تحسين جودة خبز النخالة بإضافة الكزيلينـاز المنـتج من *Trichoderma harzianum*

[1]سماهر صقور [2]د.رامز محمد [3]د.شيم سليمان [4]د.نسرين نقشو

الملخص

هدف هذا البحث إلى دراسة تأثير إضافة الكزيلينـاز xylanase المنتج من قبل فطر عفن *Trichoderma harzianum* المعزول من المحيط الجذري لنبات الزيتون *Olea europaea* في المنطقة الساحلية، واستخدمت قرون نبات الغاف كركيزة لإنتاج إنزيم الكزيلينـاز (*Prosopis juliflora*)، بلغت الفعالية الإنزيمية 228.3 وحدة إنزيم/ميليليتر) على الخصائص الريولوجية (المكسولاب، رقم السقوط، رقم الترسيبSDS، الألفيوغراف) للدقيق المستخدم في تصنيع خبز النخالة، تم استخدام ست تراكيز من إنزيم الكزيلينـاز(20-40-60-80-100-120 ppm)، حيث تبين أن إضافة إنزيم الكزيلينـاز أدت إلى تأخير ظاهرة البيات، وارتفاع في معدل امتصاص الماء، وانخفاض زمن التشكل، إضافة إلى تحسن في المقاومة الحرارية للبروتين، في حين كان النشا أقل ثبات في العجين أثناء عملية التسخين وأقل تراجع عند التبريد، كما أدت إلى ارتفاع في جميع مؤشرات الألفيوغراف(W،G،L،P)، إضافة إلى أنها أثرت بشكل إيجابي على لون الرغيف الناتج إضافة إلى انفصال الشطرين، وتحسن في الطعم والرائحة.

الكلمات المفتاحية: الكزيلينـاز، خبز النخالة، المكسولاب، الألفيوغراف، رقم السقوط، رقم الترسيب.

[1] طالبة دكتوراه، قسم علوم الأغذية ، كلية الزراعة ، جامعة تشرين ، اللاذقية.
[2] أستاذ ، قسم علوم الأغذية ، كلية الزراعة ، جامعة تشرين، اللاذقية.
[3] مدرس،قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية.
[4] باحثة في الهيئة العامة للتقانة الحيوية، دمشق. (nisrinnakshoo@yahoo.com).

Improvement of bran bread making quality by supplementation with xylanase produced by *Trichoderma harzianum*

[1]Samaher sakkour [2]Dr.Ramez Mohammad [3]Dr.Sheiam Sulaeman [4]Nesrin Naksho

Abstract

The aim of this research is to study the effect of adding xylanase enzyme (produced by a local isolate of *Trichoderma harzianum*, isolated from the root periphery of the olive plant *Olea europaea* in the coastal region, where the pods of the Ghaf plant were used as a substrate for the production of xylanase (Prosopis juliflora), where the enzyme activity was 228.3 Enzyme unit/mL) on the rheological properties (MixoLab, falling number, SDS sedimentation number, Alveograph) of bran bread, six Concentrations of xylanase enzyme (20-40-60-80-100-120 ppm), Where it was found that the addition of the xylanase enzyme led to The stopping of cooling indicates the retrograding attribute of starch, an increase in the water absorption(MWA), a decrease in the development time (MDT), in addition to an improvement in the thermal resistance of the protein, while the starch was less stable in the dough during the heating process and less regression upon cooling, and it also led to a higher In all parameters of the Alveograph (P, L, G, W), in addition to that it had a positive effect on the color of the dough, in addition to the separation of the two halves, and an improvement in taste and Odour.

Key words: Xylanase, bran bread, mixolab, falling number, sedimentation number, alveograph.

[1] (Ph.D.) student, Department of Food Sciences, Faculty of Agriculture, Tichreen University, Lattakia, SYRIA.(samahersakkour@outlook.sa)

[2] Professor, Department of Food Sciences, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, SYRIA. (Email:gobranramz@gmail.com)

[3] Professor, Department of Food Sciences, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, SYRIA. (sheiamsulaeman@hotmail.com)

[4] Professor in NCBT in Damascus. (nisrin.marwan1968@gmail.com)

المقدمة Introduction:

يعدّ الخبز المنتج الأساسي بين المنتجات الغذائية التي يعتمد إنتاجها بشكل رئيسي على القمح، والاتجاه الحالي يتركز على استخدام الدقيق المرتفع نسبة الاستخراج[1] ، حيث لوحظ بأن الإصابة بالعديد من الأمراض مثل السكري، السمنة، أمراض القلب، سرطان الأمعاء، الحصى، المرارة، ارتفاع الكوليسترول قد انخفض بشكل ملحوظ عند استهلاك كمية كبيرة من الألياف ((dietary fiber (DF) كما ذكر[2] ونظراً للفوائد الصحية للألياف فإن شريحة كبيرة من المستهلكين قامت بتغيير عاداتها الغذائية، مما أدى إلى ازدياد في استهلاك هذه الألياف بنسبة 10% تقريباً ضمن سوق الأغذية الوظيفية المحتوية على الألياف في كل عام [3] حيث أشارت العديد من الدراسات[4]؛[5] ؛ [6]إلى أن إضافة الألياف إلى المنتجات الغذائية يؤدي إلى العديد من التغيرات في القوام، واللون، والنكهة، والطعم. وقد وجد[7]بأن إضافة النخالة إلى الدقيق المعد لتصنيع الخبز تسهم في المحافظة على طزاجة الخبز لفترة زمنية أطول أي تأخير ظاهرة البيات، إضافة إلى أنها تؤثر بشكل إيجابي على لون الرغيف الناتج إلا أنها تؤثر بشكل سلبي على حجم الرغيف [8]، حيث يحتوي الدقيق على السكريات المتعددة غير النشوية -3.5 2.5% تقريباً، وتشكل البنتوزات جزء أساسي منها والتي لها دور هام في تحديد مواصفات العجين والخبز الناتج وهذا يعود إلى قدرتها العالية على امتصاص الماء إضافة إلى ارتباطها بشبكة الغلوتين[9]، ومن أجل تحسين مواصفات المنتجات الخبيزية بصورة عامة تتم إضافة الإنزيمات، حيث تعتبر الإنزيمات محفزات طبيعية تعمل على ركائز محددة مثل (الدهون والبروتينات والكربوهيدرات)، وتستطيع الإنزيمات أن توجه التفاعلات الكيميائية ويتم تحطيمها عند درجات حرارة أقل من درجة حرارة خَبز العجينة، وهي تستخدم بدلاً عن المركبات الكيميائية. فالإنزيمات بصفة عامة هي مواد عضوية تنتجها

الخلايا الحية تقوم بدور الوسيط في التفاعلات البيوكيميائية المختلفة كعوامل مساعدة، ومن الناحية الكيميائية تعتبر الإنزيمات مواد ذات طبيعة بروتينية بالتالي فإنها تتعرض لظاهرة تغير التركيب الطبيعي للبروتين عند التعرض لدرجات الحرارة المرتفعة، ولذلك لا يطلب التصريح عن إضافتها عند استخدامها كمضافات غذائية وفق ما ذكر[10]، فقد انتشر استخدام الإنزيمات في صناعة المخبوزات خصوصاً إنزيمات α-أميلاز-a amylase و البروتياز proteases والسيليولاز cellulases والكزيليناز xylanase من أجل تحسين الخصائص الفيزيائية والحسية والتكنولوجية للعجينة، وذلك يعتمد على نوع الإنزيم المستخدم ونوع المنتج والصفة المراد تحسينها [11]، حيث أن إضافة الكزيليناز له تأثير إيجابي على خواص العجينة حيث يحطم بشكل جزئي البينتوزات في الدقيق، فتصبح العجينة أكثر طراوة لذلك يستعمل بشكل كبير في المنتجات الخبيزية، إذ يساهم في تحسين النعومة ومطاطية العجين وحجم وقوام المنتج النهائي، كما يقوم بتسريع عملية التصنيع عن طريق المساعدة في تحطيم السكريات المتعددة في العجين، مما يؤدي إلى تماثل أكبر في خصائص الجودة، فالكزيليناز يقلل العمل المطلوب ويزيد من حجم المنتجات المخبوزة [11]، كما درس[12] تأثير إضافة تراكيز مختلفة من الكزيليناز إلى نوعين من الدقيق الأبيض و دقيق القمح الكامل، وبينت نتائجهم أن إضافة الإنزيم بجرعة 40 ppm قللت من القساوة وزادت من حجم المنتج النهائي، بينما استخدام الجرعة 80 ppm قللت ظاهرة البيات وأعطت خبزاً مشابهاً للخبز المنتج في اليوم الأول وذلك بعد سبعة أيام من التخزين. ويعتبر الكزيليناز من الإنزيمات التي يمكن أن تحسن بشكل فعال خصائص الأطعمة التي تحتوي على(DF) مثل الخصائص الانسيابية من العجين ونوعية المخبوزات عن طريق التحلل المائي للأرابينوكزيلان غير قابل للذوبان في الماء (water-insoluble arabinoxylan) إلى القابل للذوبان في الماء(water-soluble) [13]، وإن الأرابينوكزيلان المنحلة يلعب دور أساسي في مطاطية العجين والخواص

