تأثير إضافة إنزيم الفايتيز النباتي وعمليات النقع في تحلل الفايتات في اثناء عمليات تصنيع خبز طحين القمح الكامل

عز الدين كاظم حمود جاسم محيسن ناصر

الملخص

هدفت الدراسة الحالية إلى التعرف على تأثير إضافة إنزيم الفايتيز النباتي وعمليات النقع وعمليات التخمير في تحلل حامض الفايتيك في اثناء عمليات تصنيع خبز طحين القمح الكامل لصنف القمح العراقي إباء 99، فقد كانت نسبة حامض الفايتيك فيها 1500 ملغم/100غم طحين، كما وجد إن نسب الفسفور اللاعضوي في الطحين المستخدم كانت 29.18 ملغم/100 غم طحين. تمت إضافة الإنزيم بنسب 100، 400، 600، 800 و1000 ملغم/100 غم طحين (المعاملات الثانية، الثالثة، الرابعة، الخامسة والسادسة) مقارنةً مع معاملة السيطرة (المعاملة الأولى) ومعاملة النقع (المعاملة السابعة). في عمليات التخمير حدث انخفاض في نسبة حامض الفايتيك في المعاملات جميعها وبنسب مختلفة، فقد كانت نسب الانخفاض للمعاملات 22.55، 28.10، 43.58، 54.89، 49.73، 44.55 و47.98% على التوالي عند انتهاء عملية التخمير. بينما حدث ارتفاع في نسب الفسفور اللاعضوي في المعاملات جميعها، فقد كانت نسب الإرتفاع للمعاملات 106، 142، 194، 301 ، 160، 138 و48% على التوالي عند انتهاء عملية التخمير. من ذلك يتضح انه وبتأثير إضافة إنزيم الفايتيز النباتي وعمليات النقع يمكن أن نخفض نسبة حامض الفايتيك في الخبز المحضر من طحين كامل الاستخلاص بنسبة 22– 54%.

المقدمة

يزرع القمح في جميع أنحاء العالم تحت ظروف متباينة ليعطي محصولاً وافراً وعلى مدار السنة. يعود القمح إلى العائلة الحشيشية Grass Family واسمها العلمي Gramineae (Poaceae) وهو المحصول الأكثر استهلاكاً لرخص ثمن منتجاته ولما يحتويه من عناصر غذائية كالكاربوهيدرات والبروتينات والدهون والمعادن والفيتامينات مما جعله ذو مكانة مهمة في وجبات الإنسان. يُعدُّ الخبز من أقدم و أشهر منتجات القمح فهو الرمز الأول لحياة الشعوب (1) وتكمن أهميته الأساس باستهلاكه بشكل يومي في الوجبات الثلاثة ، واستخدامه في الأطعمة التي لها عمل مهم في توفير الطاقة اللازمة للأنشطة اليومية. وهناك أنواع كثيرة من الخبز تتوقف نوعيتها وقيمتها الغذائية على نسب استخلاص الطحين فهناك الخبز الأبيض ذو معدل استخلاص 72%، إذ يحتوي على نسبة قليلة من الفيتامينات والأملاح المعدنية والألياف (منخفض القيمة الغذائية)، وخبز القمح الكامل المصنوع من طحين القمح بدون نخل (استخلاص 100%) ذو قيمة غذائية مرتفعة، إذ يُعدُ مصدراً مهماً للمواد غير العضوية كالفيتامينات والأملاح والعناصر المعدنية مثل الحديد والزنك والمغنيسيوم (29).

في الوقت الحاضر، أدركت المجتمعات الحديثة أن استهلاك المنتجات عالية الألياف الغذائية ومنها خبز القمح الكامل أو الوجبات المدعمة بالنخالة لها تأثير إيجابي في الصحة البشرية، إذ بينت الدراسات أن تناول كميات كافية من الأغذية الكاملة هو وقاية من أمراض القلب التاجية ، أنواع معينة من السرطان، والسكري من النوع الثاني (6)، إلّا إن هذه المنتجات تحتوي على عوامل مضادة للتغذية، مثل العوامل المثبطة والعوامل المخلبية التي تعوق امتصاص المعادن، تعرف بالفايتات (11).

جزء من رساله ماجستير للباحث الأول.

كلية الزراعة، جامعة بغداد، بغداد، العراق.

الاسم الشائع للفايتات (Myo-inositol 1,2,3,4,5,6-hexakis dihydrogen phosphate) الصيغة الجزيئية له ($C_6H_{18}O_{24}P_6$) وزنه الجزيئي 660.58 غم/مول الذي يعرف باسم حامض الفايتيك، ويطلق عليه اسم الفايتين phytin عندما يكون بشكل أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم مع حامض الفايتيك. الاسم الكامل يصف الهيكل الطحين والمظهر الجزيئي لجريئة حامض الفايتيك، فمصطلح Myo يشير إلى توزيع مجاميع الهيدروكسيل على حلقة الإينوسيتول، في حين أن hexakis تشير إلى أن الفوسفات ترتبط على إطراف حلقة الاينوسيتول الستة بواسطة أواصر استرية ، وهذه المجاميع الستة تحتوي معاً على 12 بروتوناً قابلة للاستبدال أو مواقع تفاعلية، وبالتالي يصبح هذا المركب عبارة عن مخلب يحتوي على أكثر من موقع لربط الايونات، تتوزع هذه البروتونات بشكل ستة بروتونات ترتبط بقوة في المنطقة الحامضية لها pH من 1.5– 3.0، وثلاثة من البروتونات اقل حامضية (متعادلة) لها pH (5.7 – 7.6) ، وثلاثة من البروتونات تكون ذات حامضية ضعيفة جداً (تقع في المنطقة القاعدية) لها pH اكثر من 10 وهذا يعني ان هنالك 12 موقعاً لانفصال البروتونات (+H) عن جزيئه حامض الفايتيك (30).

