخلط باستخدام خلاط ميكانيكي حتى التجانس الشكل (3)، يتم قياس حموضة القسم الطافي باستخدام مقياس pH (Ternovskoy et al., 2013).



الشّكل (3) الخلاط الميكانيكي

3-٢-3- اختبار قوة التخمر: (Fermentation Force Test)

تمّ تحديد قوة التخمر باستخدام جهاز الفارمينتوغراف SJA الشكل (4)، وذلك لعجين محضر من 280 g من الدقيق مع 160 ml من الماء و 4.2 g خميرة خبز، حيث تم قياس التخمر في حاضنات الجهاز الثلاث عند درجة حرارة 35 ºC لمدة 3 h حيث تؤخذ قراءة الجهاز الدالة على حجم غاز CO_2 المنطلق كل ساعة، ومن ثم يعاد ضغط العجين بعد كل ساعة من أجل التخلص من الغاز، ويجمع حجم الغاز المنطلق خلال الساعات الثلاث، ويعبر حجم الغاز الناتج عن قوة التخمر (Zamani et al., 2008).

الشّكل (4) جهاز قياس قوة تخمر العجين SJA

3-4- تقييم الخبز:

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

تم تخزين الخبز في أكياس من النايلون بدرجة حرارة الغرفة ولمدة 6 أيام. وتم تحديد pH الخبز قبل وبعد التخزين بوضع 10 g من الخبز في كوب يحوي 90 ml ماء مقطر، يتم الخلط باستخدام خلاط ميكانيكي حتى التجانس، يتم قياس حموضة القسم الطافي باستخدام مقياس pH (Ternovskoy et al., 2013).

3-4-2- اختبار رطوبة الخبز قبل وبعد التخزين:

تم تقييم الرطوبة وفق طريقة AACC 44-15. 02 وذلك بوزن 2 g من الخبز وتجفيفها في جهاز التجفيف على الدرجة 130 ºC لمدة ساعتين. تم تقييم محتوى الرطوبة في العينات الطازجة بعد ساعتين من انتهاء عملية الخبز وبعد 6 أيام من التخزين على الدرجة 25 ºC وفق القانون

$$M\% = (w1 - w2) \setminus w1 \qquad (1-3)$$

حيث M%: محتوى الرطوبة%، w1: وزن العينة قبل التجفيف، w2: وزن العينة بعد التجفيف (AACC, 2010)

3-4-3- التقييم الحسي للخبز:

أجري التقييم الحسي لخبز الصاج من حيث (اللون، الرائحة، الطعم، المضغ) لكل من العينات التالية: العينة A (خبز خميرة الخبز بنسبة 1.5%)، العينة B (خبز خميرة الحمص السائلة بنسبة 11%)، العينة C (خبز محضر باستخدام خليط من خميرة الخبز وخميرة الحمص السائلة بنسبة خلط (1.5%,11%))، حيث أعطي لكل خاصية 5 درجات كحد أقصى كما في الجدول (3)، وقام بالتقييم الحسي لجنة مؤلفة من 5 أشخاص اختيرت لهذا الغرض وأخذ المتوسط الحسابي لنتائج تقييمهم من أجل كل خاصية، ومن ثم تم حساب التقييم الحسي العام بجمع نتائج تقييم جميع الخصائص الحسية وتقسيمها على 4 (Williams et al., 1988). حيث يوضح 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					

3-4-4- تحديد الصلاحية المقدرة بنمو العفن:

تم تقييم التلف الناتج عن نمو العفن عن طريق الفحص البصري الظاهري لعينات خبز الصاج المقيمة حسياً في التحليل الحسي السابق. حيث يوضع الخبز في أكياس من البولي إيتلين وتحفظ عند درجة حرارة 25 ^{o}C لمدة 18 يوم. ويسجل اليوم الذي يبدأ فيه ظهور العفن، ثم تحديد المساحة التي يغطيها نمو العفن عن طريق تحليل صور الخبز باستخدام برنامج ImageJ 1.41o softwere ويعبر 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 ومن ثم تطبيق اختبار Duncan LSD للمقارنات البعدية لتحديد وجود الفروق المعنوية بين المعاملات المدروسة وذلك عند مستوى معنوية 0.05.

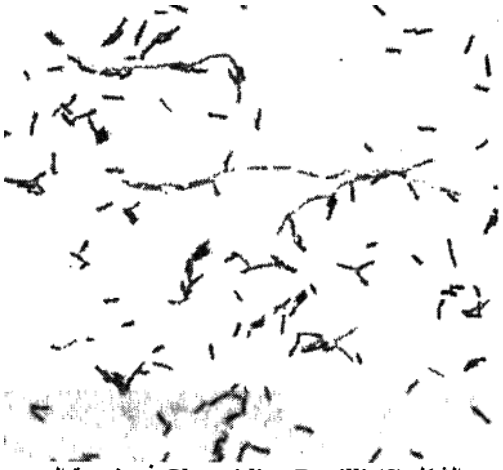
4- النتائج والمناقشة (RESULTS & DISCUSSION):

4-1- قياس الحموضة خلال تحضين الخميرة:

تم في هذا الاختبار مراقبة تشكل الرغوة وقياس حموضة الخميرة الناتجة عن نشاط بكتريا *Bacilli* و*Clostridia* خلال 24 h من التحضين بمعدل كل ساعتين. ففي بداية التحضين كانت درجة pH حوالي 6.73 وانخفضت بعد 16h إلى 4.41 ثم ثبتت تقريباً مع الزمن بسبب تناقص المغذيات الموجودة في الوسط من سكريات وبروتينات ودسم المكونة لحبة الحمص بالتالي انخفض معدل النشاط البكتيري مما سبب انخفاض إنتاج الأحماض الدهنية الحرة والأحماض الأمينية الحرة المسؤولة عن تشكل الحموضة في الوسط. كما كانت الرغوة المتشكلة في أعلى خميرة الحمص السائلة ذات لون أبيض وسماكة جيدة ورائحة واضحة ونفاذة . ووضح الشكل

