

الأحماض الأمينية والخصائص الريولوجية لعجائن دقيق القمح ومعزول بروتين اللوبيا (cowpea) المعدل كيميائياً وإنزيمياً

سيف الدين بشير أحمد، حمزة محمد أبو طربوش، حسن عبد العزيز المانع، إدريس شعبان أبو سلطان، محمد

آصف أحمد، دلشاد أحمد عبد اللطيف

قسم علوم الأغذية والتغذية، كلية علوم الأغذية والزراعة، جامعة الملك سعود

ص.ب. ٢٤٦٠، الرياض ١١٤٥١

الملخص: هدفت هذه الدراسة إلى تحضير معزول بروتين بذور اللوبيا وتعديله كيميائياً (انهديرات الخليك والسكسينيك) وإنزيمياً (ببسين/بنكريتين وتربسين/كيموتربسين) وإضافته لدقيق القمح بنسب إحلال مختلفة (٥ و ١٠ و ١٥٪) لتحديد النسبة الملائمة التي تحسن من قيمة التغذية ولا تؤثر في نفس الوقت على الخصائص الريولوجية المهمة الضرورية لتصنيع الخبز والمنتجات الأخرى من دقيق القمح.

بلغت نسبة البروتين في دقيق اللوبيا منزوع الدهن ٢١,٩١٪، في حين كانت في معزول بروتين اللوبيا ٦٩,٧٢٪ على أساس الوزن الرطب. ازدادت نسبة البروتين في خليط دقيق القمح ومعزول بروتين اللوبيا غير المعامل والمعامل كيميائياً وإنزيمياً مع إضافة المعزول إلى دقيق القمح وكانت الزيادة متناسبة مع نسب إضافة المعزول (٥ و ١٠ و ١٥٪). احتوى معزول بروتين اللوبيا على معظم الأحماض الأمينية الأساسية وبكمية كافية لاحتياجات الأطفال قبل السن المدرسي فيما عدا الميثيونين وذلك عند مقارنته بالبروتين المرجعي، وقد أوضحت النتائج أن بروتين اللوبيا (كباقي البقول) ينقصه الحامض الأميني الأساسي الميثيونين.

لم تؤثر المعاملات الكيميائية والإنزيمية على تركيب الأحماض الأمينية في معزول بروتين اللوبيا تأثيراً واضحاً. أدت إضافة معزول بروتين اللوبيا غير المعامل والمعامل كيميائياً وإنزيمياً إلى دقيق القمح إلى زيادة نسبة الحامض الأميني اللايسين في الخليط وتناسبت الزيادة مع زيادة نسبة إضافة المعزول في المعاملات المختلفة.

أدت إضافة معزول بروتين اللوبيا غير المعامل إلى دقيق القمح إلى تحسين معايير الفارينوجراف لعجائن دقيق القمح وبكل نسب الإضافة، في حين أثرت المعاملة الكيميائية سلباً وبدرجة كبيرة على هذه المعايير بالمقارنة بالعينة الضابطة. كما أثرت المعاملة الإنزيمية على معايير الفارينوجراف مقارنة بالعينة الضابطة عدا المعاملة بإنزيم الببسين/البكرياتين بنسبة ٥٪ والتي تساوت فيها هذه المعايير مع العينة الضابطة.

أدت إضافة معزول بروتين اللوبيا غير المعامل والمعامل كيميائياً وإنزيمياً (التربسين + الكيموتربسين) إلى دقيق القمح إلى انخفاض في معايير الاكستنسجراف مقارنة بالعينة الضابطة. وعلى العكس من ذلك فقد أدت إضافة

معزول البروتين المعامل بإنزيم الببسين/البنكرياتين إلى القمح بنسبة ٥ و ١٠٪ إلى حصول اتزان بين المرونة والمطاطية مما أدى إلى تحسن هذه المعايير.

أما بالنسبة لمعايير الأميلوجرام فقد أدت إضافة معزول بروتين اللوبيا غير المعامل إلى دقيق القمح إلى خفض درجة اللزوجة القصوى. أما إضافة معزول البروتين المعامل كيميائياً والمعامل بإنزيم الببسين/البنكرياتين فقد أدت إلى ارتفاع درجة اللزوجة القصوى ودرجة حرارة اللزوجة القصوى مقارنة بالعينة الضابطة، في حين أدت إضافة معزول بروتين اللوبيا المعامل بإنزيم التربسين + الكيموتربسين إلى انخفاض في قيمة درجة اللزوجة القصوى وارتفاع درجة حرارة اللزوجة القصوى مقارنة بالعينة الضابطة.

الكلمات المفتاحية: معزول بروتين اللوبيا، تعديل البروتين إنزيمياً، تعديل البروتين كيميائياً، الخصائص الريولوجية، الأحماض الأمينية، اللايسين.

المقدمة

تعتبر اللوبيا (cowpea) [*Vigna unguiculata* L. walp] من البقول المعروفة في المناطق المدارية مثل غرب أفريقيا وعدد من البلدان في شرق آسيا (Kay, 1979)، كما تعتبر اللوبيا مصدراً جيداً للبروتين والكربوهيدرات ومكوناً أساسياً في عدد من الأغذية الشعبية (FAO, 2003). استخدام البقول في التطبيقات الغذائية محدود بسبب وجود النكهة غير المستساغة (Nnanna et al., 1990) وأيضاً احتوائها على مثبطات الإنزيمات الهاضمة للبروتينات وحمض الفايتيك والتانين الأمر الذي يؤدي إلى تدني قابلية بروتيناتها للهضم، كما تحتوي البقول أيضاً على بعض السكريات العديدة التي تسبب آلام في البطن بسبب الغازات (Osundahunsi and Aworth, 2003). تجرى العديد من العمليات التصنيعية المختلفة (processing) على البقول بغرض التخلص من تأثير المواد غير المرغوبة المتواجدة طبيعياً بها، كما توجد أيضاً العديد من الدراسات التي تهتم بدراسة تأثير تلك المعاملات المختلفة على الخصائص الوظيفية والتغذية لمنتجات بذور اللوبيا (McWatter and Chhinnan, 1985; Phillips and Backer, 1987; Phillips et al., 1988; Obizoba, 1989; Giami, 1993; Abu et al., 2005). كما استخدم في الآونة الأخيرة دقيق بذور اللوبيا ومعزول البروتين في منتجات المخازن لرفع نسب البروتين في هذه المنتجات (Mustafa et al., 1986)، كما أن البقول مثل

فول الصويا واللوبيا يمكن أن تستخدم في تدعيم الحبوب مثل الذرة والقمح وذلك لرفع نسبة اللايسين في الأغذية التي تشكل الحبوب فيها المكون الرئيسي (Akubor, 2004). يعتبر التحلل البروتيني الإنزيمي (Enzymatic hydrolysis) للبروتينات من التقنيات المستخدمة لتحسين الخصائص التغذوية وتعديل الصفات الوظيفية والتخلص من النكهات غير المرغوبة والقضاء على المواد المثبطة والسامة في البروتينات الغذائية (Lahl and Braun, 1994). أجريت العديد من الدراسات عن تأثير التحلل الإنزيمي في تحسين الخصائص الوظيفية والتغذوية لبروتينات البقول مثل فول الصويا (Dela Barca et al., 2000) والبسلة (Periago et al., 1988) والحمص (Clemente et al., 1999). كما استخدم التعديل الكيميائي من خلال المعاملة بأنهدرات الخليك والسكسينك لتحسين بعض الخصائص الوظيفية للبروتين المعزول من الماش (Mung bean) (El-Adawy, 2000).

اللوبيا من البقول المعروفة في الأسواق السعودية كما تنتج في منطقة جازان وتعرف باسم الدجر، وقد ذكر Hussain and Basahy (1998) أن نسبة البروتين في بذور الدجر بلغت ٢٣٪ ويحتوي البروتين على معظم الأحماض الأمينية الأساسية بنسب معقولة. كما أن اللوبيا أو الدجر لم تبحث كباقي البقول مثل فول الصويا أو الحمص أو البسلة كمدمع لبروتينات الحبوب، إذ أن بروتينات البقول تحتوي على مستويات عالية من الحمض الأميني الأساسي اللايسين وهو الحامض الأميني المحدد الأول في الحبوب (Lorimer et al., 1991). يعتبر القمح غذاءً رئيسياً لمعظم سكان دول الشرق الأوسط، لذا فإن تدعيمه بمصادر غذائية غير مكلفة مثل البقول (Gayle et al., 1986) يعوض النقص الموجود من اللايسين، ولهذا التدعيم جدوى اقتصادية وتغذوية.

إضافة بروتين اللوبيا دون تعديل إلى دقيق القمح يؤدي إلى انخفاض خصائصه الريولوجية مما يؤثر على جودة الخبز المصنع والمنتجات الأخرى (Doxastakis et al., 2002)، وأشارت بعض الدراسات (Dhingra and Jood, 2001; Asad et al., 1996; Doxatakis et al., 2002) أن تأثير إضافة دقيق فول الصويا والماش والترمس على الخصائص الريولوجية لعجائن القمح يعتمد على نسبة بروتين البقول المضاف وطبيعة هذا البروتين والظروف التي تم فيها تحضير هذا البروتين. لذا كان الهدف من هذا البحث تحضير معزول بروتين بذور اللوبيا وتعديل خصائصه كيميائياً وإنزيمياً وإضافته لدقيق القمح بنسب إحلال مختلفة لتحديد النسبة الملائمة التي تحسن من

قيمته التغذوية بما لا يؤثر في نفس الوقت على الخصائص الريولوجية المهمة المطلوبة لتصنيع الخبز والمنتجات الأخرى من دقيق القمح.

المواد وطرق العمل

المواد

بذور اللوبيا [Vigna unguiculata L. walp] (cowpea)

تم شراء بذور اللوبيا أو الدجر (صنف سعودي محصول ١٤٢٦هـ ويزرع في منطقة جيزان) من السوق المحلي بمدينة الرياض. طحنت البذور بمطحنة آلية (Reisch Gm6H, Germany) مجهزة بمنخل (0.5 mm) بعد تنظيفها ثم حفظ الدقيق عند ٤°م لحين الاستخدام.

دقيق القمح

استخدم دقيق قمح ذو نسبة استخلاص ٧٥٪ وتم الحصول عليه من المؤسسة العامة لصوامع الغلال ومطاحن الدقيق/ مشروع الرياض.