الهيكل الفريد هذا يُمكّن الفايتات من أن تحمل شحنة سالبة قوية تحد من نشاط أيونات المعادن الثنائية ومتعددة التكافؤ بتكوين معقدات غير قابلة للذوبان والحد من التوفر البايولوجي لها في الجسم الحي، كما وتقوم ايونات الفوسفات السالبة في الفايتات بالتفاعل مع المركبات الأخرى موجبة الشحنة مثل البروتين والنشأ (32) والأيونات المعدنية الاحادية والثنائية والثلاثية التكافؤ مثل الزنك والحديد والمغنيسيوم والكالسيوم (9)، إذ تختزل فعاليتها الحيوية ضمن مدى الرقم الهيدروجيني الطبيعي من 6–7. تعتمد قابلية ذوبان فايتات الأملاح ثنائية التكافؤ بشدة على درجة الحموضة والتأثير التآزري بين الأيونات ثنائية التكافؤ وحامض الفايتيك. توجد طرق عديدة لخفض حامض الفايتيك منها رفع نسبة الخميرة أو إطالة مدة التخمير لإنتاج الخبز ألحامضي، أو عمليات النقع أو استخدام سلالات مختلفة من الأحياء المجهرية المنتجة لإنزيم الفايتيز أو إضافة أنزيم الفايتيز من مصادر مختلفة، كما يجب خفض الحموضة لضمان عمل الإنزيم بصورة فعالة ، ويعتمد معدل اختزال حامض الفايتيك في اثناء مدة التصنيع على فعالية إنزيم الفايتيز إضافة الى عوامل عديدة تساهم في تحطم الفايتات وهي حجم دقائق طحين القمح والرقم الهيدروجيني والمحتوى المائي إضافة الى طول فترة التخمر ونسبة الخميرة المضافة (23).

هدفت الدراسة الحالية إلى بيان تأثير وقت وعملية التخمير وإضافة إنزيم الفايتيز وعملية النقع والخبازة في خفض مستوى حامض الفايتيك في المخبوزات المصنعة من طحين القمح الكامل.

المواد وطرق البحث

تحضير طحين القمح الكامل Preparation of whole wheat flour

تم الحصول على القمح العراقي المتمثل بصنف إباء 99 من وزارة العلوم والتكنولوجيا، مركز تكنولوجيا البذور ومن حصاد سنة 2016، وحفظ في التبريد (± 4 م) لحين الاستخدام ثم خضعت للعمليات الأتية:

التنظيف من الأتربة والمواد الغريبة ثم حساب كميه الماء اللازم إضافته لغرض ترطيبه بعد تقدير رطوبته الأولية كما جاء في طريقة AACC (5) (قدرت الرطوبة في العينات على درجة حراره 105م لمدة 3 ساعات وحتى ثبات الوزن)، ثم أضيفت كمية الماء المحسوبة على دفعتين لإيصال الرطوبة إلى 15% وترك لمدة 48 ساعة للترطيب على درجة حرارة الغرفة ثم طحن بواسطة مطحنة برابندر الرباعية المختبرية وجمع كل من الطحين والنخالة معاً وجرى تنعيمهما بواسطة مسحنة مختبرية بحيث كان بالإمكان تمرير المجروش الناتج كله من منخل No.70.

التقديرات الكيميائية والريولوجية لإنموذج الطحين

قدرت نسبة الرطوبة، الرماد، البروتين الكلي، الكلوتين الرطب، خصائص الفارينوغراف، والاميلوغراف والدهن الكلي والرقم الهيدروجيني للطحين الناتج والعجين باستخدام الطرق القياسية المذكورة في AACC (5) .

إعداد الخبز القياسي (اللوف)

استخدمت طريقة المرحلة الواحدة (Straight Dough method) وفق الطريقة المذكورة في AACC (5) مع إجراء تعديل لنسب بعض المكونات ومدة التخمير، تكونت خلطة العجينة من 100 غم طحين، 1 غم خميرة، 1 غم ملح طعام، 5 غم سكر و3 غم دهن مقصر. وأضيفت كمية الماء الى كل معاملة وفق الامتصاصية المسجلة في جهاز الفارينوكراف بدرجة 30 م°، وكانت المعاملات التي تم إجرائها في التجربة، هي:

المعاملة الأولى: تتكون من طحين صنف إباء 99 مع المكونات الأساس فقط من دون أية إضافة إنزيمية.

المعاملة الثانية: تتكون من طحين صنف إباء 99 مع المكونات الأساس مع إضافة 100ملغم إنزيم فايتيز القمح /100 غم طحين.

المعاملة الثالثة: تتكون من طحين صنف إباء 99 مع المكونات الأساس مع إضافة 400 ملغم إنزيم فايتيز القمح /100 غم طحين.

المعاملة الرابعة: تتكون من طحين صنف إباء 99 مع المكونات الأساس مع إضافة 600 ملغم إنزيم فايتيز القمح /100 غم طحين.

المعاملة الخامسة: تتكون من طحين صنف إباء 99 مع المكونات الأساس مع إضافة 800 ملغم إنزيم فايتيز القمح /100 غم طحين.

المعاملة السادسة: تتكون من طحين صنف إباء 99 مع المكونات الأساس مع إضافة 1000ملغم إنزيم فايتيز القمح /100 غم طحين.

المعاملة السابعة: تتكون من طحين صنف إباء 99 بعد إضافة النخالة المنقوعة إليه مع المكونات الأساس بدون أية إضافة إنزيمية.

التقويم الحسي للخبز القياسي (اللوف)

تم استخدام استمارة التقويم المذكورة في الزبيدي (2009).

تقدير حامض الفايتيك Determination of Phytic acid

تم تقدير حامض الفايتيك تبعاً للطريقة التي ذكرها M. Latta, M. Eskin, (1980) والمشار اليها في (10).

تقدير الفسفور اللاعضوي Determination of inorganic phosphorus

تم تقدير الفسفور اللاعضوي تبعاً للطريقة التي ذكرها Chen et al.,(1956).

قياس الرقم الهيدروجيني للطحين والعجينMeasurement of pH for dough and flour

تم اعتماد الطريقة القياسية لكيميائي الحبوب العالمية AACC (5) وذلك بوزن 10غم عينه من كل مرحلة وخلطها 100مل ماء مقطر المتعادل ثم جنست العينة بواسطة مجنس مختبري نوع Heidolph الألماني الصنع على سرعة 26000 (دورة/ طحينة) بحيث أصبحت بشكل محلول عالق وتركت لمدة 5 دقائق بعدها تم قياس الرقم الهيدروجيني للعالق.

تقدير فعالية إنزيم الفايتيز

قُدَرت فعالية الإنزيم من خلال قياس كمية الفسفور اللاعضوي المتحرر وتبعاً لطريقة **Fiske and Subbarow, 1925)** والمحورة من قبل **Awad** وجماعته (7)، وتعرف وحدة فعالية إنزيم الفايتيز بأنها كمية الإنزيم التي تحرر واحد ميكروغرام من الفسفور غير العضوي لكل مل من محلول فايتات الصوديوم في الدقيقة تحت ظروف التجربة (**11**).