(5) خميرة الحمص الناتجة والشكل (6) الصفات الشكلية للأحياء الدقيقة *Bacilli* و *Clostridia* في بادئ خميرة الحمص والشكل (7) الصفات الشكلية لخميرة الخبز *Sccharomyces cerevisiae*:

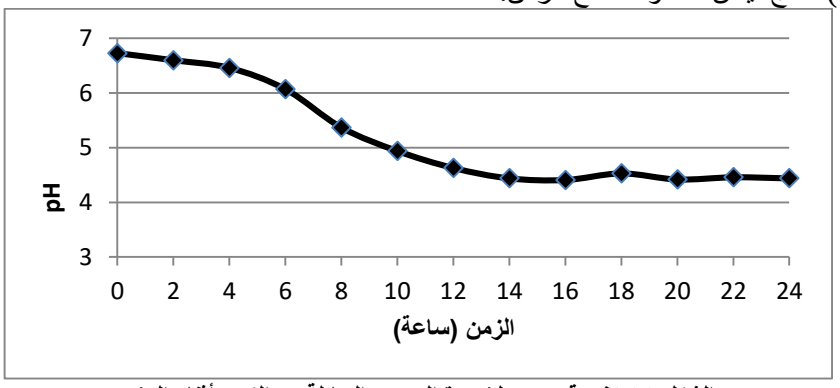
الشكل (5) خميرة الحمص الناتجة



الشكل (6) Bacilli وClostridia في خميرة الحمص

الشكل (7) خميرة الخبز

ويظهر الشكل (8) نتائج قياس الحموضة مع الزمن.

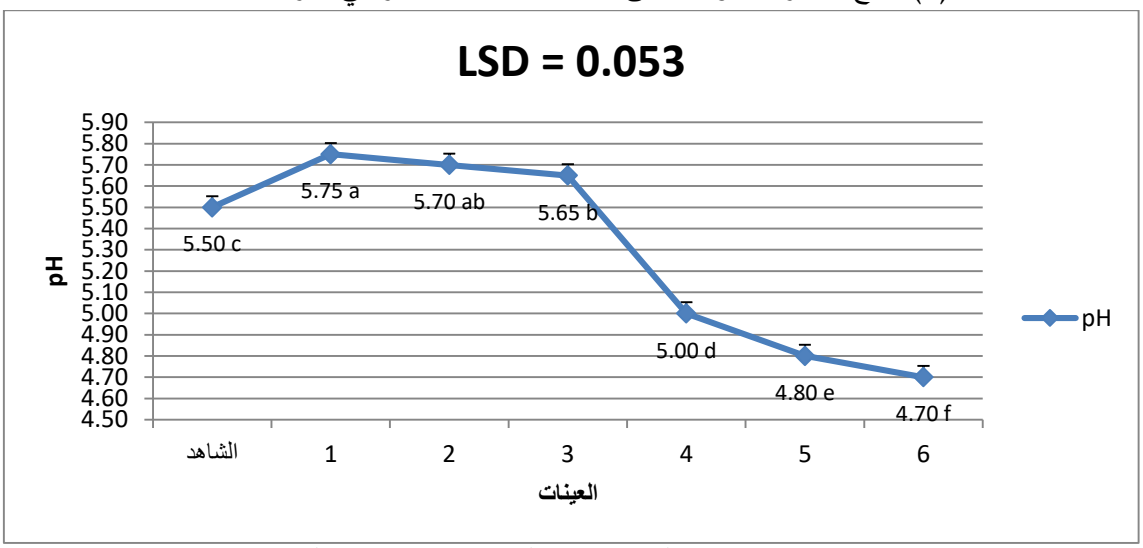


الشكل (8) تغير قيم pH لخميرة الحمص السائلة مع الزمن أثناء التخمير

وهذا يتوافق مع النتائج التي توصل إليها الباحث (Nouska et al., 2023) حيث وجد أن pH الأولي البالغ 6.65 انخفض إلى 5.52 في أول ساعتين من تخمير دقيق الحمص ثم انخفض أكثر إلى 5.03 بنهاية التخمير. كما وجدت الباحثة (Erginkaya et al., 2015) في البحث الذي أجرته على خميرة الحمص المستخدمة في صناعة الخبز التركي التقليدي أن pH وصلت إلى 4.6 بعد 18 h من خلط الحمص مع الماء المغلي وتحضينها على درجة حرارة 37 ^{o}C. كما وجد الباحث (Hatzikamari et al., 2007) أن pH خميرة الحمض ثبت عند 5.36 بعد 18h من التحضين.

4-2- نتائج اختبار تحديد حموضة العجين:

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



الشكل(9) مقارنة نتائج الحموضة لعينات العجين المدروسة

يلاحظ من الشكل (9) زيادة درجة pH الناتجة في عينات العجين التي حضرت باستخدام خميرة الحمص السائلة بالمقارنة مع عينة الشاهد وذلك بسبب انخفاض قدرة خميرة الحمص على إنتاج الأحماض بسبب ضعف قدرتها على التخمير.

كما يلاحظ وجود فرق معنوي واضح عند استخدام خليط من خميرة الخبز بنسبة 1.5% وخميرة الحمص بنسبة 11% بالمقارنة مع pH العجين المحضر باستخدام خميرة الخبز بنسبة 1.5%، حيث انخفض pH العجين من 5.5 في عينة الشاهد إلى 5 في عينة الدراسة ذات نسبة خلط(11%:1.5%) وهي العينة الأمثل للحصول على الحموضة المطلوبة، ويعزى ذلك إلى أن خميرة الحمص السائلة ذات درجة pH منخفضة وهذه الحمضية تساهم في زيادة الكمية الإجمالية للحموض في العجين بالإضافة إلى الحموض الناتجة عن التحولات البيوكيميائية التي تحدث في العجين وهي التي تعطي العجين درجة الحمضية المناسبة بالتالي تخفض الزمن اللازم للتخمر وبالتالي حجم غاز أفضل خلال زمن أقل، كذلك تكون نكهة الخبز الناتج أفضل.

