

تأثير إضافة نسب مختلفة من النخالة المتخمرة في الخصائص الفيزيوكيميائية والحسية لخبز الصاج

نورا جمال*¹ وسماهر صقور¹



¹ قسم علوم الأغذية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(*للمراسلة: نورا جمال، البريد الإلكتروني: noura.jamal@tishreen.edu.sy، هاتف: 0940722518)

تاريخ الاستلام: 2024 /05 /13 تاريخ القبول: 2024 /08 /20

الملخص

هدف البحث لتحديد تأثير استخدام نسب مختلفة من النخالة المتخمرة (5%، 10%، 15%، 20%) في بعض الصفات الريولوجية للدقيق، وكذلك الخصائص الفيزيوكيميائية والحسية لخبز الصاج، حيث أُجري هذا البحث في أحد المخابز الخاصة وقد أُجريت التحاليل في مخبر الحبوب ومخبر الأبحاث في قسم علوم الأغذية بكلية الهندسة الزراعية - جامعة تشرين وفي مخبر الحبوب التابع للمؤسسة الحبوب في محافظة اللاذقية، خلال عامي 2023-2024. بينت النتائج انخفاض حمض الفايترك في النخالة نتيجة عملية تخميرها باستخدام *Saccharomyces cerevisiae*، كما لوحظ انخفاض معنوي في الغلوتين الرطب عند دراسة خلطات الدقيق المحضرة من إضافة النخالة المتخمرة بنسب مختلفة مع ارتفاع نسب الإضافة، كما أظهرت نتائج الميكسولاب ارتفاع نسبة امتصاص الماء وزمن تطور العجين وانخفاض معدل البيات مع ازدياد نسب الإضافة، بالمقابل لوحظ ارتفاع نسبة الرطوبة والرماد والألياف الخام والمحتوى الفينولي والقدرة المضادة للأكسدة بشكل معنوي مع ازدياد نسب الإضافة. كما تمّ ملاحظة ظهور لون غامق للخبز ورائحة محببة عند نسب الإضافة المنخفضة، وقد حققت نسبة إضافة 15% قبولاً حسيّاً لخبز الصاج الناتج عند إجراء التحليل الإحصائي.

الكلمات المفتاحية: نخالة متخمرة، خبز صاج، خميرة *Saccharomyces cerevisiae*، دقيق القمح.

المقدمة:

تحتوي النخالة على حمض الفايترك (Myo-inositol-1,2,3,4,5,6-hexaphosphate)، وهو مركب حلقي مخلبي يرتبط في الجهاز الهضمي وبشروط فيزيولوجية مع الكاتيونات، مثل الزنك Zn^{+2} ، والحديد Fe^{+2} ، والكالسيوم Ca^{+2} ، والمغنيزيوم Mg^{+2} ، وهذا يؤدي إلى تخفيض امتصاصها (Servi et al., 2008)، كما يرتبط بقوة مخلبية مع البروتينات والنشاء والأحماض الأمينية مشكلاً معقدات غير منحلة في الجهاز الهضمي، مما يؤثر سلباً في عمليات الاستقلاب المختلفة، ويقلل قابليتها للهضم (Wang and Guo, 2021)، وفي دراسة أجراها (ياسين، 2013) على تراكيز حمض الفايترك في بعض الأغذية المستهلكة في مدينة اللاذقية، تبين ارتفاع محتوى نخالة القمح من حمض الفايترك حيث بلغ 3.57%، و 2.05% في خبز نخالة القمح، بينما بلغ 0.21% في الخبز الأبيض، وقد وجد (الطالب، 2014) أنّ تحضير الخبز العربي باستخدام الطريقة المباشرة قد خفّض من محتواه بحمض الفايترك 20% مقارنة بالدقيق المستخدم، بينما ساهمت مضاعفة كمية الخميرة بالخطوة إلى تراجع نسبة حمض الفايترك في الخبز حتى 30%، يمكن الاستفادة من عملية التخمير في تخفيض نسبة حمض الفايترك بالنخالة، حيث تعتمد أغلب عمليات التخمير على التخمير التلقائي العشوائي، أو على إضافة البادئ. يعتمد التخمير التلقائي العشوائي على الحمولة الميكروبية الطبيعية؛ حيث تحتوي النخالة على عدد مرتفع من الميكروبات مقارنة بالدقيق، بالإضافة إلى أنّ وجود الأحياء الدقيقة على سطح النخالة بعد عملية ترطيب القمح لإنتاج الدقيق يزيد من إمكانية نموها أثناء التخمير، مما قد يؤدي إلى مخاطر عند استخدامها (Sadh et al., 2018)، أما في حالة استخدام بادئ، فغالباً ما تستخدم خميرة الخباز *Saccharomyces cerevisiae* وبكتيريا حمض اللاكتيك، وقام (Zhao et al., 2017) باستخدام بكتيريا حمض اللاكتيك (LAB) حيث استخدم *Lactobacillus* (*Lactobacillus bulgaricus*، *Streptococcus thermophiles*) بالإضافة إلى خميرة الخباز *Saccharomyces cerevisiae* لتخمير نخالة القمح في الحالة الصلبةSSF، تبين تخفيض في محتوى النخالة من مضادات التغذية، مثل حمض الفايترك، بالإضافة إلى ازدياد نسبة الألياف الغذائية القابلة للذوبان، يمكن أن يقلل أنزيم الفايترز المنتج بوساطة هذه الأحياء الدقيقة من محتوى حمض الفايترك مما يساعد في تحسين القيمة الغذائية (Verni et al., 2019). تستخدم خميرة الخباز *Saccharomyces cerevisiae* على نحو واسع، وتعدّ متوفرة ورخيصة الثمن، حيث تنتج خميرة الخباز العديد من الإنزيمات (Hur et al., 2014; Minnaar et al., 2017)، وعادة ما يتم استخدام طرائق متعددة في التخمير أهمها التخمير المغمور Submerged Fermentation أو التخمير في الحالة الصلبة (SSF) Solid-State Fermentation (Sadh et al., 2018)، إلا أنّ العديد من الدراسات تشير إلى تفوق تخمير الحالة الصلبة على الطرق الأخرى نظراً لانخفاض التكلفة الاقتصادية وتوفير المواد الأولية (Melini et al., 2020)، وقد حسنت عملية التخمير بطريقةSSF لمدة 0-6 أيام في نخالة القمح والشوفان من المحتوى الفينولي، والقدرة المضادة للأكسدة، وتمّ الحصول على أعلى محتوى فينولي لنخالة القمح خلال اليوم الثالث (Călinoiu et al., 2019)، كما قام (Zhang and Tan, 2021) بدراسة تأثير استخدام نسب مختلفة من *S. cerevisiae* و *Lactobacillus plantarum*، والتخمير بالحالة الصلبة في الخصائص الفيزيوكيميائية للنخالة المتخمرة. حيث وجد أن استخدام نسبة 1:2 (خميرة: بكتيريا حمص اللين) يُحسن الخصائص التصنيعية للنخالة، ويؤدي للحصول على أفضل جودة لخبز القمح الكامل، وأشار (Sorour et al., 2022) إلى تخفيض حمض الفايترك، وتحسّن الخصائص الوظيفية للنخالة المتخمرة بطريقةSSF.