الطرق

تحضير معزول بروتين بذرة اللوبيا

تم تحضير دقيق بذور اللوبيا منزوع الدهن طبقاً لطريقة (El-Tinay et al. (1988) وحضر معزول البروتين طبقاً لطريقة (Al-Kahtani and Abou-Arab (1993). حيث تم الاستخلاص عند pH ١٠ بعد رج خليط الماء المقطر ودقيق بذور اللوبيا بنسبة ١٠:١ (حجم/وزن) لمدة ٦٠ دقيقة ثم الطرد المركزي (٢٠ دقيقة بسرعة ٤٥٠٠ لفة/دقيقة) بجهاز الطرد IEC model k centrifuge (International Equipment Company, MA, USA). تم ترسيب البروتين عند pH ٤ باستخدام HCl ١ عياري ثم فصل البروتين باستخدام الطرد المركزي كما سبق ثم أجري تجفيد للبروتين بمجفد (Freeze Mobile L, USA) وحفظه عند ٤°م.

التحلل الإنزيمي لمعزول بروتين اللوبيا باستخدام الببسين/البنكرياتين

أجري التحلل الإنزيمي طبقاً لطريقة (Kim and Barbeau (1991، حيث جهز خليط من مخلوط HCl ٠,١ عياري ومعزول بروتين اللوبيا بنسبة ١٠:١٠٠ (حجم/وزن) وأضيف إنزيم

الببسين (Sigma Chem. Co., St. Louis, USA) بنسبة ١٠٠:٢ (وزن/وزن البروتين) واستمر التحلل الإنزيمي لمدة ساعتين عند ٣٧°م ثم عدل pH الخليط إلى ٧,٠٠ بواسطة NaOH ٠,١ عياري ثم أضيف إنزيم البنكرياتين (Sigma Chem. Co., St. Louis, USA) بنسبة ١٠٠:٤ (وزن/وزن البروتين) واستمر التفاعل الإنزيمي لمدة أربعة ساعات عند درجة حرارة ٣٧°م ثم تم إيقاف التفاعل بتسخين الخليط لمدة نصف ساعة عند ٨٥°م ثم أجري تجفيد للبروتين المحلل باستخدام المجفد.

التحلل الإنزيمي لمعزول بروتين اللوبيا باستخدام التربسين + الكيموتربسين

تم استخدام إنزيمي التربسين والألفا-كيموتربسين (Sigma Chem. Co., St. Louis, USA) للحصول على بروتين اللوبيا المحلل إنزيمياً طبقاً لطريقة (Lee et al. 1990)، حيث جهز خليط من الماء المقطر ومعزول البروتين بنسبة ١٠٠:١ (حجم/وزن) وأضيف إنزيم التربسين بنسبة ١٠٠:٢ (وزن/وزن بروتين) وإنزيم الكيموتربسين بنسبة ١٠٠:٤ (وزن/وزن بروتين) واستمر التفاعل الإنزيمي لمدة ست ساعات بالتحضين على درجة حرارة ٣٧°م، ثم تم إيقاف التفاعل بتسخين الخليط عند ٨٥°م لمدة نصف ساعة وتم تجفيد معزول البروتين المحلل.

تقدير درجة التحلل الإنزيمي

قدرت درجة التحلل الإنزيمي لمعزول بروتين اللوبيا باستخدام إنزيمات الببسين/البنكرياتين والتربسين + الكيموتربسين طبقاً لطريقة (Nielson et al. 2001) باستخدام اختبار O-OPA (phthaldialdehyde والسيرين (L-serine) كحماض أميني قياسي وحسبت درجة التحلل Degree of Hydrolysis (DH) حسب المعادلة التالية:

$$DH = \frac{A \times 118.5}{A^\circ \times W \times P}$$

حيث A امتصاصية العينة عند ٣٤٠ نانومتر، W = وزن العينة، P = نسبة البروتين في العينة، A° = امتصاصية القياسي عند ٣٤٠ نانومتر

التعديل الكيميائي لمعزول بروتين اللوبيا بأنهدريد الخليك والسكسينيك

تمت المعاملة طبقاً لطريقة (El-Adawy 2000) حيث أضيف أنهدريد الخليك أو أنهدريد السكسينيك كل على حدة إلى بروتين اللوبيا بنسبة ٠,٢ جرام أنهدريد إلى جرام بروتين لمدة ساعتين

عند درجة حرارة الغرفة ثم أجري فصل غشائي Dialysis (٢٤ ساعة باستخدام الماء المقطر مع تغيير الماء المقطر مرتين) لمعزول بروتين اللوبيا المعامل ثم تجفيفه.

تم طحن عينات معزول بروتين اللوبيا غير المعامل والمعامل إنزيمياً وكيميائياً بواسطة مطحنة ثم نخلت بواسطة منخل سعة ثقوبه $425 \mu m$. تم خلط عينات معزول بروتين اللوبيا غير المعامل والمعامل إنزيمياً وكيميائياً مع دقيق القمح بنسب إحلال صفر، ٥٪، ١٠٪ و ١٥٪.

التركيب الكيميائي التقريبي

قدرت الرطوبة والبروتين والرماد والدهون لعينات معزول بروتين اللوبيا غير المعامل والمعامل كيميائياً وإنزيمياً ومخاليطها مع دقيق القمح حسب طرق (AOAC (1995).

تركيب الأحماض الأمينية

قدرت الأحماض الأمينية في كل العينات بعد تحضير هذه العينات لتحليل الأحماض الأمينية حسب طريقة (AOAC (1995، واستخدم جهاز الكروماتوجرافيا السائلة ذو الأداء العالي (HPLC) لتقدير مستويات الأحماض الأمينية في العينات، Shimadzu LC-10 AD, Shimadzu Corporation, (Shimadzu K yota, Japan) وحسبت النتائج باستخدام حاسبة (Integrator) موديل (Shimadzu C-R7A Chromatopac data processor). استخدم عمود فصل من نوع Shimpack amino-Na (10 cm \times 6.0 mm) من شركة Shimadzu. قدر الترتوفان طبقاً لطريقة (Devaries et al. (1980 باستخدام جهاز الطيف بعد تحليل العينات قاعدياً طبقاً لطريقة (AOAC (1995).

تقدير الخصائص الريولوجية لعجائن دقيق القمح ومعزول بروتين اللوبيا

تمت دراسة المعايير الريولوجية لعجائن دقيق القمح وعجائن دقيق القمح المخلوط مع معزول بروتين اللوبيا غير المعامل والمعامل إنزيمياً وكيميائياً بنسبة إحلال ٥ و ١٠ و ١٥٪ حسب (AACC (1993 باستخدام الفارينوجراف (AACC, 54-21)، والاكستسوجراف (AACC, 54-10)، والاميلوجراف (AACC, 22-10) وجميع هذه الأجهزة من شركة برابندر الأمريكية (C.W. Brabender Instrument, Inc South Kecken, N.J., USA.).

التحليل الإحصائي

تم إجراء التحليل الإحصائي لثلاث مكررات من النتائج المتحصل عليها بحساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري وتحليل التباين بين العينات باستخدام برنامج ساس (SAS, 1990).

النتائج والمناقشة

التركيب الكيميائي التقريبي لدقيق ومعزول بروتين اللوبيا غير المعامل والمعامل

يوضح الجدول رقم (١) التركيب الكيميائي التقريبي للدقيق منزوع الدهن والمعزول غير المعامل ومعزول بروتين اللوبيا المعامل كيميائياً وإنزيمياً. أظهرت النتائج ارتفاع نسبة البروتين (٢١,٩١٪) والكربوهيدرات (٦٧,٧٠٪) في الدقيق منزوع الدهن. لا يختلف التركيب الكيميائي لدقيق اللوبيا منزوع الدهن كثيراً عن دقيق اللوبيا الخام (جدول رقم ١) باعتبار أن نسبة الدهون في بذور اللوبيا منخفضة وتبلغ حوالي ١,٣٠٪ (Nwokolo and Ilechukwu, 1996). وتتشابه بذور اللوبيا في انخفاض نسبة الدهن وارتفاع نسبة البروتين مع البقول الأخرى مثل العدس (Adsule, 1996) والماش (Akpapunam, 1996). تميز معزول بروتين اللوبيا بارتفاع نسبة البروتين (٦٩,٧٢٪) وانخفاض نسبة الكربوهيدرات (١٧,٣٤٪)، وتعتبر نسبة البروتين في معزول البروتين في هذه الدراسة منخفضة وقد يعود السبب في ذلك إلى فقد نسبة من البروتين أثناء التحضير.

كما أظهرت النتائج التأثير الواضح للمعاملات الكيميائية والإنزيمية على التركيب التقريبي لمعزول بروتين اللوبيا خاصة البروتين والرماد والكربوهيدرات، فالمعاملة بأنهيديد الخليك والسكسينك وإنزيم التربسين والكموتربسين أدت إلى انخفاض معنوي واضح في نسبة البروتين مقارنة بالمعزول غير المعامل ويتفق ذلك مع دراسة Klepacka et al. (1997) الذين وجدوا أن المعاملة الكيميائية بأنهيديد الخليك والسكسينك ينتج عنه انخفاض في نسبة البروتين في عدد من البقول منها الفاصوليا والترمس والبسلة. كما تبين الدراسة أن المعاملة الإنزيمية كان لها تأثير معنوي أقل على التركيب الكيميائي التقريبي لمعزول بروتين اللوبيا مقارنة بالمعزول غير المعامل كما يتضح ذلك من نسب البروتين، وبالنسبة للمعاملة الكيميائية فإن المعاملة بأنهيديد الخليك كان لها تأثير واضح على نسبة البروتين.

جدول ١. التركيب الكيميائي التقريبي لعينات دقيق ومعزول بروتين اللوبيا*.

| العينة | البروتين (%) | الدهون (%) | الرماد (%) | الكربوهيدرات *** (%) | النسبة المئوية للبروتين على أساس الوزن الجاف |
|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|
| دقيق اللوبيا الخام | ٢١,٥٣** ٠,٣٢١٤ ± | ١,٣٠ ٠,١٠٠٠ ± | ٣,٢٠ ٠,١٠٠٠ ± | ٦٦,٨٠ ٠,٢١٠٧ ± | |
| دقيق بذور اللوبيا المنزوع الدهن | ٢١,٩١ ^d ٠,٤٣٨٠ ± | ٠,٧٠ ^a ٠,٠٢١٢ ± | ٣,٢٣ ^c ٠,٢٢٥٥ ± | ٦٧,٧٠ ^a ٠,٢٢٧٨ ± | |
| معزول بروتين اللوبيا | ٦٩,٧٢ ^a ٠,٦٢٢٢ ± | ٠,٦٤ ^{ab} ٠,٠٥٦٦ ± | ٣,٨٦ ^d ٠,٢٣٠٧ ± | ١٧,٣٤ ^d ٠,٢٤٣٣ ± | ٠,٦٢٢٢ ± ٧٥,٦٣ ^a |
| المعزول المعامل بأنهيديريد الخليك | ٥٠,٩٧ ^c ١,٩٣٠٤ ± | ٠,٥١ ^d ٠,٠١٠٠ ± | ١٠,٠٨ ^a ٠,١٤٤٣ ± | ٣٠,٣٥ ^b ٠,٦٤٣٢ ± | ١,٩٣٠٤ ± ٥٥,١٢ ^c |
| المعزول المعامل بأنهيديريد المستتيك | ٥٧,٥٤ ^b ٣,٠٥٤٧ ± | ٠,٥٤ ^{cd} ٠,٠٣٥٤ ± | ٧,١٥ ^c ٠,٤٠٩٢ ± | ٢٠,٠٦ ^c ٠,٩٦٦٧ ± | ٣,٠٥٤٧ ± ٦٦,٠٠ ^b |
| المعزول المعامل بإنزيم الببسين / البنكرياتين | ٦١,٢٩ ^b ٣,٢٥٩٨ ± | ٠,٦١ ^{bc} ٠,٠٠٧٠ ± | ١٠,٥٢ ^a ٠,٣٤٩٩ ± | ١٨,١٠ ^d ٠,٩١١٢ ± | ٣,٢٥٩٨ ± ٦٧,٠١ ^b |
| المعزول المعامل بإنزيم التريسين + الكيموتريسين | ٧١,٣٦ ^a ٠,٠٣٦٤ ± | ٠,٦٥ ^{ab} ٠,٠١٧٨ ± | ٩,٢٠ ^b ٠,٠١٧٨ ± | ١٥,١٣ ^e ٠,١٨٦٧ ± | ٠,٣٤٦٤ ± ٧٣,٩٧ ^a |

* على أساس الوزن الجاف.