لتحلل المائي الحراري (عملية النقع) Hydrothermal Treatment

استخدمت هذه المعاملة لغرض تخفيض نسبة الفايتات بإنزيم الفايتيز الذاتي والموجود بصورة طبيعية في نخالة القمح، إذ استخدمت الطريق **m** المتبعة من قبل (**Fredlund et al., 1997**) والمشار إليها من قبل **Sedaghati** وجماعته (**31**) مع بعض التحوير في كمية المحلول المنظم المضاف ووقت الحضن فوجد إن أفضل **pH** كان عند استخدام خلات الصوديوم بالرقم الهيدروجيني **4.8** ووقت الحضن **4** ساعات ودرجة حراره **55**م ثم التجفيف على درجة حرارة **40**م لمدة **18** ساعة.

التحليل الإحصائي

استعمل البرنامج الإحصائي **SAS – Statistical Analysis System** (**2012**) في تحليل البيانات لدراسة تأثير العوامل المختلفة في الصفات المدروسة وفق تصميم عشوائي كامل (**CRD**)، وقورنت الفروق المعنوية بين المتوسطات باختبار أقل فرقاً معنوياً (**LSD**).

النتائج والمناقشة

التركيب الكيميائي لصنف الحنطة إباء **99** وطحين الحبة الكاملة

يُبينَ جدول (**1**) النسب المئوية للمكونات الكيميائية لصنف القمح المستخدم صنف إباء **99** وطحين الحبة الكامل لها المتمثلة في الرطوبة والبروتين والدهن والرماد والألياف والكاربوهيدرات، بلغت النسب المئوية للرطوبة (**4.15**، **11.40**)% على التوالي ويلاحظ أن قيمة الرطوبة لهذا الصنف تقع ضمن المدى الذي يتحقق عنده سلامة الحبوب، إذ إن محتوى الرطوبة يؤثر بشكل معنوي وكبير في جودة حفظ القمح، وكما إنه يتأثر بشكل رئيس في الظروف المناخية السائدة كالرطوبة ودرجة حرارة الجو أثناء الحصاد والتخزين، وعليه يعزى سبب تدني نسبة الرطوبة لحد كبير في الحبوب المستخدمة في هذه الدراسة إلى إرتفاع حرارة مناخ الأراضي العراقية بشكل كبير بحيث تجاوزت درجة الحرارة **50**مْ (**4**). أما نسبة الرطوبة للطحين فهي ضمن النسبة المفضلة للخبازين من **11.5**– **15.2**% (**3**)، تُعدُّ الرطوبة من العوامل المهمة في تحديد جودة الطحين ولمعرفة نسبة امتصاصية الطحين للماء. أما نسبة البروتين فبلغت **9.84** و**9.10**% على التوالي، إذ اتفقت نتيجة حبوب الحنطة مع ما ذكره رمضان (**2**) الذي أشار إلى أن نسبة البروتين للحنطة الطرية هي بواقع من **9**– **12**%. يُعدُّ المحتوى ألبروتيني للحبوب صفة نوعية تتأثر في ظروف البيئة، كما يُعدُّ أحد المقاييس الأساس في جودة القمح المعتمدة بشكل أساس على العوامل الوراثية الخاصة بالصنف والنوع وعلى الظروف المناخية والزراعية السائدة في مرحلة نمو القمح. كما بلغت النسبة المئوية للدهن (**1.97**،**2.13**)% على التوالي، وتؤكد العديد من البحوث على أهمية دهون الطحين في تصنيع الخبز والخواص الريولوجية للعجين على الرغم من قلة كميتها مقارنة بمكونات الطحين الأخرى. تتكون ليبيدات الحبوب من غليسريدات الحوامض الدهنية، وتمثل الحوامض الدهنية المشبعة في الحبوب من **11**– **26**% من مجمل الحوامض الدهنية في حين تمثل الحوامض الدهنية غير المشبعة من **72**–**85**% من الدهون، لذلك يُعدّ دهن الحبوب من النوعية المفضلة غذائياً في الوقت

الحاضر، ويُعدّ الحامض الدهني اللينوليك (C 18:2) من أهم الأحماض الدهنية يليه الحامض الدهني الاوليك (C18:1) أما أهم الأحماض الدهنية المشبعة في الحبوب فهو البالميتيك (C16)، توجد الحوامض الدهنية الحرة في الحبة السليمة بنسبة محددة، إذ يحتوي جنين القمح على 6–11 % والنخالة على 3–5% والاندوسبيرم على 0.8–1.5 % (18). بلغت نسبة الرماد 1.92، 1.77% على التوالي وهي مقاربة لما ذكره Požrl وجماعته (27)، إن محتوى الرماد مقياس مهم يرتبط بجودة الطحن، إذ يُعدّ مؤشراً قوياً للون الطحين ودرجة نقاوته، فكفاءة عملية الطحن يتم تحديدها عن طريق معرفة محتوى الطحين من الرماد المرتبط بشكل رئيس مع كمية النخالة في حبة القمح الذي عادة يمثل نسبة من (2.0-0.4)%، المحسوبة على أساس 14% رطوبة (14)، وكان Kent-Jones وAmos (20) قد أشارا إلى أن نسبة الرماد تُعدّ مفيدة جداً لعمليات الطحن الفني الجيدة ومؤشراً جيداً لتدريج ولون الطحين، كما أن الخبز المصنوع من طحين بمحتوى رماد عالي يميل إلى اللون الداكن.

يلاحظ من الجدول ذاته إن نسبة الألياف لا تتفق مع النسب التي أشار إليها زين العابدين (3) فقد أشار إلى إن نسبة الألياف في أصناف الحنطة العراقية تتراوح بين 2–2.7%. ووجد Iuliana وجماعته (18) إن نسبة الكاربوهيدرات للحنطة وكمعدل عام كانت من 65–75% وهي مطابقة لما تم إيجاده في صنف القمح العراقي تحت الدراسة.