أهمية البحث وأهدافه: تتبع أهمية البحث في دراسة تأثير عملية تخمير النخالة عن طريق التخمير بالحالة الصلبةSSF بوجود خميرة الخباز *Saccharomyces cerevisiae* في محتواها من حمض الفايترك مما ينعكس إيجاباً على خصائصها التغذوية،

بالإضافة تحديد تأثير نسب النخالة المتخمرة في خصائص خبز الصاج لما لها من تأثير كبير في الخصائص الريولوجية والحسية للخبز المنتج، حيث هدف البحث إلى تخفيض محتوى النخالة من حمض الفايترك ودراسة تأثير عملية تصنيع الخبز الصاج باستخدام نسب مختلفة (5%، 10%، 15%، 20%) من النخالة المتخمرة، وتقييم الخصائص الريولوجية للخلطات والخصائص الحسية والكيميائية للخبز الناتج.

مواد البحث وطرقه:

المواد الكيميائية المستخدمة: توزعت مصادر المواد الكيميائية المستخدمة من شركات عدّة (Poch, Poland; Sigma- Aldrich, Germany; Himedia, India; Qualikems, India) أما الخميرة *Saccharomyces cerevisiae* (ATCC20408/S288C) من شركة (Qualikems, India).

المواد اللازمة لتصنيع خبز الصاج: تمّ الحصول على المواد اللازمة لتصنيع خبز الصاج من السوق المحلية والتي تشمل دقيق زيرو والسكر 2.5% والملح 2% والخميرة الجافة 0.1% وفق الوصفة المتبعة في (Quail, 2016)، بالإضافة إلى النخالة التي تمّ الحصول عليها من أحد المطاحن الخاصة.

طرائق البحث:

- 1- تحضير النخالة المتخمرة: أُجري التخمير بطريقة Solid State Yeast Fermentation (SSYF) وفق (Zhao et al., 2017).
- 2- تقدير حمض الفايترك: تمّ تقدير حمض الفايترك وفق (Wheeler and Ferrel, 1971).
- 3- تصنيع خبز الصاج: تمّ تصنيع الخبز وفق (Quail, 2016).
- 4- تقدير الخصائص الريولوجية للخلطات:
 - الغلوتين الرطب وفق (AACC, 2000, 38-12A).
 - الخصائص الريولوجية باستخدام جهاز ميكسولاب (Mixolab, Chopin, France) وفقاً لـ (AACC, 2010, 54-60.01).
- 5- التقييم الحسي: تمّ إجراء الاختبارات الحسية في جامعة تشرين كلية الهندسة الزراعية/ قسم علوم الأغذية. وقد تمّ تقويم النماذج حسيًا من قبل 20 شخصاً طبقاً لاستمارة التقويم الحسي، حيث تمّ تحديد الصفات الحسيّة بإجراء استبيان وفقاً للطريقة المعتمدة على إعطاء العينات أرقاماً من (1-5) وفقاً لـ (Alfin, 2000).
- 6- تقدير التركيب الكيميائي لخبز الصاج: تمّ التقدير على أساس الوزن الجاف (dry weight) dw.
 - تقدير محتوى الرطوبة وفقاً لـ (AACC, 2000, 44-15A).
 - محتوى الرماد وفقاً لـ (AACC, 2000, 08-01).
 - محتوى البروتين وفقاً لـ (AACC, 2000, 46-12).
 - محتوى الدهن وفقاً لـ (AACC, 2000, 30-10).
 - محتوى الألياف الخام وفقاً لـ (AOAC, 2005).
 - محتوى الكربوهيدرات وفقاً لـ (Hager, et al., 2012).

- تحضير المستخلصات: تمَّ أخذ 0.5 غ من عينات الخبز لتحضير مستخلصات ايتانول 80% على درجة حرارة الغرفة لمدة 16 ساعة ثم التثقيب بمثقلة نوع Hettich بسرعة دوران 10000د/د .
- تقدير المحتوى الفينولي الكلي: وفق (Esposito *et al.*, 2005).
 - تقدير فعالية مضادات الأكسدة: وفق (Oyaizu, 1986) بطريقة FRAP.
- 7- التقييم الإحصائي: تمَّ إجراء جميع الاختبارات بأخذ ثلاثة مكررات وتحديد الانحراف المعياري، وتمَّ تحليل البيانات باستخدام T test للمقارنة بين متوسطي عينتي النخالة قبل التخمير وبعده، واختبار أسلوب تحليل التباين الأحادي ANOVA One-Way عند مستوى معنوية 0.05 واستخدام اختبار Duncan لتحديد اتجاهات الفروق بين الخلطات، حيث تمَّ تحليل البيانات باستخدام برنامج (IBM, SPSS 25).

