مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية المجلد (16) العدد (4) – (2016)
ISSN-1813-1646

دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والمجهرية للنشا الطبيعي والمحور في حبوب الذرة الصفراء وطحين الحنطة

نور جمعه فاضل[1] وبيان ياسين العبدالله وفريال فاروق حسين
قسم علوم الاغذية / كلية الزراعة / جامعة تكريت / تكريت / العراق

الخلاصــة

اجريت هذه الدراسة في قسم علوم الأغذية / كلية الزراعة / جامعة تكريت إذ استخلص النشا في المختبر من الذرة الصفراء وطحين الحنطة وقورنت نسب المكونات الكيمياوية : الرطوبة والبروتين والدهن والرماد والكربوهيدرات لحبوب الذرة الصفراء وطحين الحنطة وتم تحوير النشا المستخلص بقصد إنتاج النشا المقاوم الـ RS وبثلاث طرق وهي فيزيائية (السطح الساخن والحمام المائي والمؤصدة)، كيميائية (الأكسدة والأسثلة والحامض والكحول) وإنزيمية (الألفا – أمليز) ودرست الخصائص الفيزيائية والكيميائية والمجهرية للنشا الطبيعي والمحور وأظهرت النتائج ان طريقة التحوير بالحامض سجلت أعلى قيمة للحبيبات الصغيرة لكل من الذرة والحنطة إذ بلغت (30.60 و 19.76 %) على التوالي أما طريقة التحوير بالأكسدة فقد أعطت أعلى نسبة للحبيبات الكبيرة للذرة إذ بلغت (88.18 %) وللحنطة كانت طريقة التحوير بالإنزيم هي التي أعطت أعلى قيمة إذ بلغت (91.09 %). وسجلت طريقة التحوير بالأسثلة أعلى قيمة لقابلية الأرتباط بالماء واللزوجة لكل من الذرة والحنطة، ودرست قيم الذوبانية والإنتفاخ لحبيبات نشا الذرة والحنطة الطبيعي والمحور إذ أعطت طريقة التحوير بالحامض والإنزيم أعلى ذوبانية وبدرجة حرارة 90 مْ ، إضافة الى طريقة التحوير بالأكسدة قد أعطت أعلى قيمة للإنتفاخ ولكل من الذرة والحنطة، ودرست الخصائص الكيميائية لنشا الذرة والحنطة الطبيعي والمحور من خلال قياس الأميلوز والأميلوبكتين وسجلت طريقة التحوير بالمؤصدة أعلى قيمة للأميلوز ولكل من الذرة والحنطة اذ بلغت (35.52 و 32.94 %) على التوالي أما قيمة الأميلوبكتين فكانت طريقة التحوير بالأسثلة والأكسدة هي الأعلى معنوياً بين المتوسطات. وتم أجراء فحص حيود الأشعة السينية إذ ظهرت أختلافات واضحة بالقمم وشدة حيود الأشعة لكل من نشا الذرة والحنطة الطبيعي والمحور.

الكلمات المفتاحية:
النشأ الطبيعي، النشأ المحور، الخصائص الفيزيائية ، الكيميائية والمجهرية، فحص حيود الأشعة السينية.

للمراسلة:
نور جمعة فاضل
البريد الالكتروني:
Umdemaa.1984@gmail.com

Physical, Chemical and Biological Properties of Native and Modified Starch in Corn and Wheat

Noor J. Fadhil , Bayan Y. Al-Abdullah and Feryal F. Hussain
Food Science Department, College of Agriculture, Tikrit University, Tikrit, Iraq.