التكنولوجية للعجين وذلك من خلال تحرير كمية الماء المرتبطة بها وتوفيرها للشبكة الغلوتينية المتشكلة [14]، إذ استخدم لتحسين خواص الخبز والكوكيز[15].

أهمية البحث وأهدافه:

تعدد استخدام الإنزيمات لتحسين خصائص كل من الدقيق والعجين الناتج، ومن هذه الإنزيمات الكزيليناز، إذ يؤثر هذا الإنزيم على النخالة، التي تشكل مكون رئيسي في الخبز المسطح عالي الألياف (وهو الناتج المحضر من خليط دقيق القمح والنخالة بنسبة لا تقل عن 50% من خلطة الدقيق الداخلة في صناعة الخبز، والملح والخميرة والماء وقد تضاف واحد أو أكثر من المواد المثبطة للفطر والذي تمّ عجنه وتخميره بظروف خبز ملائمة)، إلا أن هذا النوع من الخبز ذي مواصفات حسية وريولوجية أقل قبول بالنسبة للمستهلك بالمقارنة مع الخبز المصنع من الدقيق الأبيض، كما أن أغلب الدراسات قد استخدمت أنواع أخرى من الخبز وعلى وجه الخصوص الصمون.

في هذه الدراسة تم استخدام ست تراكيز من الكزيليناز (20–40–60–80–100–120 ppm) تمت إضافتها إلى دقيق مكون من (دقيق بنسبة استخلاص (80%): نخالة) بنسبة (1:1) لإنتاج خبز النخالة، ودراسة أهم الخصائص الكيميائية والريولوجية للدقيق والخصائص الحسية الحسية للخبز الناتج، وتتلخص أهداف البحث بالنقاط التالية:

1. الحصول على العزلة الفطرية(*Trichoderma harzianum*) وإنتاج الكزيليناز.
2. دراسة تأثير إضافة الكزيليناز على الخصائص الريولوجية للدقيق والخصائص الحسية للخبز الناتج.

مواد وطرائق البحث Materials and Methods:

الحصول على العزلات الفطرية: استخدمت عزلة فطرية محلية وهي (*Trichoderma harzianum*)، تمّ الحصول عليها من المحيط الجذري لشجرة الزيتون *Olea europaea* علماً أن الأشجار من الصنف الخضيري ذات عمر تقريبي ثلاثون سنة، على عمق (5–10 سم)، وهذه الأشجار مزروعة في محيط سد السادس عشر من تشرين، وذلك بالسير في الحقل قطرياً وأخذ العينات من ثلاث مواقع وذلك بكل اتجاه، حيث تمَ خلط العينات معاً لتمام تجانسها ثم أخذت عينة ممثلة تراوح وزنها (200–400 غ)، ثم أخذ (0.5 g) من عينة التربة و تمّ تجفيفها (باتباع طريقة التجفيف الطبيعي في الظل) وطحنها ثم نثرها على سطح طبق بتري بلاستيكي قطر (9 سم) يحتوي على (25 مل) من بيئة PDA (Potato –Dextrose Agar) والمضاف له مضاد حيوي أمبيسيلين وذلك لتفادي نمو البكتيريا، تمّ تحضين الأطباق عند درجة حرارة (25±2 ْم) لمدة أسبوع، ثم أخذ قرص بقطر (5 مم) من حافة مستعمرة فطر ال *Trichoderma*، زرع القرص فوق سطح المستنبت بواقع ثلاثة مكررات لكل عزلة، وطبق واحد لكل مكرر، بحيث يكون القرص في منتصف الطبق في المكرر الثاني، وعلى جانب الطبق في المكرر الأول والثالث، حضنت الأطباق عند درجة حرارة (25±2 ْم)، سجلت بعض الخصائص المزرعية بعد مرور سبعة أيام من التحضين، شملت الخصائص الشكلية للمستعمرات النامية على الأطباق (لون السطحين العلوي والسفلي للمستعمرة، لون الأبواغ، إنتاج الصبغة، سرعة التبوغ، شكل التبوغ)، تمَ تصنيف العزلة بالاعتماد على[16]وأخذت بعين الاعتبار الخصائص التالية:

- لون وشكل المستعمرات الفطرية والصبغات المنتجة من قبل المستعمرات.
- شكل وحجم وأبعاد الزوائد القارورية phialides.

- نظام تفرع الزوائد القارورية.
- شكل وحجم وأبعاد الأبواغ الكونيدية.
- نمط جدار الأبواغ الكونيدية.

حفظت عينة نقية من النوع المدروس ضمن أنابيب اختبار على نحو مائل في البراد عند درجة حرارة 4ْم، وتمَ تنشيط العزلة كل أسبوعين للمحافظة على حيوية الفطريات وفعاليتها.

تحضير المعلق البوغي: تم تحضير المعلق البوغي من مستعمرات متبوغة على أطباق بتري، حيث غمرت المستعمرات 20 مل ماء مقطر مع (0.1%) من Tween-80 وترك الطبق مغطى لمدة لا تقل عن ساعة حتى تتحرر الأبواغ ثم تمّ ضبط تركيز المعلق بواسطة شريحة العد[17].

تحضير المادة الأولية: تمّ جمع قرون نبات الغاف(*Prosopis juliflora*) المزروع في حديقة كلية الزراعة–جامعة تشرين، غسلت هذه القرون تحت ماء الصنبور الجاري بغية التخلص من الأوساخ والشوائب العالقة ثم جففت بشكل طبيعي في الظل، وطحنت هذه القرون بواسطة مطحنة مخبرية بحيث يصبح قطرها 425 ميكرون[18].

إنتاج الإنزيم: أضيف 2مل من المعلق البوغي ذي التركيز(10^5 بوغ/مل) في دورق مخروطي 250 مل الذي يحوي على 100 مل من وسط معقم حيث يبلغ تركيز قرون نبات الغاف (5.7%) وأضيف (4 غ) من كربونات الكالسيوم وتم ضبط درجة الحرارة (31.09 درجة مئوية)، ورقم ال pH يساوي (7.2) في حاضنة هزازة بسرعة دوران (150 دورة/دقيقة) ولمدة (128.4 ساعة)، وبعد انقضاء فترة التخمر تمّ قياس الأس الهيدروجيني النهائي لكل دورق، ثم أجريت عملية الترشيح لمحتوى كل دورق باستخدام أوراق ترشيح

من نوع(Whatman No.1) مجففة وموزونة مسبقاً ومثبتة على قمع بوخنر Bauchner funnel، وبعد انتهاء عملية الترشيح. أخذ الراشح وتمَ إجراء عملية طرد مركزي بسرعة (10000دروة)(rpm) لمدة (10 دقائق)[18] .

