إنتاج مركزات بروتينية وسكر مالتودكسترين من الذرة الرفيعة بإستخدام إنزيم ألفا–أميليز

حاتم مكى محمد مكى

قسم علوم وتكنولوجيا الأغذية، كلية الدراسات الزراعية، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.

Email: Hatimmakki@sustech.edu

ملخص البحث

هدفت هذه الدراسة إلى إستحداث طريقة تصنيعية سهلة التطبيق لإنتاج مركزات بروتينية وسكر المالتودكسترين من الذرة الرفيعة [*Sorghum* bicolor (L) Moench] صنفى دبر وفترية بإستخدام إنزيم الألفا–أميليز المقاوم للحرارة العالية (Termamy1e). وذلك لإيجاد فرص جديدة للإستخدام الصناعى للذرة الرفيعة فى السودان ولسد الإحتياج المتزايد محلياً للمركزات البروتينية وسكر المالتودكسترين فى المجالات المختلفة للصناعات الغذائية وغير الغذائية. ولقد إعتمدت الدراسة فى إنتاج المركز البروتينى على خفض نسبة النشا فى الدقيق الخام بإستخدام إنزيم الالفا–أميليز المقاوم للحرارة العالية داخل وحدة تصنيعية (Hot-mash processing unit) تعمل بالبخار (3×10^5 باسكال). وبعد تمام عملية الهضم الإنزيمى للنشا انتج المركز البروتينى عن طريق الطرد المركزى ثم تجفيف الراسب بواسطة مجفف إسطوانى (Drum dryer). أما المهضوم الإنزيمى فلقد إستخدم فى إنتاج سكر المالتودكسترين بعد تجفيفه بواسطة مجفف رزازى (Spray dryer). بلغ متوسط نسبة البروتين فى المركزات المنتجة 32.10% للصنف دبر و54.26% للصنف فترية، وذلك على أساس الوزن الجاف. كما أظهرت النتائج عدم وجود إختلافات واضحة بين نسب جملة الأحماض الامينية الأساسية وغير الأساسية عند مقارنتها بتلك النسب الموجودة ببروتين دقيق الذرة الخام قبل عملية التصنيع. وعموماً تميزت المركزات البروتينية بإرتفاع نسبة الأحماض الأمينية: ليوسين, أيزوليوسين, فينيل آلانين, تايروسين, ڤالين, وإفتقارها للحمض الأمينى ليسين. ولقد إعتبر الأخير عاملاً محدداً لجودة بروتين الذرة الرفيعة، بلغت قيمة صافى البروتين لمركزات الفترية والدبر 14.1% و12.5%، على التوالي. كذلك أظهرت النتائج جودة سكر المالتودكسترين المنتج من الصنفين (فترية ودبر) من حيث التركيب الكيميائى ودرجة اللون عند مقارنتهما بمنتج تجارى.

كلمات مفتاحية: فترية، دبر، بروتين، نشا، أحماض أمينية

ABSTRACT

The aim of this study was to develop a new and easy to apply technique for production of protein concentrates and maltodextrins sugar from Daber and Fetarita sorghum [*Sorghum* bicolor (L) Moench] varieties by using the heat-stable α-amylase enzyme (Termamyle), so as to find new opportunities for the industrial use of sorghum in Sudan to meet the local demand for the forementioned products in the different food and non-food industries. Production of sorghum protein concentrate was based on reduction of starch content in sorghum flour by using a heat-stable α-amylase in a hot-mash processing unit injected with a direct steam (3×10^5 Pascal). When the enzymatic digestion of the starch was completed, sorghum protein concentrate was produced after centrifugation and drum drying of the precipitate. The enzymatic digest was used for production of maltodextrins sugar after it is dried with a spray dryer. The average protein percentage in sorghum protein concentrates was