ABSTRACT

This study was conducted in the food science department, Faculty of Agriculture, Tikrit University in which the starch was extracted in lab from the yellow corn and wheat flour. The composition of the chemical components, moisture, protein, lipid, carbohydrate, and ash content were compared for those starch. The extracted starch were modified with a view to produce resistant starch RS using three methods which were : physical- based modification including hot plate, water bath, and autoclave, chemical-based modification including oxidation, acetylation, acid, and alcohol, and finally enzymatic-based modification using α-amylase. The physical, chemical, and microscopic characteristics were studied for both the natural and modified starch from corn and wheat in addition to the percentage of starch granules. The modification by acid showed a highest value of small starch granules in corn and wheat which were (30.6 and 19.76 %) respectively, while the modification by oxidation presented a maximum portion of large granules from corn about (88.18%) and for wheat, the modification by enzyme showed a high percentage close to (91.09 %) of large granules. Acetylation-based modification method revealed a high value for linking capability with water molecule and viscosity for corn and wheat. Moreover, the solubility and swelling values were studied for natural and modified starch granules of corn and

Key words:
Native Starch, Modified Starch, Physical, Chemical and Biological functions, X-Ray diffraction.

Correspondence:
Noor J. Fadhil

E-mail:
Umdemaa.1984@gmail.com

[1]البحث مستل من اطروحة دكتوراه للباحث اول

wheat in which the modification by acid and enzyme displayed a highest solubility at 90°C while modification by oxidation revealed a maximum value of swelling for both corn and wheat. Chemical characteristics of natural and modified starch from corn and wheat were also studied by measuring amylose and amylopectin amount. Autoclave-based modification gave a maximum value of amylose for corn and wheat which were (35.52 and 32.94 %) respectively while the modification by oxidation and a cetylation showed a highest value of amylopectin among others. X-Ray diffraction (XRD) tests were implemented and displayed obvious differences in peaks and intensity of beam diffraction for natural and modified of corn and wheat.

المقدمة :

يعد النشا من أهم المركبات الكربوهيدراتية الموجودة في الطبيعة وأكثرها إنتشاراً وهو موجود على شكل مخزون في النباتات. ويشكل الخزين الرئيس للكلوكوز فيها، ويجهز 50 – 60 % من الطاقة المستهلكة من قبل الإنسان، ويوجد بشكل حبيبات تختلف بشكلها وحجمها حسب نوع ومصدر النشا، ويتكون من مركبين الأول (الأميلوز) الذي يتكون من سلسلة مستقيمة طويلة غير متفرعة من وحدات الكلوكوز المرتبطة بآصرة كلايكوسيدية من نوع α-1,4، والثاني (الأميلوبكتين) الذي يتكون من سلسلة متفرعة تحتوي على آصرة كلايكوسيدية من نوع α–1,4 وعند التفرع ترتبط بآصرة كلايكوسيدية من نوع α-1,6 (Tetlow و Emes، 2014 ؛ Brummell ، 2015). ولغرض تطوير الخصائص الوظيفية يجرى تحوير للنشا الطبيعي للحصول على خصائص مرغوب فيها، وللنشا المحور استعمالات واسعة فهو يستعمل كمادة رابطة binder أو مادة مالئة filler أو مادة مستحلبة emulsion (Wang وأخرون 1993 ؛ Abbas وأخرون 2010).