النتائج والمناقشة:

1. تأثير عملية التخمير في محتوى النخالة من حمض الفايترك: لوحظ في الجدول (1) انخفاض نسبة حمض الفايترك في نخالة القمح من 3.34 غ/100 غ إلى 2.17 غ/100 غ في النخالة المتخمرة، وتتفق هذه النتائج مع (Rezaei *et al.*, 2019) الذي تبين أيضاً انخفاض في محتوى النخالة من حمض الفايترك نتيجة عملية التخمير، فقد بلغت نسبة الانخفاض (40.0، 53.6، 61.5)% عند تخمير النخالة بأقطار تتراوح (100-200، 200-300، 300-400) ميكرون على التوالي، وحسب (Joudaki *et al.*, 2023) يُعزى هذا الانخفاض نتيجة لإنتاج إنزيم الفايترز في أثناء عملية التخمير، حيث تحد إزالة مجموعات الفوسفات من قدرة حلقة الإينوزيتول على الارتباط بالعناصر المعدنية، وفسر (Zhao *et al.*, 2017) ذلك لعدة أسباب منها إمكانية تحلل حمض الفايترك بوساطة إنزيم الفايترز المنتج من قبل الخميرة في أثناء عملية التخمير، وكذلك يمكن أن يتحلل حمض الفايترك بوساطة الفوسفاتيز المنتج من قبل الكائنات الحية الدقيقة.

الجدول (1): تأثير عملية التخمير SSF على المحتوى من حمض الفايترك

قيمة t	نخالة القمح المتخمرة	نخالة القمح	حمض الفايترك (%)
10.52	2.17±0.02	3.34±0.01	

2. تأثير استخدام النخالة المتخمرة في بعض خصائص دقيق خلطات خبز الصاج: لوحظ في الجدول (2) انخفاض نسبة الغلوتين الرطب عند استخدام النخالة المتخمرة في الخلطات المختلفة، حيث يعدُّ الغلوتين مكوناً وظيفياً ويحدد نوع العجين والخصائص التصنيعية لدقيق القمح، يتكون من بروتينين هما الغلوتينين والغلاديين، لا يتشكل إلا بعد ترطيب العجين والمزج الميكانيكي، لذلك لا يمكن تقدير الغلوتين في الدقيق دون صنع العجينة، حيث تتكون روابط ثنائية السيلفيد بين الغلوتينين والغلاديين خلال عملية الخلط، حققت عينة الشاهد نسبةً وقدرها 33.4%، وانخفضت إلى (32.3، 31.9، 30.5، 29.1)% عند استخدام النخالة المتخمرة بنسبة (5، 10، 15، 20)% على التوالي، وتتفق هذه النتائج مع (Lee *et al.*, 2020) الذي لاحظ انخفاضاً في الغلوتين الرطب مع ازدياد نسب الإضافة من النخالة، حيث يحتوي دقيق الخلطات على النخالة، والتي تعدُّ غنية بالألبومين والغلوبيولين والتي لا تشكل الغلوتين (Steinfurth *et al.*, 2012).

الجدول (2): تأثير إضافة النخالة المتخمرة في نسبة الغلوتين الرطب لدقيق الخلطات

الغلوتين الرطب (%)	خصائص الدقيق
33.4±0.1 ^a	دقيق الشاهد
32.3±0.2 ^b	5%
31.9±0.1 ^b	10%
30.5±0.5 ^c	15%
29.1±0.4 ^d	20%

