تحسين الخواص الريولوجية لطحين الحنطة الضعيف باستخدام مزيج ثنائي لبعض الإنزيمات*

سكينة طه حسن **وليد أحمد محمود**

الشركة العامة لتجارة الحبوب\فرع نينوى **قسم علوم الأغذية \ كلية الزراعة والغابات**

جامعة الموصل

المستخلص

أجريت هذه الدراسة كمحاولة لتحسين الخواص الريولوجية لطحين الحنطة الضعيف والموجود في الأسواق المحلية، وذلك بمعاملته بمزيج ثنائي من بعض الإنزيمات المؤكسدة والمقوية للعجينة وكذلك تلك المحللة للسكريات المكوثرة. ولغرض تحديد التركيز الأمثل من كل إنزيم فقد أضيفت الإنزيمات بصورة منفردة أولاً إلى الطحين وبتراكيز مختلفة تلاها قياس بعض صفات العجينة الريولوجية، فكانت التراكيز المثلى لكل من الكلوكوزاوكسيديز والبيروكسيديز والترانس كلوتامينيز هي 5 و83.33 و0.133 وحدة\100 غم طحين، إذ أعطت هذه التراكيز أعلى مقاومة لمطاطية العجينة وذلك باستخدام جهاز الاكستنسوكراف، فضلاً عن تأثيراتها الإيجابية في الصفات الأخرى. أما الزايلانيز فقد بلغ التركيز الأمثل له في الطحين 13.7 وحدة\100 غم طحين الذي أعطى أعلى مطاطية للعجينة.

كان لإضافة مزيج الكلوكوزأوكسيديز والبيروكسيديز، وبتركيزيهما المثاليين، التأثير الأكبر في رفع مقاومة المطاطية وخفض المطاطية مقارنة بأنواع المزيج الثنائي الأخرى المستخدمة. أدت إضافة مزيج الكلوكوزأوكسيديز والترانس كلوتامينيز إلى خفض المطاطية وزيادة كل من مقاومة المطاطية ونسبة المقاومة\المطاطية والمقاومة القصوى ومساحة منحنى الإكستنسوكراف وكان تأثير المعاملة بهذا المزيج أقل من تأثير المعاملة بالكلوكوزأوكسيديز بمفرده وأكبر من تأثير الترانس كلوتامينيز بمفرده. ظهر التأثير التكافلي لمزيج الترانس كلوتامينيز والبيروكسيديز في زيادة قوة العجينة برفع كل من مقاومة المطاطية والمقاومة القصوى للعجينة ولم يلاحظ وجود فرق بين مطاطية العجينة المعاملة بمزيج الإنزيمين وتلك المعاملة بالبيروكسيديز بمفرده، وقد أدت المعاملة إلى رفع نسبة المقاومة\المطاطية لتبتعد عن القيمة المناسبة لتصنيع الخبز. أدت إضافة الزايلانيز مع الكلوكوزأوكسيديز إلى خفض مقاومة المطاطية وزيادة المطاطية للعجينة مقارنة بإضافة الكلوكوز أوكسيديز بمفرده، ونتيجة لذلك فقد انخفضت نسبة مقاومة المطاطية\المطاطية. أدت إضافة الزايلانيز إلى الطحين المعامل بالبيروكسيديز إلى خفض مقاومة المطاطية قليلاً مع عدم تأثيره في المطاطية، ونتيجة لذلك فقد انخفضت نسبة

(*) البحث مستل من أطروحة الدكتوراه للباحث الأول.

المقاومة\المطاطية. أدت إضافة الزايلانيز، وهو من الإنزيمات التي تقلل من قوة العجينة، إلى خفض مقاومة المطاطية وزيادة المطاطية للطحين المعامل بالترانس كلوتاميناز. بلغت نسبة المقاومة\المطاطية 4.6 وأصبحت قريبة من المدى المرغوب لصناعة الخبز.

الكلمات المفتاحية: إنزيمات، الخواص الريولوجية، عجينة الحنطة.

IMPROVING RHEOLOGICAL PROPERTIES OF WEAK WHEAT FLOUR BY TREATING WITH BINARY MIXTURES OF SOME ENZYMES

S. T. Hasan **W. A. Mahmood**

Abstract

The present work was conducted as an attempt to improve rheological properties of weak wheat flour by treating with binary mixtures of some enzymes. To determine the optimum concentration of each enzyme, they were individually added to the flour using different concentrations followed by measuring the extensograph parameters. Optimun concentration were 5, 83.3 and 0.133 unit/100gm of flour for glucose oxidase, peroxidase and transglutaminase, respectively. They gave the highest resistance of extension beside their other positive effects on dough rheology. Xylanase optimum concentration was 13.7 unit/100gm flour which gave the highest dough extensibility.

The addition of glucose oxidase with transglutaminase led to decrease exitensibility and increase resistance, ratio, maximum resistance and extensograph area. Treatment with glucose oxidase and peroxidase had a large effect in raising resistance and decreasing the extensibility as compared to all other binary enzymes treatments. The addition of xylanase to transglutaminase - treated flour led to decrease resistance and increase extensibility of the dough. Resistance/extensibility ratio reached 4.6 B.U./mm which is near to the desirable range of this parameter. Also, the addition of this enzyme caused to decrease resistance of peroxidase - treated flour but without affecting extensibility. The ratio was 4.4 B.U./mm. However, the extensograph area had increased upon this treatment as compared to the individual treatment of each of both enzymes.

Key words: Enzymes, Rheological properties, Wheat flour.

مقدمة

يعود تاريخ صناعة الخبز إلى العصر الحجري الحديث، ويعد من أقدم الأغذية المحضرة، ويشكل المكون الرئيس من غذاء الإنسان في أجزاء عديدة من العالم بوصفه مصدراً رئيساً للكاربوهيدرات والألياف والعناصر الغذائية ومجموعة فيتامين B (5).

تعتمد عملية صناعة الخبز وجودته بصورة رئيسة على المكونات الداخلة في تركيبه التي تشمل الطحين والخميرة والملح والماء، فضلاً عن مضافات أخرى يمكن استخدامها لتحسين تركيب العجينة وقابليتها على التشكل وتحملها للعمليات التصنيعية، فضلاً عن تحسين جودة المنتوج من حيث الحجم وتركيب اللب ومدة الصلاحية والنكهة واللون. وللوصول إلى هذه الغاية ينبغي الحصول على عجينة لها مطاطية كافية لكي تتمدد خلال عملية التخمر، كما ينبغي أن تتميز العجينة بمرونتها ولها القوة على الاحتفاظ بالغازات المنتجة خلال الانتفاخ، كما تكون ثابتة لكي تحتفظ بشكلها ونسجتها خلال عملية الخبز (17).