هناك طرائق عديدة لتحوير النشا إذ تؤدي تفاعلات التحوير الى تغيرات كبيرة للحصول على خصائص فيزيائية ووظيفية مرغوب فيها، وبسبب محدودية سلوك النشا الطبيعي فان تحوير النشا هو الطريق الأكفأ لتجهيز منتجات نشوية ذات خصائص متميزة وملائمة للاستعمالات المتعددة وعدم وجود المخاطر عند استخدامه (Akhilesh وأخرون 2010). تؤدي هذه التقنية الى تغير في تركيب النشا ومما يؤدي أحياناً الى إنتاج النشا المقاوم. وإن طريقة التحوير وعمليات التصنيع مثل عمليات العجن والتقطيع والبثق على درجات حرارية مختلفة وعمليات تغطية جزيئات النشا بالمواد البروتينية مما يؤدي الى حجزها عن الإنزيمات وظروف الخزن كل هذه العوامل تؤدي الى حدوث تغيرات في تركيب النشا وتكوين النشا المقاوم Resistant starch (Abbas وأخرون 2010). وأن النسب القليلة من التحوير تعمل على تغيرالخصائص الفيزيائية بصورة مؤثرة مثل خصائص اللزوجة والتهلم والشفافية والنضوح والاستحلاب (Haralampu، 2000). يعتبر التحوير الكيميائي هو الأكثر شيوعاً من تحويرات النشا وهو النشا المعامل بالمواد والكواشف الكيميائية الآمنة الإستخدام، ويستخدم التحوير الكيميائي لإضافة خصائص جيدة للنشا الطبيعي وذلك لغرض إستعمالاته المتنوعة وتحسين خصائصه الفيزيائية (Yeh و Li، 1996). عَرف النشا المحور كيميائياً بأنه النشا الذي أبدلت فيه مجاميع الهيدروكسيل بتفاعلات كيميائية مثل (الاسترة Esterification والايثرة Etherification والأكسدة Oxidation) وإن الطرائق الأكثر شيوعا لإعداد النشا المحور كيميائياً هي التحوير بالحامض مثل حامض الستريك والتحوير بالكحول والتحوير ببرمنكنات البوتاسيوم والاسثلة Acetylation (KavlaniNeelam وأخرون 2012).

تعد الاميليزات من مجموعة الأنزيمات المحللة للأواصر الكلايكوسيدية عند عملها على المادة الخاضعة (النشا)، ويعتبر من انزيمات التسييل Liquefying enzymes إذ يعمل على تكسير الاواصرالداخلية Endospliting لانه يهاجم الاصرة الكلايكوسيدية α–1,4 في جزيئات النشا ويكون تاثيره عشوائيا على المادة الخاضعة اذ ينتج عند تحلله دكسترينات ومالتوز وكلوكوز (Kaper وأخرون 2003). وتمثل البكتريا والاعفان مصدراً رئيساً للاميليزات وبالأخص انزيم الالفا – اميليز واستطاع العديد من الباحثين إنتاج الانزيم من مصادر مختلفة من الأحياء المجهرية ولاسيما البكتريا، اذ ان هناك أجناساً من البكتريا تعمل

على تكسر الآصرة 1,4- α بين وحدتين كلوكوز لتنتج نشا محور وبآصرة جديدة وبصورة متتالية والذي يمكن ان يتواجد في الأغذية ومواد التجميل والأدوية والمنظفات والملصقات وغيرها (Karim وأخرون 2008).

لذلك فقد هدفت الدراسة الى إستخلاص النشا من حبوب الذرة الصفراء صنف 5018 وطحين حنطة الخبز نوع BSHLER وتم دراسة خصائص الصفات الفيزيائية والكيميائية له، وأجري تحوير النشا الطبيعي بعدة أنواع من التحويرات المختلفة (فيزيائي وكيميائي وإنزيمي) وأخيراً تم دراسة خصائص النشا المحور المُنتج .

المواد وطرائق البحث :

التركيب الكيميائي لحبوب الذرة وطحين الحنطة ويشمل :

تقدير الرطوبة والبروتين والدهن والرماد والكربوهيدرات حسب AOAC (2004).

استخلاص النشا :

استخلص النشا من الذرة الصفراء وذلك باستعمال الطريقة التي وصفها Vasanthan (2001). كما استخلص النشا من طحين الحنطة باستخدام الطريقة التي أشار اليها Akashi وأخرون (1999).

تقدير بعض صفات النشا : تم تقدير كل من نسبة الحبيبات النشوية الكبيرة والصغيرة باستخدام طريقة Decker و Holler (1962)، كما استخدم الفحص المجهري لحبيبات النشا بطريقة Egan وأخرون (1981) وقابلية إمتصاص الماء كما في AACC (2001) وتم تقدير الأس الهيدروجيني حسب طريقة Mestres واخرون (1996)، وقدّرت لزوجة النشا في مذيب (DMSO) باستخدام طريقة Vansteelandt و Delcour (1999)، وتم تقدير نسبة ذوبان وإنتفاخ حبيبات النشا بطريقة Santacruz وأخرون (2003)، وقُدّر محتوى الاميلوز والأميلوبكتين باستخدام طريقة Hoover و Ratnayake (2005).