** المتوسط ± الانحراف المعياري (ن = ٣). المتوسطات ذات الأحرف الإنجليزية المتشابهة في العمود الواحد غير مختلفة معنوياً (P ≤ 0.05).

*** محسوبة بالفرق

محتوى البروتين في عينات دقيق القمح والمخلوط مع معزول بروتين اللوبيا المعدل كيميائياً وإنزيمياً

يوضح جدول رقم (٢) التأثير المعنوي للمعاملات على محتوى البروتين خاصة المعاملة الكيميائية. كما يتضح أيضاً من نفس النتائج الفروق المعنوية بين نسبة البروتين في دقيق القمح وبين هذه النسب في مخاليط دقيق القمح مع معزول بروتين اللوبيا غير المعامل والمعامل كيميائياً وإنزيمياً وبكل نسب الإضافة، حيث كانت هنالك زيادة معنوية عند إضافة عينات معزول بروتين اللوبيا إلى دقيق القمح وهذه الزيادة متناسبة طردياً مع زيادة نسبة الإحلال للمعزول. ونتج عن إضافة المعزول بنسبة ١٥٪ أكبر زيادة في كل معاملة.

جدول ٢. المحتوى البروتيني في عينات دقيق القمح المخلوط مع معزول بروتين اللوبيا المعدل كيميائياً وإنزيمياً.

| العينة | النسبة المئوية للبروتين على أساس الوزن الجاف |
|------------------------------------|--|
| دقيق القمح | $0.1767 \pm 0.1279^{h*}$ |
| دقيق القمح (٩٥٪) + العينة أ (٥٪) | 0.4171 ± 0.33^f |
| دقيق القمح (٩٠٪) + العينة أ (١٠٪) | 0.2404 ± 0.1884^c |
| دقيق القمح (٨٥٪) + العينة أ (١٥٪) | 0.3676 ± 0.2120^a |
| دقيق القمح (٩٥٪) + العينة ب (٥٪) | 0.4737 ± 0.1290^h |
| دقيق القمح (٩٠٪) + العينة ب (١٠٪) | 0.2969 ± 0.1665^e |
| دقيق القمح (٨٥٪) + العينة ب (١٥٪) | 0.2474 ± 0.1844^{cd} |
| دقيق القمح (٩٥٪) + العينة ج (٥٪) | 0.0707 ± 0.1429^g |
| دقيق القمح (٩٠٪) + العينة ج (١٠٪) | 0.1626 ± 0.1656^e |
| دقيق القمح (٨٥٪) + العينة ج (١٥٪) | 0.3818 ± 0.1709^e |
| دقيق القمح (٩٥٪) + العينة د (٥٪) | 0.8485 ± 0.1496^f |
| دقيق القمح (٩٠٪) + العينة د (١٠٪) | 0.9475 ± 0.1791^d |
| دقيق القمح (٨٥٪) + العينة د (١٥٪) | 0.0494 ± 0.1973^b |
| دقيق القمح (٩٥٪) + العينة هـ (٥٪) | 0.2687 ± 0.33^f |
| دقيق القمح (٩٠٪) + العينة هـ (١٠٪) | 0.1414 ± 0.1823^{cd} |
| دقيق القمح (٨٥٪) + العينة هـ (١٥٪) | 0.1768 ± 0.2102^a |

* المتوسط \pm الانحراف المعياري (ن = ٣)

المتوسطات للعينات أ - هـ ذات الأحرف الإنجليزية المتشابهة في العمود الواحد غير مختلفة معنوياً ($P \leq 0.05$).
المتوسطات لباقي العينات ذات الأحرف الإنجليزية المتشابهة في العمود الواحد غير مختلفة معنوياً ($P \leq 0.05$).
(أ) معزول بروتين اللوبيا، (ب) المعزول المعامل بأنهدريد الخليك، (ج) المعزول المعامل بأنهدريد السكسينك، (د) المعزول المعامل بإنزيم الببسين / البنكرياتين، (هـ) المعزول المعامل بإنزيم التربسين + الكيموتربسين

كان الغرض من إضافة معزول بروتين اللوبيا إلى دقيق القمح زيادة نسبة البروتين في منتجات القمح، فقد ذكر (Mustafa et al. 1986) أن معزول بروتين اللوبيا استخدم لزيادة نسبة البروتين (١٥-٢٠٪) في دقيق القمح المستخدم في صناعة المخبوزات المحلاة (Cookies)، وقد وجد الباحثون أن إضافة معزول بروتين اللوبيا حتى نسبة ١٠٪ أعطت منتجاً له صفات حسية مقبولة. تتفق نتائج هذه الدراسة (جدول ٢) مع ما ذكره (Okaka and Potter 1999) أنه كلما زادت نسبة إضافة معزول بروتين اللوبيا إلى دقيق القمح (في عمل الخبز) تزيد نسبة البروتين في الخبز الناتج ووجد الباحثان أن إضافة معزول بروتين اللوبيا حتى نسبة ٢٠٪ أعطت خبزاً له صفات حسية مقبولة. وذكر (Akubor 2004) أن بعض الأغذية النيجيرية الخفيفة (Snack Foods) تحضر من دقيق القمح المخلوط مع دقيق اللوبيا وقد قام الباحث في بحث آخر بدراسة محتوى البروتين والخصائص الطبيعية والحسية لهذه الأغذية والتي أضيف إليها دقيق اللوبيا بنسبة ١٠ و ٢٠ و ٣٠ و ٥٠٪ ووجد أن نسبة البروتين في هذه الأغذية ازدادت بزيادة نسبة دقيق اللوبيا المضاف كما أن الخصائص الطبيعية والحسية لهذه الأغذية لم تتأثر معنوياً بإضافة دقيق اللوبيا (Akubor, 2004).

الأحماض الأمينية

يوضح الجدول رقم (٣) محتوى الأحماض الأمينية لعينات معزول بروتين اللوبيا غير المعامل والمعامل بأنهيديريد الخليك والسكسينك والمعامل بإنزيمات الببسين/البكرياتين والتربيين + الكيموتربيين و دقيق القمح مقارنة بالبروتين المرجعي (FAO/WHO/UNU, 1985). احتوى معزول بروتين اللوبيا غير المعامل على معظم الأحماض الأمينية الأساسية بكمية وافرة مقارنة بالبروتين المرجعي ما عدا الميثيونين، واتفقت هذه النتائج مع دراسة (Hussain and Basaby 1998) عن تركيب الأحماض الأمينية في بروتين بذور اللوبيا (الدرج) من حيث احتوائه على أكثر من ١٧ حامضاً أمينياً شملت معظم الأحماض الأمينية وكانت بعض الأحماض الأمينية مثل الفالين والليوسين والفينايل ألانين واللايسين موجودة بمستويات مرتفعة في حين كانت الأحماض الأمينية المحتوية على الكبريت (الميثيونين والسستين) موجودة بمستويات أقل من البروتين المرجعي (Hussain and Basaby, 1998). أجريت دراسات أخرى عن تركيب الأحماض الأمينية في منتجات بذور اللوبيا شملت دراسة (Elisa et al. 1966) حيث درس فيها تركيب الأحماض الأمينية لستة أصناف من اللوبيا، ودراسة (Aremu 1990) عن محتوى مركز بروتين اللوبيا والدقيق منزوع

جدول ٣. الأحماض الأمينية في عينات معزول بروتين اللوبيا غير المعامل والمعدل كيميائياً وإنزيمياً ودقيق القمح (جرام حامض أميني / ١٠٠ جرام بروتين).