تعتمد الخواص الريولوجية للطحين وكذلك صفات المنتوج بصورة كبيرة على بروتين الكلوتين الذي تتأثر صفاته بعوامل مختلفة مثل صنف الحنطة والظروف الحقلية وظروف ما بعد الحصاد والخزن، فضلاً عن تأثير الإصابات الحشرية، ولهذا السبب فإن قدرة بعض البلدان على إنتاج أنواع جيدة من الطحين تكون محدودة (3). يحتوي طحين الحنطة على عوامل أكسدة واختزال داخلية (Endogeneous) قد تكون كيميائية أو إنزيمية والتي تؤثر في الشبكة الكلوتينية. وفي حالة عدم وجود هذه العوامل بكمية كافية يمكن إضافتها من مصدر خارجي (Exogeneous) (14).

تعد المعاملة الإنزيمية لطحين الحنطة بديلاً مهماً عن المضافات الكيميائية للحصول على التغيرات المطلوبة في تركيب العجينة. إن الاستخدامات الفردية أو المشتركة لمدى واسع من الإنزيمات مثل الكلوكوزأوكسديز والترانس كلوتاميناز والبيروكسديز واللايبيز والبروتييز والزايلانيز والأميليز لها تطبيقات واسعة في عمليات تصنيع المخبوزات في هذه الأيام (9). إن إضافة بعض الإنزيمات إلى العجينة تؤدي إلى تحسين عملية السيطرة على إنتاج الخبز وتسبب تقليص الزمن اللازم للإنتاج وتأخير تجلد المنتوج والتغلب على مشكلة اختلاف نوع الطحين والاستغناء عن بعض المستحلبات والمضافات الكيميائية (26). وقد أثبتت بعض الدراسات وجود أفضلية لاستخدام أكثر من إنزيم وبتراكيز واطئة بدلاً عن استخدام إنزيم بمفرده. وفي كثير من الأحيان يكون استخدام تراكيز عالية من الإنزيم ذا تأثير سلبي في العجينة وكذلك في المنتوج (8).

تمت دراسة التأثيرات المشتركة لمزيج من البروتييزات والانزيمات المساندة مثل الاميليزات والزايلانيزات مع مجموعة من الانزيمات المحفزة لتكوين الروابط التقاطعية مثل الترانس كلوتاميناز

والكلوكوز اوكسديز وأمكن الحصول على خبز ذي شكل ونسجة أفضل (9). ولازالت الدراسات المتعلقة باستخدام مزيج من الانزيمات في تحسين جودة المخبوزات قليلة، وهناك حاجة لمزيد من الدراسات حول هذا الموضوع (8).

تتناول الدراسة الحالية تأثير معاملة الطحين الضعيف بمزيج ثنائي من بعض الإنزيمات في الصفت الريولوجية للعجينة وباستخدام جهاز الإكستنسوكراف.

مواد وطرائق العمل

استخدم طحين تركي المنشأ (ماركة النورس) وأجريت له بعض الفحوصات الريولوجية للتعرف على مدى قوته وصلاحيته لإنتاج الخبز. استعمل نوعان من الإنزيمات المؤكسدة وهما الكلوكوزأوكسديز (4.5 وحدةاملغم من شركة Fluka) والبيروكسديز (226 وحدةاملغم من شركة Sigma). استخدم الترانس كلوتامينيز (0.09 وحدةاملغم من شركة Ajinomoto) وهو إنزيم رابط للبروتينات، كما استخدم الزايلانيز (2.0 وحدةاملغم من شركة Fluka) المحلل للزايلان. تم تقدير الفعاليات الإنزيمية الكمية للإنزيمات المستخدمة.

تقدير الفعالية الإنزيمية الكمية للإنزيمات المستخدمة:

تم تقدير فعالية الكلوكوز أوكسديز تبعاً للطريقة التي وصفها (6) التي تعتمد على قياس الزيادة في الامتصاص الضوئي (Absorbance) على طول موجي 436 نانوميتر والناتجة عن أكسدة الكواياكول في مزيج التفاعل المحتوي على انزيم البيروكسديز. قدرت فعالية البيروكسديز حسب طريقة (27) وذلك بقياس التغير في الامتصاص الضوئي على طول موجي 436 نانوميتر لمحلول يحتوي على الكواياكول وبيروكسيد الهيدروجين. قدرت فعالية الترانس كلوتامنيز بطريقة هيدروكزاميت اللونية الموصوفة من قبل (12) التي تعتمد على تحرير حامض الهيدروكزاميك (Hydroxamic acid) من مادة CBZ–L–GLN–GLY وقياس الامتصاص الضوئي على طول موجي 525 نانوميتر. قدرت فعالية الزايلانيز حسب الطريقة الموصوفة من قبل (2) التي تعتمد على قياس كمية السكريات المختزلة الناتجة من تحلل الزايلان وباستخدام كاشف 3,5–Dinitro salicylic acid.

إختبار الاكستنسوكراف Extensograph Test:

تم إجراء هذا الاختبار وفق الطريقة المذكورة في (1) رقم (54–10) وذلك بعد 45 و90 و135 دقيقة من بدء التخمر واستخدم جهاز الفارينوكراف لتحضير العجينة قبل وضعها في جهاز الاكستنسوكراف. أمكن الحصول على بعض المعايير من منحنى الإكستنسوكراف منها مساحة المنحنى (Area) ومقاومة المطاطية (Extension resistance) والمطاطية

(Extensibility) ونسبة مقاومة المطاطية إلى المطاطية(Resistance/extensibility) والمقاومة القصوى (Maximum resistance).

النتائج والمناقشة

تعد الصفات الريولوجية لعجينة الخبز مؤشراً هاماً لتقييم جودة الطحين وصلاحيته لإنتاج خبز ذي مواصفات حسية وتغذوية جيدة. وقد تم في الدراسة الحالية إضافة بعض الإنزيمات التي تعمل على تحسين بعض الصفات الريولوجية للطحين الضعيف المستخدم، وقد تم إجراء تقييم للطحين قبل معاملته إنزيمياً لاستخدامه كمعيار للمقارنة مع العينات التي تمت معاملتها إنزيمياً. يبين الجدول (1) بعض صفات الطحين المستعمل في الدراسة.

الجدول (1) نسب البروتين والرطوبة وبعض قيم الإكستنسوكراف لطحين ماركة النورس غير المعامل إنزيمياً (العينة الضابطة).

الصفات	القيم
البروتين ٪	7.5
الرطوبة٪	12.5
مساحة منحنى الإكستنسوكراف سم^2	87
مقاومة المطاطية وحدة برابندر	420
المطاطية ملم	129
المقاومة القصوى للمطاطية وحدة برابندر	516
نسبة المقاومة \ المقاومة	3.3

يلاحظ من الجدول انخفاض كل من المطاطية ومقاومة المطاطية عن القيم المطلوبة، فضلاً عن انخفاض مساحة منحنى الإكستنسوكراف عن القيمة المثلى 120–140 ملم. كانت نسبة البروتين في الطحين منخفضة وهذا قد يكون له تأثير سلبي في صفات العجينة والخبز الناتج.