تعبّر القيم عن المتوسط \pm الانحراف المعياري، كما تشير الأحرف المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي عند مستوى ($p < 0.05$). تظهر النتائج في الجدول (3) تأثير استخدام نخالة المتخمرة في قيم الميكسولاب لدقيق الخطات، على نحو عام لوحظ ازدياد امتصاص الماء عند إضافة النخالة المتخمرة، وترتبط زيادة امتصاص الماء مع زيادة مردود العجين حسب (Miller, 2011)، فالدقيق المحتوي على النخالة ترتفع فيه مكونات جدران الخلايا (حيث يمتص البننوزان حتى 10-15 ضعف وزنه من الماء)، يمثل زمن تطور العجين سرعة تشكيل شبكة الغلوتين بعد دمج دقيق القمح مع الماء، فقد تبين في هذه الدراسة ازدياد زمن تطور العجين بوجود النخالة المتخمرة، ووفقاً لـ (Messia et al., 2016) فإنّ ازدياد زمن تطور العجين أقل مما هو عليه عند استخدام نخالة القمح غير المتخمرة حيث ارتفعت بمقدار الضعف تقريباً عند إضافة النخالة بنسبة 20% من 2.8 دقيقة إلى 5.2 دقيقة، أما عند استخدام نخالة متخمرة بنسبة 20% فقد ازداد زمن تطور العجين من 2.8 دقيقة لعينة الدقيق إلى 3.9 دقيقة للخلطة، انخفض زمن الثباتية (الاستقرار) من 8.58 دقيقة في عينة الشاهد إلى 6.98 دقيقة في العينة المحتوية على 20% نخالة متخمرة، مما يشير إلى أنّ إضافة النخالة المتخمرة تؤدي إلى إضعاف الشبكة الغلوتينية والتي تصبح أقل استقراراً عند إطالة زمن الخلط، وتتفق هذه النتائج مع (Messia et al., 2016) الذي لاحظ انخفاض الثباتية من 12 دقيقة لعينة الدقيق إلى 8.7 دقيقة في العينة المحتوية على 20% نخالة و9.5 دقيقة في العينة المحتوية على 20% نخالة متخمرة، ويلاحظ من الجدول (3) انخفاض قيم العزم C2 إلا أنّ الفروق لم تكن معنوية عند استخدام النخالة المتخمرة، ولاحظ (Xhabiri et al., 2016) تبايناً في نتائج قيم عزم C2 مع استخدام نسب مختلفة من النخالة تصل إلى 20%، حيث انخفضت من 0.49 نيوتن متر إلى 0.45 نيوتن. متر لأحد الأصناف بينما انخفض من 0.54 نيوتن متر إلى 0.51 نيوتن. متر عند نسبة إضافة 15% ثم عاد وارتفع عند نسبة إضافة 20% إلى 0.54 نيوتن. متر في صنف ثانٍ، بينما على العكس ارتفع من 0.48 نيوتن. متر إلى 0.5 نيوتن. متر في صنف آخر. تمّ تحديد خصائص النشاء في المرحلة الثالثة، حيث لوحظ عند قيمة C3 انخفاض عزم عجين الخطات، ويُعزى ذلك إلى المنافسة على امتصاص الماء بين النشاء والنخالة الموجودة في الدقيق (Hadnadev et al., 2011)، وحسب (Hartikainen et al., 2014) أدت إضافة النخالة إلى تقليل لزوجة العجين بسبب انخفاض كمية النشاء في العينات مقارنة بعينة الشاهد. كما انخفض عزم C4 لدقيق الخطات، ويُعزى ذلك إلى احتواء دقيق الخطات على النخالة الغنية بألفا أميليز بالإضافة إلى الخميرة؛ أي إنّ عملية التخمير غيرت التركيب الكيميائي والخصائص الوظيفية للنخالة وهذه التغيرات الفيزيائية والكيميائية المعقدة أدت إلى تغيرات في مرونة ولزوجة viscoelasticity العجين (Li et al., 2018)، يمكن تفسير انخفاض جلتنة النشاء بسبب الحد من القدرة على انتفاخ الحبيبات، بينما انخفاض قيم عزم C4 وC5 قد يكون بسبب انخفاض معدل تمزق حبيبات النشاء في أثناء التسخين، نتيجة لبطء امتصاص الماء ومحدوديته من قبل حبيبات النشاء بوجود الألياف (Rosell et al., 2010)، ويدل انخفاض قيم C5 على تراجع أقل للنشاء وثباتية أطول بالتخزين وقوام أفضل للمنتج النهائي (Hadnadev et al., 2011)، وحسب (Hartikainen et al., 2014) لم يلاحظ أي فرق واضح بين العينات التي تحتوي على نخالة أو نخالة متخمرة بنسبة 10%، أما في العينات المحتوية على 20% نخالة اختلفت قيم اللزوجة المقدره بجهاز (RVA) Rapid Visco Analyzer بين عينات النخالة والنخالة المتخمرة، حيث خفّض التخمير اللزوجة القصوى واللزوجة النهائية، وحسب (Wang et al., 2021) قد يؤدي التخمير لإنتاج الأحماض العضوية التي تساعد في جعل pH الوسط ملائماً لسلاسل النشاء في المنطقة اللابلورية لتشكيل روابط هيدروجينية مع السلاسل الجانبية لألياف نخالة القمح.

الجدول (3): تأثير إضافة نخالة المتخمرة في قيم الميكسولاب للخلطات دقيق خبز الصاج

C5 (N. m)	C4 (N. m)	C3 (N. m)	C2 (N. m)	الثباتية (د)	زمن تطور العجين (د)	امتصاص الماء (%)	قيم الميكسولاب المعاملات
3.52±0.01 ^a	1.77±0.01 ^a	2.15±0.01 ^a	0.47±0.01	.858±0.01 ^c	1.45±0.01 ^e	53.7±0.3 ^e	دقيق الشاهد
3.28±0.02 ^b	1.72±0.02 ^b	2.08±0.02 ^b	0.46±0.02	8.95±0.01 ^b	1.60±0.02 ^d	54.1±0.2 ^d	5%
3.02±0.03 ^c	1.66±0.03 ^c	2.0±0.03 ^c	0.45±0.03	9.17±0.01 ^a	1.75±0.02 ^c	55.2±0.3 ^c	10%
2.95±0.01 ^d	1.61±0.01 ^d	1.9±0.02 ^d	0.45±0.02	7.44±0.01 ^d	1.89±0.01 ^b	56.4±0.1 ^b	15%
2.75±0.02 ^e	1.55±0.01 ^e	1.82±0.01 ^e	0.44±0.02	6.98±0.01 ^e	2.05±0.01 ^a	57.5±0.1 ^a	20%

تعبّر القيم عن المتوسط ± الانحراف المعياري، تشير الأحرف المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي عند مستوى (p<0.05).

3. تأثير استخدام نخالة المتخمرة في الخصائص الحسية لخبز الصاج: يُظهر الجدول (4) تقيماً للخصائص الحسية للخبز الناتج، حيث لوحظ وجود فروق معنوية من أجل أغلب الخصائص الحسية بين الخبز المنتج بعد إضافة النخالة المتخمرة بنسبة 20% وبين الشاهد، حيث أثرت عملية التخمير في لون الخبز الناتج، وتبين ازدياد اللون الداكن للخبز ويعود ذلك لازدياد مكونات تفاعل ميلارد نتيجة عملية التخمير، مما أدى لزيادة التلون باللون البني للرغيف، حيث إن استخدام النخالة المتخمرة ينتج خبزاً بألوان داكنة بالإضافة إلى لون النخالة الداكن أساساً. أثر استخدام النخالة المتخمرة في الرائحة، وهذا يتفق مع العديد من الدراسات السابقة التي عزت ذلك لزيادة كمية بعض المركبات البروتينية نتيجة عملية التخمير التي أدت لإنتاج بعض المركبات المسؤولة عن الرائحة مثل المركبات العطرية والألدهيدية (Rezaei et al., 2019).