أما عند زيادة الكمية المضافة من خميرة الحمص السائلة حتى نسبة 33% و55% مع 1.5% من خميرة الخبز، فقد أدت إلى انخفاض pH العجين بشكل كبير بسبب زيادة كمية الحموض الإجمالية الموجودة في العجين إلى 4.8 و4.7. حيث وضح الباحثان (Sharma et al., 2017) و Lacumin et al., (2021) أن سلالات الكلوستريديا تنتج حمض الزبدة عن طريق تخمير الكربوهيدرات كأحد منتجات الاستقلاب الأساسية إلى جانب حمض اللاكتيك والخل، بالإضافة إلى بعض كميات من الأيزوبيوترات اعتماداً على التركيب الكيميائي للركيزة ونوع السلالة المستخدمة. ووجد الباحث (Nouska et al., 2023) في دراسته أن حمض الخل هو الحمض السائد، أما حمض اللاكتيك فكان ذو تركيز منخفض ، في حين أن كل من حمض الزبدة والأيزوبيوتريك كانت موجودة في العجين المدعم ببادئ *clostridia* انطلاقاً من خميرة الحمص.

وهذا يوافق النتائج التي حصلت عليها الباحثة (khafaji et al., 1994) في تجاربها على استخدام كل من خميرة الخبز ونقيع الحمص في إنتاج الخبز العربي حيث زادت الحموضة المعايرة الكلية عند استخدام خميرة الخبز بنسبة 0.5% من 2 إلى 3.6 عند بدء وانتهاء التخمر. بينما انخفضت من 4.5 إلى 4 عند استخدام نقيع الحمص بنسبة 55%. كما وجدت الباحثة (Erginkaya et al., 2015) أن pH خميرة الحمص أثناء عملية تحضيرها كانت قريبة من الحياد في البداية، ثم انخفضت إلى 4.5 نتيجة الأنشطة التخميرية بفعل الأحياء الدقيقة السائدة في البيئة اللاهوائية، وعند إضافة الدقيق إلى الوسط بعد الحصول على خميرة الحمص، لوحظ زيادة في pH العجين المتخمر إلى 5.48 بسبب اختفاء البيئة اللاهوائية وانخفاض عدد الكائنات الحية الدقيقة في الوسط.

4-2-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^{c}	650	800	1950^{d}
1	260^{e}	320	360	940^{f}
2	285^{de}	330	370	985^{ef}
3	300^{d}	350	400	1050^{e}
4	925^{a}	1250	1300	3475^{a}
5	900^{a}	1100	1200	3200^{b}
6	850^{b}	1000	1050	2900^{c}
Duncan $LSD_{0.05}$	30.93			89.18

يلاحظ من الجدول (4) وجود فرق معنوي واضح في المجموع الكلي لحجم الغاز المتشكل خلال ساعات التخمر الثلاث في تجربة SJA بين عينة الشاهد والعينات المحضرة باستخدام خميرة الحمص السائلة حيث انخفضت من 1950 ml في عينة الشاهد المحضرة باستخدام 1.5% من خميرة الخبز المبينة في الشكل (10) إلى 940 ml، 985 ml، 1050 ml في العينات المحضرة باستخدام خميرة الحمص السائلة بنسب 11%، 33%، 55% على التوالي المبينة في الشكل (11).

وهذا يتوافق مع النتائج التي حصلت عليها (Khafaji et al., 1994) وذلك بسبب انخفاض قدرة الأحياء الدقيقة الموجودة في خميرة الحمص على إنتاج الغاز بالمقارنة مع خميرة الخبز مما يؤدي إلى عدم قدرة خميرة الحمص على تخمير العجين وإنتاج الغاز اللازم لزيادة حجم العجين. ولكن بينت الباحثة عند مقارنة خميرة الحمص مع خميرة الخبز في إنتاج الخبز وجدت أن خميرة الخبز من أهم المواد المخمرة، أما عند استعمالها بنسبة 0.05% وهي النسبة التي يتساوى فيها أعداد البكتريا في هذه الخميرة مع أعداد البكتريا عند استعمال خميرة الحمص بنسبة 55% فيلاحظ عدم وجود فرق معنوي بين العينات، ولكن وجد أن الخبز

المحضر باستخدام نقيع الحمص أكثر جودة حيث وجد أن الخبز العربي لا تؤثر فيه صفة الحجم إنما تفرش العجينة لإعطاء الشكل الخاص بالخبز العربي.

الشكل (10) العجين المحضر لتجربة الشاهد باستخدام خميرة الخبز 1.5%

الشكل (11) العجين المحضر باستخدام نسب متزايدة من خميرة الحمص السائلة

ويلاحظ من الجدول وجود فرق معنوي واضح في المجموع الكلي لحجم الغاز المتشكل خلال ساعات التخمر الثلاث من تجربة SJA بين العينات التي حضرت باستخدام خليط من خميرة الخبز وخميرة الحمص والعينات التي حضرت باستخدام خميرة الخبز فقط، حيث بلغ حجم الغاز 1950ml في عينة الشاهد التي حضرت باستخدام 1.5% من خميرة الخبز فقط، و 3475ml، 3200ml، 2900ml عند استخدام خليط من خميرة الخبز بنسبة 1.5% ونسب متزايدة من خميرة الحمص السائلة 11%، 33%، 55% على التوالي (الشكل (12)).