تأثير المعاملة ببعض الإنزيمات المنفردة في بعض صفات عجينة طحين الحنطة والمقاسة بجهاز الاكستنسوكراف

لغرض التعرف على أفضل التراكيز التي يمكن إضافتها بشكل مزيج ثناثي إلى الطحين، فقد أجريت تجارب أولية أضيفت فيها الإنزيمات بشكل منفرد وبتراكيز مختلفة إلى الطحين وتم تقدير الصفات الريولوجية للطحين المعامل بها. فبالنسبة للإنزيمات المقوية للعجينة، الكلوكوزأوكسيديز والبيروكسيديز والترانس كلوتاميناز، فقد تم اختيار التراكيز التي أعطت أعلى

مقاومة للمطاطية مقاسة بجهاز الإكستنسوكراف، وتم اختيار تركيز الزايلانيز الذي أعطى أعلى مطاطية وباستخدام نفس الجهاز. ويبين الجدول (2) الصفات الريولوجية للعجينة بعد معاملتها بالتراكيز المثلى للإنزيمات المستعملة في التجربة.

الجدول (2) الخواص الريولوجية لعجينة طحين الحنطة المعاملة بتراكيز مختلفة لبعض الإنزيمات والمقاسة بجهاز الإكستنسوكراف.

المعاملة الإنزيمية (وحدة\100 غم طحين)	المساحة ($سم^2$)	مقاومة المطاطية (وحدة برابندر)	المطاطية (ملم)	المقاومة القصوى (وحدة برابندر)	مقاومة المطاطية\المطاطية
العينة الضابطة	87	420	129	516	3.3
كلوكوزأوكسيديز (4)	132	745	120	882	6.2
كلوكوزأوكسيديز (5)	145	782	123	941	6.4
كلوكوزأوكسيديز (6)	134	776	116	935	6.7
بيروكسيديز (66.7)	121	575	130	709	4.4
بيروكسيديز (83.3)	114	600	130	703	4.6
بيروكسيديز (100)	125	580	134	708	4.4
ترانس كلوتامينيز (0.1)	126	603	131	737	4.7
ترانس كلوتامينيز (0.133)	136	640	135	780	4.7
ترانس كلوتامينيز (0.166)	119	578	128	705	4.5
زايلانيز (12.0)	101	360	169	477	2.1
زايلانيز (13.7)	111	356	183	514	2.0
زايلانيز (15.4)	96	356	159	477	2.2

أضيف الكلوكوزأوكسيديز إلى الطحين بتراكيز متدرجة لغرض تحديد التركيز الأكثر تأثيراً في الصفات التي يسجلها جهاز الاكستنسوكراف (الجدول 2) وقد سببت إضافة الإنزيم بتركيز 5 وحدة\100غم طحين ارتفاعاً كبيراً في مقاومة المطاطية وذلك بعد 135 دقيقة من بداية الحضن مقارنة بالتراكيز الأخرى مما يعني الحصول على عجينة قوية، وقد أختير هذا التركيز للاستخدام في التجارب اللاحقة. وعند هذا التركيز وصلت نسبة المقاومة\المطاطية إلى 6.4 ومساحة منحنى الإكستنسوكراف، التي تعبر عن مقدار الطاقة اللازمة لعملية المط، إلى 145 $سم^2$. كما

حصل ارتفاع كبير في المقاومة القصوى وصل إلى 941 وحدة برابندر. يمكن أن يعزى هذا إلى تأثير بيروكسيد الهيدروجين الناتج من فعل هذا الإنزيم في تنشيط البيروكسيديز الطبيعي الموجود في الطحين والذي يعمل على أكسدة مجاميع السلفهادريل لتكوين أواصر ثنائية الكبريت وتكوين أواصر تقاطعية من ثنائي التايروسين (21)، فضلاً عن دوره في تهلم البنتوزانات مما يساعد أيضاً في زيادة قوة العجينة. توافقت هذه النتائج مع تلك التي توصل إليها (18) و(25) من حيث زيادة مقاومة المطاطية وتقليل المطاطية وإنتاج عجينة قوية.

يعمل البيروكسيديز على تحفيز الربط التقاطعي بين وحدات التايروسين في بروتينات الحنطة لتكوين أواصر ثنائية التايروسين، فضلاً عن الربط التقاطعي بين وحدات حامض الفيريوليك على سلاسل الارابينوزايلان المتجاورة وبالتالي تقوية العجينة (3). تم الحصول على أقصى مقاومة للمطاطية 600 وحدة برابندر، كما ارتفعت نسبة المقاومة\المطاطية من 3.3 للعينة الضابطة إلى 4.6 لتلك المعاملة بالبيروكسيديز بتركيز 83.3 وحدة\100 غم طحين (الجدول 2). توافقت هذه النتائج مع تلك التي حصل عليها أثبت (11) و(18) بالنسبة لتأثير هذا الإنزيم في رفع المقاومة والمطاطية مقارنة بالعينة الضابطة.

ارتفعت مقاومة المطاطية نتيجة إضافة الترانس كلوتامينيز إلى الطحين وكان التأثير أقل منه عند إضافة الكلوكوز اوكسيديز وأكبر من تأثير البيروكسيديز. وتم الحصول على أعلى مقاومة للمطاطية عند التركيز 0.133 وحدة\100 غم طحين كما ازدادت مساحة المنحنى إلى 136 سم^2. يعود تأثير هذا الإنزيم في الخواص الريولوجية للعجينة إلى حصول روابط تقاطعية بين مختلف بروتينات الطحين عن طريق الحامض الأميني الكلوتامين وكذلك تكوين أواصر ثنائية الكبريت بين الأحماض الأمينية الكبريتية المتجاورة (25). توافقت نتيجة تأثير إضافة هذا الإنزيم مع ما توصل إليه (4) الذين لاحظوا زيادة في كل من المقاومة والمطاطية ومساحة المنحنى، بينما وجد (17) إن إضافة هذا الإنزيم أدت إلى زيادة كبيرة في مقاومة المطاطية ولكنها أدت إلى خفض المطاطية.