التحوير الفيزيائي : اجريت التجربة بإستخدام طريقة Lu وأخرون (1997) مع اجراء تحوير بسيط وهو استخدم ورق الترشيح كما في طريقة Singh وأخرون (2008) ؛ Brumovsky و Thompson (2001).

التحوير الكيميائي أستله النشا: استخدمت طريقة (CFR ،2006) في التحوير واتبعت طريقة Wang و Wang (2003) في تقدير نسبة الأستلة. وقدرت درجة الاستبدال تبعاً لطريقة Miladinov و Hanna(2000).

التحوير بالأكسدة : اتبعت طريقة Demiate (1999) في تقدير نسبة الأكسدة. واتبعت طريقة International Starch Institute (1998) في تقدير مجموعة الكربوكسيل.

التحوير بحامض الستريك : استخدمت الطريقة التي اتبعها Chowdary و Enturi (2011).

التحوير بالكحول : اتبعت الطريقة المذكورة من قبل Chang وأخرون (2006).

التحوير الإنزيمي : بالألفا اميليز استخدمت الطريقة المتبعة من قبل (Lauro ،2001).

النتائج والمناقشة :

التركيب الكيميائي Chemical Composition

يبين الجدول (1) التركيب الكيميائي للذرة الصفراء صنف 5018 وطحين حنطة الخبز نوع BSHLER المدروسين الذي يوضح النسب المئوية للمحتوى الرطوبي والبروتين والدهن والرماد والكربوهيدرات. ويلاحظ من التركيب الكيميائي للحبوب أن نسبة الرطوبة للذرة وللحنطة كانت (9.73 و 10.11 %) على التوالي. تتأثر نسبة الرطوبة حسب الظروف البيئية وعوامل الخدمة الزراعية وظروف الخزن التي تؤثر على المحتوى الرطوبي للحبوب (Soad وآخرون 2003). أما نسبة البروتين فيبين الجدول نفسه إنها بلغت للذرة (10.20%) وللحنطة (11.50 %)، وقد يرجع السبب في إختلاف نسب بروتين الحبوب أثناء النمو إلى التغيرات الفسلجية التي تحدث فيها وإلى الأختلافات في العوامل الوراثية والبيئية بينهما (Ames وآخرون 1999).

جدول (1) التركيب الكيميائي للذرة الصفراء وطحين الحنطة المدروسة

نوع الحبوب	الإختبار				
	%الرطوبة	%البروتين	%الدهن	%الرماد	%الكربوهيدرات
الذرة	9.73	10.20	3.67	2.00	74.40
الحنطة	10.11	11.50	1.95	1.55	74.89

توضح النتائج في الجدول ذاته نسبة الدهن لكل من الذرة الصفراء والحنطة والتي بلغت (3.67 و 1.95 %) على التوالي، وإن أي اختلاف في محتوى الدهن قد يعود إلى الظروف البيئية والعوامل الوراثية، وزيادة أو إنخفاض نشاط إنزيم اللايبيز. ويلاحظ ان نسبة الرماد في الذرة والحنطة كانت (2.00 و 1.55 %) على التوالي، وتعتبر واحدة من الفحوصات الكيميائية المهمة التي تجرى على الحبوب، وهذه النتائج تتفق مع ما ذكره (المانع، 1999). أما بالنسبة للكربوهيدرات في الذرة فكانت (74.40 %) وفي الحنطة كانت (74.89 %).