جدول 1: نتائج الفحص الكيميائي للقمح صنف إباء 99 وطحين الحبة الكاملة

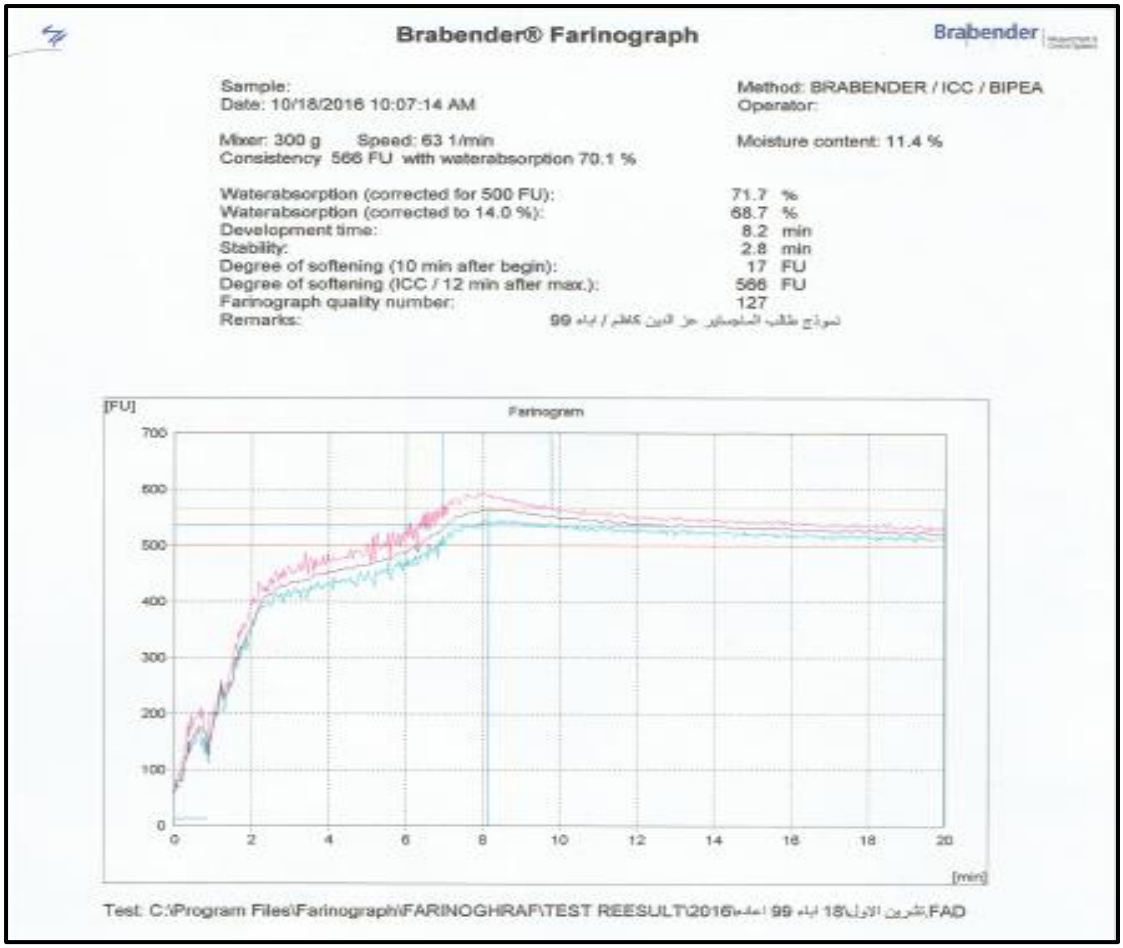
الإنموذج	الرطوبة %	البروتين %	الدهن %	الألياف %	الرماد %	الكاربوهيدرات %
قمح صنف إباء 99	4.15	9.84	2.13	7.09	1.92	74.87
طحين قمح صنف إباء 99	11.40	9.10	1.97	6.55	1.77	69.21

الصفات الريولوجية لإنموذج طحين الحنطة صنف إباء 99

يوضح جدول (2) وشكل (1) الصفات الريولوجيه التي قيست بجهاز الفارينوكراف والاميلوكراف لطحين صنف الحنطة إباء99 ، إذ بلغت نسبة امتصاص الماء 71.7% وهي نسبة مرتفعة فقد أشار زين العابدين (3) في دراسته إلى إن نسبة امتصاص الماء المفضلة للخبازين تراوحت بين 50.7–61.1%، ويعزى سبب إرتفاع نسبة امتصاص الماء إلى إرتفاع نسبة الألياف في طحين القمح الكامل وتأثيرها في بقية الصفات الريولوجية، أما زمن ثبات العجينة (مدة الإستقرار) وزمن نضج العجينة فكانا 2.8 و8.2 طحينة على التوالي. أشار Kasim وEdwards (19) إلى إن طحين الحنطة اللينة (Soft wheat flour) يتراوح زمن الثباتية فيه بين 3–5 طحينة وزمن نضج العجينة من 2– 4 طحينة، فالطحين قيد الدراسة كان زمن استقراره ضمن المدى المذكور فيما يخص زمن النضج فقد كان مرتفعاً، وقد يعود ذلك إلى إرتفاع نسبة الألياف والنخالة في الطحين اللذان لهما تأثيراً في الصفات الريولوجية، أما صفة اللزوجة القصوى الذي تم اختبارها بجهاز الاميلوكراف فيوضح الجدول نفسه أن قيمتها كانت مرتفعة، إذ كانت 766 وحدة برابندر، يدل ارتفاع هذه القيمة على انخفاض في الفعالية الإنزيمية لإنزيم ألفا– أميليز،وان انخفاض مستوى إنزيم الفا–أميليز هي الصفة الأساس الثانية للحنطة الطرية (ومنها الحنطة العراقية) بعد انخفاض نوعية البروتين ، وان مدى اللزوجة القصوى بين 400 – 600 وحدة برابندر هو المناسب لطحين الخبز الاعتيادي (13).

جدول 2: الصفات الريولوجيه المقاسة بجهازي الفارينوكراف والاميلوكراف لطحين صنف الحنطة إباء99

الصنف	نسبة الإمتصاص (مل)	مدة النضج (طحينه)	مدة الاستقرار (طحينه)	نسبة الكلوتين (%)	اللزوجة القصوى (وحدة برابندر)
إباء99	71.7	8.2	2.8	25	766



شكل 1 مخطط الفارينوكراف لطحين صنف إباء 99

تقدير حامض الفايتيك والفسفور اللاعضوي في الطحين

يبين الجدول (3) إن كمية حامض الفايتيك في الطحين بلغت 1500 ملغم/100غم طحين في حين بلغت نسبة الفسفور اللاعضوي في الطحين المستخدم (29.18) للصنف ألمذكورآنفاً على التوالي، إذ كانت النتائج جميعها المتحصل عليها لفايتات الطحين أعلى من البحوث المنشورة فبين Lolas وجماعته (22) عند دراستهم 38 صنفاً من القمح إن محتوى حامض الفايتك فيها تراوح بين 620–1320 ملغم/100 غم ، وكذلك وجد Požrl وجماعته (27) إن نسبة حامض الفايتيك في الطحين بلغت 946 ملغم/100 غم.