قياس فعالية الإنزيم: تمّ تحضير سلسلة معيارية من سكر الكزيلوز، ثم تمّ قياس فعالية الإنزيم بإضافة (0.5 مل) من المستخلص الإنزيمي إلى (1 مل) من محلول السترات الموقي (M 0.05) ثمَ ضبط رقم ال pH عند 4.8، وتمّ خلطها مع (0.5 مل) (1% وزن من الركيزة/حجم ماء مقطر) حيث تمّ استخدام birchwood كركيزة، ثم وضعت في حمام مائي (50 م°) لمدة (30 دقيقة)، أضيف بعدها (2 مل) من حمض ثنائي نترو سالسيليك (dinitrosalicylic acid)(DNS) المحضر بطريقة Miller [19] ثم وضع المزيج في حمام مائي (90 م°) لمدة (10 دقائق)، ثم تمّ قياس الامتصاص الضوئي عند طول موجي (540 نانومتر). وبذلك نحصل على فعالية الإنزيم مقدرة(وحدة الإنزيمUnit/ ميليليتر) ويرمز لها بالحرف U، وهي كمية الإنزيم التي تتوسط تحويل مول واحد من مادة التفاعل إلى المنتجات النهائية خلال دقيقة واحدة تحت ظروف طريقة العمل.

تحديد التركيب الكيميائي للدقيق والنخالة: تمّ تقدير كل من:

- نسبة الرطوبة، الرماد، البروتين، اللبيدات، الألياف الخام حسب [20].
- قياس كل من الرطوبة، البروتين، الرماد، امتصاص الماء بالنسبة للخليط (دقيق:/نخالة)(1:1) باستخدام جهاز Infraneo by Analyser NIR) Transmission- Chopin) [20].
- تحديد المحتوى الكلي للفينولات: تمَ أخذ 0.5 غ من العينات لتحضير مستخلصات إيتانول 80% على درجة حرارة الغرفة ثم التثفيل بمثفلة Hettich بسرعة دوران 1000 دورة/ دقيقة، حيث تمَ تقدير المحتوى الكلي للفينولات بطريقة Folin – ciocalteus باستخدام جهاز السبيكتروفوتومتر (-Jascov

530) عند طول موجة 765 نانومتر، كما تم استخدام حمض الغاليك كمحلول قياسي مرجعي لتحضير المنحني المعياري وثم التعبير عن النتائج ب (مغ مكافئ حمض الغاليك / غ مادة جافة)[21] [22] .

- تقدير القدرة المضادة للأكسدة بطريقة DPPH: حيث تم الاستخلاص باستخدام الميتانول واستخدام الجذر الحر(2,2diphynel–1–picryhydrazyl radical)، وذلك عند طول موجة 517 نانومتر، حيث تم تحديد القدرة المضادة للأكسدة في العينة ميليمول ترولوكس/100 غ عينة[23].

تحديد الخصائص الريولوجية للدقيق المعد للخبز: يفيد تحديد الخصائص الريولوجية للدقيق في تقييم الخصائص الوظيفية للدقيق وأهمها اللزوجة والمرونة حيث ترتبط هذه الصفات بسلوك العجين أثناء عملية تصنيع المنتجات الخبيزية [24]، حيث تمّ تحديد الخواص التكنولوجية للدقيق المستخدم باستخدام جهاز الميكسولاب (Mixolab, Chopin, France)[20] ؛[25] ، وجهاز الألفيوغراف (Alveograph Chopin, NG, model, France) [26]، إضافة إلى اختبارات القدرة على الاحتفاظ بالمذيب Solvent Retention Capacity (SRC)[27] ، حيث يعتبر هذا الاختبار من الاختبارات السريعة التي تجرى بهدف تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة المختبرة، إضافة إلى تحديد الوجهة التصنيعية للدقيق المختبر، حيث تم استخدام مذيبات مختلفة (الماء، السكروز 50%، حمض اللاكتيك 5%، كربونات الصوديوم 5%)، حيث يعبر الماء عن قدرة المادة على امتصاص الماء لجميع المكونات المتواجدة والتي تتضمن كلاً من: النشا، النشا المتهتك، الغلوتين، البنتوزان، في تعبر قيمة SRC لحمض اللاكتيك عن جودة الغلوتين، أما SRC للسكروز تعتبر مؤشر للبنتوزان إضافة إلى الغلياديين، في حين SRC لكربونات الصوديوم ترتبط بالنشا المتهتك وهذا يشير إلى القساوة. وبالتالي فإن

هذا الاختبار يفيد في تحديد الوجهة التصنيعية للدقيق[28]، بالإضافة إلى تقدير رقم السقوط[4] باستخدام جهاز Perten ودرجة اللون باستخدام جهاز Satake Colour grader series 4 [29]، ورقم الترسيب[20].

تحضير خبز النخالة: تم تحضير خبز النخالة باستخدام: دقيق بنسبة استخراج (80%)، والنخالة حيث تم إجراء عملية تنخيل للنخالة وتم استخدام نخالة ذات قطر أقل من 1000 ميكرون، الخميرة وهي خميرة جافة بنسبة 1.5% (W/W)، الملح بنسبة 1.5% (W/W)، الماء حيث تمّ تحديد نسبة إضافة الماء وفق جهاز المكسولاب عند رطوبة 14%، وهنا لا بد من الإشارة إلى أن إضافة النخالة إلى دقيق القمح أدت إلى ارتفاع معدل امتصاص الماء، ونتيجة لذلك تمّ تعديل نسبة إضافة الماء إلى الدقيق للحصول على قوام جيد، حيث تمّ تحضير الخبز حسب المواصفة القياسية السورية الخاصة بالخبز رقم 3761 لعام 2014، حيث تم خلط المكونات (الدقيق، النخالة، الملح، الخميرة)، مع العلم أن الماء المستخدم في عملية العجن كانت درجة حرارته 35°م وذلك لتحضير معلق الخميرة الجافة النشطة، يلي ذلك التخمير الأولي (قبل التقطيع) لمدة 35 دقيقة، يليه مرحلة تخمير ثاني بعد التقطيع إلى قطع بوزن 80 غ، ثم تخمير ثالث بعد رق العجين بقطر 15 سم وذلك لمدة 30 دقيقة على درجة حرارة 30°م والرطوبة النسبية للمخمر 70%، ثم التسوية في الفرن على درجة حرارة 250°م لمدة 3 دقائق.

التقييم الحسي: يعتبر التقييم الحسي من أهم الاختبارات التي تجرى على المنتج النهائي وذلك بهدف تحديد درجة قبول المستهلك للمنتج[30]، تم التقييم النماذج حسياً من قبل 20 شخص طبقاً لاستمارة التقييم الحسي، حيث تم تحديد مدى القبول العام للمستهلك لنكهة المنتج وطعمه ورائحته بإجراء الاستبيان وفقاً للطريقة المعتمدة بمقياس هيدونيك (Hedonic) الخماسي حيث تم إعطاء العينات الرقم 10 للدلالة على التفضيل الأعلى

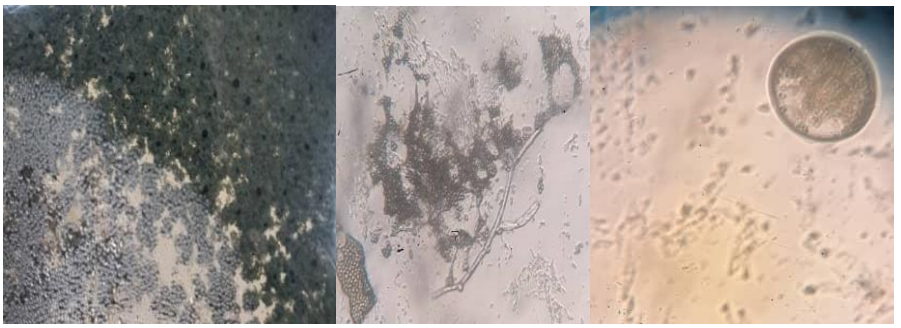
والرقم 1 للدلالة على أدنى تفضيل، حيث تم بموجبه تقييم الصفات الحسية كانفصال الشطرين واللون والقوام والطعم والرائحة[31].