32.10% for variety Daber and 54.26% for variety Fetarita, on dry weight bases. Also, the results revealed no marked differences between the percentages of total essential and non-essential amino acids when compared with those in sorghum native flour before processing. In general, sorghum protein concentrates were characterized by high percentages of the amino acids: lucine, isolucine, phenyl alanin, tyrosine, valine and deficient in lysine amino acid. The latter was considered as the limiting factor for sorghum protein quality. The net protein value of Fetarita and Daber protein concentrates were 14.1% and 12.5%, respectively. Also, the results showed the good quality of maltodextrin sugars, which were produced from the two Sudanese sorghum varieties (Fetarita and Daber) with respect to their chemical composition and degree of colour in comparison with a commercial product.

مقدمة

يعد السودان من أكثر الدول الأفريقية إنتاجاً للذرة الرفيعة فهو الغذاء الرئيسى لمعظم سكانه ولسكان العديد من الدول الأفريقية الأخرى . وينحصر إستخدامها كغذاء فى السودان إما فى صورة عصيدة (Thick porridge) أو كسرة (Kisra) أو نشا سائلة كشراب (Thin porridge)، كما تستخدم فى شهر رمضان لصناعة ما يعرف بالآبرى (Hullu-mur flakes)، ولا توجد استخدامات صناعية أخرى حالياً على المستوى التجارى. كذلك أوضحت العديد من الدراسات إنخفاض القيمة الهضمية لبروتينات الذرة الرفيعة وإفتقارها لبعض الأحماض الأمينية الأساسية خاصة اللايسين (Lysine) بالإضافة الى عدم توازن بعض الأحماض الأمينية القاعدية مثل الليوسين (Leucine) والايزوليوسين (Isoleucine), الأمر الذي أدى إلى تفشى حالات سوء ونقص التغذية فى العديد من الدول الأفريقية التى يعتمد سكانها على الذرة كغذاء أساسى (2،1). ومن جهة أخرى، أثبتت بعض الدراسات ، إمكانية رفع القيمة الغذائية لبروتينات الذرة الرفيعة عن طريق خلطها مع بذور الأمارانث (*Amaranthus cudatus*) أو البقوليات مثل الفاصوليا البيضاء (*Phaseolus vulgaris*) واللوبيا العدسى (*Cajanus cajan*) والتى تتميز بروتيناتها بإرتفاع نسبة حمض اللايسين وإنخفاض نسبة كل من حمض الليوسين والايزوليوسين (3، 4، 5، 6، 7). لذا كان الهدف الأساسى لهذه الدراسة هو إنتاج مركزات بروتينية عن طريق التقانة الحيوية لصنفى الذرة الرفيعة فترية ودبر الأكثر إنتاجاً وإستخداماً فى السودان، بحيث يمكن إستخدامها بعد خلطها مع البقوليات فى إنتاج أغذية متوازنة ذات مستوى عالى من الأحماض الأمينية الأساسية تفي بالمتطلبات الفسيولوجية التى حددتها كل من منظمة الأغذية والزراعة(FAO)، منظمة الصحة العالمية (WHO) وجامعة الأمم المتحدة (UNU)(8). F هذا بالإضافة الى إنتاج سكر المالتودكسترين (Maltodextrin) كناتج ثانوى لرفع القيمة الاقتصادية للمنتج الرئيسى وسد الإحتياج المتزايد منه محلياً فى مجال الصناعات الغذائية، خاصةً صناعة الحلويات, المربات, البسكويت وكمادة للتغليف (Coating material).

المواد وطرق البحث

المواد: تم الحصول على صنفى الذرة المقشورة (70%) فترية ودبر من مركز بحوث تصنيع الأغذية، الخرطوم شمال، السودان, ونظفت وحفظت داخل أكياس بولى إيثلين محكمة القفل، على درجة حرارة –20°م لحين الاحتياج إليها للتحليل الكيميائى والفيزيائى وعمليات التصنيع.