كان الغرض من إضافة الزايلانيز إلى الطحين مع الإنزيمات المقوية للعجينة هو التقليل من التأثيرات السلبية التي قد تحدثها هذه الإنزيمات وذلك من خلال عمله في تحلل الارابينوزايلانات غير القابلة للذوبان في الماء وتحويلها إلى أرابينوزايلانات ذائبة تعمل على ربط الماء في العجينة مما يؤدي إلى خفض صلابتها وزيادة حجمها ومطاطيتها ومؤدية إلى تحسين خواصها الريولوجية وتحسين ثباتها (15). عند إضافة الإنزيم بمفرده إلى الطحين لوحظ أن أعلى مطاطية تم الحصول عليها 183 ملم كانت عند تركيز 13.7 وحدة\100غم طحين (الجدول 2). أدى هذا التأثير إلى انخفاض نسبة المقاومة\المطاطية مقارنة بالعينة الضابطة لتصبح

ضمن المدى المرغوب لإنتاج الخبز بمواصفات جيدة التي تتراوح بين 2–4. تم اختيار هذا التركيز واستخدامه في مرحلة إضافة المزيج ثنائي الإنزيمات إلى الطحين.

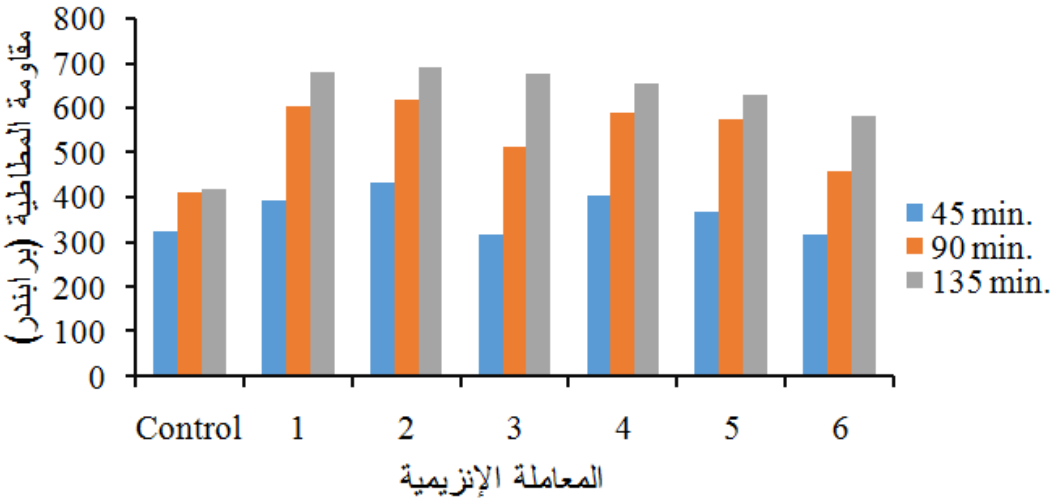
توافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه (16) الذين لاحظوا أن الزايلانيز قد أنتج عجينة أكثر مطاطية وأقل مقاومة نتيجة عمله في تحلل الارابينوزايلانات غير الذائبة في الماء. تسبب هذه العملية إعادة توزيع الماء بسحبه من الارابينوزايلان وإعطاءه الى الكلوتين والنشأ مما يجعل العجينة أكثر ليونة وطراوة (24).

تأثير المعاملة بمزيج ثنائي الإنزيمات في بعض صفات عجينة طحين الحنطة والمقاسة بجهاز الاكستنسوكراف:

في المرحلة الأولى من الدراسة تم التوصل إلى أفضل التراكيز من الإنزيمات التي أضيفت بصورة فردية إلى الطحين وأعطت أفضل الصفات الريولوجية للعجينة. ولكون هذه الإنزيمات تعمل بآليات مختلفة في تأثيرها في الصفات، فقد تم اللجوء إلى استخدامها بشكل مزيج ثنائي وبالتراكيز المثلى لها ودراسة تأثيرها في الصفات الريولوجية للعجينة.

تأثير المعاملة بمزيج الكلوكوز اوكسيديز والبيروكسيديز في بعض صفات عجينة طحين الحنطة:

بلغت مقاومة المطاطية للعجينة المعاملة بمزيج الكلوكوزأوكسيديز والبيروكسيديز بتركيز (5 و83.3 وحدة\100غم طحين، وعلى التوالي) 692 وحدة برابندر وبعد 135 دقيقة من بدء الحضن (الأشكال 1–5). يلاحظ أن هذه القيمة تفوق كثيراً قيمتها في العجينة غير المعاملة إنزيمياً 420 وحدة برابندر، ولكنها في الوقت نفسه لازالت أقل من تأثير إضافة الكلوكوزأوكسيديز بمفرده 782 وحدة برابندر (الجدول 2)، مما يشير إلى عدم وجود فائدة من استخدام مزيج هاذين الإنزيمين وبالتركيزين العاليين المذكورين، ويبدو أن استخدام الكلوكوزأوكسيديز بمفرده وبتركيز 5 وحدة\100 غم طحين كان كافياً لإحداث التأثيرات الكيميائية المطلوبة لزيادة مقاومة المطاطية مثل أكسدة مجاميع السلفهايدريل وتكوين أواصر تقاطعية من ثنائي التايروسين ودوره في تهلم البنتوزانات، فضلاً عن الآليات التي يسلكها هذا الإنزيم في تقوية العجينة بدون الحاجة إلى إنزيم البيروكسيديز والذي يستخدم بيروكسيد الهيدروجين المنتج من فعالية الكلوكوزأوكسيديز. أما بالنسبة للمطاطية فقد كان تأثير المعاملة بمزيج الإنزيمين واضحاً في خفضها أكثر من تأثير الكلوكوز أوكسيديز بمفرده. أدى الارتفاع في مقاومة المطاطية والمقاومة القصوى والانخفاض في المطاطية إلى ارتفاع نسبة المقاومة\المطاطية وبالتالي ازدادت قوة العجينة وأصبحت أكثر مقاومة للمط .



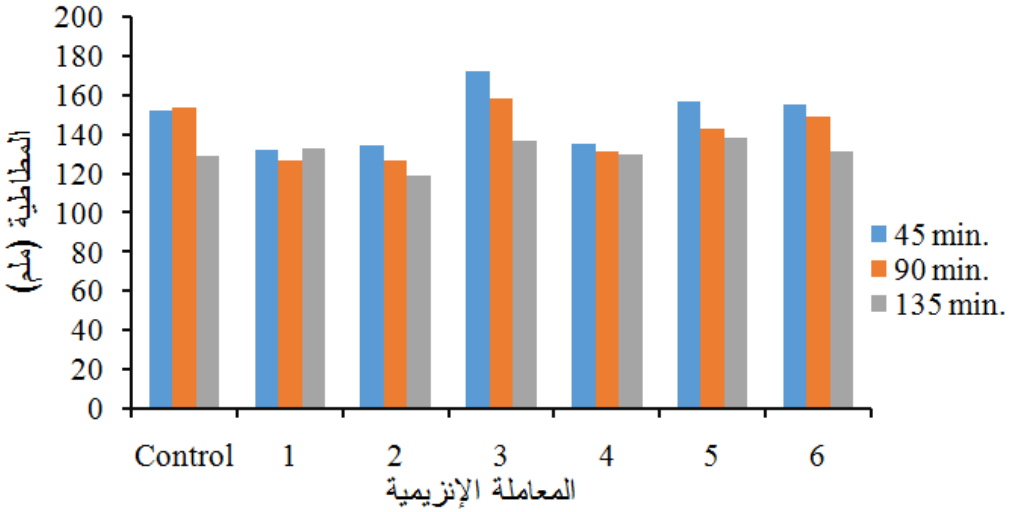
الشكل (1) تأثير المعاملة بمزيج إنزيمين في مقاومة المطاطية لعجينة طحين الحنطة (المعاملات: 1- كلوكوزاوكسيديز + ترانس كلوتامينيز، 2- كلوكوزاوكسيديز + بيروكسيديز، 3- كلوكوزاوكسيديز + زايلانيز، 4- بيروكسيديز + ترانس كلوتامينيز، 5- ترانس كلوتامينيز + زايلانيز، 6- بيروكسيديز + زايلانيز).