جدول 3: كمية حامض الفايتيك والفسفور اللاعضوي في صنف الطحين إباءبلغت99 (ملغم /100غم)

صنف الطحين	كمية حامض الفايتيك	كمية الفسفور اللاعضوي
أباء 99	1500	29.18

تقدير حامض الفايتيك في العجين

يُبينَ جدول (4) كمية حامض الفايتيك (ملغم/100 غم) في عجينة المعاملات المختلفة وساعات التخمير . يتضح من الجدول إن أعلى نسبة لكمية حامض الفايتيك في العجينة ساعة الصفر (لحظة الإعداد) في المعاملة (الأولى) السيطرة واقلها في المعاملة السابعة، وهذا يشير الى إن إنزيم الفايتيز الذاتي وفي اثناء عملية نقع النخالة قد قام بتحليل حامض الفايتيك الذي يتركز في النخالة فقد خفضت هذه العملية حامض الفايتيك بنسبة 26% تقريباً من

أصل الفايتات المتبقية في الطحين المسترجع (المعاد تركيبه من النخالة المعاملة المجففة + الطحين المزال منه النخالة)، لم تختلف معاملات الإضافات الإنزيمية معنوياً عن معاملة السيطرة عند ساعة الصفر، فقد كانت كمية حامض الفايتيك عند تحضير العجينة للمعاملات السبعة المختلفة (**1020**، **967** ،**936**، **940**، **945**، **945** و**755**) على التوالي. يلاحظ من هذا الجدول إن عملية التخمير وإضافة إنزيم الفايتيز الخارجي وعملية النقع قد أدت إلى إنخفاض حامض الفايتيك في المعاملات جميعها وبنسب مختلفة في ساعات التخمير، إذ يظهر عند انتهاء الساعة الأولى من عملية التخمير إن مقدار حامض الفايتيك المتحلل في المعاملة الرابعة هو الأكبر، في حين عند انتهاء الساعة الرابعة كانت أعلى نسبة انخفاض في المعاملة الرابعة أيضاً، إذ كانت نسب الانخفاض للمعاملات **22.55**، **28.10**، **43.58**، **54.89**، **49.73**، **44.55** و**21.98**% على التوالي عند انتهاء عملية التخمير، وإن سبب هذا الانخفاض أو التحلل لحامض الفايتيك هو إضافة إنزيم الفايتيز إلى العجينة إضافة إلى توفير الظروف الملائمة لعمله أو تأثير عملية النقع بالإضافة إلى وجود إنزيم الفايتيز الذاتي في الطحين.

تكون قابلية الخميرة على خفض الرقم الهيدروجيني نتيجة تخمير السكريات وإنتاج غاز ثاني وكسيد الكاربون وتكوين حوامض ضعيفة ، ذا تأثير ايجابي في توفير الظروف الملائمة لعمل إنزيم الفايتيز فقد أشارت المصادر إلى أن الرقم الهيدروجيني الأمثل لعمل أنزيم فايتيز الحنطة كان **5.2**، في حين أشار آخرون إلى إن الفايتيز النباتي يمكن أن يعمل بمدى **pH** (**4– 6**) (**25**) وبتقدم عملية التخمير كان يلاحظ استمرار انخفاض الرقم الهيدروجيني للمعاملات كلها. يظهر من خلال الجدول نفسه إن نسب تحلل حامض الفايتيك في الأصناف جميعها كان يزداد مع انخفاض الرقم الهيدروجيني للعجينة مع تقدم عملية التخمير، وهذا ما أكده **Tangkongchitr** وجماعته (**33**). كما أشارت بعض المصادر إلى أن الخميرة المستخدمة يمكنها أن تفرز إنزيم الفايتيز إلاّ إن لكل منها ظروف العمل الخاصة بها (**21**)، وبما أن نوع ونسبة الخميرة ثابتة في المعاملات كلها فيعزى السبب الرئيس لاختلاف نسب الإنخفاض بين المعاملات إلى اختلاف نسبة إنزيم الفايتيز المضاف إلى الطحين ، إضافة إلى اختلاف قيمة انخفاض الرقم الهيدروجيني فقد وجدا **Fretzdorff** و**Brummer** (**12**) إن الرقم الهيدروجيني كان العامل الأكثر أهمية في خفض محتوى حامض الفايتيك في اثناء مراحل تصنيع الخبز وخلص إلى أن قيمة الـ **pH 4.3– 4.6** وكمعدل **4.5** ودرجة حرارة **55** مْ قد أعطت أفضل اختزالاً لحامض الفايتيك عند صناعته للخبز ألحامضي **Sour dough**.

جدول **4**: كمية حامض الفايتيك في عجينة المعاملات وفي اثناء ساعات التخمير المختلفة (ملغم/**100** غم).

المعاملات	ساعة الصفر	الساعة الاولى	الساعة الثانية	الساعة الثالثة	الساعة الرابعة
المعاملة الأولى	1020a	960a	900a	880a	790a
المعاملة الثانية	a1000	963a	894a	841a	719a
المعاملة الثالثة	936a	886ab	808b	686b	528bc
المعاملة الرابعة	0a49	879b	811b	686b	424d
المعاملة الخامسة	945a	886ab	824ab	689b	475cd
المعاملة السادسة	945a	893ab	828ab	719b	524bcd
المعاملة السابعة	755b	743c	725c	681b	589b
قيمة LSD	85.22 *	76.41 *	78.05 *	96.52 *	102.35 *
* ($p<0.05$)					

تقدير الرقم الهيدروجيني في العجين

يُبينَ جدول (**5**) تقدير الرقم الهيدروجيني في عجينة المعاملات المختلفة وساعات التخمير. يتضح من الجدول إن أعلى رقماً هيدروجينياً في العجينة ساعة الصفر (لحظة الإعداد) كانت في المعاملة السابعة واقلها في

المعاملة الرابعة، فقد كان الرقم الهيدروجيني عند تحضير العجينة للمعاملات كافة **6.43**، **6.42**، **6.42**، **6.40**، **6.41**، **6.42** و**7.07** على التوالي وان الاختلافات لم تكن معنوية بين المعاملات. ومن ملاحظة الجدول ذاته يظهر انه وعند انتهاء الساعة الأولى من عملية التخمير فإن الرقم الهيدروجيني قد انخفض لعجينة المعاملات المختلفة وإن أعلى نسبة للإنخفاض كانت في المعاملة الرابعة ، وكذلك الحال عند انتهاء الساعة الرابعة ، فقد بلغ الرقم الهيدروجيني للمعاملات كافة **5.88**، **5.84**، **5.81**، **5.70**، **5.73**، **5.75** و**6.89** على التوالي. ادت عملية التخمير إلى خفض الرقم الهيدروجيني في المعاملات جميعها وبنسب مختلفة، وإن سبب هذا الإنخفاض يعود إلى قابلية الخميرة لتخمير السكريات المتوفرة في الطحين أصلاً أو السكر المضاف وإنتاج غاز ثاني وكسيد الكاربون وتكوين حوامض ضعيفة . إن هذا الإنخفاض كان ذو تأثير ايجابي في توفير الظروف الملائمة لعمل إنزيم الفايتيز فقد أشارت المصادر إلى أن رفع نسبة الخميرة المضافة أو إطالة مدة التخمير لإنتاج الخبز ألحامضي تساهم في ذلك (**30**).