الشكل (12) العجين المحضر باستخدام خليط من خميرة الخبز 1.5% ونسب متزايدة من خميرة الحمص السائلة

ويعود السبب في ذلك إلى زيادة نشاط وفعالية البادئ المستخدم (خميرة الحمص) وكذلك بسبب احتواء هذه الخميرة على الأنزيمات الناتجة عن نشاط بكتريا *Bacilli* و *Clostridia* السائدة، حيث بين العالم (Hatzikamari et al., 2007) أن خميرة الحمص السائلة تحتوي على α–أميلاز و α–غالاكتوزيداز والانفرتاز والسيلولاز، حيث يقوم α–أميلاز والسيلولاز بتحطيم البولي سكاريدات والنشاء إلى المالتوز والأوليغوسكاريدات قصيرة السلسلة وهذه الأنزيمات تحلمه الروابط (4–1) α الغليكوزيدية مسببة تحطم الأميلوز إلى مالتوز وغلوكوز ومالتوتريوز وغيرها من الأوليغوسكريدات كما أن لهذه الأنزيمات القدرة على حلمهة الروابط (4–1) α في الأميلوبكتين المتفرع بالتالي تساهم في حلمهة النشاء والحصول على السكريات المرجعة القابلة للتخمر وإنتاج غاز CO_2 الضروري لرفع العجينة، كما يتوقع أن البادئ *Clostridia* يساهم في تشكيل الغازات الضرورية لرفع العجينة.

ولوحظ انخفاض بسيط في إنتاج غاز CO_2 في العينات التي تحوي نسب متزايدة من خميرة الحمص 33% و55% بالإضافة إلى 1.5% من خميرة الخبز بسبب زيادة كمية الحموض الإجمالية الموجودة في العجين إلى 4.8 و4.7، وبالتالي أعطى حجم غاز أقل مما هو عليه في عينة الدراسة التي استخدم فيها

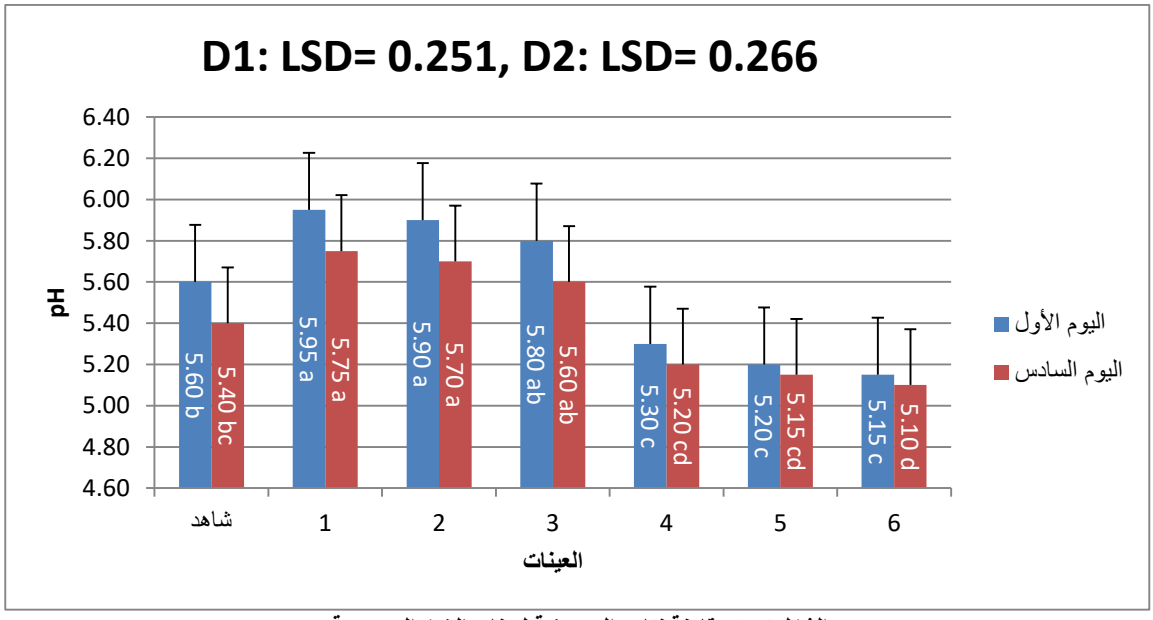
11% من خميرة الحمص السائلة، حيث بين (Yin et al., 2015) أن العجين الحاوي على كمية عالية من الحموض الإجمالية عن الحد المسموح به يعطي ثباتية أقل للعجين وتنخفض قابلية التوسع والنهوض كما تسبب زيادة في الحالة الجيلاتينية.

حيث نجد أن أفضل نسبة خلط هي (11%:1.5%)، وهذا يتوافق مع نتائج الدراسة التي أجرتها الباحثة (Vucurovic et al., 2018) عن تأثير إضافة مستخلص خميرة الخبز على نشاط وقوة تخمر خميرة الخبز الفورية، حيث وجدت أن إضافة هذا المستخلص بنسبة 5% لم يكن لها تأثير كبير على قوة التخمر، أما عند إضافتها بنسبة 7.5% و10% أدت إلى انخفاض القدرة الغازية لخميرة الخبز الفورية حيث قللت نشاط الخميرة بنسبة 12.1% على الرغم من أنها أغنت الخبز الناتج بالبروتينات والزنك والحديد.

4-4- نتائج اختبار حموضة الخبز قبل وبعد التخزين:

من المعروف أن سلالات clostridia تنتج حمض الزبدة عن طريق تخمير الكربوهيدرات كأحد منتجات الاستقلاب الأساسية إلى جانب حمض اللاكتيك والخل، بالإضافة إلى بعض كميات الأيزوبيوتيرات اعتماداً على التركيب الكيميائي للركيزة ونوع السلالة المستخدمة.