توافقت هذه النتائج مع تلك التي حصل عليها (3) الذين وجدوا أن إضافة الكلوكوزأوكسيديز بتركيز 15 وحدة مع البيروكسيديز بتركيز 25 وحدة\100 غم طحين قد أدت إلى ارتفاع مقاومة المطاطية من 620 إلى 530 وحدة برابندر وانخفاض المطاطية من 175 إلى 152 ملم بعد 135 دقيقة من بدء الحضن، كما أن إضافة 20 وحدة من الكلوكوز اوكسيديز مع 15 وحدة من البيروكسيديز\100 غم طحين سبب ارتفاع المقاومة إلى 500 وحدة برابندر وانخفاض المطاطية إلى 147 ملم في الدقيقة 135 من الحضن.

تأثير المعاملة بمزيج الكلوكوزأوكسيديز والترانس كلوتامينيز في بعض صفات عجينة طحين الحنطة والمقاسة بجهاز الاكستنسوكراف:

أدت معاملة الطحين بمزيج الكلوكوزأوكسيديز والترانس كلوتامينيز إلى زيادة مقاومة المطاطية للعجينة لتصل إلى 680 مقارنة بـ420 وحدة برابندر للعينة الضابطة. كان تأثير المعاملة بهذا المزيج أقل من تأثير المعاملة بالكلوكوزأوكسيديز بمفرده 782 وحدة برابندر، ولكنه كان أكبر من تأثير الترانس كلوتامينيز لوحده 640 وحدة برابندر. ولوحظت العلاقة نفسها في التأثير في مطاطية العجينة، إذ كان تأثير المزيج في خفض المطاطية 133 ملم أقل من تأثير الكلوكوزأوكسيديز بمفرده 123 ملم ولكنه أعلى قليلاً من تأثير الترانس كلوتامينيز بمفرده 135 ملم (الجدول2). وكمحصلة لهذين التأثيرين فقد كان تأثير المزيج في زيادة نسبة

المقاومة\المطاطية 5.1 أقل منه عند المعاملة بالكلوكوزأوكسيديز بمفرده 6.4 وأكبر من تأثير الترانس كلوتامينيز بمفرده 4.7 على الرغم من أن النسبة المرتفعة كثيراً تكون عادة غير مرغوبة في تقييم صفات العجينة. أدت إضافة مزيج الإنزيمين إلى زيادة كل من المقاومة القصوى ومساحة منحنى الإكستنسوكراف بصورة كبيرة مقارنة بالعينة الضابطة وقد لوحظت العلاقة نفسها في التأثير والتي ظهرت في الصفات السابق ذكرها، إذ كان تأثير المعاملة بالمزيج أقل من تأثير المعاملة الكلوكوزأوكسيديز بمفرده مما يدل على أن وجود الترانس كلوتامينيز في المزيج كان له تأثير سلبي ومعيق لعمل الكلوكوزأوكسيديز في تقوية العجينة (الأشكال 1–5).



الشكل (2) تأثير المعاملة بمزيج إنزيمين في مطاطية عجينة طحين الحنطة.

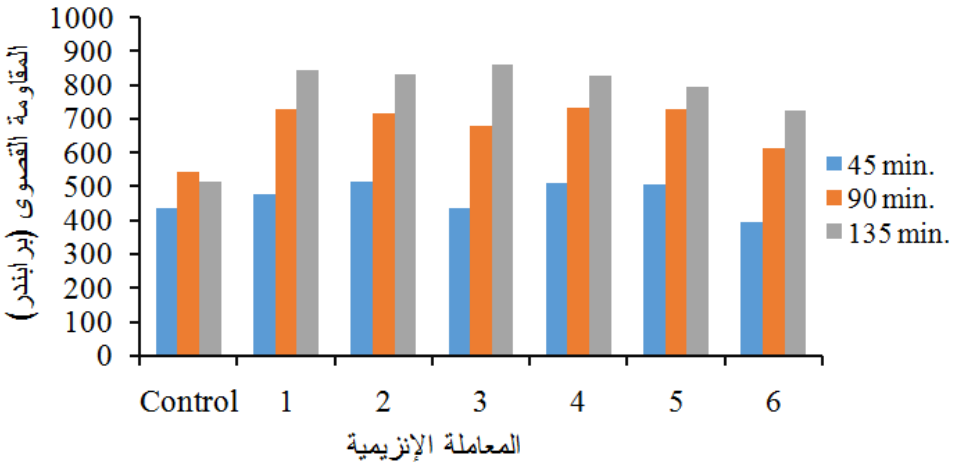
(المعاملات: 1– كلوكوزاوكسيديز + ترانس كلوتامينيز، 2– كلوكوزاوكسيديز + بيروكسيديز، 3– كلوكوزاوكسيديز +زايلانيز، 4– بيروكسيديز + ترانس كلوتامينيز، 5 – ترانس كلوتامينيز + زايلانيز، 6 – بيروكسيديز + زايلانيز).

قد يعود سبب هذا التأثير السلبي للترانس كلوتامينيز هو أنه، وعلى الرغم من عمله في تقوية العجينة بتكوينه روابط تقاطعية بين وضمن السلاسل الببتيدية، فإنه قد يتسبب بعمله هذا في تقليل مرونة وحركة السلاسل الببتيدية وتقليل فرص تقابل مجاميع السلفهايدريل مع بعضها لتكوين أواصر ثنائية الكبريت وكذلك الحال مع وحدات التايروسين لتكوين أواصر ثنائية التايروسين والتي يحفزها إنزيم الكلوكوزأوكسيديز. أشار (22)، وباستخدام جهاز الالفيوكراف، إلى تأثير مزيج هذين الإنزيمين في زيادة صلابة العجينة (Tenacity) وانخفاض المطاطية وذكروا أن تأثير الكلوكوزاوكسيديز في تقوية العجينة يفوق تأثير الترانس كلوتامينيز.