| الأحماض الأمينية | المعزول غير المعامل | المعزول بأنهدريد الخليك | المعزول بالبيسين/ البنكرياتين | المعزول المعامل بالتريسين + الكيموتريسين | دقيق القمح | البروتين المرجعي |
|---------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------------|--|--------------------|--------------------|
| الأساسية | | | | | | |
| اللايسين | ٦,٥٠ ^d | ٦,٩٦ ^c | ٧,٤٨ ^b | ٤,٧٩ ^e | ٨,٠٩ ^a | ١,٩٦ ^f |
| | ٠,٠١٩٧± | ٠,٠١٠٥± | ٠,٠٠٩٤± | ٠,٠٠٧٥± | ٠,٠٠٠٨± | ٠,٠٠٠± |
| الثرينين | ٣,٥٩ ^e | ٣,٦٤ ^d | ٣,٦٨ ^c | ٤,٠٨ ^a | ٣,٨١ ^b | ٣,٠٠ ^f |
| | ٠,٠١٠٨± | ٠,٠٠٥٥± | ٠,٠٠٤٧± | ٠,٠٠٦٤± | ٠,٠٠٠٤± | ٠,٠٠١٠± |
| الفالين | ٤,٧٨ ^c | ٥,٢٤ ^c | ٥,٤٨ ^b | ٥,٥٦ ^a | ٥,٤٩ ^b | ٤,٨٥ ^d |
| | ٠,٠١٤٥± | ٠,٠٠٧٩± | ٠,٠٠٦٩± | ٠,٠٠٨٧± | ٠,٠٠٠٥± | ٠,٠٠٢٠± |
| المثيونين | ٠,٥٦ ^b | ٠,٥٧ ^b | ٠,٥٤ ^c | ٠,٥٢ ^d | ٠,٥٨ ^b | ٠,٩٧ ^a |
| | ٠,٠١٣٩± | ٠,٠٢١٢± | ٠,٠١٣٥± | ٠,٠٠٠٨± | ٠,٠١٤٧± | ٠,٠٠٠± |
| المثيونين+السستين | | | | | | ٢,٥ |
| الأيروليوسين | ٤,٣٣ ^c | ٤,٤٥ ^c | ٤,٣٧ ^d | ٤,٨٤ ^a | ٤,٥٦ ^b | ٣,٠١ ^f |
| | ٠,٠١٣١± | ٠,٠٠٧٣± | ٠,٠٠٥٥± | ٠,٠٠٧٦± | ٠,٠٠٠٤± | ٠,٠٠١٠± |
| الليوسين | ٨,٦٢ ^b | ٨,٥٤ ^c | ٨,٥٣ ^c | ٨,٩٠ ^a | ٨,٨٤ ^a | ٧,٥٠ ^d |
| | ٠,٠٢٦١± | ٠,٠١٢٩± | ٠,٠١٠٨± | ٠,٠١٣٩± | ٠,٠٨٦٥± | ٠,٠١١± |
| الفينيل الانين | ٦,٢٦ ^d | ٦,٣٦ ^c | ٦,٢٦ ^d | ٦,٥٣ ^b | ٦,٦٦ ^a | ٥,٨٣ ^c |
| | ٠,٠١٨٩± | ٠,٠٠٩٦± | ٠,٠٠٤٣± | ٠,٠١٠٢± | ٠,٠٠٠٣± | ٠,٠٠٢٠± |
| التايروسين | ٣,٢٦ ^d | ٣,٣٦ ^c | ٣,٢٤ ^c | ٣,٦٩ ^a | ٣,٤٥ ^b | ٢,٩٧ ^f |
| | ٠,٠٠٨٩± | ٠,٠٠٥٢± | ٠,٠٠٤٠± | ٠,٠٠٥٨± | ٠,٠٠٠٣± | ٠,٠٠١٠± |
| الفينيل الانين+التايروسين | ٩,٥٢ ^b | ٩,٧٢ ^b | ٩,٥٠ ^b | ١٠,٢٢ ^a | ١٠,١١ ^a | ٨,٦٢ ^c |
| | ٠,٠١٥± | ٠,٠١٥± | ٠,٠١٥± | ٠,٠١٥± | ٠,٠١٥± | ٠,٠١٥± |
| الهستين | ٣,٢٢ ^d | ٣,٠٥ ^c | ٣,٥٥ ^b | ٣,٢٥ ^c | ٣,٦٦ ^a | ٢,٧١ ^f |
| | ٠,٠٠٩٧± | ٠,٠٠٤٦± | ٠,٠٠٤٤± | ٠,٠٠٥١± | ٠,٠٠٠٤± | ٠,٠٠١٠± |
| غير الأساسية | | | | | | |
| الآرجينين | ٩,٩٣ ^a | ٧,٢٣ ^c | ٧,٨٦ ^b | ٦,٤٧ ^d | ٦,١٣ ^c | ٤,٢٠ ^f |
| | ٠,٠٣٠٠± | ٠,٠١٠٩± | ٠,٠٠٨٢± | ٠,٠٠١٠± | ٠,٠١٦٦± | ٠,٠٠٠± |
| حمض الأسبارتيك | ١١,٤١ ^c | ١١,٨٨ ^b | ١١,١٥ ^d | ١٢,٥٨ ^a | ١٠,٨٣ ^c | ٥,٤١ ^f |
| | ٠,٠٣٥٤± | ٠,٠١٧٩± | ٠,٠١٤١± | ٠,٠١٩٧± | ٠,٠٠١٠± | ٠,٠٠١٠± |
| حمض الجلوتاميك | ١٩,١١ ^c | ١٩,٩٨ ^b | ١٨,٨٧ ^d | ١٩,٨٦ ^b | ١٨,٢٢ ^c | ٤٠,١٢ ^a |
| | ٠,٠٥٧٨± | ٠,٠٣٠٢± | ٠,٠٢٣٨± | ٠,٠٣١٢± | ٠,٠٠١٧± | ٠,١٢٥± |
| الجليايسين | ٣,٥١ ^f | ٣,٦٠ ^c | ٣,٨٢ ^a | ٤,٠٨ ^b | ٤,٠٣ ^c | ٤,٢١ ^a |
| | ٠,٠١٠٦± | ٠,٠٠٥٤± | ٠,٠٠٤٨± | ٠,٠٠٦٤± | ٠,٠٠٠٤± | ٠,٠٠١٠± |
| الالانين | ٣,٩٧ ^c | ٤,٠٥ ^d | ٤,٤١ ^b | ٤,٣٥ ^c | ٤,٦٠ ^a | ٣,٧٧ ^f |
| | ٠,٠١٢٠± | ٠,٠٠٦١± | ٠,٠٠٥٥± | ٠,٠٠٧٥± | ٠,٠٠٠٤± | ٠,٠٠١٠± |
| السيرين | ٥,٠٢ ^f | ٥,٢٣ ^c | ٥,٥٠ ^c | ٥,٦٠ ^b | ٥,٧٠ ^a | ٥,٣٦ ^d |
| | ٠,٠١٥١± | ٠,٠٠٧٩± | ٠,٠٠٦٩± | ٠,٠٠٨٧± | ٠,٠٠٠٦± | ٠,٠٠١٠± |

* المصدر: (1985) FAO/WHO/UNU لمتطلبات الأطفال سن ما قبل المدرسة.

** المتوسط ± الانحراف المعياري (ن = ٣)

المتوسطات التي تحمل أحرف إنجليزية متشابهة في السطر الواحد لا يوجد بينها فروق معنوية ($P \leq 0.05$).

الدهن لبذور اللوبيا من الأحماض الأمينية ودراسة (1994) Chan and Phillips عن تركيب الأحماض الأمينية في أجزاء (Fractions) بروتين بذور اللوبيا، وأشارت نتائج هذه الدراسات إلى احتواء بروتين اللوبيا على معظم الأحماض الأمينية الأساسية مثل اللايسين بمستويات مرتفعة مع وجود نقص (كما في باقي البقول) في الميثيونين والسستين. تشير النتائج في جدول (٣) إلى انخفاض نسبة اللايسين في القمح والذي يعد الحامض الأميني المحدد (Limiting amino acid). يتضح من الفروق المعنوية بين المعزول غير المعامل والمعزول المعامل كيميائياً وإنزيمياً أن هذه الفروق تختلف حسب نوع الحامض الأميني وحسب كل معاملة. وقد ذكر El-Adawy (2000) أن المعاملة بأنهدرات الخليك والسكسينك للبروتينات أدت إلى تغيرات تركيبية (Conformational) وذلك ناتج من تأثير تلك المعاملات على الأحماض الأمينية خاصة اللايسين ونتج عن هذه المعاملات تغيرات في الخصائص الوظيفية للبروتينات مثل خاصية قابلية الذوبان، ولم يذكر الباحث أي تغير في نسب الأحماض الأمينية نتيجة للمعاملة الكيميائية ولكن ذكر أن هناك تحسن في قابلية الهضم خارج الجسم للبروتين المعامل بأنهدرات الخليك والسكسينك. وقد درس Klepacka et al. (1997) تأثير المعاملة الكيميائية على بعض الخصائص في بروتينات البقوليات واتضح أن معاملة بروتينات بعض البقوليات مثل الترمس والبسلة والفاصوليا بأنهدرات الخليك والسكسينك تؤثر على نسبة نيتروجين مجموعة الأمين أو النيتروجين الأميني (Amino nitrogen) بدرجات متفاوتة تعتمد على نوع البروتين. وبالنسبة لتأثير المعاملة بإنزيمات الببسين/ البنكرياتين والتربسين + الكيموتربسين على تركيب الأحماض الأمينية لمعزول بروتين اللوبيا (جدول ٣) فقد ذكر Abu-Tarboush and Ahmed (2005) أن التركيب العام للأحماض الأمينية في كازين الإبل ومعزولات بروتين بذور الكركدية والبان المعاملة إنزيمياً تماثل لحد ما تلك البروتينات غير المعاملة وقد أوضح Clemente (2000) أن التحلل الإنزيمي (Enzymatic hydrolysis) لا يؤثر كثيراً على نسب الأحماض الأمينية في البروتينات المعاملة لأنه يتم في ظروف حرارة و pH معتدلة ودون استخدام ظروف تجريبية قاسية كالتى تتم في المعاملات الكيميائية والفيزيائية.

يوضح الجدول رقم (٤) محتوى اللايسين في دقيق القمح ومخاليط دقيق القمح مع معزول بروتين اللوبيا غير المعامل بنسبة إحلال ٥ و ١٠ و ١٥٪. وعند مقارنة نسبة اللايسين في هذه العينات بالنسبة لدقيق القمح (١,٩٦ جرام/١٠٠ جرام بروتين) وجد أن هنالك فروق معنوية واضحة

وكذلك توجد فروق معنوية في نسب اللايسين بين عينات خليط دقيق القمح مع المعزول غير المعامل حسب نسبة الإضافة وأدت إضافة المعزول غير المعامل بنسب ٥-١٥٪ إلى دقيق القمح إلى زيادة نسبة اللايسين في الخليط مع زيادة نسبة الإضافة، وذكر (Asad et al. (1996 في الدراسة التي أجريت على جودة البروتين في مخاليط دقيق القمح ودقيق بذور الماش (Mung bean) أن نسبة اللايسين في دقيق القمح بلغت ٢,٩٨ جرام/١٠٠ جرام بروتين وفي دقيق بذور الماش ٩,٤٠ جرام/١٠٠ جرام بروتين كما وجد الباحثون أنه عند إضافة دقيق بذور الماش بنسب ٥ و ١٠ و ١٥ و ٢٠٪ إلى دقيق القمح فإن جودة البروتين كانت في الخليط على التوالي ٦٢ و ٧١ و ٧٩ و ٨٧٪ وحسبت جودة البروتين في الدراسة على أساس نسبة اللايسين في الخليط إلى نسبة اللايسين في البروتين المرجعي. وتتفق نتائج هذه الدراسة (جدول ٤) مع ما توصل إليه (Asad et al. (1996 في أنه كلما زادت نسبة البقول المضافة إلى دقيق القمح فإن نسبة اللايسين تزيد في الخليط وفي هذا السياق ذكر (Gayle et al. (1986 أن نسبة اللايسين المتاحة (Available Lysine) في عينات الخبز المضاف إليها نوع من البقول (Pigeon pea) بنسب صفر و ٥ و ١٠ و ١٥ و ٢٥٪ كانت على التوالي ٠,٣ و ٠,٧٢ و ١,٧١ و ١,٣١ و ١,٧١ ملجم لايسين/١٦ جرام نيتروجين.