يوضح الجدول (2) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية والمجهرية للنشا الطبيعي والمحور في الذرة المدروسة ومنه نلاحظ وجود إختلافات معنوية بين متوسطات النسبة المئوية لحبيبات نشا الذرة الطبيعي والمحور بالطرق الفيزيائية (السطح الساخن والحمام المائي والمؤصدة) والكيميائية (الأسلة والأكسدة وبالحامض وبالكحول) والأنزيمي بطريقة الألفا–أمليز يلاحظ ان نسبة الحبيبات الصغيرة بلغت أعلى قيمة وبفارق معنوي عن بقية المعاملات إذ بلغت (31.36 و 30.60) % في النشا الطبيعي والمحور بالحامض وكانت أقل نسبة في النشا المحور فيزيائياً بالحمام المائي إذ بلغت (10.89 %)، وبلغت أعلى نسبة للحبيبات الكبيرة وبفارق معنوي عن بقية المعاملات لكل من النشا المحور فيزيائياً بالحمام المائي والمحور كيميائياً بالأكسدة إذ بلغت (89.11 و 88.18) % ويلاحظ إن المعاملات التي تفوقت فيها نسبة حبيبات النشا الصغيرة أقل مايمكن عن نسبة الحبيبات الكبيرة .

جدول (2) الخصائص الفيزيائية والكيميائية والمجهرية لحبيبات نشا الذرة الطبيعي والمحور

الأختبار نوع النشا	حبيبات النشا %		معدل أقطار حبيبات النشا بالمايكروميتر		قابلية ارتباط الحبيبات بالماء	الأس الهيدروجيني	اللزوجة Centi poise
	الصغيرة	الكبيرة	الصغيرة	الكبيرة			
نشا ذرة طبيعي	31.36a	68.64f	4.30	13.44	26.1e	5.99abc	2.41c
فيزيائي بالسطح الساخن	13.86e	86.14b	–	–	28.5d	7.14a	61.85b
فيزيائي بالحمام مائي	10.89f	89.11a	–	–	29.8d	7.41a	53.85b
فيزيائي بالمؤصدة	17.92d	82.08c	–	–	36.3b	7.49a	65.35b
كيميائي بالأسلة	19.90c	80.10d	–	–	39.4a	4.20c	78.00a
كيميائي بالأكسدة	11.82f	88.18a	–	–	30.2d	6.22ab	40.80b
كيميائي بالحامض	30.60a	69.40f	–	–	36.1b	4.46bc	55.70b
كيميائي بالكحول	21.85b	78.15e	–	–	32.4c	7.68a	39.80b
إنزيمي بالألفا–أمليز	14.92e	85.08b	–	–	32.8c	5.82abc	38.87b

الأحرف المتشابهة تعني عدم وجود فروق معنوية في قيم المتوسطات عند مستوى $P \leq 0.05$

يبين الجدول (3) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية والمجهرية للنشا الطبيعي والمحور في الحنطة المدروسة ومنه نلاحظ وجود إختلافات معنوية بين المتوسطات للنسبة المئوية لحبيبات نشا الحنطة الطبيعي والمحور بالطرق الفيزيائية (السطح الساخن والحمام المائي والمؤصدة) والكيميائية (الأسطلة والأكسدة وبالحامض وبالكحول) والأنزيمي بطريقة الألفا–أمليز ويلاحظ ان نسبة الحبيبات الصغيرة لكل من النشا المحور فيزيائياً بالمؤصدة والنشا المحور كيميائياً بالحامض قد تفوقت معنوياً عن بقية المعاملات إذ بلغت (19.80 و 19.76) % ، بينما بلغت أعلى قيمة لنسبة الحبيبات الكبيرة (91.09 %) للنشا المحور إنزيمياً، وقد يعود السبب في إختلاف حجم الحبيبات النشوية الصغيرة والكبيرة للنشا الطبيعي عن النشا المحور لكل من الذرة والحنطة الى قيام النشا بسحب الماء من الكلوتين خلال عملية الجلتنة ومن ثم يعمل على تصلب الخلايا الكلوتينية (Petrofsky و Hoseney، 1995 ؛ Norbertus وأخرون 2013)، إضافة الى ذلك فإن تركيب النشا وخصائصه تلعب دوراً مهماً في تغيير هذه النسبة (Chen وآخرون 2006). أما سبب انخفاض حجم الحبيبات النشوية الصغيرة المؤكسدة فقد يعود إلى تأكسد مجاميع الهيدروكسيل وتحولها الى مجاميع الكربوكسيل والكربونيل بواسطة برمنغنات البوتاسيوم وحامض اللاكتيك وأيضاً يحدث تفكك لبعض الاواصر الكلايكوسيدية ويؤدي الى انخفاض في الوزن الجزيئي (Kuakpetoon و Wang،2001). وتتوافق هذه النتائج مع اشار اليه (Nuwamanya وأخرون 2010). وإن سبب انخفاض حجم الحبيبات النشوية المحورة إنزيمياً فقد يعود للتفاعلات الأولية التي تحدث خلال التحوير إذ تعمل على تحلل الأواصر الكلايكوسيدية في جزيئات النشا ويكون هذا التحلل محدود إذ يؤدي تحطم الأواصر داخل الحبيبات إلى ضعف تركيب الحبيبة ونقص طول السلاسل وخفض الوزن الجزيئي (C.R.A ، 2006). وتتوافق هذه النتائج مع ماأشار أليه Bandhari و Singhal (2002).