طرق البحث: تم تقدير كلاً من الرطوبة والبروتين بواسطة طريقة (9)، أما الدهن والرماد فلقد تم تقديرهما إعتماداً على طريقة (10). كذلك تم تقدير كلاً من الكربوهيدرات الكلية (Total carbohydrates) والكربوهيدرات

المتاحة (Available carbohydrates) عن طريق الفرق وفقاً لطريقة (11). بينما تم تقدير الألياف الخام بطريقة (12). أما النشا، السكريات المركبة (Oligosaccarides) وسكر الجلكوز فلقد تم تقديرهما إنزيمياً بطريقة (13). كما تم إستخدام جهاز HPLC- (1050, Switzerland) فى تحليل الأحماض الأمينية. ولقد تم تقدير قيمتها الكيميائية (Chemical score) وقيمة صافى البروتين (Net protein value) إعتماداً على طريقة (14) . أما بالنسبة الى قيم لون سكر المالتودكسترين فلقد تم تقديرها بطريقة (15).

انتج مركز الذرة الرفيعة البروتينى وسكر المالتودكسترين بإستخدام إنزيم الألفا–أميليز المقاوم للحرارة (Termamyl, L 120, Denmark) داخل وحدة حرارية تعمل بالبخار (3×10^5 باسكال) على درجة حرارة 85 ^{o}م وبمعدل واحد لتر فى الدقيقة وذلك لخفض نسبة النشا وزيادة نسبة البروتين. وبعد الإنتهاء من عملية التحليل الإنزيمى الجزيئى للنشا، فصل البروتين وجزيئات النشا غير المهضومة وبقية المكونات الأخرى عن طريق الطرد المركزى (Decanter Type-P660, Fa-Sharpless, German) فى شكل راسب بروتينى جفف بواسطة مجفف إسطوانى (N.V. Goudasche Machine Fabriek, Holland) على درجة حرارة 150^{o}م وحفظ داخل أكياس بولى إيثلين محكمة القفل على درجة حرارة -20^{o}م لحين إجراء التحليل. أما المحلول الرائق والذى فصل بعد عملية الطرد المركزى (المهضوم الإنزيمى) فلقد استخدم فى إنتاج سكر المالتودكسترين بعد تجفيفه بواسطة مجفف رزازى (Spray drier Type, Lab. S1, Anhydro,- Denmark) على درجة حرارة 155^{o} م وضغط قدره (2.4 x 10^5 باسكال) وبمعدل 27 مل فى الدقيقة. وبعد الإنتهاء من عملية التجفيف حفظ السكر الناتج داخل أكياس بولى إيثلين محكمة القفل على درجة حرارة –20^{o}م لحين الإحتياج إليه لعمليات التحليل.