الجدول (4): نتائج التقييم الحسي لخبز الصاج الناتج من استخدام خلطات نخالة متخمرة بنسب مختلفة

القبول العام	القوام	المضغ	الطعم	الرائحة	الطوي	لون الرغيف	الخصائص الحسية المعاملات
4.7±0.1 ^a	4.8±0.1 ^a	4.6±0.1 ^a	4.8±0.1	4.5±0.1 ^a	4.7±0.1 ^a	4.8±0.2 ^a	الشاهد
4.4±0.2 ^{ab}	4.6±0.1 ^b	4.4±0.2 ^{ab}	4.4±0.3	4.3±0.2 ^{ab}	4.2±0.2 ^b	4.5±0.1 ^{ab}	5%
4.2±0.3 ^b	4.4±0.2 ^{bc}	4.2±0.1 ^{abc}	4.3±0.2	4.2±0.1 ^{ab}	4.0±0.3 ^{bc}	4.1±0.2 ^{bc}	10%
4.0±0.4 ^{bc}	4.2±0.3 ^{cd}	4.0±0.4 ^{bc}	4.2±0.3	4.1±0.3 ^b	3.8±0.2 ^{cd}	3.8±0.4 ^{cd}	15%
3.8±0.1 ^c	4.0±0.1 ^d	3.8±0.2 ^c	4.0±0.1	4.0±0.2 ^b	3.5±0.1 ^d	3.5±0.1 ^d	20%

تعبّر القيم عن المتوسط ± الانحراف المعياري، وتشير الأحرف المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي عند مستوى (p<0.05).

ووفقاً ل (Katina et al., 2012) ترتفع الحموضة بشكل طفيف، حيث تخفض الأحماض المنتجة في أثناء التخمير من رقم ال pH للعجين، مما يؤثر في نشاط الإنزيمات وخصائص الغلوتين، ولا بد من الإشارة إلى تأثير ظروف عملية التخمير ومواصفات النخالة ونوعها في ذوبان البننوزان (Katina et al., 2007)، فوفقاً ل (Zhao et al., 2017) يمكن أن يتحلل الأرابينواكزيلان جزئياً بواسطة إنزيمات معينة، مما يؤدي لزيادة المحتوى من الأرابينواكزيلان القابل للذوبان في النخالة بسبب عملية التخمير، ورجح ذلك لإمكانية نمو الخميرة على نحو سريع في بداية التخمير، وعلى نحو عام أشارت النتائج إلى وجود قبول العام من قبل المتذوقين لخبز الصاج الناتج من خلطات تحوي نخالة متخمرة حتى نسبة 15%.

4. تأثير استخدام نخالة المتخمرة في التركيب الكيميائي لخبز الصاج: يبين الجدول (5) تأثير استخدام النخالة المتخمرة في التركيب الكيميائي لخبز الصاج، حيث لوحظ وجود فروق معنوية بين العينات المحتوية على النخالة المتخمرة والشاهد، فقد ارتفعت نسبة الرطوبة في الخبز المحتوي على النخالة المتخمرة نظراً لقدرتها على امتصاص الماء بصورة أكبر، وتتفق هذه النتائج مع (Sidhu et al., 1999) الذي لاحظ ازدياد نسبة الرطوبة مع ارتفاع المحتوى من النخالة، كما ارتفعت نسبة الرماد بين العينات المحتوية على نخالة متخمرة، نتيجة غنى النخالة بالعناصر المعدنية. ارتفعت نسبة البروتين مع ازدياد نسب الإضافة، حيث حققت عينة الشاهد نسبة وقدها 12.05% وازدادت إلى (12.19، 12.35، 12.49، 12.6) % عند استخدام النخالة المتخمرة بنسبة (5، 10، 15، 20)% على التوالي، حيث أن إضافة النخالة إلى الدقيق سواء كانت متخمرة أو غير متخمرة تؤدي إلى زيادة نسبة

البروتين الكلي في الدقيق، ووفقاً ل(Nordlund et al., 2013) يؤدي تخمير النخالة إلى زيادة البروتين على نحو ملحوظ، حيث بلغت نسبة الزيادة 10% مقابل النخالة غير المتخمرة، وحسب (Moore et al., 2007) من المحتمل أن تكون الزيادات الملحوظة نتيجة تكاثر الخميرة أي حدوث زيادة في إجمالي عدد الخلايا، وفسر (Nasseri et al., 2011) الزيادة في محتوى البروتين بعد التخمير بسبب استخدام الكائنات الحية الدقيقة للكربوهيدرات كمصدر للطاقة مما يؤدي إلى زيادة الكتلة الحيوية للخلية وإنتاج مركبات النيتروجين غير البروتينية، وكانت الزيادة أكثر وضوحاً في نسبة الألياف الخام التي ارتفعت عند استخدام النخالة المتخمرة في إنتاج خبز الصاج، حيث تزداد نسبة الألياف الخام مع زيادة نسبة الإضافة، إضافة إلى ارتفاع المحتوى الدهني في الخلطات المحتوية على النخالة المتخمرة، ولاحظ (Heshe et al., 2016) زيادة في محتوى الدهن في الخبز مع زيادة مستويات النخالة المضافة، وعزا ذلك إلى وجود الجنين مع النخالة في أثناء الطحن، مما ينتج ارتفاع المحتوى من الدهن مقارنة بخبز الشاهد، وهذا يتفق مع ما وجدته (Sidhu et al., 1999) الذي لاحظ ازدياد نسبة الدهن مع زيادة نسبة النخالة المستخدمة، بالمقابل يُلاحظ انخفاض المحتوى من الكربوهيدرات عند استخدام النخالة المتخمرة نتيجة ارتفاع نسبة البروتين والرطوبة والرماد والدهن، وهذا يعكس بانخفاض نسبة الكربوهيدرات نتيجة اعتماد طريقة الفرق.