يبين الشكل (13) نتائج تحليل الخبز المحضر وفق عينات الدراسة في اليوم الأول والسادس من حيث الحموضة:



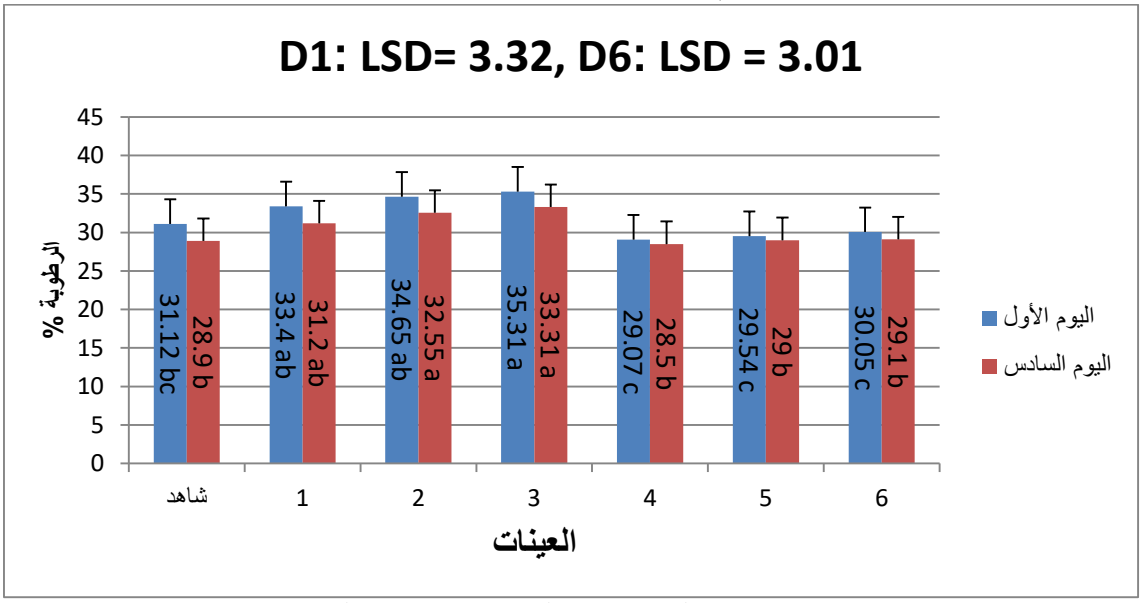
الشكل(13) مقارنة نتائج الحموضة لعينات الخبز المدروسة

حيث يتبين من الشكل (13) وجود فرق مهم إحصائياً في نتائج حموضة الخبز بين عينة الشاهد والعينات المحضرة باستخدام خميرة الحمص السائلة حيث كانت درجة pH في العينات المحضرة باستخدام خميرة الحمص السائلة أعلى مما هي عليه في عينة الشاهد. كما لوحظ وجود فرق مهم إحصائياً بين خبز عينة الشاهد والخبز المحضر باستخدام خليط من خميرة الخبز ونسب متزايدة من خميرة الحمص السائلة، حيث انخفض pH من 5.6 في عينة الشاهد إلى 5.3 و 5.2 و 5.15 في العينات المحضرة باستخدام خليط من خميرة الخبز بنسبة 1.5% ونسب متزايدة من خميرة الحمص السائلة 11%، 33%، 55% على التوالي بسبب حجم غاز Co2 الزائد الذي ينحل في ماء العجين ويعطي حمض الكربون الذي يساهم في

زيادة حموضة الخبز الناتج. حبث عينة العجين المحضر بنسبة خلط (11%:1.5%) هي العينة الأفضل، وهذه النتائج تتوافق مع نتائج (Nouska et al., 2023) حيث وجد أنه في جميع أنواع الخبز المحضر باستخدام عجين الحمص المخمر أن تركيز حمض الأسيتيك يليه الأيزبيوتريك أقل بكثير مما هو عليه في الخبز المصنع باستخدام خميرة الخبز، كما أن حمض الزبدة والأيزوبيوتريك هما المسؤولان عن النكهة المميزة الشبيهة بالزبدة في الخبز المدعم بخميرة الحمص. حيث تجتمع الحموضة الناتجة عن خميرة الخبز مع الحموضة الناتجة عن خميرة الحمص مما ساهم في انخفاض pH في هذه العينات بالمقارنة مع عينة الشاهد.

4-5- نتائج اختبار رطوبة الخبز قبل وبعد التخزين:

أثناء التخزين يفقد الخبز نضارته ويصبح نسيج الخبز أكثر صلابة بسبب فقدان الرطوبة وتراجع جزيئات النشاء وتحول شبكة الغلوتين المائية إلى الحالة البلورية. وتعد رطوبة الخبز من أهم خصائص جودة منتجات الخبز، وتؤثر كمية الماء في الخبز بشكل كبير على خصائصه التركيبية. ويبين الشكل (14) نتائج تحليل الخبز المحضر وفق عينات الدراسة في اليوم الأول والسادس:



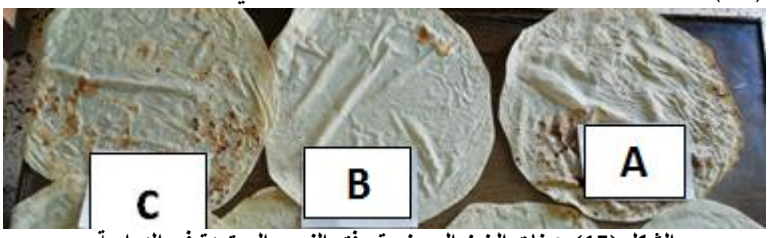
الشكل(14) مقارنة نتائج الحموضة لعينات الخبز المدروسة

يلاحظ من الشكل(14) وجود فرق مهم إحصائياً في نتائج الرطوبة بين عينة الشاهد والعينات المحضرة باستخدام كل من خميرة الحمص السائلة والبودرة حيث ارتفعت من 31.12% في عينة الشاهد إلى 33.4% و 34.65 و 35.31% في العينات المحضرة باستخدام خميرة الحمص السائلة بنسب 11% و5%33 و55% على التوالي. حيث لوحظ أن الخبز المحضر باستخدام خميرة الحمص السائلة ذو محتوى رطوبة أعلى من جميع العينات، ويمكن أن يعزى ذلك إلى قدرة هذه الخميرة على إذابة الألياف الغذائية الموجودة في دقيق القمح وبالتالي زيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء. وتتوافق هذه النتائج مع نتائج الدراسة التي أجراها (Nouska et al., 2023) حيث تبين أن دمج عجين الحمص المخمر مع عجين دقيق القمح يؤثر على إعادة توزيع الرطوبة في الخبز وأن خبز خميرة الحمص السائلة ذو أعلى محتوى رطوبة.