النتائج والمناقشة

بصفة عامة، فإن إنزيم الألفا–أمليز المقاوم لدرجة الحرارة العالية يعمل أساساً على إسالة (Liquefaction) النشا الذى تم جلتنته أثناء المعاملة الحرارية (85م^{o}) التى استخدمت فى هذه الدراسة (Hot-mash-process) لإنتاج سكر المالتوز وسكر الدكسترين. أما جزيئات البروتين والنشا غير المهضومة وبقية المكونات الاخرى ففصلت عن طريق الطرد المركزى (Decanter) وتجفيفها بواسطة مجفف إسطوانى على درجة حرارة 150^{o}م وعرف الناتج بإسم مركز الذرة البروتينى. أما المهضوم الإنزيمى الغنى بالسكريات فلقد جفف بواسطة مجفف رزازى على درجة حرارة 155^{o}م وضغط قدره (2.4 x 10^5 باسكال) وبمعدل 27 مل فى الدقيقة وعرف بإسم سكر المالتودكسترين. والجدولان رقم (1) و(2) يوضحان نسبة العائد (Yield %) من المركز البروتينى وسكر المالتودكسترين بالإضافة الى نسب البروتين، السكر والفقد (Losses %) فى المادة الخام أثناء مراحل التصنيع المختلفة، وذلك على أساس الوزن الجاف (DM%). أظهرت النتائج أن نسبة البروتين فى المركز البروتينى لصنفى الذرة الرفيعة حوالى ثلاثة أضعاف نسبة البروتين فى الدقيق الخام. حيث استعيد حوالى ثلثى كمية البروتين الموجود فى الدقيق. كما تميز المركز البروتينى للصنف فتريتة بارتفاع نسبة البروتين (54.26%) مقارنةً بالمركز البروتينى للصنف دبر (32.10%) . وقد يعزى ذلك إلى إرتفاع نسبة البروتين الخام فى الصنف فتريتة (16.2%) مقارنةً بالصنف دبر (10.2%). وهذا يوضح أن الصنف فتريتة يعتبر مصدراً جيداً لإنتاج المركزات البروتينية النباتية مقارنةً بالصنف "دبر" والأرز Rice- (16) والأمارانث Amaranth- (17). حدث معظم الفقد فى المادة الخام اثناء مراحل تصنيع المركز البروتينى وسكر المالتودكسترين اثناء مرحلة التجفيف الرزازى لإنتاج سكر المالتودكسترين. وهذا الفقد يمكن تلافيه إذا كان الإنتاج بعملية مستمرة (Continuous processing method) وعلى مستوى تجارى. والجدول رقم (3) يوضح التركيب الكيميائى للمركز البروتينى

للصنفيين "فتريتة" و "دبر"، على أساس الوزن الجاف. تميز المركز البروتينى للصنف فتريتة بإرتفاع نسبة البروتين (54.26%) مقارنةً بنسبة البروتين لمركز الصنف دبر. أما الأخير فلقد تميز بإرتفاع نسبة السكريات المختلطة – Oligosaccharides (51.45%) والكربوهيدرات المتاحة (63.51%). كذلك أظهرت النتائج تأثير العمليات الحرارية التصنيعية (Hot-mashing and drum drying) على خفض مستوى بعض الاحماض الأمينية فى المركزات البروتينية خاصةً بالنسبة للحمض الأمينى ليسين والأحماض الأمينية التى تحتوى على عنصر الكبريت (سيستين ومثيونين) مقارنةً بمستواها فى الدقيق الخام قبل التصنيع (جدول رقم 4). وبصفةٍ عامةٍ، ظلت نسبة الأحماض الأمينية غير الأساسية هى الأعلى كما هو الحال فى الدقيق الخام مقارنةً بنسبة الأحماض الأمينية الأساسية فى المركزات البروتينية. كما تميزت المركزات بارتفاع نسبة الأحماض الأمينية غير الأساسية: حمض الجلوتامك (Glutamic) وحمض الآلانين (Alanine)، والأحماض الأمينية الأساسية: حمض الليوسين (Leucine)وتيروسين (Tyrosine) وحمض الفينيل الآنين (Phenyle Alanine). وفيما عدا الحامض الأمينى ليسين (Lysine), كانت جميع الأحماض الأمينية الأساسية الأخرى بكميات كافية ومتوازنة مقارنةً بالبروتين القياسى المعتمد من كل من منظمة الاغذية و الزراعة التابعة للأمم المتحدة ومنظمة الصحة العالمية وجامعة الامم المتحدة (8) كما يوضح الجدول رقم 5. كذلك أظهرت النتائج جودة سكر المالتودكسترين المنتج من الفتريتة و الدبر من حيث التركيب الكيميائى (جدول رقم 6) ودرجة اللون (جدول رقم) عند مقارنتهما بمنتج تجارى، حيث بلغت نسبة السكريات المتاحة فى سكر المالتودكسترين المنتج من الصنفين فتريتة و دبر 92.5% و 96.9%، على التوالى مقارنةً بحوالى 98.8% فى المنتج التجارى واللوحات من 1–4 توضح المركزات البروتينية وسكر المالتودكسترين التى تم إنتاجها.