تأثير المعاملة بالكلوكوز اوكسيديز والزايلانيز في بعض صفات عجينة طحين الحنطة والمقاسة بجهاز الاكستنسوكراف:

من المعروف أن الهدف من إضافة الكلوكوزأوكسيديز إلى طحين الحنطة الضعيفة هو لغرض تقوية العجينة المحضرة من هذا الطحين عن طريق زيادة مقاومة المطاطية لها. ولكن المشكلة التي تظهر عند إجراء هذه العملية هي أن ارتفاع مقاومة المطاطية يكون مصحوباً عادة بانخفاض مطاطيتها، مما يؤدي إلى ارتفاع نسبة المقاومة\المطاطية لتصل إلى قيم غير مقبولة لصفات عجينة الخبز، ويتناسب ذلك مع زيادة تركيز الإنزيم المضاف (الجدول 2). ولحل هذه المشكلة والعمل على الحد من انخفاض المطاطية تم اللجوء إلى إضافة إنزيم الزايلانيز والذي يحلل الارابينوزايلانات غير القابلة للذوبان في الماء والموجودة في الطحين والتي تتداخل سلبياً مع تكوين الشبكة الكلوتينية وتحويلها إلى أرابينوزايلانات ذائبة لها القدرة على ربط الماء في العجينة وتقليل صلابتها وزيادة حجمها ومطاطيتها وخفض مقاومتها وبالتالي خفض نسبة المقاومة\ المطاطية لتصبح ضمن المدى المرغوب لإنتاج الخبز (2–4). وكما ذكرنا سابقاً، فإن هذه النسبة تحدد قدرة العجينة للتمدد والاحتفاظ بالغاز وتحديد صلاحيتها لإنتاج الخبز (7).

أضيف مزيج الكلوكوزأوكسيديز 5 وحدة\100 غم طحين مع الزايلانيز 13.7 وحدة\100 غم طحين. أدت هذه المعاملة إلى خفض مقاومة مطاطية العجينة من 782 وحدة برابندر عند إضافة الكلوكوزأوكسيديز بمفرده إلى 676 وحدة برابندر، كما ارتفعت المطاطية من 123 ملم عند إضافة الكلوكوزأوكسيديز بمفرده إلى 137 ملم بإضافة مزيج الإنزيمين. أما المقاومة القصوى فقد انخفضت من 941 وحدة برابندر عند استخدام الكلوكوزأوكسيديز لوحده إلى 861 وحدة برابندر. ونتيجة للتأثير المشترك لهذين الإنزيمين في الصفات المذكورة أعلاه فقد انخفضت نسبة مقاومة المطاطية\المطاطية من 6.4 باستخدام الكلوكوزأوكسيديز بمفرده إلى 4.9 بعد إضافة الزايلانيز معه لتكون قريبة من القيمة المفضلة لهذه الصفة في العجينة المستخدمة لصناعة الخبز (الأشكال 1–5).



الشكل (3) تأثير المعاملة بإنزيمين في المقاومة القصوى لعجينة طحين الحنطة.

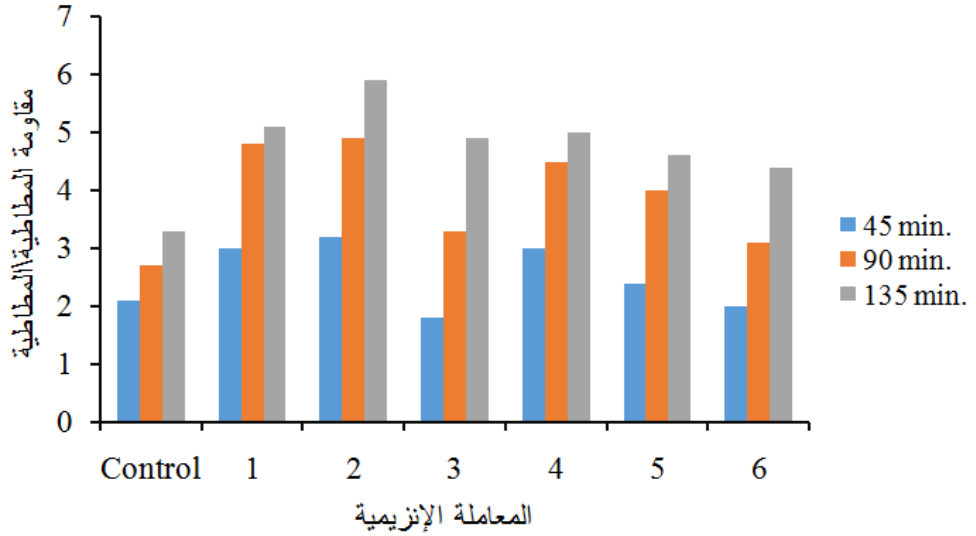
جاءت هذه النتيجة موافقة لتلك التي توصل إليه (20) في دراستهم لتأثير إضافة مزيج الكلوكوزأوكسيديز والبنتوزانيز في صفات العجينة إذ ذكروا أن هذه المعاملة أدت إلى زيادة في المطاطية وانخفاض في مقاومة المطاطية مقارنة بإضافة الكلوكوزأوكسيديز لوحده. كذلك أثبت (10) وباستخدام اختبار Kieffer micro-extensibility test أن معاملة الطحين بمزيج الكلوكوزاوكسيديز والزايلانيز تؤدي إلى تحسين المطاطية بشكل أفضل من استخدام الكلوكوزأوكسيديز بمفرده. من ناحية أخرى، فقد توصل (19) إلى نتيجة مخالفة عند استخدامهما لمزيج الإنزيمين المذكورين تمثلت بارتفاع مقاومة المطاطية وانخفاض المطاطية مقارنة باستخدام الكلوكوزأوكسيديز بمفرده، وقد عزا هذا الاختلاف إلى انخفاض تراكيز الانزيمات المستخدمة في هذه الدراسة بأكثر من عشر مرات مقارنة بما استخدمه (20) في دراستهم.

تأثير المعاملة بالبيروكسيديز والترانس كلوتامينيز في بعض صفات عجينة طحين الحنطة والمقاسة بجهاز الاكستنسوكراف:

يعد هذان الإنزيمان من الإنزيمات المقوية للعجينة ولكنهما يعملان بآليتين مختلفتين، فيعمل الأول على تقوية العجينة بقيامه بإحداث روابط تقاطعية ضمن وبين السلاسل الببتيدية بينما يعمل الثاني من خلال خاصيته المؤكسدة وبوجود بيروكسيد الهيدروجين الذي يعمل كمستقبل للألكترونات، فضلاً عن دوره في حصول تهلم تأكسدي للارابينوزايلانات القابلة للذوبان في الماء والموجودة في الطحين من خلال ربط وحدتين من حامض الفيريوليك على سلسلتين متجاورتين من الارابينوزايلان وكما ذكر سابقاً.