التحليل الإحصائي: تم تقييم النتائج باستخدام برنامج Genstate – 10 وذلك لحساب متوسط المكررات الثلاثة للعناصر المدروسة في جميع العينات وحساب جداول تحليل التباين للوقوف على معنوية الفروق بين المعاملات عن طريق حساب قيم أقل فرق معنوي L.S.D ومعامل الاختلاف C.V %، وذلك عن طريق تحليل التباين Anova عند مستوى معنوية 0.01 باستخدام اختبار Duncan لتحديد أماكن وجود الاختلاف.

النتائج والمناقشة:

تعريف النوع الفطري: تمّ تحديد هوية الفطر (*Trichoderma harzianum*) اعتماداً على المراجع التصنيفية[16]، وتمثلت أهم الصفات المزرعية والمجهرية للفطر بما يلي: الحوامل الكونيدية طويلة ورفيعة، الزوائد متطاولة وغير متراكمة، المستعمرات ذات لون أخضر مع وجود حوامل متجمعة على شكل عناقيد، الحوامل الكونيدية ذات تفرع غصني، الأبواغ ذات جدار خشن، لون السطح السفلي للمستعمرة أبيض مخضر أما السطح العلوي بلون أخضر فاتح، شكل التبوغ دوائر متداخلة ومتحدة المركز، لون الأبواغ أخضر كما هو موضح في الشكل(1)، بدأ التبوغ في اليوم الرابع من التحضين بشكل خفيف وازداد في اليوم السادس، ولم يتم إنتاج أي صبغة من قبل الفطر. أظهرت هذه الدراسة إمكانية استخدام المواد الأولية السيللوزية والمخلفات الزراعية كأوساط غذائية في عمليات التخمر للحصول على الأنزيمات، وهنا لا بد من الإشارة إلى تأثير احتواء قرون الغاف على الهيميسيللوز في تحفيز إنتاج إنزيم الكزيلينياز[18]، وعموماً يتم استخدام مخلفات تحتوي

على الكزيلان مثل نخالة الشعير لتحفيز إنتاج إنزيم الكزيليناز من قبل *Trichoderma viride* [32]، وبلغت الفعالية الإنزيمية 228.3 وحدة إننزيم/ميلليتر.



الشكل رقم (1) فطر عفن *Trichoderma harzianum*

التركيب الكيميائي للدقيق والنخالة:

الجدول (1) التركيب الكيميائي للدقيق والنخالة

التحليل	الدقيق	النخالة	LSD	%CV
الرطوبة (%)	12.73^{a}	13.2^{b}	0.2267^{*}	0.8
الرماد (%)	0.67^{a}	2.4^{b}	0.02267^{***}	0.7
البروتين (%)	12.45^{a}	10.01^{b}	0.680^{***}	2.7
الدهن (%)	1.2^{a}	2.3^{b}	0.2494^{***}	6.3
الألياف (%)	1.91^{a}	11.9^{b}	0.34^{**}	2.2
المحتوى الكلي للفينولات (مغ مكافئ حمض غاليك/ غ عينة)	0.712^{a}	1.791^{b}	0.02267^{***}	0.8
القدرة المضادة للأكسدة (ميلي مول ترولوكس/100غ مادة جافة)	0.4^{b}	1.2^{a}	0.1133^{***}	6.3

يُلاحظ من خلال الجدول(1) ارتفاع محتوى النخالة من الألياف والرماد بالمقارنة مع الدقيق وهذا يتفق مع ما توصل إليه[33]، حيث بلغت نسبة كل من الألياف والرماد

0.52، 0.8 % على الترتيب في الدقيق أما في النخالة ذات قطر 750 ميكرون 13.3، 3.47% على الترتيب، وكذلك مع[5]الذي وجد بأن نسبة الرماد في الدقيق 0.64% في حين أنها ارتفعت في النخالة لتصل إلى 2.79%، كما أشار كل من[34]؛[35] إلى أن ارتفاع نسبة الاستخراج في الدقيق المعد لتصنيع الخبز المسطح تترافق مع ارتفاع في نسبة الرماد، كما أشار[5]إلى ارتفاع المحتوى الفينولي في النخالة حيث بلغ 1.463 مغ مكافئ حمض الغاليك/ غ مادة جافة وهذا يتفق مع ما تمّ التوصل إليه في هذا البحث، في حين بلغ المحتوى الكلي للفينولات في الدراسة المعدة من قبل[36] 3.3 مغ مكافئ حمض الغاليك/ غ مادة جافة والسبب الأساسي في ارتفاع هذه القيمة إجراء حلمهة حمضية أو قلوية للنخالة.

الجدول (2) التركيب الكيميائي للخليط(1:1) (دقيق: نخالة) باستخدام جهاز NIR

التحليل	البروتين(%)	الرطوبة(%)	امتصاص الماء(%)	الرماد(%)	النشاالمتهتك(%)
الدقيق(100%)	12.45	12.73	66.84	0.67	25.52
دقيق:نخالة (1:1)	12.36	12.81	72.05	1.33	28.09
LSD	0.02267^{***}	0.04534^{*}	3.552^{*}	0.02267***	0.1876^{***}
%CV	0.1	0.2	2.3	1.0	0.3

تشير بيانات الجدول (2) إلى ارتفاع معدل امتصاص الماء عند إضافة النخالة إلى الدقيق وهذا يتفق مع ما توصل إليه[37]حيث لوحظ ارتفاع نسبة امتصاص الماء مع ارتفاع نسبة استبدال دقيق القمح الطري بنخالته وذلك عند تصنيع خبز التوست، كما نلاحظ ارتفاع نسبة كل من الرماد والنشاء المتهتك وذلك نتيجة غنى النخالة بالعناصر المعدنية.

الخصائص التكنولوجية للدقيق المعد للخبز:

الجدول(3) الخصائص التكنولوجية للدقيق المعد للخبز

التحليل		رقم السقوط(ثانية)	درجة اللون	رقم الترسيب(مل)	الغلوتين الرطب(%)
دقيق:نخالة(1:1)		401.65^{g}	7.92^{f}	19.1^{a}	26.01^{a}
تركيز الكزيليناز المضاف(ppm)	20	379.43^{f}	6.23^{e}	20.3^{b}	26.91^{b}
	40	378.5^{e}	5.9^{e}	21.8^{c}	30.35^{c}
	60	372.73^{d}	5.5^{d}	22.4^{d}	31.25^{d}
	80	366.4^{c}	5.1^{c}	23.5^{e}	33.01^{e}
	100	364.59^{b}	4.5^{b}	24.1^{f}	35.02^{f}
	120	354.84^{a}	4.1^{a}	25.2^{g}	36.07^{g}
LSD		0.2449^{***}	0.3502^{***}	0.2128^{***}	0.3502^{***}
%CV		0.1	3.6	0.5	0.6

يُلاحظ من الجدول (3) انخفاض رقم السقوط عند إضافة الكزيليناز حيث وجدت فروق معنوية بدلالة إحصائية ذات معنوية عالية جداً بين الشاهد ومختلف المعاملات الإنزيمية وكذلك بين المعاملات ذاتها وهذا يرتبط مع ازدياد الفعالية الأميليزية، إضافة إلى وجد فروق معنوية ذات دلالة إحصائية عالية جداً بين الشاهد ومختلف التراكيز المضافة من الإنزيم بالنسبة للون إضافة إلى وجود فروق بين مختلف التراكيز بدلالة إحصائية ذات معنوية عالية جداً باستثناء التركيزين (ppm 40،20) فلم يلاحظ وجود أي فرق معنوي بينهما، أما فيما يتعلق برقم الترسيب لوحظ أيضاً ارتفاع رقم الترسيب مع المعاملة الإنزيمية إضافة إلى وجود فروق معنوية ذات دلالة إحصائية عالية جداً بين الشاهد ومختلف الإضافات الإنزيمية، حيث يعتبر رقم الترسيب مؤشر على جودة نوعية الغلوتين