شكر وعرفان

أتقدم بجزيل الشكر والعرفان إلى الأستاذ الدكتور/ إميريش بيرجهوفر، بمعهد تكنولوجيا الأغذية التابع لجامعة فيينا (Vienna) للزراعة وللمنظمة الأكاديمية للتنمية (OAD) بدولة النمسا للمساعدات الفنية والمادية التي ساعدت كثيراً في إنجاح هذا البحث.

الخلاصة والتوصيات

خلصت الدراسة إلى إمكانية إنتاج مركزات بروتينية وسكر المالتودكسترين ذو قيمة غذائية وجودة عالية من صنفي الذرة الرفيعة فتريتة ودبر باستخدام إنزيم الألفا–أميليز المقاوم لدرجة الحرارة العالية. لذلك نوصي بضرورة تشجيع الاستغلال الصناعي للذرة الرفيعة في السودان لإيجاد فرص جديدة للاستخدام لرفع قيمتها الاقتصادية وزيادة أهميتها النسبية. فمركزات الذرة الرفيعة البروتينية بعد خلطها مع مواد غنية فى الحمض الأمينى ليسين مثل البقوليات قد تجد قبولاً عالياً عند إستخدامها فى مجال تغذية الاطفال، لاحتوائها على نسبة عالية من السكريات المتاحة فى صورة سكر مالتوز بدلاً من سكر اللبن (اللاكتوز) الذى يسبب النفاخ للعديد من الأطفال خاصة فى أفريقيا، آسيا وجنوب أمريكا نتيجة لعدم قدرتهم على هضم سكر اللاكتوز.

REFERENCES

1. Mohammed, M.A. (2002). Production of Cereal-based Infant Food from Local Food Materials. M.Sc. thesis in Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Khartoum, Shambat, Sudan, 103.
2. Makki, H.M. and Berghofer, E. (2006). Effect of drum drying on amino acids profile, protein score and net protein value of Feterita sorghum-white bean composite flour. *FRC/Journal of Food Science and Technology*, Vol. (1), 8-15.
3. Pedersen, B.; Hallgren, L.; Hansen, L. and Eggum, B.O. (1987). The nutritive value of amaranth grain (*Amaranthus cudatus*). II. As a supplement to cereals. *Plant Food of Human Nutrition*, Vol. (36). 325-334.
4. Gubadda, R. (1989). Development of new technology for the utilization of flours obtained from local raw materials in developing countries. *Industrie-Alimentarie*, (28), 681-684.
5. Dendy, D.A.Y. (1995). Sorghum and Millets. In: Chemistry and Technology. Published by the American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota, U.S.A, 365.
6. Makki, H.M. and Berghofer, E. (2007). Effect of extrusion cooking on amino acids composition, protein score and net protein value of Feterita sorghum-white bean composite flour. *FRC/Journal of Food Science and Technology*, Vol. (2), 126-134.
7. Mohammed, M.A.; Makki, H.M and Mustafa, A.I (2009). Effect of cooking and drum drying on the nutritive value of sorghum-pigeon pea composite flour. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(7), 988-992.
8. FAO/WHO/UNU. (1985). Energy and protein requirements. World Health Organization (WHO). Technical Report, Series No. 724, WHO, Geneva, Switzerland.
9. AOAC (1994). *Official Methods of Analysis*. 16th edition, the Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Washington, D.C., U.S.A.
10. MCCRA (1995). Member Companies of the Corn Refiners Association. 6th edition, Inc. 1701, Pennsylvania Avenue, N.Y., Washington, D.C., U.S.A.
11. West, C.E.; Repping, F. and Temalilwa, C.R (1988). *Handbook on the Food Composition Commonly Eaten in East Africa*. Published by Wangeningen University, The Netherlands, 1-84.
12. Schomüller, J. (1967). Handbook der lebensmittelchemie. Teil: Analytik der Lebensmittel, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, U.S.A., Band 11/2.
13. Boehringer-Mannheiem, GmbH. (1995). I. UV. Method for the determination of D-glucose in foodstuffs and other materials. Cat. No. 716251.
14. Boeh. Ocansey, O. (1989). Development and challenges in Africa's food industry. *Food Technology*, Vol. (43), 84-92.
15. Manlan, M.; Matthews, R.F; Bates, R.P. and O'Hair, S.K (1985). Drum drying of tropical sweet potatoes. *Journal of Food Science*, Vol. (50), 764-768.
16. Hansen, L.P.; Hosek, R.; Gallan, M. and Jones, F.T (1981). The development of high-protein rice flour for early childhood feeding. *Food Technology*, Vol. (35), 38-42.
17. Guzman-Maldonado, H. and Paredes-Lōpez, O. (1994). Production of high-protein flour and maltodextrins from amaranth grains. *Process Biochemistry*, Vol. (29), 289-293.