وكذلك توضح النتائج نسب اللايسين في عينات خليط دقيق القمح مع معزول بروتين اللوبيا المعامل بأنهدريد الخليك (Acetic anhydride) وأنهدريد السكسينيك (Succinic anhydride) حيث ازدادت نسبة اللايسين في عينات دقيق القمح المضاف إليها المعزول المعامل بأنهدرات الخليك والسكسينيك خاصة بالنسبة لعينات دقيق القمح المضاف إليها المعزول المعامل بأنهدريد السكسينيك بنسبة ١٠ و ١٥٪ (جدول ٤). كما كانت هنالك فروقاً معنوية واضحة بين نسبة اللايسين في دقيق القمح وبين هذه النسب في خليط دقيق القمح والمعزول والمعامل كيميائياً.

نسب اللايسين في عينات دقيق القمح المخلوطة مع معزول بروتين اللوبيا المعامل بإنزيم الببسين/البكرياتين وإنزيم التربسين + الكيموتربسين موضحة في الجدول رقم (٤). اختلفت نسبة اللايسين بدرجة معنوية في مخاليط دقيق القمح والمعزول المعامل بالإنزيمات وعينة دقيق القمح من غير إضافة حيث ازدادت نسبة اللايسين بزيادة نسبة إضافة المعزول المعامل بإنزيم الببسين/البكرياتين والمعامل بإنزيم التربسين + الكيموتربسين. وقد أظهرت نتائج الأحماض الأمينية

جدول ٤. محتوى عينات دقيق القمح المخلوطة مع معزول بروتين اللوبيا المعدل كيميائياً وإنزيمياً من اللايسين.

| العينات | اللايسين (جرام/١٠٠ جرام بروتين) |
|------------------------------------|------------------------------------|
| دقيق القمح | 0.0001 ± 1.96^m * |
| دقيق القمح (٩٥٪) + العينة أ (٥٪) | 0.0002 ± 2.33^l |
| دقيق القمح (٩٠٪) + العينة أ (١٠٪) | 0.0102 ± 2.62^k |
| دقيق القمح (٨٥٪) + العينة أ (١٥٪) | 0.0345 ± 0.42^b |
| دقيق القمح (٩٥٪) + العينة ب (٥٪) | 0.0203 ± 3.64^h |
| دقيق القمح (٩٠٪) + العينة ب (١٠٪) | 0.0204 ± 4.60^f |
| دقيق القمح (٨٥٪) + العينة ب (١٥٪) | 0.0104 ± 4.72^e |
| دقيق القمح (٩٥٪) + العينة ج (٥٪) | 0.0103 ± 3.36^i |
| دقيق القمح (٩٠٪) + العينة ج (١٠٪) | 0.0105 ± 0.27^c |
| دقيق القمح (٨٥٪) + العينة ج (١٥٪) | 0.0305 ± 0.64^a |
| دقيق القمح (٩٥٪) + العينة د (٥٪) | 0.0003 ± 3.27^j |
| دقيق القمح (٩٠٪) + العينة د (١٠٪) | 0.0174 ± 4.36^g |
| دقيق القمح (٨٥٪) + العينة د (١٥٪) | 0.0155 ± 0.22^d |
| دقيق القمح (٩٥٪) + العينة هـ (٥٪) | 0.0003 ± 3.62^h |
| دقيق القمح (٩٠٪) + العينة هـ (١٠٪) | 0.0004 ± 4.34^g |
| دقيق القمح (٨٥٪) + العينة هـ (١٥٪) | 0.0104 ± 4.73^e |

أ. معزول بروتين اللوبيا غير المعامل ب. المعزول المعامل بأنهيديد الخليك

ج. المعزول المعامل بأنهيديد السكسينك د. المعزول المعامل بإنزيم البيسين/البنكرياتين

هـ. المعزول المعامل بإنزيم التربسين + الكيموتربسين

* المتوسط \pm الانحراف المعياري (ن=٣). المتوسطات التي تحمل أحرف إنجليزية متشابهة في العمود الواحد غير مختلفة معنوياً ($P \leq 0.05$).

الأساسية لعينات الخبز المصنعة من مخلوط دقيق القمح ومعزول بروتين بذرة الماش (Mung bean) غير المعامل والمعامل بإنزيم الببسين/البنكرياتين أن اللايسين يزيد في خليط دقيق القمح والمعزول بزيادة نسبة إضافة المعزول وأن نسبة هذا الحامض الأميني الأساسي في عينات الخبز المضاف إليها المعزول والمعامل إنزيمياً بنسبة ٥ و ١٠٪ كانت ٣,٨٤ و ٤,٢٢ جرام حامض أميني/١٠٠ جرام بروتين على التوالي (الجويعد، ١٤٢٥).

الخصائص الريولوجية

١ - معايير الفارينوجراف

تمت دراسة المعايير الريولوجية لعجائن دقيق القمح المخلوطة بنسبة إحلال (٥ و ١٠ و ١٥٪) ومعزول بروتين اللوبيا، ومعزول بروتين اللوبيا المعامل بأنهدريد الخليك (Acetic anhydride) ومعزول بروتين اللوبيا المعامل بأنهدريد السكسينك، ومعزول بروتين اللوبيا المعامل بإنزيم ببسين/بنكرياتين، (Pepsin/pancreatin) ومعزول بروتين اللوبيا المعامل بإنزيم تريسين + كيموتريسين (Trypsin + Chymotrypsin).

يوضح الجدول (٥) معايير الفارينوجراف لعجائن دقيق القمح مع المخاليط بنسب الإحلال السابق ذكرها، حيث كان معدل امتصاص الماء أعلى من العينة الضابطة لعجائن دقيق القمح المخلوط بنسب إحلال ٥ و ١٠ و ١٥٪ من معزول بروتين اللوبيا غير المعامل وتتفق نتائج هذه الدراسة مع دراسة Mustafa et al. (1986) الذي ذكر أن الزيادة في امتصاص الماء ترجع لزيادة نسبة البروتين، كما ذكر Deshpande et al. (1983) أن إضافة دقيق البقوليات إلى دقيق القمح لعمل عجائن منه يؤدي إلى زيادة امتصاص الماء، كما ذكر Yue et al. (1991) إن إضافة البروتين المعزول أو المركز تؤدي إلى زيادة النسبة المئوية لامتصاص الماء، وأدت إضافة البروتين المركز إلى زيادة أكبر في امتصاص الماء مقارنة بمعزول البروتين. أما بالنسبة لعجائن دقيق القمح المخلوطة بنسبة إحلال ٥ و ١٠ و ١٥٪ من معزول بروتين اللوبيا المعامل بكل من أنهيدرات الخليك والسكسينك فقد كان معدل امتصاص الماء أقل من العينة الضابطة لكل من مخلوط العجائن المضاف إليه ٥ و ١٠٪ من معزول بروتين اللوبيا المعامل بهاتين المادتين، في حين كانت الزيادة في معدل امتصاص الماء ضعيفة مقارنة بالعينة الضابطة للتركيز ١٥٪ لنفس المعاملتين، وهذا يتفق

سيف الدين بشير، حمزة أبوطربوش، حسن المانع، إدريس أبوسلطان، محمد آصف، دلشاد عبداللطيف ١٦

مع ما ذكره (1978) Canella الذي أشار أن معاملة مركز البروتين بالسكسنيك أنهيدريد (Succinylated) أدت إلى انخفاض نسبة امتصاص الماء لتركيز ٥٪ أما تركيز ١٠٪ فقد أدى إلى زيادة امتصاص الماء، وهذا قد يكون عائداً إلى انخفاض سعة الاحتفاظ بالماء للبروتين.

جدول ٥: معايير الفارينوجراف* لعجائن دقيق القمح ودقيق القمح المخلوط مع معزول بروتين اللوبيا المعامل وغير المعامل بنسب إحلال مختلفة.

| العينات | النسبة* امتصاص الدقيق للماء (%) | زمن الوصول (دقيقة) | زمن العجن (دقيقة) | زمن ثبات العينة (دقيقة) | زمن الرحيل (دقيقة) | معامل تحمل العجن الميكانيكي (وحدة برابندر) |
|--|--|--------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------|--|
| عينة ضابطة: دقيق القمح | ٦١,٦ | ١,٥ | ١٠,٥ | ٢٥,٠ | ٢٦,٥ | ٢٠,٠ |
| عينة المعزول | نسبة الإحلال لدقيق القمح | | | | | |
| معزول بروتين اللوبيا غير المعامل | ٥٪ | ٦٢,٠ | ١,٥ | ٨,٠ | ٢١,٠ | ٢٠,٠ |
| | ١٠٪ | ٦٢,٨ | ١,٥ | ٨,٠ | ٢٩,٥ | ٢٠,٠ |
| | ١٥٪ | ٦٤,٦ | ١,٥ | ٧,٥ | ٣٤,٥ | ٢٠,٠ |
| المعزول المعامل | ٥٪ | ٦٠,٠ | ١,٠ | ٢,٠ | ٥,٠ | ٧,٠ |
| بأنهيدريد الخليك | ١٠٪ | ٦١,٠ | ١,٠ | ٢,٠ | ٣,٥ | ٤,٥ |
| | ١٥٪ | ٦٢,٠ | ١,٠ | ٢,٠ | ٤,٥ | ٥,٥ |
| المعزول المعامل | ٥٪ | ٦٠,٠ | ١,٠ | ١,٥ | ٢,٠ | ٣,٠ |
| بأنهيدريد السكسنيك | ١٠٪ | ٦١,٠ | ١,٠ | ١,٥ | ١,٠ | ٢,٠ |
| | ١٥٪ | ٦٢,٠ | ٠,٧٥ | ١,٢٥ | ١,٥ | ٢,٢٥ |
| المعزول المعامل | ٥٪ | ٥٨,٠ | ١,٠ | ١٠,٠ | ١٧,٠ | ١٨,٠ |
| باينزيم الببسين/ البنكرياتين | ١٠٪ | ٥٥,٠ | ١,٠ | ١,٥ | ١,٠ | ١,٠ |
| | ١٥٪ | ٥٠,٦ | ١,٠ | ١,٠ | ١,٥ | ٢,٥ |
| المعزول المعامل | ٥٪ | ٥٩,٤ | ١,٠ | ١٠,٥ | ١٥,٥ | ١٦,٥ |
| باينزيم التريسين+ الكيموتريسين | ١٠٪ | ٥٦,٠ | ١,٠ | ١,٥ | ١,٥ | ٢,٥ |
| | ١٥٪ | ٥٣,٤ | ١,٠ | ١,٥ | ٢,٠ | ٣,٠ |

* تم تحديد التكرار التجريبي لمعايير الفارينوجراف عن طريق ضبط الجهاز بحيث لا يتجاوز معامل الاختلاف ثلاث مكررات حد ٥٪ وذلك باستعمال دقيق العينة الضابطة.

** نسبة امتصاص الدقيق للماء محسوبة على أساس ١٤٪ رطوبة.

كان معدل امتصاص الماء لعجائن دقيق القمح المخلوطة بنسبة إحلال ٥ و ١٠ و ١٥٪ من معزول بروتين اللوبيا المعامل إنزيمياً أقل بكثير من معدل امتصاص الماء للعينة الضابطة وقد يرجع ذلك إلى تفكك البروتين والنشا بواسطة هذه الإنزيمات ويتفق ذلك مع ما ذكرته الجويعد (١٤٢٥) بالنسبة لمعزول بروتين الماش المعامل إنزيمياً.