الجدول (5): تأثير إضافة النخالة المتخمرة في التركيب الكيميائي لخبز الصاج (dw)

التركيب الكيميائي	الشاهد	%5	%10	%15	%20
رطوبة (%)	25.2±0.1 ^e	25.9±0.1 ^d	26.56±0.1 ^c	27.0±0.05 ^b	27.85±0.2 ^a
رماد (%)	0.85±0.02 ^e	0.94±0.03 ^d	1.01±0.01 ^c	1.08±0.02 ^b	1.15±0.01 ^a
بروتين (%)	12.05±0.1 ^d	12.19±0.1 ^{cd}	12.35±0.05 ^{bc}	12.49±0.1 ^{ab}	12.6±0.1 ^a
ألياف (%)	0.65±0.04 ^b	1.08±0.02 ^a	1.43±0.12 ^a	1.94±0.06 ^a	2.5±0.1 ^a
الدهن (%)	0.75±0.03 ^e	0.84±0.02 ^d	0.96±0.01 ^c	1.05±0.01 ^b	1.13±0.01 ^a
كربوهيدرات (%)	60.5±0.2 ^a	59.06±0.3 ^b	57.69±0.1 ^c	56.44±0.21 ^d	54.77±0.1 ^e
الفينولات الكلية*	0.91±0.04 ^e	1.15±0.05 ^d	1.28±0.02 ^c	1.46±0.04 ^b	1.67±0.03 ^a
مضادات الأكسدة**	0.9±0.02 ^e	1.25±0.03 ^d	1.53±0.01 ^c	1.75±0.01 ^b	2.03±0.01 ^a

*المحتوى الفينولي (مغ مكافئ حمض الغاليك /غ). ** المقدرّة المضادة للأكسدة (mM مكافئ حمض اسكوربيك/100غ).

تعبّر القيم عن المتوسط ± الانحراف المعياري، تشير الأحرف المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي عند مستوى (p<0.05). ومن جهة أخرى، لوحظ ارتفاع المحتوى الفينولي والقدرة المضادة للأكسدة مع ازدياد نسب الإضافة حيث تتركز المركبات الفينولية في طبقة النخالة، بالإضافة إلى أنّ عملية تخمير النخالة تؤدي إلى زيادة إضافية في المحتوى الفينولي والقدرة المضادة للأكسدة، وتتفق هذه النتائج مع (Seo et al., 2021) الذي لاحظ ارتفاعاً في المحتوى الفينولي الكلي للخبز المحضر بمخلوط الدقيق والنخالة مع زيادة نسب الإضافة، وذلك لتشكّل المركبات الفينولية في الخبز نتيجة تفاعل ميلارد، وحسب (Sharma and Gujral, 2014) فإنّ تفاعل ميلارد يساهم على نحو كبير في زيادة القدرة الإرجاعية عند الخبز حيث تعتمد طريقة FRAP على اختزال معقد Fe³⁺/ferricyanide إلى Fe²⁺ لتحديد القدرة على الاختزال من خلال إعطاء ذرة هيدروجين، كما لاحظ (Seo et al., 2021) ازدياد القدرة المضادة للأكسدة والمقدرة بطريقة DPPH للخبز المحضر من خلطات الدقيق والنخالة مع زيادة نسب الإضافة، فوفقاً ل(Călinoiu et al., 2019) يساهم نشاط الخميرة وإنتاجها للإنزيمات المختلفة في تحرر المركبات الفينولية، ممّا يؤدي لازدياد المحتوى الفينولي والقدرة المضادة للأكسدة.

الاستنتاجات والتوصيات:

- إنّ إضافة النخالة المتخمرة بنسبة 15% أدى للحصول على خبز مقبول بينما إضافة 20% أثر سلباً في الخصائص الحسية للخبز الناتج.

- تميز الخبز المحتوي على النخالة المتخمرة بارتفاع محتواه من الألياف والمحتوى الفينولي والقدرة المضادة للأكسدة. ونتيجة لما سبق يوصى بما يلي:
- تسويق خبز الصاج المحتوي على النخالة المتخمرة بنسبة 15% على أنه مصدر جيد للألياف مما يشجع استهلاكه.
- دراسة تأثير إضافة مصادر أخرى من الألياف لدقيق القمح المعد لتصنيع خبز الصاج.
- دراسة تأثير استبدال دقيق القمح بالنخالة المتخمرة بأنواع أخرى من المخبوزات ذات نسب منخفضة من الألياف ومحتوى منخفض من المركبات الفعالة بغرض الحصول على منتجات وظيفية.