جدول رقم (1): نسب البروتين والسكر والناتج النهائى لكل من مركز البروتين وسكر المالتودكسترين لصنفى الذرة فتريتة ودبر

صنف الذرة	فتريتة	دبر
% البروتين فى المادة الخام	16	10
% البروتين فى المركز البروتينى	54	32
% البروتين الذى تم إستعادته من المادة الخام (recovery %)	67	66
% المركز البروتينى المنتج بالنسبة للمادة الخام	21	22
% النشا الذى تم إستعادته من المادة الخام (recovery %)	39	27
% سكر المالتودكسترين المنتج بالنسبة للمادة الخام	33	24
% جملة الإنتاج (yield %)	54	46

*جميع الأرقام تم تقريبها لأقرب عدد صحيح.

جدول رقم (2): نسب الفقد فى المادة الخام أثناء مراحل تصنيع مركز الذرة البروتينى وسكر المالتودكسترين

صنف الذرة	% الفقد فى المادة الخام أثناء مراحل التصنيع				% الفقد الكلى
	المعاملة الحرارية	الطرد المركزى	التجفيف الإسطوانى	التجفيف الرزازى	
فتريتة	7	4	3	32	46
دبر	5	5	4	40	54

*جميع الأرقام تم تقريبها لأقرب عدد صحيح.

جدول رقم (3): التركيب الكيميائى للمركزات البروتينية لصنفى الذرة فتريتية ودبر

التركيب الكيميائى	المركز البروتينى للصنف فتريتة	المركز البروتينى للصنف دبر
	(%) على أساس الوزن الجاف	
المادة الجافة	95.97 ± 0.03	94.04 ± 0.03
الرماد	01.67 ± 0.02	01.69 ± 0.01
الدهن	01.04 ± 0.05	01.17 ± 0.12
البروتين الخام	54.26 ± 0.70	32.10 ± 0.44
الألياف الخام	1.77 ± 0.50	1.53 ± 0.20
سكريات مركبة [مختلطة] (Oligosaccarides)	30.25 ± 0.37	51.45 ± 0.28
كربوهيدرات متاحة (Available Carbohydrates)	41.26	63.51

جدول رقم (4): تركيب الأحماض الأمينية لمركزات الذرة البروتينية بالمقارنة مع دقيق الذرة الخام