أظهرت النتائج أن إضافة معزول بروتين اللوبيا إلى دقيق القمح بنسب الإحلال السابقة أدت إلى انخفاض زمن العجن مقارنة بالعينة الضابطة ويدل زمن العجن على جودة البروتين - إذ يتميز الدقيق القوي بزمن عجن طويل (المانع والعمرى، ١٩٩٩). وازداد الانخفاض بزيادة نسب الإحلال السابقة وهذا يتفق مع ما ذكره Mustafa et al. (1986) أن عينات الدقيق المضاف لها دقيق اللوبيا بنسب ١٠، و ١٥، و ٢٠٪ أدت إلى انخفاض زمن العجن، ودرجة الثباتية، وزيادة امتصاص الماء مع زيادة نسب الخليط، كما يتفق مع ما ذكره Deshpande et al. (1983) حيث وجد هؤلاء الباحثين أن إضافة دقيق البقول إلى دقيق القمح لعمل عجائن منه يؤدي إلى زيادة امتصاص الماء، وزيادة رقم معامل تحمل العجينة للضرب الميكانيكي (أي إضعاف البروتين)، أما بالنسبة لزمن العجن وزمن ثبات العجينة فقد أدى ذلك إلى انخفاضها، وهذا ما حصل للعينات المضاف لها معزول بروتين اللوبيا والمعامل كيميائياً حيث أدى ذلك إلى انخفاض كبير في كل من زمن العجن وزمن ثبات العجينة، وزيادة رقم معامل تحمل العجن الميكانيكي. أما بالنسبة لعينات معزول البروتين والمعاملة إنزيمياً بنسبة إحلال ٥٪ لكلا العينتين فقد كان زمن العجن قريباً جداً أو مساوٍ لزمن عجن العينة الضابطة، أما بالنسبة لنسب الإحلال الأخرى (١٠ و ١٥٪) فقد أدى ذلك إلى انخفاض كبير في زمن العجن، وأدى ذلك أيضاً إلى انخفاض زمن ثبات العجينة وزيادة رقم معامل تحمل العجن الميكانيكي في كل نسب الإحلال في كلا العينتين المعاملة إنزيمياً.

٢ - معايير الاستسوجراف

يوضح الجدول (٦) معايير الاستسوجراف لعجائن دقيق القمح وعجائن دقيق القمح مع نسب الإحلال المختلفة لكل من معزول بروتين اللوبيا، ومعزول بروتين اللوبيا المعامل بأنهيديريد الخليك ومعزول بروتين اللوبيا المعامل بأنهيديريد السكسينيك، ومعزول بروتين اللوبيا المعامل بإنزيم الببسين/بنكرياتين ومعزول بروتين اللوبيا المعامل بإنزيم تربسين + كيموتربسين.

جدول ٦: معايير الأكستنسوجراف* لعجائن دقيق القمح ودقيق القمح المخلوط مع معزول بروتين اللوبيا المعامل وغير المعامل بنسب إحلال مختلفة**.

| العينات | الانسيابية الكلية (ملم) | الانسيابية عند الحد الأقصى للمقاومة (ملم) | الحد الأقصى للمقاومة (وحدة رابندر) | المقاومة عند ٥٠ ملم من الشد (وحدة رابندر) | الرقم النسبي = المقاومة عند ٥٠ ملم من الشد الانسيابية الكلية |
|---|-----------------------------|---|------------------------------------|---|--|
| عينة ضابطة: دقيق القمح ١٠٠% | ١٣٢,٣٣ ٩,٢٩ ± | ٩٥,٠٠ ٥,٠٠ ± | ٨٥٦,٦٧ ٤٧,٢٥ ± | ٧٣٠,٠٠ ٢٦,٤٥ ± | ٥,٥٣ ٠,٩٢ ± |
| عينة المعزول | نسبة الإحلال لدقيق القمح | | | | |
| معزول بروتين اللوبيا غير المعامل | ٥% | ٩٦,٣٣ ٣,٥١ ± | ٦١,٠٠ ١,٧٣ ± | ٩٤٣,٣٣ ١١,٥٤ ± | ٩,٨٠ ٠,٣٧ ± |
| | ١٠% | ٦٠,٣٣ ٤,٥١ ± | ٣٥,٦٧ ١,١٥ ± | ٦٤٣,١٣ ٢٥,١٦ ± | ١٠,٧٠ ٠,٧٣ ± |
| | ١٥% | ٥٦,٦٧ ٤,٦١ ± | ٢٧,٦٧ ٢,٥٠ ± | ٣٤٠,٠٠ ٣٤,٦٩ ± | ٥,٩٩ ٠,١١ ± |
| المعزول المعامل بأنهيديد الخليك | ٥% | ٨٢,٣٣ ٢,٠٣ ± | ٥٠,٠٠ ٠,٠٠ ± | ١٠٠٠,٠< | ١٠٠٠,٠< |
| | ١٠% | ٦١,٣٣ ١,٥٢ ± | ٣٥,٠٠ ٠,٠٠ ± | ٩٣٣,٣٣ ٢٣,٠٩ ± | ١٥,٢٢ ٠,١٢ ± |
| | ١٥% | ٥١,٠٠ ١,٧٣ ± | ٢٧,٠٠ ١,٧٣ ± | ١٣٠,٠٠ ١٤,١٤ ± | ٢,٦٠ ٠,٢٨ ± |
| المعزول المعامل بأنهيديد السكسينك | ٥% | ٩٦,٦٧ ٣,٠٥ ± | ٦٢,٦٧ ٤,٦١ ± | ٨٣٣,٣٣ ٥,٧٧ ± | ٨,٦٣ ٠,٣٢ ± |
| | ١٠% | ٦٨,١٣ ٣,٥١ ± | ٤٢,٦٧ ٢,٥١ ± | ٧٨٠,٠٠ ٢٠,٠٠ ± | ١١,٤٧ ٠,٢٢ ± |
| | ١٥% | ٤٩,٠٠ ١,٠٠ ± | ٣٢,٠٠ ١,٧٣ ± | ٧٥٠,٠٠ ٠,٠٠ ± | — |
| المعزول المعامل بإنزيم الببسين/ البكترياتين | ٥% | ١٣٦,٦٧ ٤,٩٣ ± | ٨٦,٦٧ ٢,٨٨ ± | ٧١٣,٣٣ ٤٠,٤١ ± | ٥,٣٨ ٠,٤١ ± |
| | ١٠% | ١٥٧,٦٧ ٧,٥٠ ± | ٨٠,٠٠ ٠,٠٠ ± | ٤٩٦,٦٧ ٢٠,٨١ ± | ٣,١٥ ٠,١١ ± |
| | ١٥% | ١٤٥,٦٧ ٦,٦٥ ± | ٤٥,٠٠ ٠,٠٠ ± | ٤٢٥,٠٠ ٨,٦٦ ± | ٢,٩٢ ٠,١٩ ± |
| المعزول المعامل بإنزيم التريسين+ الكيموتريسين | ٥% | ١١٧,٠٠ ٤,٠٠ ± | ٦٦,٦٧ ٢,٨٨ ± | ٦٥٠,٠٠ ٣٦,٠٥ ± | ٥,٥٥ ٠,١٢ ± |
| | ١٠% | ١٠٧,٦٧ ١١,٢٣ ± | ٢٣,٣٣ ٢,٨٨ ± | ٢٨٣,٣٣ ٢٨,٨٦ ± | ٢,٤٦ ٠,٤٢ ± |
| | ١٥% | — | — | — | — |

* أخذت القياسات بعد ٤٥ دقيقة تخمير (راحة) للعجينة.

** المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاث مكررات.

يلاحظ في عجينة دقيق القمح ومخلوط معزول بروتين اللوبيا (١٥٪) زيادة كل من درجة المرونة (المقاومة للشد أو القوة اللازمة لشد العجينة إلى أن تتمزق) والمقاومة النسبية للشد والرقم النسبي (وهو حاصل قسمة المقاومة النسبية للشد على درجة الانسيابية "المطاطية") كما أدى ذلك إلى انخفاض درجة الانسيابية مقارنة بالعينة الضابطة المحتوية على دقيق القمح فقط، وعند زيادة نسب الإحلال لمعزول بروتين اللوبيا المضاف إلى دقيق القمح بنسب ١٠٪ و ١٥٪ فقد أدى ذلك إلى انخفاض في كل معايير الاكستنسوجراف السابقة عدا الرقم النسبي مقارنة بالعينة الضابطة، وهذا يتفق مع ما ذكره (Asad et al. 1996) أن معايير الاكستنسوجراف انخفضت في عجائن دقيق القمح المضاف إليه دقيق بذرة الماش وأن نسبة الانخفاض في هذه المعايير ازدادت بزيادة نسبة إضافة دقيق الماش لدقيق القمح.

أدت إضافة معزول بروتين اللوبيا المعامل بأنهدريد الخليك بنسبة ٥ و ١٠ و ١٥٪ لعجائن دقيق القمح إلى زيادة المرونة (المقاومة للشد) وانخفاض في درجة الانسيابية (المطاطية) ويرجع ذلك إلى أن معاملة معزول بروتين اللوبيا بأنهدريد الخليك قد أدت إلى انخفاض الذوبان في الماء لهذا البروتين وهذا يتفق مع ما ذكره (El-Adawy 2000) بأن المعاملة الكيميائية لمعزول بروتين الماش أدت إلى انخفاض الذوبان في الماء لهذا البروتين. وأدت إضافة معزول بروتين اللوبيا المعامل بأنهدريد السكسينك لعجائن دقيق القمح إلى انخفاض أقل في درجة المرونة مقارنة بالعينة الضابطة، بينما كان الانخفاض كبير جداً في درجة الانسيابية (المطاطية) مع زيادة نسب الخلط مقارنة بالعينة الضابطة وقد يرجع ذلك إلى زيادة قابلية الذوبان في الماء لمعزول بروتين اللوبيا، وأدى هذا إلى الحصول على عجينة لزجة sticky يصعب التعامل معها عند نسبة الإحلال ١٥٪.

انخفضت درجة المرونة (المقاومة للشد) وازدادت درجة المطاطية (الانسيابية) لعجائن دقيق القمح المضاف لها معزول بروتين اللوبيا المعامل بإنزيم الببسين/بنكرياتين مقارنة بالعينة الضابطة (دقيق القمح) مع زيادة نسب الخلط، وهذا أدى إلى حدوث اتزان بين المرونة والمطاطية عند نسب إحلال ٥ و ١٠٪ ويؤدي ذلك إلى تحسن خواص وجودة رغيف الخبز إذا استخدم معزول بروتين اللوبيا المعامل بإنزيم الببسين/بنكرياتين عند نسب الخلط المذكورة سابقاً.