ظهر التأثير التكافلي لهذين الإنزيمين عند وجودهما معا، بتركيز 0.133 و83.3 وحدة\100 غم طحين من الترانس كلوتامينيز والبيروكسيديز، وعلى التوالي، في زيادة قوة العجينة برفع مقاومة المطاطية للعجينة لتصل إلى 653 وحدة برابندر مقارنة بـ420 و640

و600 وحدة برابندر لكل من العينة الضابطة والعينة المعاملة بالترانس كلوتامينيز وتلك المعاملة بالبيروكسيديز، وعلى التوالي. كذلك ظهر التأثير التكافلي في رفع المقاومة القصوى للعجينة لتصل إلى 829 وحدة برابندر مقارنة بـ516 و780 و703 وحدة برابندر لكل من العينة الضابطة والعينة المعاملة بالترانس كلوتامينيز وتلك المعاملة بالبيروكسيديز، وعلى التوالي (الأشكال 1–5).



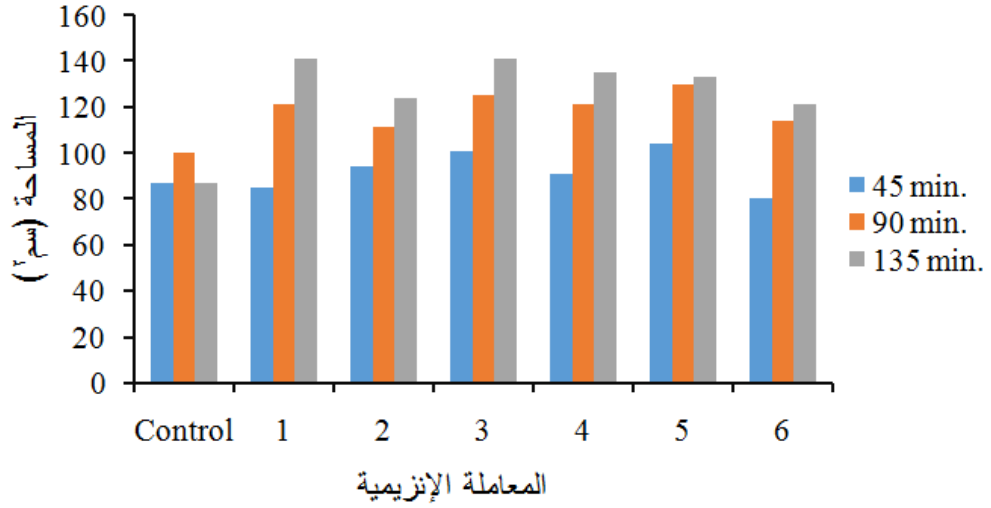
الشكل (4) تأثير المعاملة بمزيج إنزيمين في نسبة مقاومة المطاطية\المطاطية لعجينة طحين الحنطة.

لم يلاحظ وجود فرق بين مطاطية العجينة المعاملة بمزيج الإنزيمين وتلك المعاملة بالبيروكسيديز، ولكنها كانت مرتفعة قليلاً في العينة المعاملة بالترانس كلوتامينيز. وبسبب تأثير إضافة المزيج في رفع المقاومة مع عدم تأثيرها في المطاطية فقد أدت هذه المعاملة إلى رفع نسبة المقاومة\المطاطية لتبتعد قليلاً عن القيمة المناسبة لتصنيع الخبز. أما مساحة منحنى الاكستنسوكراف فقد ارتفعت مقارنة باستخدام البيروكسيديز لوحده ولكنها كانت مساوية تقريباً لتلك التي تم الحصول عليها عند إضافة الترانس كلوتامينيز بمفرده.

تأثير المعاملة بالترانس كلوتامينيز والزايلانيز في بعض صفات عجينة طحين الحنطة والمقاسة بجهاز الاكستنسوكراف:

أدت إضافة مزيج الزايلانيز والترانس كلوتامينيز بتركيز (13.7 و0.133 وحدة\100 غم طحين، وعلى التوالي) إلى زيادة مقاومة المطاطية إلى 628 وحدة برابندر مقارنة بالعينة الضابطة 420 وحدة برابندر، ولكنها كانت أقل من تلك المعاملة بالترانس كلوتامينيز بمفرده 640 وحدة برابندر. كانت هذه النتيجة متوقعة، إذ إن الزايلانيز يعد من الإنزيمات التي تقلل من صلابة العجينة أي تقلل مقاومة المطاطية فيكون تأثيره معاكساً لتأثير الترانس كلوتامينيز. أما المطاطية فقد ارتفعت قليلاً نتيجة معاملة العجينة بالمزيج الإنزيمي 138 ملم مقارنة بالعينة

الضابطة 129 ملم وكذلك مقارنة بتلك المعاملة بالترانس كلوتامينيز لمفرده 135 ملم ولكنها كانت منخفضة كثيراً عند مقارنتها بالعجينة المعاملة بالزايلانيز لوحده 183 ملم. ونتيجة هذه التغيرات أصبحت نسبة المقاومة\المطاطية 4.6 عند استخدام هذا المزيج الثنائي قريبة من المدى المرغوب وقريبة جداً من قيمتها في العجينة المعاملة بالترانس كلوتامينيز لوحده 4.7 (الأشكال 1-5).



الشكل (5) تأثير المعاملة بمزيج إنزيمين في مساحة منحنى الإكستنسوكراف لعجينة طحين الحنطة.

تأثير المعاملة بالبيروكسيديز والزايلانيز في بعض صفات عجينة طحين الحنطة والمقاسة بجهاز الاكستنسوكراف:

تبين الأشكال (1-5) تأثير استخدام مزيج الزايلانيز 13.7 وحدة\100 غم طحين والبيروكسيديز 83.3 وحدة\100 غم طحين. ارتفعت مقاومة المطاطية إلى 582 وحدة برابندر مقارنة بالعينة الضابطة 420 وحدة برابندر، ولكنها كانت أقل منها باستخدام البيروكسيديز بمفرده 600 وحدة برابندر، ويعود السبب في ذلك إلى وجود الزايلانيز الذي كان تأثيره مخفضاً للمقاومة إذ يعمل، وكما ذكر سابقاً، على تحويل الهيميسليولوز إلى هيئة ذائبة تعمل على ربط الماء في العجينة مما يقلل صلابتها وزيادة حجمها (27). أما المطاطية فقد كانت مساوية تقريباً لها عند استخدام البيروكسيديز لوحده وذلك بعد 135 دقيقة من الحضن. أي أن وجود الزايلانيز في المزيج كان مؤثراً في خفض المقاومة بشكل قليل ولكنه لم يؤثر في مطاطية العجينة في نهاية فترة الحضن. ونتيجة لذلك فقد انخفضت نسبة المقاومة\المطاطية إلى 4.4. أما مساحة المنحنى، التي تعبر عن مقدار الطاقة اللازمة لقطع العجينة، فقد ارتفعت إلى 121 سم^2 بالمقارنة مع استخدام كل من الانزيمين لوحدهما (114 و111 للبيروكسيديز والزايلانيز، وعلى التوالي).