ويعتبر من أهم الدلائل التي تحدد مدى ملاءمة الدقيق لتصنيع الخبز حيث يشير ارتفاع رقم الترسيب إلى تحسن في نوعية الغلوتين حيث ترافق هذا مع إضافة الكزيلينياز[38]، كما تأثرت نسبة الغلوتين الرطب بالإضافات الإنزيمية حيث أدت إضافة الكزيلينياز إلى ازدياد في نسبة الغلوتين الرطب بدلالة إحصائية ذات دلالة معنوية عالية جداً في مختلف التراكيز المستخدمة بالمقارنة مع الشاهد، حيث يسبب الكزيلينياز تحلل مائي للكزيلان غير قابل للذوبان ليتشكل الكزيلان القابل للذوبان في الماء، وفي الوقت نفسه يتم امتصاص الماء من قبل الكزيلان غير القابل للذوبان في الماء وبالتالي نتيجة التحلل المائي يتم تحرير هذه الكمية من الماء وبالتالي تصبح متاحة لمكونات العجين الأخرى وعلى وجه الخصوص الغلوتين والبنتوزان، وبالتالي يساهم الكزيلان في تشكيل شبكة غلوتينية قوية[39].

تأثير إضافة إنزيم الكزيلينياز على الخصائص الريولوجية للدقيق المعد لتصنيع خبز النخالة:

من خلال دراسة الخصائص التكنولوجية للدقيق المعد لتصنيع الخبز المسطح عالي الألياف باستخدام الألفيوغراف المبينة في الجدول (4)، حيث تبين ارتفاع قيمة كل من P و L عند إضافة إنزيم الكزيلينياز بمختلف التراكيز بالمقارنة مع الشاهد بدلالة إحصائية ذات معنوية عالية جداً، و قيمة P تدل على مرونة الغلوتين و قوة الدقيق وبالتالي يفضل استخدام هذا الدقيق في صناعة الخبز وكذلك المعكرونة[40]، أما بالنسبة للقيمة G فنلاحظ وجود فروق معنوية بدلالة إحصائية ذات معنوية عالية جداً بين الشاهد ومختلف التراكيز المضافة من الإنزيم باستثناء التركيز (20 ppm)، كما نلاحظ ارتفاع في قوة الدقيق بدلالة ارتفاع المؤشر (W) حيث لوحظ وجود فروق معنوية عالية جداً بين الشاهد ومختلف التراكيز المضافة من الإنزيم وهذا يعود إلى أن إنزيم الكزيلينياز يعمل على

المناطق المتفرعة في الكزيلان وبالتالي ينتج عن عمله وحدات صغيرة وهذا بدوره يخفض من (WE-AX)(Water-extractable arabinoxylans) وهذا يقلل من لزوجة العجين والوزن الجزيئي لكل من (WE-AX) والأرابينوكزيلان المنحل وهذا بدوره يحسن من سلوك تكتل الغلوتين ويؤدي إلى تشكل مجاميع غلوتين أكبر وهذا يتوافق مع[41].

الجدول(4) الخواص التكنولوجية للدقيق المدروس باستخدام جهاز الألفيوغراف

P/L	W(j.10^{-4})	G(cm^3)	L(mm)	P(mm H_2O)	
5.8^{a}	$^{a}167$	10.6^{a}	$^{a}23$	$^{a}135$	دقيق:نخالة(1:1)
5.7^{b}	$^{b}170$	10.9^{ab}	$^{b}24$	137^{b}	20 ppm
5.56^{c}	$^{c}172$	11.2^{bc}	$^{c}25$	$^{c}139$	40 ppm
5.2^{d}	$^{d}175$	11.4^{bcd}	$^{d}27$	$^{d}141$	60 ppm
5.1^{e}	$^{e}177$	11.7^{cde}	$^{e}28$	$^{e}143$	80 ppm
4.8^{f}	$^{f}179$	11.9^{de}	$^{f}30$	$^{f}144$	100 ppm
4.7^{g}	$^{g}181$	12.2^{e}	$^{g}31$	$^{g}146$	120 ppm
0.06564^{***}	0.2101^{***}	0.5254^{***}	0.3502^{***}	0.1751^{***}	LSD
0.7	0.1	2.6	0.7	0.1	%CV

كما تمت دراسة الخواص التكنولوجية للدقيق المعد لتصنيع الخبز المسطح عالي الألياف باستخدام جهاز المكسولاب وهذا موضح في الجدول (5).

الجدول(5) الخواص التكنولوجية للدقيق المعد لتصنيع الخبز المسطح عالي الألياف باستخدام جهاز المكسولاب

CV %	LSD	120 ppm	100 ppm	80 ppm	60 ppm	40 ppm	20 ppm	دقيق:نخالة (1:1)	
3.6	0.4028^{***}	4.40^{a}	4.87^{a}	5.30^{b}	5.40^{c}	7.18^{d}	8.85^{d}	9.35^{e}	MDT (min)
0.1	0.1751^{***}	75.8^{g}	75.4^{f}	74.9^{e}	74.6^{d}	73.8^{c}	73.1^{b}	72.05^{a}	MWA
8.9	0.1751^{*}	1.08^{a}	1.11^{a}	1.11^{a}	1.13^{a}	1.14^{a}	1.15^{a}	1.15^{a}	MPT (Nm)
1.8	0.1751^{***}	0.71^{b}	0.67^{b}	0.6^{b}	0.53^{b}	0.51^{b}	0.5^{b}	0.47^{a}	MMT (Nm)
0.7	0.01751^{***}	1.3^{g}	1.33^{f}	1.35^{e}	1.40^{d}	1.41^{c}	1.45^{b}	1.5^{a}	MBD (Nm)
6.5	0.2627^{***}	1.90^{a}	1.91^{a}	2.1^{a}	2.24^{a}	2.59^{b}	2.65^{b}	2.8^{c}	MSB (Nm)
0.3	0.4378^{***}	83.9^{e}	81.6^{d}	79.8^{c}	78.8^{b}	78.6^{b}	78.4^{b}	73.6^{a}	MTP (C°)
13.5	0.04378^{***}	-0.29^{a}	-0.25^{ab}	-0.23^{bc}	-0.19^{cd}	-0.15^{d}	-0.1^{e}	-0.090^{e}	الميل α Nm/min) (
2	0.01387^{***}	$0.^{26a0}$	0.334^{b}	0.362^{c}	0.374^{c}	0.470^{d}	0.492^{e}	0.536^{f}	الميلβ Nm/min
16.9	0.006655^{***}	-0.01^{d}	-0.01^{d}	-0.017^{c}	-0.02^{bc}	-0.02^{bc}	-0.026^{b}	-0.054^{a}	الميلγ) Nm/min

MDT: Mixolab development time, MWA: Mixolab water absorption, MST: Mixolab stability time, MPT: Mixolab peak torque, MMT: Mixolab minimum torque, MBD: Mixolab break down, MSB: Mixolab setback, MTP: Mixolab temperature at peak torque.