انخفضت درجة المرونة ودرجة المطاطية وبقية المعايير الأخرى لعجائن دقيق القمح المضاف لها معزول بروتين اللوبيا المعامل بإنزيم تربسين + كيموتربسين مقارنة بالعينة الضابطة

(دقيق القمح) وازداد هذا الانخفاض بدرجة أكبر عندما زادت نسب الإحلال حيث أدى الإحلال بنسبة ١٥٪ إلى زيادة لزوجة العجينة (more sticky) مما يصعب التعامل معها، لذا ينصح بعدم إضافة معزول بروتين اللوبيا المعامل بإنزيم التربسين + الكيموتربسين إلى الدقيق المستخدم في صناعة الخبز.

معايير الأميلوجراف

تم تقدير معايير جهاز الأميلوجراف باستخدام ٤٠ جم من الدقيق على أساس ١٤٪ و ٣٦٠ جم من الماء المقطر (أي تركيز ١٠٪). وتم تحضير جميع المخاليط السابقة بنفس التركيز (١٠٪).

يوضح الجدول (٧) أهم معايير الجودة التي تم الحصول عليها حيث أثرت نسب الإحلال ٥، ١٠، و ١٥٪ لمعزول بروتين اللوبيا غير المعامل تأثيراً كبيراً على درجة اللزوجة القصوى حيث أدت هذه النسب إلى خفض درجة اللزوجة القصوى مقارنة بالعينة الضابطة (دقيق القمح)، أما نسب الإحلال ٥، ١٠، و ١٥٪ لمعزول بروتين اللوبيا المعامل بأنهيديريد الخليك أدت إلى ارتفاع قيمة درجة اللزوجة القصوى (أي اكتمال التكون الهلامي للنشا) مقارنة بالعينة الضابطة، وأدى ذلك إلى ارتفاع درجة حرارة اللزوجة القصوى مقارنة بالعينة الضابطة. أما نسب الإحلال ٥، ١٠ و ١٥٪ لمعزول بروتين اللوبيا المعامل بأنهيديريد السكسينيك فقد أدت إلى تأخر بداية التهلم عند نسب ٥٪ و ١٠٪ مقارنة بالعينة الضابطة وأدت إلى ارتفاع قيمة درجة اللزوجة القصوى عند نسب الخلط ٥٪ و ١٠٪ مقارنة بالعينة الضابطة كما أدى ذلك إلى ارتفاع درجة حرارة اللزوجة القصوى.

أما نسب الإحلال ٥، ١٠، و ١٥٪ لمعزول بروتين اللوبيا المعامل بإنزيم البيسين/البنكرياتين فقد أدت إلى تأخر درجة حرارة بداية التهلم أي كانت درجة حرارة بداية التهلم أعلى من العينة الضابطة، كما أدت هذه المعاملة إلى ارتفاع قيمة درجة اللزوجة القصوى ودرجة حرارة اللزوجة القصوى مقارنة بالعينة الضابطة. أما نسب الإحلال ٥، ١٠، و ١٥٪ لمعزول بروتين اللوبيا المعامل بإنزيم التربسين + الكيموتربسين أدت إلى انخفاض قيمة درجة اللزوجة القصوى وارتفاع درجة حرارة اللزوجة القصوى مقارنة بالعينة الضابطة وقد أوضح Mahmoud (1994) أن تفكك الروابط

الببتيدية في البروتينات المحللة إنزيمياً يؤدي إلى إنتاج معلمات ذات درجة لزوجة منخفضة بدرجة كبيرة مقارنة بالبروتينات غير المحللة إنزيمياً.

جدول ٧: معايير الأميلوجراف لعجائن دقيق القمح ودقيق القمح المخلوط مع معزول بروتين اللوبيا المعامل وغير المعامل بنسب إحلال مختلفة*.

| خصائص الأميلوجراف | | | العينات | |
|--|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| درجة الحرارة عند الحد الأقصى للزوجة (°م) | الحد الأقصى للزوجة (وحدة برايندر) | درجة حرارة تهلم النشا (°م) | | |
| ٨٣,٥ | ٢٣٠,٠ | ٥٨,٠ | عينة ضابطة: دقيق القمح ١٠٠٪ | |
| | | | عينة المعزول | نسبة الإحلال لدقيق القمح |
| ٨٥,٠ | ١٩٠,٠ | ٥٨,٠ | معزول بروتين اللوبيا غير المعامل | |
| ٨٣,٥ | ١٨٥,٠ | ٥٨,٠ | ٥٪ | |
| ٨٣,٥ | ١٦٠,٠ | ٥٨,٠ | ١٠٪ | |
| ٨٣,٥ | ١٦٠,٠ | ٥٨,٠ | ١٥٪ | |
| ٨٦,٥ | ٣٤٠,٠ | ٥٨,٠ | المعزول المعامل | |
| ٨٨,٠ | ٣١٥,٠ | ٥٨,٠ | بأنهيدريد الخليك | |
| ٨٧,٣ | ٢٧٠,٠ | ٥٨,٠ | ٥٪ | |
| ٨٧,٣ | ٣٠٠,٠ | ٥٨,٠ | ١٠٪ | |
| ٨٩,٥ | ٢٥٠,٠ | ٦١,٠ | ١٥٪ | |
| ٨٨,٠ | ١٩٠,٠ | ٦١,٠ | المعزول المعامل | |
| ٨٦,٥ | ٢٧٠,٠ | ٥٨,٠ | بأنهيدريد السكسينيك | |
| ٨٨,٠ | ٢٧٠,٠ | ٦١,٠ | ٥٪ | |
| ٨٨,٠ | ٢٤٠,٠ | ٦١,٠ | ١٠٪ | |
| ٨٨,٠ | ٢٤٠,٠ | ٦١,٠ | ١٥٪ | |
| ٨٥,٠ | ١٨٠,٠ | ٥٩,٥ | المعزول المعامل | |
| ٨٥,٠ | ١٧٠,٠ | ٥٨,٠ | بإنزيم الببسين/ | |
| ٨٨,٠ | ٢٤٠,٠ | ٦١,٠ | البنكرياتين | |
| ٨٥,٠ | ١٨٠,٠ | ٥٩,٥ | المعزول المعامل | |
| ٨٥,٠ | ١٧٠,٠ | ٥٨,٠ | بإنزيم التريبسين + | |
| ٨٨,٠ | ١٦٠,٠ | ٥٩,٥ | الكيموتريبسين | |

* تم تحديد التكرار التجريبي لمعايير الأميلوجراف عن طريق ضبط الجهاز بحيث لا يتجاوز معامل الاختلاف لثلاث مكررات حد ٥٪ وذلك باستعمال دقيق العينة الضابطة.

الخلاصة

بناءً على نتائج هذه الدراسة يوصى باستخدام بذور اللوبيا (Cowpea) كمصدر لتدعيم الحبوب وذلك لزيادة نسبة البروتين خاصة الحمض الأميني اللايسين في منتجات الحبوب وذلك باستخدام معزول البروتين كمنتج به نسبة عالية من البروتين وبنسب إضافة حتى ١٥٪. كما يوصى باستخدام إنزيمات الببسين/البنكرياتين لتعديل بروتين اللوبيا مع الحصول على درجة تحلل منخفضة (تقليل زمن التفاعل الإنزيمي) حيث يمكن استخدام بروتين اللوبيا المعدل بهذه الإنزيمات بنسبة أقل من ١٥٪. وبالرغم من عدم تأثير المعاملة الكيميائية على الأحماض الأمينية في بروتين اللوبيا والمخاليط إلا أنه يوصى بتغيير ظروف تعديل بروتين اللوبيا باستخدام أنهيدرات الخليك والسكسينك بخفض نسبة الأنهيدريد المضافة وتقليل زمن التفاعل وإجراء عملية الفصل الغشائي لوقت أطول. كما يجب إجراء تقييم حسي للمنتجات المصنعة من دقيق القمح (أو الحبوب الأخرى) عند إضافة منتجات بذور اللوبيا (معزول البروتين) إلى دقيق القمح المستخدم في تصنيعها، كما يمكن إكمال جوانب هذه الدراسة بدراسة الخصائص الوظيفية الأخرى لبروتين اللوبيا المعدل كيميائياً وإنزيمياً وكذلك الجوانب التغذوية الأخرى مثل قابلية الهضم ونسبة كفاءة البروتين وأيضاً كمية اللايسين المتاح.

شكر وتقدير

يتقدم الباحثون بعظيم الشكر والامتنان لمركز البحوث بكلية علوم الأغذية والزراعة في جامعة الملك سعود لدعمهم المالي لهذا البحث والشكر موصول للأستاذ أمين أبو الخير لمساعدته في إدخال وتحليل البيانات. كما يتقدم الباحثون بالشكر إلى الأستاذ أبو بكر الهادي لطباعته للبحث.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

الجويعد، حنان محمد (١٤٢٥). تأثير التحلل الإنزيمي على الخصائص الوظيفية والتغذية لمعزول بروتين بذرة الماش واستخدامها في صناعة الخبز. رسالة دكتوراه، كلية التربية للاقتصاد المنزلي والتربية الفنية بالرياض، الإدارة العامة لكليات البنات بمنطقة الرياض، وزارة التربية والتعليم.

المانع، حسن عبدالعزيز، والعمرى، محمد صالح (١٩٩٩). تأثير دقيق صنفى قمح طري ودورمي منتجين في المملكة العربية السعودية على جودة خبز القوالب. مجلة الخليج العربي للبحوث العلمية ١٧- (١): ١٥٩-١٨٠.

ثانياً: المراجع الأجنبية

- AACC (1983) American Association of Cereal Chemists Approved Methods. Official Methods of the AACC, 8th (Ed.). The American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- Abu, J. O.; Muller, K.; Duodu, K. G. and Minnaar, A. (2005). Functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) flours and pastes as affected by γ -irradiation. Food Chem. 93:103-111.
- Abu-Tarboush, H. M. and Ahmed, S. B. (2005). Characterization of hydrolysates produced by enzymatic hydrolysis of camel casein and protein isolates of Al-Ban (*Moringa peregrina*) and karkade (*Hibiscus sabderiffa*) seeds. J Saudi Soc. Agric. Sci. 4(2):61-82.
- Adsule, R. N. (1996). Lentil (*Lens culinaris* Medik). In "Food and Feed from Legumes and Oilseeds". E. Nwokolo and J. Smart (Ed.), pp. 109-112, Chapman and Hall, London.
- Akpopunam, M. (1996). Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczak). In "Food and Feed from Legumes and Oilseeds". E. Nwokolo and J. Smart (Ed.), pp. 209-215, Chapman and Hall, London.
- Akubor, P. I. (2004). Protein contents, physical and sensory properties of Nigerian snack foods (Cake, Chin-Chin and Puff-Puff) prepared from cowpea-wheat flour blends. Int. J. Food Sci. Technol. 39:419-424.