جدول **5**: تقدير الرقم الهيدروجيني في عجينة المعاملات المختلفة وساعات التخمير المختلفة

الوقت / المعاملة	المعاملة الإولى	المعاملة الثانية	المعاملة الثالثة	المعاملة الرابعة	المعاملة الخامسة	المعاملة السادسة	المعاملة السابعة	قيمة LSD
ساعة الصفر	6.43a	6.42a	6.42a	a06.4	6.41a	6.42a	7.07a	1.55 NS
الساعة الأولى	6.33a	6.31a	6.3a	6.12a	6.17a	6.21a	7a	1.39 NS
الساعة الثانية	6.22a	6.2a	6.1a	6.02a	6.12a	6.15a	6.94a	1.07 NS
الساعة الثالثة	5.90a	5.89a	5.88a	5.88a	5.9a	5.9a	6.9a	1.28 NS
الساعة الرابعة	5.88a	5.84a	5.81a	5.70a	5.73	5.75	6.89	1.19 *

* ($p<0.05$) ، NS: غير معنوي.

تقدير الفسفور اللاعضوي في العجين

يُبينَ جدول (**6**) كميات الفسفور اللاعضوي في عجينة المعاملات المختلفة وفي اثناء ساعات التخمير المختلفة. يتضح من الجدول إن أعلى نسبة لكمية الفسفور اللاعضوي في العجينة ساعة الصفر كانت في المعاملة السابعة واقلها في المعاملة الأولى، لكن الاختلافات بين المعاملات جميعها لم تكن معنوية، فقد كانت كمية الفسفور اللاعضوي عند تحضير العجينة للمعاملات كافة (**17.90**، **18.29**، **18.35**، **18.52**، **18.33**، **18.30**، **20.61**) ملغم/**100** غم على التوالي، ومن ملاحظة الجدول ذاته يتضح إن عملية التخمير وإضافة إنزيم الفايتيز الخارجي وعملية النقع قد أدت إلى ارتفاع نسبة الفسفور اللاعضوي في المعاملات جميعها وبنسب مختلفة ،إذ يظهر انه وعند انتهاء الساعة الأولى من عملية التخمير فإن مقدار الفسفور اللاعضوي المتكون في المعاملة الرابعة هو الأكبر. في حين عند انتهاء الساعة الرابعة كانت أعلى نسبة للإرتفاع في المعاملة الرابعة أيضاً، ويعود ذلك الى تأثير تناسب كمية إنزيم الفايتيز مع المادة الاساس (حامض الفايتيك)، وبلغت نسب الارتفاع للمعاملات **106**، **142**، **194**، **301**، **160**، **138** و**48**% على التوالي عند انتهاء عملية التخمير. إن إنزيم الفايتيز المتوفر في الطحين قد سبب في تحلل حامض الفايتيك وأنتج الفسفور اللاعضوي ولكن بنسب مختلفة وحسب نسبة وفعالية هذا الأنزيم في كل صنف (**15**) تعتمد مقدار تكون وارتفاع نسبة الفسفور اللاعضوي في العجين على عوامل عديدة منها مقدار توفر أإزيمات الفايتيز والفوسفاتيز وتوفر الظروف الملائمة لعملها التي من أهمها الرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة والرطوبة. وأفاد **Tangkongchitr** وجماعته (**33**) بنتائج مشابهة للزيادة الحاصلة في كميات الفسفور اللاعضوي في طحين الحنطة الكامل الاستخلاص بتقدم مراحل التخمر.

جدول 6: كمية الفسفور اللاعضوي في عجينة المعاملات المختلفة وفي اثناء ساعات التخمير المختلفة (ملغم/100 غم).

المعاملات	ساعة الصفر	الساعة الاولى	الساعة الثانية	الساعة الثالثة	الساعة الرابعة
المعاملة الأولى	17.9a	18.52c	23.15d	29.3d	36.87d
المعاملة الثانية	18.29a	26.72b	31.23c	39.92c	44.39
المعاملة الثالثة	18.35a	29.04b	36.56b	45.24b	54.02b
المعاملة الرابعة	18.52a	33.45a	48.55a	62.68a	74.30a
المعاملة الخامسة	18.33a	27.98b	33.54bc	41.25b	47.67c
المعاملة السادسة	18.30a	27.21b	32.45bc	39.98c	43.62c
المعاملة السابعة	20.61a	21.08c	22.83d	23.51d	27.35f
قيمة LSD	3.15 NS	4.284 *	4.95 *	5.02 *	5.71 *
* ($p<0.05$) ، NS: غير معنوي.					

الصفات الحسية للخبز القياسي المنتج من القمح الكامل

الصفات الحسية للخبز القياسي المنتج (الحجم، الوزن والحجم النوعي)

يُبيِّنُ جدول (7) قيم الحجم والوزن والحجم النوعي للخبز المنتج من طحين كل من قمح إباء 99 (الكونترول) والطحين المضاف إليه النخالة المنقوعة والطحين المضاف إليه إنزيم الفايتيز (600 ملغم/100 غم طحين) .يشير الجدول إلى وجود فروقات معنوية بين المعاملات في صفة حجم قطع اللوف، إذ كانت قيمها للمعاملات الثلاثة 375، 355 و350 سم^3 على التوالي، ولم تنعكس هذه النتائج على قيم الحجم النوعي specific volume (سم^3/غم) للخبز المنتج من الطحين تحت الدراسة، حيث يتضح من الجدول عدم وجود فروق معنوية بين قيم الحجم النوعي للمعاملات كافة ، كما أنه ليس هناك فروق معنوية بين المعاملات في صفة الوزن. اختلفت هذه النتائج مع Haros وجماعته (17) الذين وجدوا إن أفضل حجماً نوعياً تم استحصاله في إنموذج المقارنة، وإن إضافة الفايتيز الفطري قد خفض من الحجم النوعي للخبز وعلل السبب إلى إن عمل إنزيم الفايتيز يؤثر في إنزيم ألالفا– أميليز الذاتي، كما واختلفت النتائج مع Haros وجماعته (16) الذين وجدوا إن هنالك زيادة طفيفة في الحجم النوعي للخبز الناتج من المعاملة الإنزيمية مقارنة مع معاملة السيطرة. مما تقدم يتضح أن إضافة إنزيم فايتيز خارجي وعملية نقع النخالة ليس لها تأثير في صفة الحجم النوعي للخبز التي تعُدُّ من أهم الصفات الحسية.