جدول (3) الخصائص الفيزيائية والكيميائية والمجهرية لحبيبات نشا الحنطة الطبيعي والمحور

الأختبار نوع النشا	حبيبات النشا %		معدل أقطار حبيبات النشا بالمايكروميتر		قابلية ارتباط الحبيبات بالماء	الأس الهيدروجيني	اللزوجة Centi poise
	الصغيرة	الكبيرة	الصغيرة	الكبيرة			
نشا حنطة طبيعي	17.82b	82.18d	6.45	16.90	27.2g	7.38a	2.06c
فيزيائي بالسطح الساخن	11.88d	88.12b	–	–	28.2fg	7.09a	59.22b
فيزيائي بالحمام مائي	12.39cd	87.61bc	–	–	29.7ef	7.70a	52.67b
فيزيائي بالمؤصدة	19.80a	80.20e	–	–	34.2bc	7.09a	61.55b
كيميائي بالأسطلة	16.27b	83.73d	–	–	38.8a	4.13c	71.82a
كيميائي بالأكسدة	13.79c	86.21c	–	–	34.5b	6.18ab	37.75b
كيميائي بالحامض	19.76a	80.24e	–	–	32.7cd	5.00bc	49.60b
كيميائي بالكحول	17.82b	82.18d	–	–	31.1de	6.86a	42.50b
إنزيمي بالألفا–أمليز	8.91e	91.09a	–	–	28.4fg	6.50ab	36.20b

الأحرف المتشابهة تعني عدم وجود فروق معنوية في قيم المتوسطات عند مستوى P≤0.05

يوضح الجدولين (2) و (3) معدل أقطار حبيبات نشا الذرة والحنطة الطبيعي الصغيرة والذي بلغ (4.30 و 6.45) مايكروميتر على التوالي، في حين بلغ معدل الكبيرة (13.44 و 16.90) مايكروميتر على التوالي.

كما تبين النتائج في الجدولين المذكورين وجود فروق معنوية بين متوسطات قابلية ارتباط حبيبات النشا بالماء لكل من نشا الذرة والحنطة الطبيعي والمحور إذ يلاحظ تفوق معاملة النشا المحور كيميائياً بالأسطلة مقارنة بباقي المعاملات اذ بلغت أعلى قابلية إرتباط الحبيبات بالماء (39.4 %) في نشا الذرة و (38.8 %) في نشا الحنطة وقد يعود ذلك الى عدة أسباب منها

الإختلاف بين الذرة والحنطة وإختلاف محتوى الدهن في هذه الحبوب ونسبة ما يحتويه الطحين من النشا المتحطم ونسبة الحبيبات النشوية الصغيرة Adebiyi وأخرون (2011).