إن احتواء الخبز المسطح عالي الألياف على نسبة مرتفعة من النخالة يرفع معدل الامتصاصية للماء[9]، حيث تؤثر بنية الألياف وخصائصها على معدل امتصاص الماء وهذا مرتبط بشكل أساسي بالروابط الهيدروجينية التي تتشكل بين المجموعات الهيدروكسيلية التي تتواجد بنسبة مرتفعة وجزيئات الماء، كما أن إنزيم الكزيليناز يحول الأرابينوكزيلان غير قابل للذوبان في الماء إلى الشكل القابل للذوبان في الماء[42]، والذي بدوره يربط الماء في العجين، إضافة إلى إنزيم الكزيليناز يعمل على إنتاج البنتوزات في الدقيق وهي مركبات منحلة لها القدرة على امتصاص الماء وهذا عائد إلى التواجد الكبير لمجموعات الهيدروكسيل[43]، إضافة إلى التفاعل المتزايد للروابط الهيدروجينية من خلال تضمين المجموعات الهيدروكسيلية ضمن الجزيئات[25]مما يسبب ارتفاع معدل امتصاص الماء في العجين بدلالة إحصائية ذات معنوية عالية جداً بين الشاهد ومختلف التراكيز الإنزيمية المضافة وهذا يتوافق مع ما توصل إليه[2]، كما يُحتاج أيضاً إلى عزم أقل إلا أن هذا النخفاض في العزم لم يكن فرق ذي دلالة إحصائية معنوية بين الشاهد ومختلف المعاملات الإنزيمية خلال مرحلة تشكيل وتطور العجين خلال المرحلة الأولى من تجربة المكسولاب والتي يحدث فيها حلمهة لمكونات الدقيق إضافة إلى شد وطي للبروتينات حيث يتكون بداية الغلوتين نتيجة انهيار بنية الغليادين والغلوتينين يلي ذلك إعادة تجميع وتشكيل الغلوتين وهنا يبدأ تأثير الكزيليناز الذي يؤثر على عملية إعادة تكتل الغلوتين وبالتالي تشكيل العجين حتى الوصول إلى عزم 1.1 Nm وذلك على درجة حرارة 30 ْم، كما ينخفض زمن التشكل وهذا يتفق مع ما توصل إليه[44]. تبدأ بعدها المرحلة الثانية حيث يحدث فيها ارتفاع في درجة الحرارة مما يسبب ضعف في الشبكة الغلوتينية وذلك نتيجة إجهاد القص الميكانيكي إضافة إلى الحرارة المتزايدة إلا أن إضافة الكزيليناز قد سببت تحسن في المقاومة الحرارية للبروتين في نظام العجين، كما أدى إلى زيادة قوة الشبكة الغلوتينية، حيث نلاحظ ازدياد في قيمة (MMT) وهذا يشير إلى تخرب

البروتين بشكل أقل، وبالتالي تشير إلى ثباتية بنية البروتين، وهذا ينسجم مع ما توصل إليه كل من[2]،[41] ، وهنا لا بد من الإشارة إلى أن هذا الارتفاع في درجة الحرارة يسبب حدوث ظاهرة تغير التركيب الطبيعي في الغلوتين والبروتينات عموماً وهذا ينتج عنه تحرر كمية من الماء، حيث يسهم هذا الماء في عملية تجلتن النشا لتبدأ المرحلة الثالثة حيث تمتص حبيبات النشا الماء ويطرأ عليها انتفاخ حيث تخرج سلاسل الأميلوز إلى الطور المائي وهذا يسبب ازدياد في قوام العجين حيث تلعب حبيبات النشا دوراً أساسياً في هذه المرحلة في حين يكون لتغيرات البروتين تأثير ضعيف، إلا أن إضافة الكزيليناز قد سببت انخفاض في قيمة (MBD) وارتفاع في قيمة (MTP) وهذا يشير إلى أن النشا أقل ثبات في العجين أثناء عملية التسخين وأقل تراجع عند التبريد وهذا يعود إلى انخفاض كمية الماء المتاحة لجلتنة النشا وهذا ما يجعل عملية الجلتنة غير مكتملة وهذا يتفق مع[42]، إضافة إلى أن النشا المتجلتن أكثر مقاومة أثناء عملية التبريد والتي تمثل المرحلة الرابعة حيث يحدث فيها انحلال لحبيبات النشا حيث نلاحظ في اللزوجة وهذا عائد إلى التحطم الفيزيائي لحبيبات النشا المتجلتنة في المرحلة السابقة وذلك نتيجة إجهاد القص الميكانيكي إضافة إلى انخفاض درجة الحرارة، يلي ذلك المرحلة الخامسة حيث تبدأجزيئات النشا بإعادة الارتباط ضمن هيكلية معينة مما ينتج عنه البنية البلورية في هذه المرحلة، وهنا لابد من الإشارة إلى أن مؤشر التراجع يعبر عن بيات الخبز، حيث أدت إضافة الكزيليناز إلى انخفاض في قيمة (MSB) وهذا يشير إلى أن المنتج ذي ثباتية أعلى أثناء التخزين وذي قوام أفضل، أما بالنسبة للميل α بين نهاية مرحلة التسخين عند درجة حرارة 30 م$^{\circ}$ وبين النقطة C_2 وهو يعبر عن سرعة تدهور البروتين تحت تأثير ارتفاع درجة الحرارة والأثر الميكانيكي لعملية العجن وهو عموماً سالب حيث لوحظ انخفاض سلبية هذا الميل تشير إلى أن الغلوتين يقاوم التدهور الحاصل نتيجة العوامل سابقة الذكر [9]، أما بالنسبة للميل β فهو موجود بين النقطة C_2والنقطة C_3 حيث

ارتفعت قيمة هذا الميل وهذا يشير إلى أن عملية تجلتن النشا تتم بشكل بطيء، أما الميل γ يتواجد بين النقطة C_3 والنقطة C_4 وهو يعبر عن سرعة تحطم الإنزيمات وكلما ازداد هذا الميل كلما كان أفضل.

يُظهر الجدول(6) اختلاف قيم SRC (الماء، حمض اللاكتيك، السكروز) للشاهد ومختلف الإضافات الإنزيمية بدلالة إحصائية ذات معنوية عالية جداً، في حين لم يكن هناك فرق معنوي في قيمة SRC لكل من الشاهد والتركيز 20 ppm، كما يلاحظ ارتفاع قيمة SRC للماء وهذا ينسجم مع ارتفاع قيمة امتصاصية الماء وفق المكسولاب ويساهم ارتفاع معدل امتصاص الماء بالمحافظة على طزاجة الخبز ومقاومة ظاهرة البيات[45]، إضافة إلى ارتفاع قيم SRC لحمض اللاكتيك والذي يعبر عن جودة الغلوتين حيث ساهم الإنزيم في تحسين الخواص الوظيفية للغلوتين وأعطى شبكة غلوتينية وبالتالي هذا زاد من قدرة العجين على حبس الغاز وبالتالي يساهم في زيادة قدرة العجين على الانتفاخ وهذا ما أشارت إليه نتائج الألفيوغراف، كما ازدادت قيمة SRC للسكروز والتي تشير إلى البنتوزان حيث ينتج عن نشاط الإنزيم سكريات بسيطة تساهم في رفع هذه القيمة، أما فيما يتعلق ب SRC كربونات الصوديوم نلاحظ انخفاض في هذه القيمة بشكل طفيف وهذا يعود إلى ارتفاع قدرة العجين على ربط وامتصاص الماء قد خفض من ترطيب النشا وعلى وجه الخصوص الأميلوبكتين الذي يلعب دور أساسي في لزوجة النشا، وهذا قد سبب إعاقة في ترطيب المناطق غير المتبلورة من النشا[46].

الجدول(6) نتائج اختبارات القدرة على الاحتفاظ بالمذيب SRC لعينات الدقيق المستخدمة.