- Al-Kahtani, H. A. and Abou-Arab, A. A. (1993). Comparison of physical, chemical and functional properties of *Moringa peregrina* (Al-Yassar or Al-Ban) and soybean proteins. *Cereal Chem.* 73:619-626.
- AOAC. (1995). Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Aremu, C. Y. (1990). Proximate and amino acid composition of cowpea (*Vigna unguiculata*) protein concentrate prepared by isoelectric point precipitation. *Food Chem.* 37:61-68.
- Asad, E. A.; Saad, S. A. M. and Abdel-Khalek, S. M. (1996). Mung bean flour supplement for balady bread. *Egypt. J. Nutr.* 11(1):137-153.
- Canella, M. (1978). Whipping properties of sunflower protein dispersions. *Labensm-Wiss. U. Technol.* 11:259.
- Chan, C. H. and Phillips, D. C. (1994). Amino acid composition and subunit constitution of protein fractions from cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) seeds. *J. Agric. Food Chem.* 42:1857-1960.
- Clemente, A. (2000). Enzymatic protein hydrolysates in human nutrition. *Trends Food Sci. Technol.* 11:254-256.
- Clemente, A.; Viogue, J.; Viogue, S. R.; Bautists, J. and Millan, F. (1999). Quality of chickpea (*Cicer aritinum* L.) protein hydrolysates. *Food Chem.* 67:269-274.
- Dela Barca, A. M. C.; Ruiz, Satazor, R. A. and Jara-Marini, M. E. (2000). Enzymatic hydrolysis and synthesis of soyprotein to improve its amino acid composition and functional properties. *J. Food Sci.* 65:246-253.
- Deshpande, S. S.; Rangeker, D. P.; Sathe, S. K. and Salunkhe, D. K. (1983). Functional properties of wheat/ bean composite flour. *J. Food Sci.* 48:1659-1662.
- Devaries, J. W.; Moski, C. M.; Egberg, D. C. and Larson, P. A. (1980). Comparison between a spectrophotometric and a high-pressure liquid chromatography method for determining tryptophan in food products. *J. Agric. Food Chem.* 28:896-898.
- Dhingra, S. and Jood, S. (2001). Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads supplemented with soybean and barley flour. *Food Chem.* 77:479-488.
- Doxastakis, G.; Zafiriadis, I.; Irakli, M.; Marlari, H. and Tananaki, C. (2002). Lupin, soy and triticale addition to wheat flour doughs and their effect on rheological properties. *Food Chem.* 77:219-227.
- El-Adawy, T. A. (2000). Functional properties and nutritional quality of acetylated and succinylated mung bean protein isolate. *Food Chem.* 70:83-91.
- Elias, L. G.; Colindres, R. and Brassani, R. (1966). The nutritive value of eight varieties of cowpea. *J. Food Sci.* 29:118-122.

- El-Tinay, A. H.; Nour, A. M.; Abdel-Karim, S. H. and Mahgoub, S. O. (1988). Aqueous protein and gossypol extraction from glanded cottonseed flour: Factors effecting protein coagulation and gossypol content. *Food Chem.* 30:19-27.
- FAO (Food and Agricultural Organisation) (2003). World dry cowpea production Figures. FAO publication. Rome, Italy.
- FAO/WHO/UNU (1985). FAO/WHO/UNU Joint expert consultation. Energy and protein requirement technical report series No. 724. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Gayle, P. E.; Knight, E. M.; Adkins, J. S. and Harland, B. F. (1986). Nutritional and organoleptic evaluation of wheat breads supplemented with Pigeon Pea (*Cajanus cajan*) flour. *Cereal Chem.* 63(2):136-138.
- Giami, S.Y. (1993). Effect of processing on the proximate composition and functional properties of cowpea (*Vigna unguiculatas*). *Flour. Food Chem.* 47:153-158.
- Hussain, M. A. and Basahy, A. Y. (1998). Nutrient composition and amino acid pattern of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp, Fabaceae) growth in the Gizan area of Saudi Arabia. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 49:117-124.
- Kay, D. E. (1979). Cowpea In: "Food Legumes" Daisy, E. Kay (Ed.) pp. 86-114. TPI Crop and Product Digest. N.s, Tropical Product Institute, London.
- Kim, Y. A. and Barbeau, W. E. (1991). Evaluation of SDS-PAGE method for estimation of protein digestibility. *J. Food Sci.* 56(4):1082-1086.
- Klepacka, H.; Porzucek, H. and Klucznask, M. (1997). Effects of heat treatment on chemically modified protein of legumes seeds. *Food Chem.* 58(3):219-222.
- Lahl, W. J. and Braun, S. D. (1994). Enzymatic production of protein hydrolysates for food use. *Food Technol.* 48:68-71.
- Lee (Kim), S. Y.; Park, P. S. W. and Rhee, K. C. (1990). Functional properties of proteolytic enzyme modified soy bean protein isolate. *J. Agric. Food Chem.* 38:651-656.
- Lorimer, N. L.; Zabik, M. E.; Harte, J. B.; Stachiw, N. C. and Uebersax, M. A. (1991). Navy bean flour fractions in composite doughs: Effect of bean grade on rheology. Parameters and micro-structure of wheat dough. *Cereal Chem.* 68(6):636-641.
- Mahmoud, M. L. (1994). Physico-chemical and functional properties of protein hydrolysates in nutritional products. *Food Technol.* 48:89-95.
- McWatters, K. H. and Chhinnan, M. S. (1985). Effects of hydration of cowpea meal on physical and sensory attributes of traditional West African food. *J. Food Sci.* 50:444-446 and 452.

- Mustafa, A. I.; Al-Wessali, M. S.; Basha, O. M. and Al-Amir, R. H. (1986). Utilization of cowpea flour and protein isolate in bakery products. *Cereal Foods World*. 31(10):756-759.
- Nielson, P. M.; Peterson, D. and Dambmann, C. (2001). Improved method for determining food protein degree of hydrolysis. *J. Food Sci.* 66:642-646.
- Nnanna, I. A.; Phillips, R. D.; M. C. W.; Atters, K. H. and Hung, Y. C. (1990) Effect of germination on the physical chemical, and sensory characteristics of cowpea products: Flour, paste, and Akara. *J. Agric. Food Chem.* 38:812-816.
- Nwokolo, E. and Ilechukwu, S. N. (1996). Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) walp). In "Food and Feed from Legumes and Oilseeds". E. Nwokolo and J. Smart (Ed.), pp. 229-242, Chapman and Hall, London.
- Obizoba, I. C. (1989). Effects of germination, dehulling and cooking on the nutritive value of cowpea (*Vigna unguiculata*) flour. *J. Food Sci.* 54(5):1371-1372.
- Okaka, J. C. and Potter, N. N. (1977). Functional and storage properties of cowpea powder-wheat flour blends in bread making. *J. Food Sci.* 42(3):828-833.
- Osundahunsi, O. F. and Aworth, O. C. (2003). Nutritional evaluation, with emphasis on protein quality, of maize-based complementary foods enriched with soybean and cowpea tempe. *Int. J. Food Sci. Technol.* 38:809-813.
- Periago, M. J.; Vidal, M. L.; Ros, G.; Rincon, F.; Martinez, C.; Lopez, G.' Rodrigo, J. and Martinez, I. (1998). Influence of enzymatic treatment on the nutritional and functional properties of pea flour. *Food Chem.* 63(1):71-88.
- Phillips, R. D. and Baker, E. A. (1987). Protein nutritional quality of traditional and novel cowpea products measured by *in vivo* and *in vitro* methods. *J. Food Sci.* 52(3):696-699.
- Phillips, R. D.; Chhinnan, M. S.; Branch, A. L.; Miller, J. and McWatters, K. H. (1988). Effects of pretreatment on functional and nutritional properties of cowpea meal. *J. Food Sci.* 53(3):805-809.
- SAS (1990). SAS User's Guide, Statistics, Cary, NC, SAS Institute.
- Yue, P.; Hettiorchchy, N. and Dappolina, B. L. (1991). Native and succinylated sunflower protein use in bread baking. *J. Food Sci.* 56(4):992-998.

Amino Acid Composition and Rheological Properties of Doughs of Wheat Flour and Cowpea Protein Isolate Modified Chemically and Enzymatically

Ahmed, S. B., Abu-Tarboush, H. M., Al-Mana, H. A., Abu-Sultan, I. S., Ahmed, M. A., Abdullatif, D. A.
Food Science and Nutrition, College of Food and Agric. Sci., King Saud University, P.O. Box 2460, Riyadh
11451 Saudi Arabia

ABSTRACT: The aim of this study was to modify the properties of cowpea protein isolate enzymatically (trypsin/chemotrypsin and pepsin/pancreatin) and chemically (acetic and succinic anhydrides). The effect of the addition of this isolate to wheat flour at different substitution levels (5, 10 and 15%) was also evaluated to find the suitable level needed to improve the nutritional value of wheat protein without affecting the rheological properties of the dough which are necessary for making bread and other baking products.

The protein contents of defatted cowpea flour and cowpea protein isolate were 21.91 and 69.72% on fresh weight basis, respectively. The protein content of the wheat flour mixed with untreated and treated (chemically and enzymatically) isolates increased with increasing the level of isolates addition. Cowpea protein isolate contained most essential amino acids in amount adequate to daily intakes of preschool children except for methionine. Methionine is the limiting amino acid in cowpea protein isolate.

The amino acid composition of cowpea protein isolate was not affected markedly by enzymatic and chemical treatments. The addition of untreated and treated cowpea protein isolates to wheat flour increased lysine content in all mixtures and the increase rate was proportional to the amount of isolate added.

Addition of untreated cowpea protein isolate to wheat flour improved farinograph parameters of wheat flour dough at all levels of addition, whereas chemically treated isolate adversely affected these parameters compared to the control. Enzymatic treatment of the isolate also negatively affected farinogram parameters except pepsin/ pancreatin treatment at 5% level which paralleled farinogram parameters of the control.

Extensigraph parameters were reduced for all mixture samples compared to the control. However, cowpea protein isolate treated with pepsin/ pancreatin and added to wheat flour at 5 and 10% level balanced extensibility values and improved these parameters.

Addition of untreated cowpea protein isolate to wheat flour reduced maximum viscosity temperatures (amylogram parameters), whereas chemically and pepsin/ pancreatin treated isolates increased maximum viscosity and maximum viscosity temperature of wheat flour mixture samples compared to the control. On the other hand, addition of cowpea protein isolate treated with trypsin/ chemotrypsin reduced maximum viscosity value and increased maximum viscosity temperature compared to the control.

Key words: cowpea protein isolate, enzymatic protein modification, chemical protein modification, rheological properties, amino acid composition, lysine content.