جدول 6: قيم الحجم والوزن والحجم النوعي للمنتج النهائي للمعاملات الثلاثة

المعاملات	الحجم سم^3	الوزن (غم)	الحجم النوعي سم^3/غم
معاملة السيطرة	375	150	2.50
المعاملة الإنزيمية	350	149	2.35
معاملة النقع	355	152	2.34
قيمة LSD	* 21.68	NS 6.83	NS 0.397
* ($p<0.05$) ، NS: غير معنوي.			

الصفات الحسية الكلية للخبز القياسي المنتج من القمح الكامل

يُبيِّنَ جدول (8) الصفات الحسية للخبز القياسي المنتج من المعاملات كافة المتمثلة في الصفات الخارجية وهي الحجم النوعي ولون القشرة وتناسق الشكل وتناسق عملية الخبيز والصفات الداخلية وهي تحبب اللب ولون اللب ونسجة اللب والطعم والنكهة. لم تظهر المعاملات كافة أي فروق معنوية ($p<0.05$) في الصفات الخارجية مقارنة

بمعاملة السيطرة ، كما ويلاحظ من الجدول ذاته عدم وجود فروق معنوية في صفات لون اللب ونسجة اللب. أما صفة تحبب اللب فيوضح جدول (7) وجود فروق معنوية بين المعاملة الإنزيمية مقارنةً مع معاملة السيطرة فيما يخص معاملة النقع فلم تظهر أي فروق معنوية مع معاملة السيطرة حيث لوحظ أن المعاملتين الإنزيمية والنقع حصل فيهما انتظام أكثر للغرف الغازية وتوحد حجمها وانتظام توزيعها مقارنة مع معاملة السيطرة، ويظهر الجدول ذاته أن صفة الطعم والنكهة كانت متقاربة بين المعاملات جميعها وليس فيها فروق معنوية ولكنها كانت منخفضة في المعاملات جميعها وهذا متوقع نتيجة ارتفاع نسبة الألياف في هذا المنتج المصنع من طحين الحنطة الكاملة. تميز الخبز الناتج بالصلابة، وتعني الصلابة القوة الضرورية للحصول على التشوه (8). من الواضح أن صلابة الخبز تزداد مع إضافة مصادر الألياف وبزيادة نسب الإستبدال، وبالتالي أصبح قوام الخبز أكثر خشونة مما أثر في تركيب شبكة الكلوتين، وهذا ما أكده **Pyler** (28) بأن الألياف الموجودة في الخبز تؤدي إلى إنخفاض في كمية الكلوتين وبالتالي إنخفاض القدرة على حجز الغازات في العجينة الأمر الذي يسبب انخفاض المطاطية في الخبز الناتج .أيضا هذه النتائج توافقت مع ما ذكراه **Półtorak** و**Zalewska** (26) أنه مع زيادة نسبة ألياف الشوفان وألياف القمح في الخبز ازدادت قيمة الصلابة للخبز الناتج بمعدل واضح، كما وجد **Majzoobi** وجماعته (24)، أيضا أنه مع زيادة نسبة الألياف وزيادة حجم جزيئات النخالة **coarser** في الخبز يصبح قوام الخبز الناتج أكثر خشونة لأن التدعيم الخبز بالنخالة له تأثير في الخواص الميكانيكية والكيميائية لتركيب شبكة الكلوتين.

نتائج التقويم الحسي تشير إلى ارتفاع تقبل المقيمين للخبز الناتج من معاملة السيطرة والمعاملة الإنزيمية فلم يكن بينها فرق معنوي ، أما الخبزالناتج من معاملة النقع فكان أقل تقبلا" من المعاملتين ألمذكورتين انَفاً ولكنه بحد ذاته مقبول وبصورة جيدة من المستهلكين.

جدول 8: يبين متوسطات التقويم الحسي للمعاملات الإنزيمية ومعاملة السيطرة

الحجم النوعي	30	30	30	30	000 NS
لون القشره	10	5	5	5	0.00 NS
تناسق الشكل	5	5	4	4	1.06 NS
تناسق عملية التخبيز	5	4	4	4	0.00 NS
تحبب اللب	10	7	8	9	1.52 *
لون اللب	10	6	7	7	1.33 NS
الطعم والنكهه	20	14	15	15	2.08 NS
نسجة اللب	10	6	7	7	1.35 NS
المجموع	100	77	70	71	6.025 *
* (P<0.05)، NS: غير معنوي.					

المصادر

1- الزبيدي، عباس حسن حسين (2009). الكتاب العملي في تصنيع الحبوب. كلية الزراعة، جامعة بغداد.

2- رمضان، حسين جعفر (2017). دراسة استخدام أنزيم **Transglutaminase** في تحسين صفات الخبز المنتج من الحنطة المحلية (صنف الرشيد). رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة بغداد.

3- زين العابدين، محمد وجيه (1979). دراسة تثبيت المواصفات القياسية للطحين الملائم لانتاج الخبز والصمون العراقي. رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة بغداد.

4- فضل، جلال احمد، النوري، فاروق فاضل، العاني، سعود رشيد، ساجت، احمد صالح (2005). دور المحتوى الدهني لبعض أصناف الحنطة العراقية في صناعة الخبز. مجلة الزراعة العراقية، 10(1): 142-152.

5- AACC. (2010). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota, U.S.A.

6- Aleixandre A. and Miguel M. (2008). Dietary fiber in the prevention and treatment of metabolic syndrome: a review. Crit Rev Food Sci Nutr 48: 905-912

7- Awad, G.E.A.; M.M.I. Helal; E.N. Danial and M.A. Esawy (2014). Optimization of phytase production by Penicillium purpurogenum GE1 under solid-state feremntation bu using box-behnken design. Saudi Journal of Biological Sci., 21: 81-88.

8- Bentley, A.C. (2013). The development of gluten-free milk-free french bread. A Thesis of Master of Science in Food Science. In The Department of Food Science. New Jersey Medical School. central Iran. Journal of Food Composition and Analysis, 28:8-15.

9- Bosscher, D.; Z. Lu; G. Janssens; M. Van Caillie-Bertrand; H. Robberecht and H. De Rycke (2001). In vitro availability of zinc from infant foods with increasing phytic acid contents. Br J Nutr, 86(2): 241-247.