كما يوضح الجدولين المذكورين قيم الأس الهيدروجيني لنشا الذرة والحنطة الطبيعي والمحور، إذ يلاحظ تفوق معنوي لمعاملات النشا المحور فيزيائياً بالسطح الساخن والحمام المائي وبالمؤصدة والنشا المحور كيميائياً بالكحول في قيم الأس الهيدروجيني والتي بلغت في نشا الذرة (7.14 ، 7.41 ، 7.49 ، 7.68) وفي الحنطة كانت (7.09 ، 7.70 ، 7.09 ، 6.86)، وقد يعود السبب في إختلاف قيم الأس الهيدروجيني الى طريقة التحوير المستعملة ودرجة الحرارة المستخدمة في التحوير، إضافة الى ان زيادة تركيز أيون الهيدروجين يؤدي إلى زيادة درجة حرارة بداية الجلتنة وانخفاض اللزوجة القصوى عند التسخين والتبريد (Morrison و Tester، 1994).

تبين من النتائج في الجدولين (2) و (3) قيم لزوجة النشا الطبيعي والمحور للذرة والحنطة، إذ يلاحظ وجود فروقات معنوية بين متوسطات قيم اللزوجة وتفوقت معاملة التحوير بالأستلة إذ بلغت في الذرة (78.00 سنتيبويز) وفي الحنطة (71.82 سنتيبويز)، وقد يعود السبب الى التراكيز المضافة من الخلات اللامائية acetic anhydride لأن اللزوجة تزداد بزيادة التركيز ودرجات الحرارة والوقت إضافة الى ان اللزوجة تعتمد على نوعية حبيبات النشا، فالحبيبات الصغيرة لها لزوجة اقل أثناء عملية الجلتنة وتكوين الهلام وتعطي فترات زمنية قصيرة مقارنة بحبيبات النشا الكبيرة (Navdeep وأخرون 2009)، وأكد Adebiyi وأخرون (2011) عند تحويرهم بحامض الستريك ان اللزوجة تزداد بالنشا المحور عند إنخفاض الأس الهيدروجيني وتزداد اللزوجة بإزدياد درجة الحرارة والوقت اللازم لإجراء عملية التحوير. ويلاحظ من نفس الجدولين إنخفاض معنوي باللزوجة لكل من نشا الذرة والحنطة المحور بطريقة الأكسدة إذ بلغت في نشا الذرة (40.80 سنتيبويز) وفي الحنطة (37.75 سنتيبويز)، وقد يعود السبب الى درجات حرارة التحوير للنشا المؤكسد إذ يؤدي التحوير إلى تكوين عجينة ذات لزوجة منخفضة والذي من الممكن أن يفسر بانخفاض الوزن الجزيئي لجزيئات النشا الكبيرة (Kuakpetoon و Wang ، 2001). أما سبب انخفاض لزوجة نشا الذرة والحنطة المحورة بالألفا–اميليز فيعود إلى تحلل جزيئات النشا وخفض حجم جزيئاته، إذ ينخفض الوزن الجزيئي لكل من الاميلوز والاميلوبكتين ويزداد التحلل بهذا الإنزيم بمرور الوقت (Manelius وأخرون 2000). وإن التغيرات في الأس الهيدروجيني لاتختلف كثيراً عما توصل إليه Mohamed وأخرون (2012).

قيم الذوبانية والإنتفاخ لحبيبات النشا الطبيعي والمحور :