المراجع:

- الطالب، زكاء (2014). دراسة تأثير طرق تحضير العجين على محتوى حمض الفيتك Phytic acid في الخبز العربي. مجلة جامعة البعث. 36 (18)، 185-206.
- ياسين، مفيد (2013). دراسة تراكيز حمض الفيتك في بعض الأغذية المستهلكة في مدينة اللاذقية. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية -سلسلة العلوم الأساسية. (1) 35، 73-84.
- A.O.A.C. Official Methods (2005) 18th edition, AOAC International, Suite 500, 481 North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland U S A, Pp 2417.
- AACC International Methods (2000). AACC International Approved Methods of Analysis, 10th ed. American Association of Cereal Chemists, Eds.; International Press: St. Paul, MN, USA . Pp2000.
- AACC International Methods (2010). A new AACC international approved method to measure rheological properties of a dough sample, American Association of Cereal Chemists International report. 55, 3.
- Alfin, F. (2000). A comparative study on the milling and flour characteristics of bread and durum wheats from Syria and Turkey. PH.D Theses. Department of Food Engineering, Ege Universitesi, Izmir, Turkey. Pp 172.
- Călinoiu, L. F.; Cătoi, A. F.; and D. C. Vodnar (2019). Solid-State Yeast Fermented Wheat and Oat Bran as A Route for Delivery of Antioxidants. Antioxidants. 8, 372.
- Esposito, F.; Arlotti, G.; Bonifati, A. M.; Napolitano, A.; Vitale, D.; and V. Fogliano (2005). Antioxidant activity and dietary fibre in durum wheat bran by-products .Food Research International. 38 (10), 1167-1173.
- Hadnađev, T. D.; Torbica, A.; and M. Hadnađev (2011). Rheological properties of wheat flour substitutes/alternative crops assessed by Mixolab. Procedia Food Science. 1, 328 –334.
- Hager, A. S.; Wolter, A.; Jacob, F.; Zannini, E.; and E. K. Arendt (2012). Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. Journal of Cereal Science. 56(2), 239–247.
- Hartikainen, K.; Poutanen, K.; and K. Katina (2014). Influence of Bioprocessed Wheat Bran on the Physical and Chemical Properties of Dough and on Wheat Bread Texture. Cereal Chemistry Journal. 91(2), 115–123.
- Heshe, G. G.; Haki, G. D.; Woldegiorgis, A. Z.; and H. F. Gemede (2016). Effect of conventional milling on the nutritional value and antioxidant capacity of wheat types common in Ethiopia and a recovery attempt with bran supplementation in bread .Food Science and Nutrition. 4(4), 534–543.
- Hur, S. J.; Lee, S. Y.; Kim, Y. C.; Choi, I.; and G. B. Kim (2014). Effect of fermentation on the antioxidant activity in plant-based foods. Food Chemistry. 160, 346–356.

- Joudaki, H.; Aria, N.; Moravej, R.; Yazdi M.; Emami-Karvani, Z.; and M. R. Hamblin (2023). Microbial Phytases: Properties and Applications in the Food Industry. *Current Microbiology*. 80:374
- Katina, K.; Juvonen, R.; Laitila, A.; Flander, L.; Nordlund, E.; Kariluoto, S.; Vieno, P.; and K. Poutanen (2012). Fermented wheat bran as a functional ingredient in baking. *Cereal Chem.* 89. 126-134.
- Katina, K.; Laitila, A.; Juvonen, R.; Liukkonen, K. H.; Kariluoto, S.; Piironen, V.; Landberg, R.; Åman, P.; and K. Poutanen (2007). Bran fermentation as a means to enhance technological properties and bioactivity of rye. *Food Microbiology*. 24(2), 175–186.
- Lee, D.; Kim, M. J.; Kwak H. S.; and S. S. Kim (2020). Characteristics of Bread Made of Various Substitution Ratios of Bran Pulverized by Hammer Mill or Jet Mill, *Foods*. 9, 48;
- Li, L.; Wang, Z.; Li, L. M.; Zheng, X. L.; Ma, S.; and X. X. Wang (2018). Effects of Fermented Wheat Bran on Flour, Dough, and Steamed Bread Characteristics. *Hindawi Journal of Chemistry*. 1597308, 7.
- Melini, V.; Melini, F.; Luziatelli, F.; and M. Ruzzi (2020). Functional Ingredients from Agri-Food Waste: Effect of Inclusion Thereof on Phenolic Compound Content and Bioaccessibility in Bakery Products, *Antioxidants*. 2 (9), 12-16.
- Messia, M.C.; Reale, A.; Maiuro, L.; Candigliota, T.; Sorrentino, E.; and E. Marconi (2016). Effects of pre-fermented wheat bran on dough and bread characteristics, *Journal of Cereal Science*. 69, 138-144.
- Miller, R. A. (2011). Increased Yield of Bread Containing Citrus Peel Fiber. *Cereal Chem.* 88(2),174–178.
- Minnaar, P. P.; Du Plessis, H. W.; Paulsen, V.; Ntushelo, N.; Jolly, N. P.; and M. Du Toit (2017). *Saccharomyces cerevisiae*, Non-Saccharomyces Yeasts and Lactic Acid Bacteria in Sequential Fermentations: Effect on Phenolics and Sensory Attributes of South African Syrah Wines. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 38 (2) 237-244.
- Moore, J.; Cheng, Z.; Hao, J.; Guo, G.; Liu, J.; Lin, C.; and L. Yu (2007). Effects of solid-state yeast treatment on the antioxidant properties and protein and fiber compositions of common hard wheat bran. *J Agric Food Chem*. 55, 10173–10182.
- Nasseri, A.; Rasoul-Amini, S., Morowvat, M.; Y. Ghasemi (2011). Single cell protein: Production and process. *American Journal of Food Technology*. 6(2), 103–116.
- Nordlund, E.; Katina, K.; Aura, A-M.; and K. Poutanen (2013). Changes in bran structure by bioprocessing with enzymes and yeast modifies the in vitro digestibility and fermentability of bran protein and dietary fibre complex. *J. Cereal. Sci.* 58(1), 200-208.
- Oyaizu, M. (1986). Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine. *Japan Journal of Nutrition*. 44, 307–315.
- Quail, K. J. (2016). Flatbreads of the World Grain Growers Limited, North Ryde, NSW, Australia Elsevier Reference Module in Food Sciences.
- Rezaei, S.; Najafi, M. A.; and T. Haddadi (2019). Effect of fermentation process, wheat bran size and replacement level on some characteristics of wheat bran, dough, and high-fiber Tafton bread. *Journal of Cereal Science*. 85, 56-61.
- Rosell, C. M.; Santos, E.; and C. Collar (2010). Physical characterization of fiber-enriched bread doughs by dual mixing and temperature constraint using the Mixolab. *European Food Research Technology*. 231, 535–544.