ولكن لوحظ وجود فرق مهم إحصائياً بين خبز عينة الشاهد والخبز المحضر باستخدام خليط من خميرة الخبز ونسب متزايدة من خميرة الحمص السائلة، حيث انخفضت من 31.12% في عينة الشاهد إلى 29.07% و 29.54% و 30.05% في العينات المحضرة باستخدام خليط من خميرة الخبز بنسبة 1.5% ونسب متزايدة من خميرة الحمص السائلة 11%، 33%،55% على التوالي. حيث أن فعالية التخمير ساهمت في تبخر الماء الزائد والحصول على الرطوبة المناسبة للخبز حسب المواصفة القياسية السورية للخبز (م.ق.س. 2019:3761). حبث تبين وفق هذه المواصفة أن عينة الخبز الأفضل هي العينة 4 المحضرة بنسبة خلط (11%:1.5%).

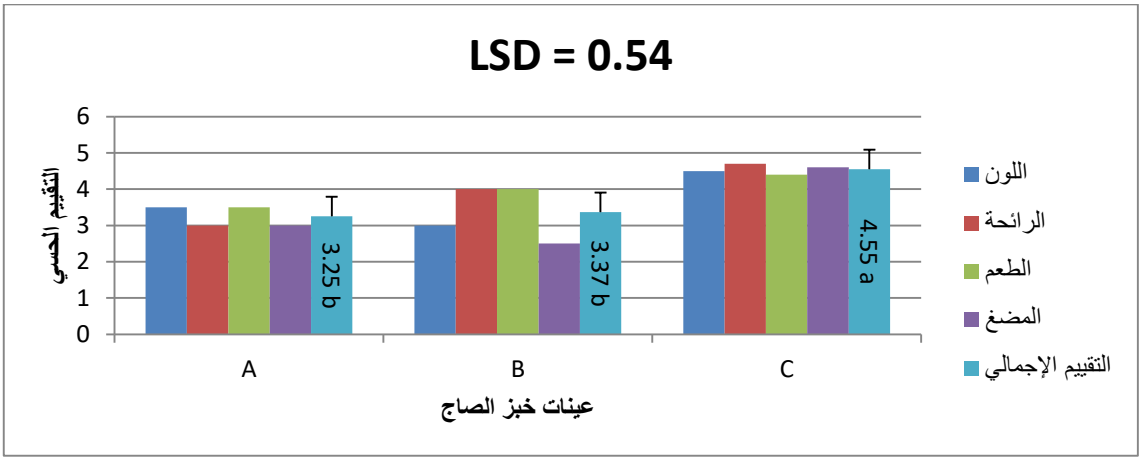
4-6- نتائج التقييم الحسي للخبز:

يبين الشكل (15) عينات الخبز المحضرة وفق النسب المعتمدة في الدراسة:



الشكل (15) عينات الخبز المحضرة وفق النسب المعتمدة في الدراسة

ويبين الشكل (16) نتائج التقييم الحسي لـ7 عينات من الخبز الصاج المحضر بنفس التركيز لجميع العينات



الشكل (16) نتائج التقييم الحسي لعينات خبز الصاج المدروسة

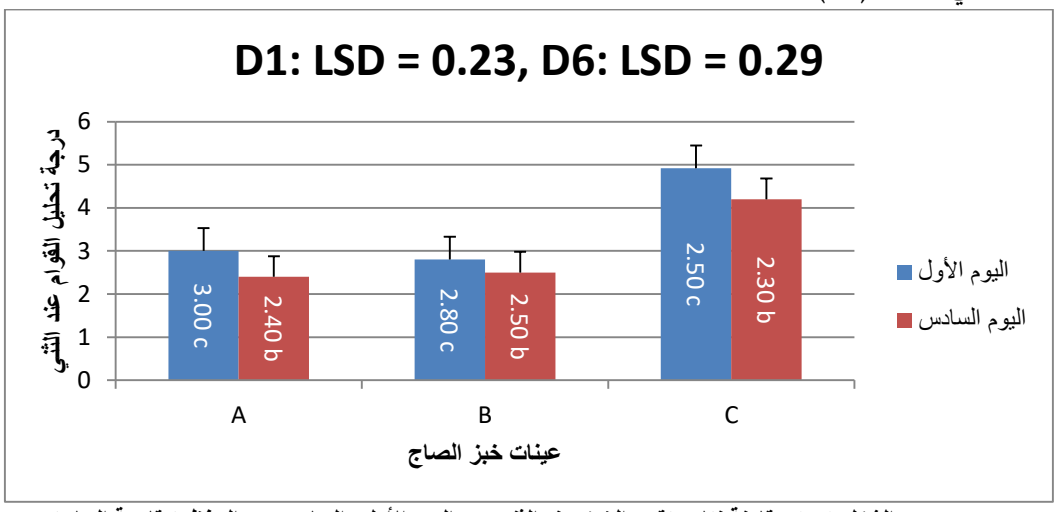
يلاحظ من الشكل (16) عدم وجود فرق مهم إحصائياً في نتائج التقييم العام بين عينة الشاهد (A) وعينة الخبز المحضر باستخدام خميرة الحمص السائلة (B)، حيث لعبت خميرة الحمص دوراً هام في تفضيل عيناتها من حيث الرائحة والطعم، بينما كان تقييمها أقل من حيث المضغ مما سبب تقارب نتائج التقييم العام بين خبز الشاهد وخبز خميرة الحمص السائلة.

كما يلاحظ وجود فرق مهم إحصائياً بين خبز الشاهد والخبز المحضر باستخدام خليط من خميرة الخبز وخميرة الحمص السائلة (D)، حيث ارتفع التقييم العام من 3.25 إلى 4.55 بسبب تفوقها في جميع الصفات الحسية.