	SRC الماء	SRC حمض اللاكتيك	SRC السكروز	SRC كربونات الصوديوم
دقيق: نخالة (1:1)	60.3^{a}	63.9^{a}	86.09^{a}	65.2^{e}
20 ppm	62.3^{b}	69.65^{b}	88.04^{b}	65.01^{de}
40 ppm	63.7^{c}	70.59^{c}	90.62^{c}	64.9^{cde}
60 ppm	64.3^{d}	71.14^{d}	96.98^{d}	64.8^{bcd}
80 ppm	65.91^{e}	73.38^{e}	97.68^{d}	64.6^{abc}
100 ppm	70.6^{f}	74.93^{f}	99.83^{e}	64.5^{ab}
120 ppm	71.8^{g}	75.8^{g}	102.23^{f}	64.3^{a}
LSD	0.4378^{***}	0.834^{***}	0.7281^{***}	0.3502^{***}
%CV	0.4	0.7	0.4	0.3

التقييم الحسي: يبين الجدول(7) نتائج التقييم الحسي لخبز النخالة، حيث لوحظ وجود اختلاف معنوي بين عينة الشاهد والعينات التي تمت إضافة الكزيليناز إليها بالنسبة لمختلف الخصائص الحسية المدروسة باستثناء الرائحة حيث لم تؤدي إضافة الإنزيم إلى أي تغيير ذي دلالة إحصائية معنوية، فقد لوحظ تحسن في لون القشرة الخارجية نتيجة إضافة الكزيليناز وقد حقق التركيز 80 ppm أفضل تركيز من حيث لون القشرة واللون الداخلي، هذا يعود إلى آلية عمل الكزيليناز الذي ينتج عن نشاطه سكريات بسيطة تساهم من خلال تفاعل ميلارد في تحسن لون الرغيف[47]، كما أدت إضافة الكزيليناز إلى تحسن في قوام اللبابة حيث أدت زيادة تركيز الكزيليناز المضاف إلى تحسن ذي دلالة

إحصائية بمعنوية عالية جداً، وذلك يعود إلى الدور الذي يقوم به الإنزيم في إعادة توزيع الماء بين مكونات العجين وعلى وجه الخصوص الغلوتين والنشا وهذا ينتج عنه زيادة في قابلية الغلوتين للتمدد فيعطي خبز بحجم أكبر وأكثر مسامية[48]، كما لوحظ تحسن في الطعم فقد حقق التركيز ppm80 طعم أفضل بالنسبة للمستهلك ولم تسبب زيادة تركيز الإنزيم المضاف أي تحسن في الطعم إحصائياً، وهذا ناتج عن الألدهيدات المتشكلة أثناء عملية التخمر حيث أدى ارتفاع محتوى العجين من السكريات البسيطة نتيجة عمل إنزيم الكزيليناز إلى كفاءة في إتمام عملية التخمر من قبل الخميرة أثناء تخمر العجين إضافة إلى تحفيز تحلل الببتيدات ذات الوزن الجزيئي المرتفع لينتج لدينا أحماض أمينية حرة وببتيدات ذات وزن جزيئي منخفض وهذا أدى إلى تشكل مركبات نكهة تسبب تحسن في طعم ورائحة الخبز الناتج[49].

الجدول (7) نتائج التقييم الحسي لخبز النخالة

المعاملة	لون القشرة	اللون الداخلي	انفصال الشطرين	الطعم	الرائحة	قوام اللبابة
الشاهد	^{a}7.9	^{a}7.5	^{a}8.5	^{a}7.4	^{a}8.5	^{a}7.2
ppm 20	^{a}8.1	^{a}7.6	^{b}8.7	^{b}7.8	^{a}8.6	^{b}7.6
ppm 40	^{b}8.5	^{b}8.1	^{c}9	^{b}8.1	^{a}8.7	^{c}8
ppm 60	^{c}9.1	^{c}8.8	^{d}9.2	^{b}8.5	^{a}8.8	^{d}8.3
ppm 80	^{d}9.6	^{d}9.5	^{e}9.6	^{c}9.3	^{a}8.9	^{e}9
ppm 100	^{c}9.2	^{c}9	^{e}9.6	^{c}9.4	^{a}8.9	^{ef}9.1
ppm 120	^{c}8.9	^{c}8.7	^{e}9.6	^{c}9.5	^{a}9	^{f}9.2
LSD	0.3502***	0.3502***	0.1751***	0.5969***	0.5254nd	0.1751***
% C.V	2.3	2.3	1.1	4	3.4	1.2

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- قدرة العزلة المحلية (*Trichoderma harzianum*) على إنتاج إنزيم الكزيليناز.
- يعتبر الكزيليناز من الإنزيمات المستخدمة على نطاق واسع في صناعة المخبوزات، حيث أشارت الدراسة السابقة إلى أن هذا الإنزيم قد أدى إلى تحسين الخواص الريولوجية لخبز النخالة والذي يعتبر ذي قيمة غذائية وصحية عالية حيث يعتبر من الأغذية الوظيفية.
- أدت إضافة إنزيم الكزيليناز إلى خبز النخالة إلى تأخير ظاهرة البيات وزيادة مدة حفظ الخبز.

التوصيات:

- يوصى بدراسة تأثير إضافة الكزيليناز إلى منتجات أخرى ذات محتوى مرتفع من الألياف (البسكويت عالي الألياف).
- كما يوصى بدراسة إمكانية إنتاج هذا الإنزيم من قبل فطريات أخرى أو بكتيريا وذلك نظراً لتأثير الكائن الحي الدقيق في آلية عمل الإنزيم ولا سيما تأثيره على اللزوجة.

المراجع:

1. Pahwa,A.,A. Kaur.,R. Puri.2015. Influence of Hydrocolloids on the Quality of Major Flat Breads: A Review. **Journal of Food Processing.**20.16.1-10.
2. Jia,C.,W.Huang.,M.A.Abdel-Samie.,G.Huang.,G.Huang. 2011.Dough rheological, Mixolab mixing, and nutritional characteristics of almond cookies with and without xylanase. **Journal of Food Engineering**.105.2:227-232.
3. Xhabiri,G.,T.Acoski.,M.Stanojeska.,V.Sinani.2013.The assessment of rheological qualities with the mixolab of different wheat flours enriched with their bran. **European .Scientific Journal**.9.24:1857-1881.
4. Ajila,C.M.,K.Leelavathi.,U.J.S.PrasadaRao.,2008.Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. **J. Cereal Sci.**48.319–326.
5. Bilgiçli,N.,S.Ibanoğlu.,E.N.Herken.2007.Effect of dietary fibre addition on the selected nutritional properties of cookies. **Journal of Food Engineering**.78:86–89.
6. Izydorczyk,M.S.,T.L.Chornick.,F.G.Paulley.,N.M.Edwards., J.E.Dexter.2008.Physicochemical properties of hull-less barley fiber-rich fractions varying in particle size and their potential as functional ingredients in two-layer flat bread.**Food Chem**. 108:561–570.
7. Sanz-penella,J.M.,M.Wronlowska.,M.Soral-Smietana., M.Haros.2013.Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value.**LWT –Food science and technology**.50.2:679-685.
8. Almeida,E.L.,Y.K.Chang.,C.J.Steel.Dietary.2013.fiber source in bread: influence on technological quality.**LWT –Food science and technology**.50.2:545-553.
9. Lazaridou.A.,D.Duta.,M.Papageorgiou.,N.Belc.,C.G. Biliaderis.2007.Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. **J Food Eng**.79:1033–1047.
10. Jegannathan.K.R&P.H.Nielsen.2013.Environmental assessment of enzyme use in industrial production. **Journal of cleaner production**.42:228-240.