صنف الذرة	فتريتة		دبر	
الأحماض الأمينية	الدقيق الخام	المركز البروتينى	الدقيق الخام	المركز البروتينى
	(جرام / 100 جرام بروتين)			
الأحماض الأمينية الأساسية -Essential amino acids				
هستيرين	2.14	1.89	2.33	2.12
أيزوليوسين	3.90	4.47	4.45	4.50
ليوسين	16.32	16.95	15.32	16.20
ليسين	2.05	1.51	2.90	2.26
ميثونين	1.56	1.41	1.97	1.73
سيستين	1.71	1.49	2.11	1.80
جملة الاحماض الامينية الكبريتية	3.27	2.90	4.08	3.53
فينيل الآلانين	5.71	6.07	5.74	5.96
تيروسين	4.53	4.67	4.31	4.62
ثيريونين	4.04	2.87	3.21	3.13
تربتوفان	1.07	0.98	1.04	1.11
فالين	4.83	5.24	5.43	5.35
جملة الأحماض الأمينية الأساسية	**46.86**	**47.55**	**48.81**	**48.78**
الأحماض الأمينية غير الأساسية -Non-essential amino acids				
ألانين	10.34	10.42	9.71	9.94
أرجينين	2.97	2.67	3.57	3.30
حمض الإسبارتك	7.13	6.81	7.07	6.67
حمض الجلوتامك	25.82	26.37	23.61	24.61
جليسين	2.27	2.00	2.86	2.58
برولين	N .D	N .D	N .D	N .D
سيرين	4.59	4.2	4.37	4.22
جملة الأحماض الأمينية غير الاساسية	**53.12**	**52.47**	**51.19**	**51.32**
% الأحماض الأساسية الى غير الأساسية	**88.22**	**90.62**	**95.35**	**95.05**

N.D = لم يتم تقديره.

جدول رقم (5): القيمة الكيميائية للأحماض الأمينية وصافى قيمة البروتين لمركزات الذرة البروتينية

الأحماض الأمينية الأساسية	المركز البروتينى للصنف فتريتة	المركز البروتينى للصنف دبر
	القيمة الكيميائية للحامض الامينى (Amino acid chemical score)	
هيستدين	99	112
أيزوليوسين	160	161
ليوسين	257	245
ليسين	26	39
جملة الأحماض الأمينية الكبريتية	116	141
جملة الأحماض العطرية	170	168
ثيريونين	84	92
تربتوفان	89	101
ڤالين	150	153
أقل الأحماض الأمينية تركيزاً	ليسين	ليسين
قيمة البروتين (%)	26.0	39.0
قيمة صافى البروتين (NPV%)	14.1	12.5

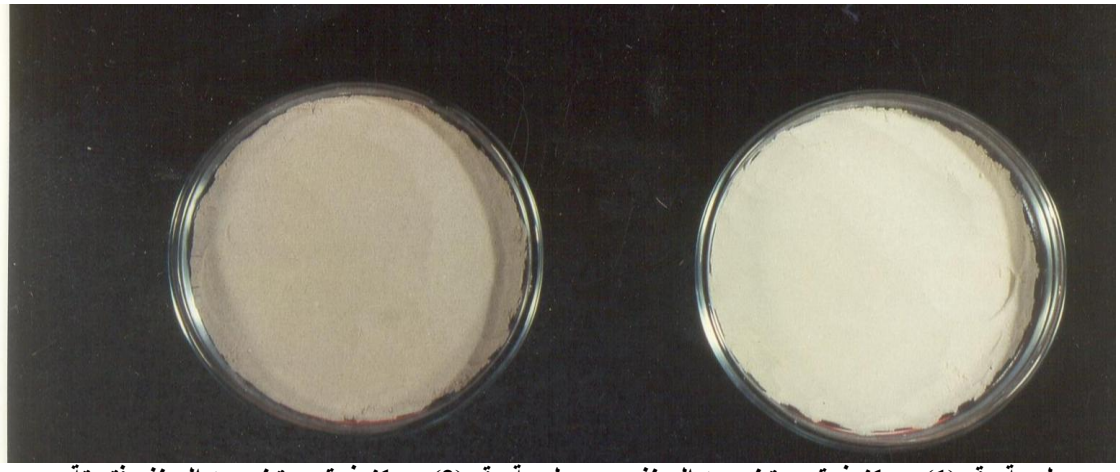
جدول رقم (6): التركيب الكيميائى لسكر المالتودكسترين المنتج من صنفى الذرة فتريتة ودبر بالمقارنة مع منتج تجارى