- Sadh, P. K.; Kumar, S.; Chawla, P.; and J. Singh Duhan (2018). Fermentation: A boon for production of bioactive compounds by processing of food industries wastes (by-products). *Molecules*. 10, 2560.
- Seo, Y.; Moon, Y.; and M. Kweon (2021). Effect of Purple-Colored Wheat Bran Addition on Quality and Antioxidant Property of Bread and Optimization of Bread-Making Conditions. *Appl. Sci*. 11, 4034.
- Servi, S.; Özkaya, H.; and A. S. Colakoglu (2008). Dephytinization of wheat bran by fermentation with bakers' yeast, incubation with barley malt flour and autoclaving at different pH levels .*J. Cereal. Sci.* 48 , 471-476.
- Sharma, P.; and H. S. Gujral (2014). Cookie making behavior of wheat-barley flour blends and effects on antioxidant properties. *LWT Food Sci. Technol.* 55, 301–307 .
- Sidhu, J. S.; Al-Hooti, S. N.; and J. M. Al-Saqer (1999). Effect of adding wheat bran and germ fractions on the chemical composition of high-fiber toast bread. *Food Chemistry*. 67, 365-371.
- Sorour, M. A.; Hussein, S. M.; Mohamed, A.; El Sayed, H.; and A. Mahmoud (2022). Impact of Solid State Fermentation on Chemical Composition, Functional Properties, and Antioxidant Activity of Wheat Bran. *Journal of Sohag Agriscience (JSAS)*. 7(1):41-50.
- Steinfurth, D.; Koehler, P.; Seling, S.; and K. H. Mühling (2012). Comparison of baking tests using wholemeal and white wheat flour, *Eur Food Res Technol*. 8.
- Verni, M.; Rizzello, C. G.; and R. Coda (2019). Fermentation biotechnology applied to cereal industry by-products: Nutritional and functional insights. *Front. Nutr.* 6, 42.
- Wang, R.; and S. Guo (2021). Phytic acid and its interactions: Contributions to protein functionality, food processing, and safety. *Compr. Rev Food Sci. Food Saf.* 20, 2081–2105.
- Wang, Z.; Yan, J.; Ma, S.; Tian, X.; Sun, B.; Huang, J.; Li, L.; Wang, X.; and Q. Bao (2021). Effect of wheat bran dietary fiber on structural properties of wheat starch after synergistic fermentation of *Lactobacillus plantarum* and *Saccharomyces cerevisiae*. *International Journal of Biological Macromolecules*. 190, 86–92.
- Wheeler, E.; and R. E. Ferrel (1971). Phytic Acid Determination in Wheat. *J. Cereal Chem.* 48, 312- 320.
- Xhabiri, G. Q.; Durmishi, N.; Idrizi, X.; Ferati, I.; and H. Ibrahim (2016). Rheological qualities of dough from mixture of flour and wheat bran and possible correlation between bra bender and mixolab Chopin equipments, *MOJ Food Process Technol.* 2(4):121–128.
- Zhang, D.; and B. Tan (2021). Effects of different solid-state fermentation ratios of *S. cerevisiae* and *L. plantarum* on physico-chemical properties of wheat bran and the quality of whole wheat bread. *J Sci Food Agric, Society of Chemical Industry*.
- Zhao, H. M.; Guo, X. N.; and K. X. Zhu (2017). Impact of solid state fermentation on nutritional, physical and flavor properties of wheat bran. *Food Chemistry*. 217, 28–36.

The effect of adding different percentages of fermented bran on the physicochemical and sensory properties of Saj bread

Noura Jamal*¹ and Samaher Sakkour¹

¹Dept. of Food Science, Faculty of Agricultural, Tishreen University, Lattakia, Syria.



(*Corresponding author: Noura Jamal. E-Mail: noura.jamal@tishreen.edu.sy, phone: 0940722518).

Received: 13/ 05/ 2024 **Accepted:** 20/ 08/ 2024

Abstract

The research aimed to determine the effect of using different percentages of fermented bran (5%, 10%, 15%, 20%) on some of the rheological properties of flour, as well as the physicochemical and sensory properties of Saj bread. This research was conducted in a private bakery and the analyzes were conducted in the grains laboratory and the research laboratory in the department of Food Sciences at the Faculty of Agriculture - Tishreen University and in the grain laboratory of the Grains Corporation in Latakia Governorate, during the years 2023-2024. The results showed a decrease in phytic acid in the bran as a result of the fermentation process using *Saccharomyces cerevisiae*. The results of a study of flour mixtures prepared by adding fermented bran in different proportions showed a significant decrease in wet gluten ($P < 0.05$) with increasing addition rates. The Mixolab results also showed an increase in the rate of water absorption and dough development time and a decrease in the rate of retrogradation with increasing addition rates. In contrast, it was observed that the percentage of moisture, ash, crude fiber, phenolic content, and antioxidant capacity increased significantly with increasing addition rates. It was also noted that a dark color and pleasant odor appeared in the bread at low addition rates. An addition rate of 15% achieved sensory acceptance of the resulting saj bread when conducting statistical analysis.

Keywords: fermented bran, Saj bread, *Saccharomyces cerevisiae* yeast, wheat flour.