11. Dhiman.S.S.,J.Sharma.,B.Battan.2008.Industrial applications and future prospects of microbial xylanases.**BioResources**. 3.4:1377-1402.
12. Katina.K.,M.Salmenkallio-Marttila.,R.Partanen., P.Forssell.,K.Autio.2006.Effects of sourdough and enzymes on staling of high fiber wheat bread. **Technol**.39:479-491.
13. Selinheimo,E.,K.Kruus.,J.Buchert.,A.Hopia.,K.Autio.2006. Effects of laccase, xylanase and their combination on the rheological properties of wheat doughs.**J. Cereal Sci**.43.2: 152–159.
14. Primo-Martin,C.,R.J.Hamer.,H.H.J.Jongh.2006.Surface layer properties of dough liquor components: are they key parameters in gas retention in bread dough.**Food Biophysics**. 1.2:83-93.
15. Uysal,H.,N.Bilgicli.,A.Elgun.,S.Ibanoglu.,E.N.Herken.,M.K. Demir.2007.Effect of dietary fiber and xylanase enzyme addition on the selected properties of wire-cut cookies. **J. Food Eng**.78.3.:1074–1078.
16. Walter,M.,G.J.Jaklitsc.,L.M.Sarah.,S.L.Bing.2006. Hypocrearufa/ Trichoderma viride: a reassessment and description of five closely related specieswith and without warted condidia. **Stud Mycol USA** .56.1:135-177.
17. Venkatesh,M&D.Girija.2009.Micrbial pectinase from tropical fruit Wastes. **Journul of Tropical Agriculture**. 47.1:67-69.
18. Jampala,P.,S.Tadikamalla.,M.Preethi.,S.Ramanujam.,K.B.Uppulur i.2017.Concurrent production of cellulose and exylanase from Trichoderma reesei NCIM 1186:enhancement of production by desirability-based multi-objective method. **Biotech**.7:1-14.
19. Millar,G.L.1959.Use of dinitrosalicylic and reagent for determination of reducing sugar. **Analytical chemistry**. 31:426-428.
20. AACC International Methods. AACC International Approved Methods of Analysis.11th ed.2000. American Association of Cereal Chemists.Eds.International Press:St.Paul,MN,USA. 1200.
21. Esposito,F.,G.Arlotti.,A.M.Bonifati.,A.Napolitano.,D.Vitale., V.Fogliano.2005.Antioxidant activity and dietary fibre in durum wheat bran by-products .**Food Research International** 38.10: 1167-1173.

22. الركابي،علي.2007.استخلاص المركبات الفينولية من نخالة الحنطة وتقييم فعاليتها كمضادات للأكسدة.مجلة أبحاث البصرة (العلميات)8:2.33-15.

23. Yu,L.,S.Haley.,J.Perret.,M.Harris.,J.Wilson.,M.QIAN.2002. Free radical scavenging properties of wheat extracts. **J. Agric. Food Chem**. 50:1619–1624.
24. Mueen-ud-din,G.2009. Effect of Wheat Flour Extraction Rates on Physico-Chemical Characteristics of Sourdough Flat Bread.Ph.D.Thesis, **National Institute of food science and technology university of agriculture faisalabad-Pakistan**.1-187.
25. Xhabiri,G.,N.Durmishi.,X.Idrizi.,I.Ferati.,I.Hoxha.2016. Rheological qualities of dough from mixture of flour and wheat bran and possible correlation between bra bender and mixolab Chopin equipments. **MOJ Food Processing & Technology**. 2 .4:121-129.
26. Zhygunov,D.,I.Toporash.,Y.Barkovska.,Y.Yehorshyn.2020. Comparison Of Alveograph Characteristic Of Flour Obtained From Different Types Of Common Wheat And Spelt Wheat. **Grain Products And Mixed Fodder's**.20.1:22-30.
27. AACC International, Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 56-11 Solvent Retention Capacity. Approved June 3,2009. AACC International,St.Paul,MN,USA.
28. Bettge,A.D.,C.F.Morris.,V.L.Demoacin.,K.K.Kidwell.2002. Adaptation of AACC method 56-11,solvent retention capacity, for use as an early generation selection tool for cultivar development. **Cereal Chem**.79:670-674.
29. Zeleny,L.1962.Wheat sedimentation test. **Cereal Science Today**.7:227.
30. Blanchar,C.2014. On the study of the different factors influencing the structure and the texture of semi-humid baked aerated cereal products : sensory and instrumental dimensions of texture. Ph.D.Thesis. UniversitédeBourgogne.1-287.
31. Georges,C.,H.Daroub.,I.Toufeili.,H.Ismaeel.,A.Olabi.2018.Dough mixing properties and white pita bread sensory characteristics as affected by salt reduction. **international journal of food properties**.21.1.2578-2589. http://doi.orgl10.1080/10942912.2018.1540987
32. Soliman.H.M.,A.A.sherief .,A.El-Tanash.2012. Production of Xylanase by *Aspergillus niger* and *Trichoderma viride* using some

agriculture residues.**International Journal of Agriculture Research**.7.1:46-57.

33. Majzoobi,M.,A.Farahnaky.,Z.Nematolahi.,M.Mohamadi Hashemi.,M.Taghipour. Effect of different levels and particle sizes of wheat bran on the quality of flat bread.2013. **Journal of Agricultural Science and Technology**.15.1:115-123.
34. Azizi,M.H.,S.M.Sayeddin.,S.H.Payghambardoost.2006. Effect of Flour Extraction Rate on Flour Composition, Dough Rheological Characteristics and Quality of Flat Bread.**J.Agric.Sci. Technol**.8.323-330.
35. Shalaby,M. T., M. A. Abou- Raya.,R.E.EL-gammal.,H.A.A.Al-Janabi.2014.Effect of storage on some physical and chemical properties of Iraky bread.J. **Food and Dairy Sc**.5.12:891-904**.**
36. Kim, K.,R.Tsao.,R.Yang.,S.W.And cui.2006.Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions. **Food Chem**. 95.3:466-473.
37. Massri,M.A.Abd Alhameed.2017.The Use of Wheat, Corn Bran and Apples, Carrots Pomace as a Source of Dietary Fibers and Its Impact on the Wheat Specifications and Rheological Properties of Dough. **Jordanian Journal of Agricultural Sciences**. 2.13: 539-553.
38. Dhaka,v.,N. Gulia.,B.S. Khatkar.2012. Application of Mixolab to Assess the Bread Making Quality of Wheat Varieties. **Open Access Scientific Reports.**1.3:183-191.
39. Yegin,S.,B.Altinel.,K.Tuluk.2018.A novel extremophilic xylanase produced on wheat bran from Aureobasidium pullulans NRRL Y-2311-1: Effects on dough rheology and bread quality. **Food Hydrocolloids**.81:389–397.
40. الكاتب،مي،عطرة،رمضان،صبح،أحمد.2021.القمح السوري المنبت في إنتاج الخبز العربي. مجلة العلوم الزراعية والبيئية والبيطرية.5. 4: 57-75.
41. Butt,M.S.,M.Tahir-Nadeem.,Z.Ahmad.,M.T.Sultan.2008. Xylanases and Their Applications in Baking Industry. **Food Technol. Biotechnol**.46.1:22–31.
42. Hadnadeva,T.,A.Torbica.,M.Hadnadev.2011.Rheological properties of wheat flour substitutes/alternative crops assessed by Mixolab. **Procedia Food Science**.1:328 – 334.
43. Raghavendra,S.N.,N.K.Rastogi.,K.S.M.S.Raghavarao.,R.N. Tharanathan.2004.Dietary fiber from coconut residue: effects of

different treatments and particle size on the hydration properties. **European Food Research and Technology**, 218.6: 563-567.

44. ألفين،فرحان،حجازي،طه.2010. تقييم تأثير بعض المستحضرات الإنزيمية على الخصائص التكنولوجية لعجين الصمون باستخدام تقنية السطح التابعي.مجلة جامعة البعث.22.32: 153−170.

45. Mee-Ryung Lee and W.Lee.2012.Wheat Quality and Its Effect on Bread Staling.**Journal of Agriculture and Life Science.** 46.1:153-161.
46. BeMiller,J.N.2011.Pasting, paste, and gel properties of starchhydrocolloid combinations.**Carbohydrate Polymers**, 86.2:386–423.
47. Kim,H&S.Yoo.2020.Efects of Combined α-Amylase and Endo-Xylanase Treatments on the Properties of Fresh and Frozen Doughs and Final Breads.Polymers.12:1349-1359.
48. Baratto.C.M.,N.B.Becker.,J.M.Gelinski.,S.M.Silveira.2015.Influe nce of enzymes and ascorbic acid on dough rheology and wheat bread quality.**African Journal of Biotechnology.**14.46:3124-3130.
49. Sahnoun,M.,M.Kriaa.,S.BesbesM.Jardak.,S.BejarR.Kammoun, 2016.Optimization of *Aspergillus oryzae* S2 α-amylase, ascorbic acid, and glucose oxidase combination for improved French and composite Ukrainian wheat dough properties and bread quality using a mixture design approach. **Food Science and Biotechnology**.25.5:1291–1298.