وبالتالي يمكن القول أن خميرة الحمص قد أسهمت في تحسين خميرة الخبز وهذا ما وضحته جميع النتائج السابقة وهذه النتائج توافق النتائج التي توصل إليها الباحث (Nouska et al., 2023) حيث أظهر

الخبز المخمر باستخدام عجين الحمص المخمر والمجفد أعلى درجة قبول حيث وفر هذا البادئ رائحة وطعماً يشبه الزبدة لخبز عجين القمح وهذا ما اعتبره المقيمون ممتعاً مما يزيد من قبوله العام. وهذا يتوافق أيضاً مع النتائج التي توصلت إليها (Gul et al., 2018) التي افترضت أن إضافة مستخلص خميرة الحمص في تحضير الخبز يزيد من قبول المنتجات المخبوزة المدعمة، كما بين الباحث (Sahin et al., 2018) أنه تم تفضيل الخبز الخالي من الغلوتين المعتمد على دقيق الأرز عندما تم تضمين العجين المخمر السائل أو المجفد الحاوي على بادئ خميرة الحمص.

كما يضم التحليل الحسي مقارنة نتائج تقييم الخبز عند الثني بين اليوم الأول والسادس من الحفظ والمبينة في الشكل (17):



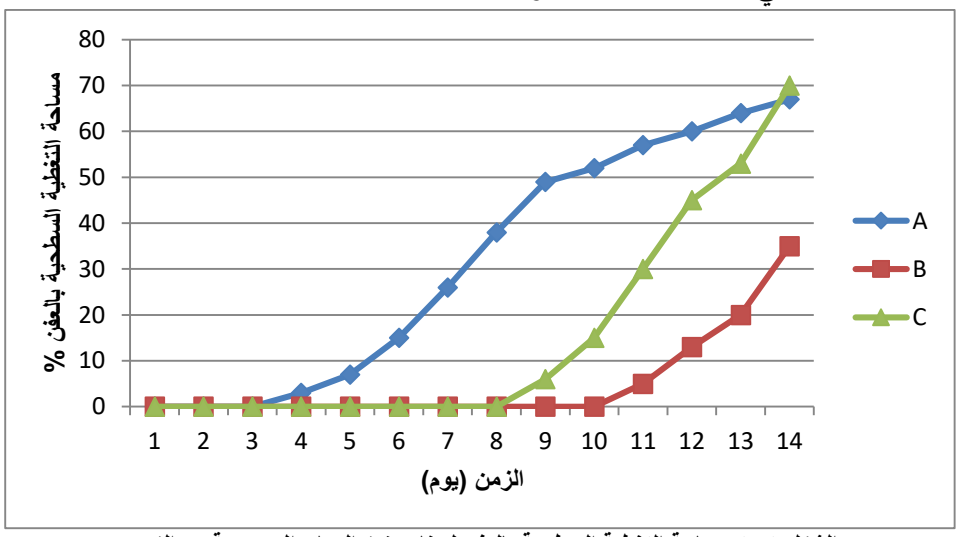
الشكل (17) مقارنة نتائج تقييم الخبز عند الثني بين اليوم الأول والسادس من الحفظ (مقاومة البيات)

يلاحظ من الشكل (17) وجود فرق معنوي في قوام الخبز من اليوم الأول إلى السادس باختلاف طرق تحضير العجين، كما يلاحظ أن الخبز (C) المحضر باستخدام خليط من خميرة الخبز بنسبة 1.5% وخميرة الحمص السائلة بنسبة 11% هو الأفضل، وبالتالي فإن الخبز المحضر بهذه الطريقة يبقى محافظاً على طازجيته لفترة أطول من الخبز المحضر بالطرق الأخرى، وبالتالي هنا يبرز الدور الهام لخميرة الحمص في الحفاظ على طازجية الخبز من خلال محتواها الأنزيمي الذي يحافظ على طازجية الخبز لأطول فترة ممكنة. حيث بين الباحثان (Biliaderis et al., 1995) و (Xing et al., 2021) أن ذلك يعود إلى احتواء الحمص على الألياف منها البيتاغلوتان والأرابينوكسيلان وهي سكريات متعددة حاوية على مجموعات هيدروكسيلية متعددة، وهذه المجموعات الهيدروكسيلية قادرة على ربط الماء الحر وتمنع حركته وفقده أي الحفاظ على طراوة الخبز أطول فترة ممكنة وبالتالي تأخير البيات والحفاظ على قوام الخبز عند الثني.

4-7- نمو العفن في الخبز:

يتم عرض التغطية السطحية للخبز عن طريق نمو العفن أثناء التخزين عند 25°C ، حيث يبين الشكل (18) نمو العفن في اليوم الرابع في عينة الخبز A المحضر باستخدام خميرة الخبز. أما عينات الخبز B و C المحضرة باستخدام خميرة الحمص السائلة أظهرت نمو العفن بعد 11 و9 أيام من التخزين على

التوالي، ويعود ذلك إلى ارتفاع تركيز حمض الخل في الخبز. حيث كانت العينة B المحضرة باستخدام خميرة الحمص فقط بنسبة 11% هي الأفضل من حيث نمو العفن.



الشكل (18) مساحة التغطية السطحية بالعفن لعينات خبز الصاج المدروسة مع الزمن

وهذا يتوافق مع النتائج التي توصل إليها الباحث (Nouska et al., 2023) حيث وجد أن إضافة عجين الحمص المخمر إلى تركيبات خبز القمح لا يؤدي إلى إطالة مدة صلاحية الخبز بسبب تأخير بياته بل يؤخر أيضاً تلفه بشكل فعال بسبب تأخير نمو العفن بالمقارنة مع خبز خميرة الخبز.