الاستنتاجات

تمت معاملة طحين الحنطة الضعيف بأنواع من مزيج ثنائي من إنزيمات الكلوكوزأوكسيديز والبيروكسيديز والترانس كلوتامينيز والزايلانيز. تم الحصول على نتائج جيدة لخواص الطحين الريولوجية بإضافة مزيج البيروكسيديز مع الزايلانيز تلاه مزيج الترانس كلوتامنيز مع الزايلانيز. أما بقية أنواع المزيج الثنائي والتي تم تشكيلها من الإنزيمات الأربعة المذكورة أعلاه فقد كان تأثيرها قليلا في تحسين خواص الطحين الريولوجية.

المصادر

1- AACC, (2000). Approved Methods of the American. Association of Cereal Chemists, 10th ed. AACC, St. Paul, MN, USA.

2- Bailey, M. J., P. Beily and K. Poutane (1992). Inter-laboratory testing and methods for assay of xylanase activity. J. Biotechnol. 23: 257-270.

3- Bak, P. I., L. Nielsen, H. C. Thogersen. and H. C. Poulsen (1995). method for testing the strengthening effect of oxidative enzymes in dough In: Wheat Structure, Biochemistry and Functionality. J. D. Schofield (ed.). Royal Society of Food Chemistry. 361-367.

4- Basman, A., H. Köksel and K. W. Perry (2002). Effects of increasing levels of transglutaminase on the rheological properties and bread quality of two wheat flours. Eur. Food Res. Technol. 215: 419-424.

5- Belitz, H. D., W. Grosch and P. Schieberle (2004). Food Chemistry. 3rd ed. Springer-Verlag, Berlin.Bergmeyer, H. U., K. Grassl (1970). Methods of Enzymatic Analysis. 416.

6- Bhatty, M. R. S. (1986). Phsiochmical and functional (Bread making) properties of hull-less Barley fractions. Cereal Chem. 63(1): 31-35.

7- Caballero, P. A., A. Bonet, C. M. Rosell and M. Gomez (2005). Effect of microbial transglutaminase on the rheological and thermal properties of insect damaged wheat flour. Journal of Cereal Science. 42(1): 93–100.

8- Caballero, P. A., M. Gomez and C. M. Rosell (2007). Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination. Journal of Food Engineering. 81 (1): 42–53.

9- Dagdelen, F. A. and D. Gocmen (2007). Effects of glucose oxidase, hemicellulase and ascorbic acid on dough and bread quality. Journal of Food Quality. 30: 1009–1022.

10- Dunnewind, B., T. Vliet and R. Orsel (2002). Effect of oxidative enzymes on bulk rheological properties of wheat flour dough. Journal of Cereal Science 36: 357–366.
11- Folk, J. K. (1970). Tranaglutaminase in: Methods in Enzymology, H. Tabor and C. W. Tabor. (eds.) 17: 889-894. Academic Press, New York.
12- Georget. D. M., R. C. Underwood-Toscano, S. J. Powers. P. R. Shewry and P. S. Belton (2008). Effect of variety and environmental factors on gluten proteins: an analytical, spectroscopic, and rheological study. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 56: 1172–1179.
13- Joye, I. J., B. Lagrain and J. A. Delcour (2009a). Endogenous redox agents and enzymes that affect protein network formation during breadmaking-A review. Journal of Cereal Science. 50 (1): 1–10.
14- Martinez-Anaya, M. A. and T. Jimenez (1998). Physical properties of enzyme-supplemented doughs and relationship with bread.
15- Ognean, M., C. and F. N. Darie (2011). Rheological evaluation of some commercial xylanases. journal of agroalimentary processes and technologies. 378-384.
16- Oort, M. V. (2010). Enzymes in bread making. In: Enzymes in Food Technology, second ed. R. J. Whitehurst and M. V. Oort (eds.). Chichester: Wiley-Blackwell. 103-143.
17- Pescador-Piedra, J. C., A. Garrido-Castro, J. Chanona-Pérez, R. Farrera-Rebollo, G. Gutiérrez-López and G. Calderón-Domínguez, (2009). Effect of the addition of mixtures of Glucose Oxidase, Peroxidase and Xylanase on Rheological and Breadmaking Properties of Wheat Flour, International Journal of Food Properties. 12 (4): 748-765.
18- Primo-Martin, C., M. Wang, W. J. Lichtendonk, J. J. Plijter and R. J. Hamer, (2005). An explanation for the combined effect of xylanase- glucose oxidase in dough systems, J. Sci. Food Agric. 85: 1186-1196.
19- Primo-Martin, C., R. Valera and M. A. Mart´ınez-Anaya. (2003). Effect of pentosanase and oxidases on the characteristics of dough and the glutenin macropolymer (GMP). J. Agric Food Chem 51: 4673-4679. quality parameters. Zeitschrift four Lebensmittel Untersuchung und Forschung, 206 (2): 134–142.
20- Rasiah, I. A., K. H Sutton, F. L. Low, H. M. Lin and J. A. Gerrard (2005). Crosslinking of wheat dough proteins by glucose oxidase and the resulting effects on bread and croissants. Food Chemistry. 89 (3): 325–332.

21- Rosell, C. M., S. Aja, S. Bean, and G. Lookhart, (2002). Effect of Aelia spp. and Eurygaster spp. damage on wheat proteins. Cereal Chem. 79: 801-805.
22- Rouau, X., (1993). Investigations into the effects of an enzyme preparation for baking on wheat flour dough pentosans, J. Cereal Sci. 18: 145–157.
23- Shah, A. R., R. K. Shahen and D. Madamwar (2006). Improvement of the quality of whole wheat bread by supplementation of xylanases from Aspergillus foetidus, Bioresour. Technol. 97: 2047–2053.
24- Steffolani, M. E., P. D. Ribotta, G. T. Perez and A. E. Leon (2010). Effect of glucose oxidase, transglutaminase, and pentosanase on wheat proteins: Relationship with dough properties and bread-making quality. Journal of Cereal Science. 51 (3): 366-373.
25- Tramper, J. and P. B. Poulsen (2005). Enzymes as processing aids and final products. In: Applied Biocatalysis, A. J. Straathof, J. P. Adlercreutz. (eds.). second ed. Amsterdam: Harwood Academic Publications. 62-102.
26- Whitaker, J. R., and R. A. Bernhard (1972). Enzymology. The Wiber Press Davis. 112-126.