10- Dhole, V.; K.S. Janardan, and Reddy (2015). Genetic variation for phytic acid content in mungbean (Vigna radiata L. Wilczek). Peer review under responsibility of Crop Science Society of China and Institute of Crop Science, CAAS.

11- Egli, I.; L. Davidsson; C. Zeder; T. Walczyk and R. Hurrell (2004). De phytinization of a complementary food based on wheat and soy increases zinc, but not copper, apparent absorption in adults. J Nutr., 134(5): 1077-1080.

12- Fretzdorff B. and J.M. Brummer (1992): Reduction of phytic acid during breadmaking of whole-meal breads. Cereal Chemistry, 69: 266-270.

13- Gupta, R.; P. Gigras; H. Mohapatra; V.K. Goswami and B. Chauhan (2003). Microbial a-amylases: a biotechnological perspective. Elsevier Science Biochemistry; 1-18.

14- Halverson, J. and L. Zeleny (1988). Criteria of wheat quality pages of 15-45 In: wheat chemistry and technology Vol. 1, 3rd edition. Y. Pomeranz, ed. Am. Assoc. cereal. chem., St. paul, MN.

15- Haraldsson, A. K.; J. Veide; T. Andlid; M. L. Alminger and A.S. Sandberg (2005). Degradation of phytate by high-phytase Saccharomyces cerevisiae strains during simulated gastrointestinal digestion. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54:5438e5444.

16- Haros, M.; C.M. Rosell and C. Benedito (2001a). Fungal phytase as a potential breadmaking additive. European Food Research and Technology, 213:317–322.

17- Haros, M.; C.M. Rosell and C. Benedito (2001b). Use of fungal phytase to improve breadmaking performance of whole wheat bread. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 5450-5454.

18- Iuliana, B.; S. Georgeta; I. Violeta and A. Iuliana (2010). Physicochemical and rheological analysis of flour mill streams. Cereal Chem, 87(2): 112-117.

19- Kasim, A. B.; H. M. J. Edwards (1998). The analysis of inositol phosphate forms in feed ingredients, Sci. Food Agric., 76: 1-9.

20- Kent-Jones, D. W. and A. J. Amos (1957). Modern cereal Chemistry. The northern publishing Co., Liverpool 5th, ed.

21- Lasztity R. and L. Lasztity (1990). Phytic acid in cereal technology. In Advances in Cereal Science and Technology. American Association of Cereal Chemists Publishers, St. Paul, p: 309-371.

22- Lolas, G. M.; N. Palamidis and P. Markakis (1976). Phytic acid total phosphorus relationship in barley, oats, soybeans, and wheat, J. Agric. Food Chem., 1976(53): 867-871.

23- Lopez, H.W.; C. Krespine; C. Guy and C. Messager (2001). Prolonged fermentation of whole wheat sourdough reduces Phytate level and increases soluble magnesium, J. Agric. Food Chem., 2001(49):2657-2662.

24-Majzoobi, M.; A.Z. Farahnaky; Z. Nematolahi; M. Mohammadi Hashemi and M.J. Taghipour Ardakani (2013). Effect of different levels and particle sizes of wheat bran on the quality of flat bread.J. Agr. Sci. Tech., 15: 115-123.

25- Maria Tu¨rk*; Nils-Gunnar Carlsson and Ann-Sofie Sandberg (1996). Reduction in the Levels of Phytate During Wholemeal Bread Making; Effect of Yeast and Wheat Phytases Journal of Cereal Sci., 23: 257-264.

26- Półtorak, A. and M. Zalewska (2007). Influence of selected plant fibres upon physical properties of bread dough and bread. Pol. J. Food Nutr. Sci., 57(2A): 151-155.

27- Požrl T.; M. Kopjar; I. Kurent; J. Hribar; A. Janeš and M. Simčič (2009). Phytate degradation during breadmaking: The influence of flour type and breadmaking procedures. Czech J. Food Sci., 27: 29-38.

28- Pyler, E. J. (1998). Baking Science & Tech., V. II. (3rd ed.), USA, Sosland Publishing Company.

29- Roohani N.; R. Hurrell; R. Wegmuller and R. Schulin (2012). Zinc and phytic acid in major foods consumed by a rural and a suburban population in Influence of selected plant fibres upon physical properties of bread dough and bread. Pol. J. Food Nutr. Sci., 57(2A): 151-155.

30- Schlemmer, U.; F. Wenche; M. Prieto Rafel; and Grases Felix (2009). Phytate in foods and significance for humans. Mol. Nut. Food Res., 53: S330-S375.

31- Sedaghati, M. M. Kadivar1*; M. Shahedi1, and N. Soltanizadeh (2011). Evaluation of the Effect of Fermentation, Hydrothermal Treatment, Soda, and Table Salt on Phytase Activity and Phytate Content of Three Iranian Wheat Cultivars, J. Agr. Sci. Tech., (13): 1065-1076.

32- Tamim N.M. and R. Angel (2003). Phytate phosphorus hydrolysis as influenced by dietary calcium and micromineral source in broiler diets. Journal of Agricultural and Food Chem., 51: 4687-4693.

33- Tangkongchitr, U.; P.A. Seib and R.C. Hoseney (1982). Phytic Acid. III. Two barriers to the loss of phytate during breadmaking. Cereal Chem., 59: 216e221.

EFFECT OF ADDITION OF PHYTASE ENZYME, SOAKING PROCESSES AND FERMENTATION TREATMENTS ON PHYTATE DEGRADATION DURING WHOLE WHEAT BREAD MAKING.

E. K. Hammood **J. M. Nasir**

ABSTRACT

The aim of this research was to know, the influence of addition of phytase enzyme, soaking processes and the fermentation treatments in Iraqi's Whole flour type Ibaa 99 on phytic acid was investigated. In whole wheat flour, the phytic acid was (1500) mg /100 g flour, and the inorganic phosphorus was 29.18 mg /100 g flour. The enzyme was added at 100, 400, 600, 800, 1000 mg /100 g flour (second, third, fourth, fifth, sixth treatments) compared to control treatment (first treatment) and soaking treatment (seventh treatment). During fermentation, degradation of phytic acid occurred. The cumulative loss of phytic acid after fermentation in all type of dough was ~ 22.55, 28.10, 43.58, 54.89, 49.73, 44.55 and 47.98% respectively. While increased of inorganic phosphorus occurred. The cumulative increase of inorganic phosphorus after fermentation in all type of dough was 106, 142, 194, 301, 160, 138 and 48% respectively.

Part of MS.C. thesis for first author.
College of Agric., Univ. of Baghdad, Baghdad, Iraq.