٥- الاستنتاجات والتوصيات:

5-1- الاستنتاجات:

- وجود فروق معنوية واضحة في حجم الغاز المتشكل في تجربة SJA بين العينات المحضرة باستخدام خميرة الحمص وعينة الشاهد المحضرة باستخدام خميرة الخبز حيث انخفض حجم الغاز في العينات المحضرة باستخدام خميرة الحمص عما هو عليه في عينة الشاهد.
- وجود فروق معنوية واضحة في حجم الغاز المتشكل في تجربة SJA بين العينات المحضرة باستخدام خليط من خميرة الخبز وخميرة الحمص مقارنة مع عينة الشاهد المحضرة باستخدام خميرة الخبز فقط حيث أعطت نسبة الخلط (11%:1.5%) أعلى حجم منتج من غاز CO2.
- أعطت نتائج التقييم الحسي لخبز الصاج المحضر باستخدام خليط من خميرة الخبز وخميرة الحمص السائلة قيم أفضل من عينة الشاهد، بينما كان التقييم الحسي أقل عند استخدام خميرة الحمص لوحدها.
- الخبز المحضر باستخدام خليط من خميرة الخبز وخميرة الحمص السائلة هو الأفضل من حيث المحافظة على القوام عند الثني، أي من حيث البيات فقد حافظ على طازجيته بشكل أفضل من الخبز المحضر باستخدام خميرة الخبز فقط.

5-2- التوصيات: بناء على ما سبق نوصي بما يلي:

-استخدام خميرة الحمص السائلة كمدعم لخميرة الخبز من أجل الوصول بالخبز إلى الطعم والنكهة والطازجية المطلوبة.

-إضافة أنواع من المواد المساعدة مثل المستحضرات الإنزيمية لتحسين خميرة الحمص وتدعيمها بحيث تحل محل خميرة الخبز.

-معرفة إمكانية استخدام هذه الخميرة في إنتاج الخبز العربي وتقييم موصفاته الحسية.

المراجع:

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 (16)، العدد (37)، 114-90.

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

1- المراجع الأجنبية:

[3] Saad AM, Elmassry RA, Wahdan KMM, Ramadan MF. Chickpea (Cicer arietinum) steep liquor as a leavening agent: effect on dough rheology and sensory properties of bread. Acta Periodica Technolo. 2015;46:91–102.

[4] Khafaji, Z.M.; Abdul-Hussien, S.S.; Rabiee, M.K. Substition of baker yeast by chickpea infusion in production of some bread types. Iraqi J. Agric. Sci. 1994, 25, 227-236.

[5] Hatzikamari,M.; Kyriakidis,D.A.; Tzanetakis,N.; Biliaderis, C.G.; Litopoulou-Tzanetaki, E. (2007). Biochemical Changes during a Submerged Chickpea Fermentation Used as a Leavening Agent for Bread Production. Eur. Food Research and Technology, 224, 715-723.

[6] Ternovskoy, G., Kuznetsova, L., Shleikin, A., Martinovic, A., & Oreshko, L. (2013). Application of sour dough in the production of gluten free bread. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, *12*(4), 355-358.

[7] Zamani, J., Pournia, P., & Seirafi, H. A. (2008). A novel feeding method in commercial baker's yeast production. *Journal of applied microbiology*, *105*(3), 674-680.

[8] AACC (2010). International 44-15.02 (Moisture Content) Methods. In Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists; American Association of Cereal Chemists International: St. Paul, MN, USA.

[9] Williams, P. C., El-Haramein, F. J., Nelson, W., & Srivastava, J. P. (1988). Evaluation of wheat quality for the baking of Syrian-type two-layered flat breads. Journal of Cereal Science, 7(2), 195-207.

[10] Nouska, C., Hatzikamari, M., Matsakidou, A., Biliaderis, C. G., & Lazaridou, A. (2023). Enhancement of textural and sensory characteristics of wheat bread using a chickpea sourdough fermented with a selected autochthonous microorganism. *Foods*, *12*(16), 3112-3123.

[11] Erginkaya, Z., Turhan, E. Ü., & Özer, E. A. (2016). The production of bread with chickpea ferment and dominant microflora. Ziraat fakultesi dergisi, Uludag Universitesi, 30 (1), 89-99.

[12] Sharma, N.K.; Keerqin, C.; Wu, S.-B.; Choct, M.; Swick, R.A. Emissions of Volatile Odorous Metabolites by Clostridium Perfringens In Vitro Study Using Two Broth Cultures. Poult. Sci. 2017, 96, 3291–3297.

[13] Lacumin, L.; Comi, G. (2021). A Survey of a Blown Pack Spoilage Produced by Clostridium Perfringens in Vacuum–Packaged Wurstel. Food Microbiol., 94, 103654, 401-311.
[14] Yin, Y., Wang, J., Yang, S., Feng, J., Jia, F., & Zhang, C. (2015). Protein degradation in wheat sourdough fermentation with Lactobacillus plantarum M616. *Interdisciplinary Sciences: Computational Life Sciences*, *7*, 205-210.
[15] Vučurović, V. M., Puškaš, V. S., Miljić, U. D., Filipović, J. S., & Filipović, 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*, *22*(3), 150-152.
[16] Gül, H., Hayıt, F., Acar, C., Kurt, N., & Dizlek, H. (2018). Effects of chickpea-based leavening extract on physical, textural and sensory properties of white wheat bread. *International journal of food engineering*, *14*(5-6), 190-206.
[17] Şahİn, N., Koyuncu, M., & Sayaslan, A. (2018). Effects of chickpea yeast utilization on gluten-free bread. 513-524.
[18] Biliaderis, C. G., Izydorczyk, M. S., & Rattan, O. (1995). Effect of arabinoxylans on bread-making quality of wheat flours. *Food chemistry*, *53*(2), 165-171.
[19] Xing, Q., Kyriakopoulou, K., Zhang, L., Boom, R. M., & Schutyser, M. A. (2021). Protein fortification of wheat bread using dry fractionated chickpea protein-enriched fraction or its sourdough. *LWT*, *142*, 110931, 315-325.