التركيب الكيميائى	فتريتة– مالتودكسترين	دبر– مالتودكسترين	سكر مالتودكسترين تجارى
	(%) على أساس الوزن الجاف		
مادة جافة	97.64 ± 0.02	96.89 ± 0.04	92.15 ± 0.04
رماد	0.80 ± 0.02	0.82 ± 0.05	0.51± 0.00
بروتين	2.03 ± 0.02	1.68 ± 0.01	0.06 ± 0.07
دهن	0.45± 0.00	0.62 ± 0.00	0.14 ± 0.01
ألياف خام	0.00	0.00	0.00
كربوهيدرات متاحة (Available Carbohydrates)	92.45±1.46	±0.00 96.59	98.82± 0.28

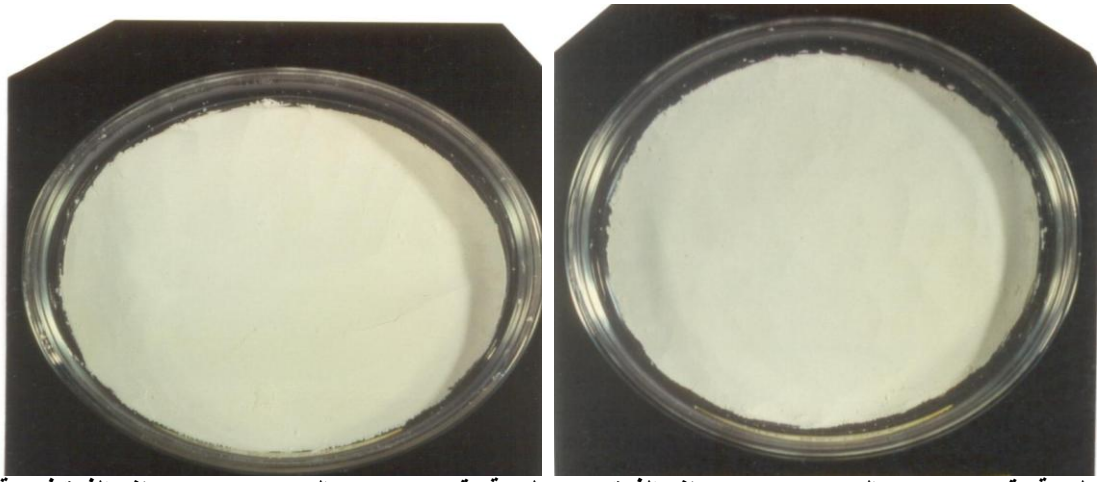
جدول رقم (7): قيم اللون لسكر المالتدكسترين المنتج من صنفى الذرة فتريتة و دبر بالمقارنة مع منتج تجارى

قيمة اللون	فتريتة – مالتودكسترين	دبر – مالتودكسترين	مالتودكسترين تجارى
L	91.00±0.10	91.90±0.20	95.60±0.10
a	-0.20±0.10	-0.70±00	-0.50±0.00
b	3.80±0.50	4.20±0.20	3.40±0.00
b/a	-0.10	-0.20	-0.10
معامل اللون الابيض (Whiteness index)	90.20	90.80	90.40

L = درجة وضوح اللون الأبيض. a = شدة اللون الأحمر بالنسبة إلى اللون الأخضر. b = شدة اللون الأصفر بالنسبة إلى اللون الأزرق.



لوحة رقم (1): مركز ذرة بروتيني من الصنف دبر **لوحة رقم (2): مركز ذرة بروتيني من الصنف فتريتة**



لوحة رقم (3): سكر مالتودكسترين من صنف الذرة دبر **لوحة رقم (4): سكر مالتودكسترين من صنف الذرة فتريتة**