1–قيم ذوبان حبيبات نشا الذرة والحنطة الطبيعي والمحور

يبين الجدولين (4 و5) قيم ذوبانية حبيبات نشا الذرة والحنطة الطبيعي والمحور، ومن نتائج التحليل الإحصائي يتبين عدم وجود فروقات معنوية بين متوسطات ذوبانية حبيبات نشا الذرة الطبيعي والمحور عند درجة حرارة 50 مْ ، وتفوقت معاملة النشا المحور كيميائياً بالحامض عند درجة حرارة 50 مْ في الحنطة إذ بلغت (9.88 %)، أما عند درجة حرارة 70 مْ فقد وجدت إختلافات معنوية بين المتوسطات لذوبانية حبيبات نشا الذرة الطبيعي والمحور وإن طريقة التحوير بالمؤصدة كانت هي المتفوقة معنوياً لباقي المتوسطات إذ بلغت (13.68 %) ، أما قيم ذوبانية نشا الحنطة الطبيعي والمحور عند درجة حرارة 70 مْ فوجدت إن طريقة التحوير الكيميائي بالحامض وطريقة التحوير الإنزيمي بالألفا–أمليز قد تفوقتا معنوياً عن باقي المتوسطات إذ بلغتا (13.86 و 14.48 %) على التوالي بينما لاتوجد إختلافات معنوية بين المتوسطات الباقية عند نفس الدرجة الحرارية. كما تبين من الجدولين المذكورين وجود إختلافات معنوية لقيم الذوبانية عند درجة حرارة 90 مْ لنشا الذرة الطبيعي والمحور إذ ان طريقة التحوير بالحامض تفوقت معنوياً عن باقي المتوسطات إذ بلغت (22.98) % يليها النشا المحور إنزيمياً وبفارق معنوي ثم المحور بالأكسدة والأستلة، إذ بلغت (20.56 و 18.90 و 17.64 %) على التوالي، أما لنشا الحنطة فكانت طريقة التحوير الانزيمي وطريقة التحوير بالحامض متفوقة معنوياً عن باقي متوسطات ذوبانية حبيبات نشا الحنطة المحورة بالطرق الأخرى إذ بلغتا (18.78 و 17.38 %) على التوالي عند درجة حرارة 90 مْ ، وقد يعود السبب في اختلاف ذوبانية المعاملات إلى وجود اختلافات ضمن

تركيب الحبيبة النشوية إذ تزداد الذوبانية بارتفاع درجات الحرارة وتعود أسباب زيادة نسبة الذوبانية الى سلاسل النشا المتبلورة وغير المتبلورة والتي تكون هي المسؤولة عن نسبة ذوبانية النشا (Zhang وأخرون 2005؛Navdeep وأخرون 2009)، إضافة الى كمية الأميلوز والوزن الجزيئي ودرجة التفرع وطول السلسلة وترتيب الجزيئات والشكل البلوري (Han وHamaker ، 2002 ؛ Hung وأخرون 2013)، ووجد أيضاً إن زيادة الأس الهيدروجيني يؤدي إلى زيادة نسبة الذوبانية للنشا الطبيعي والمحور (Ratnayake وأخرون 2002 ؛ Kategunya و Sanguansri ، 2011).

جدول (4) نسبة الذوبانية وقوة الإنتفاخ لحبيبات نشا الذرة الطبيعي والمحور

الإختبار	نسبة ذوبان حبيبات النشا%			قوة انتفاخ حبيبات النشا غم ماء/غم نشا		
نوع التحوير	50 مْ	70 مْ	90 مْ	50 مْ	70 مْ	90 مْ
نشا الذرة الطبيعي	8.58a	11.62bc	17.54cd	7.05a	10.35b	14.22c
فيزيائي بالسطح الساخن	9.04a	11.96abc	14.12f	8.02a	8.48c	9.80d
فيزيائي بالحمام مائي	9.52a	11.76bc	14.84ef	7.24a	8.74bc	10.18d
فيزيائي بالمؤصدة	9.28a	13.68a	16.09de	8.68a	9.05bc	12.95c
كيميائي بالأستلة	8.72a	10.26c	17.64cd	8.25a	14.12a	19.87b
كيميائي بالأكسدة	8.84a	10.43c	18.90bc	8.95a	15.73a	23.92a
كيميائي بالحامض	8.12a	13.22ab	22.98a	8.95a	6.61d	5.00f
كيميائي بالكحول	8.20a	11.85abc	16.22de	8.85a	7.58cd	7.22e
إنزيمي بالألفا–أمليز	8.48a	10.12c	20.56b	8.28a	6.60d	5.25f

الأحرف المتشابهة تعني عدم وجود فروق معنوية في قيم المتوسطات عند مستوى P≤0.05

جدول (5) نسبة الذوبانية وقوة الإنتفاخ لحبيبات نشا الحنطة الطبيعي والمحور

الإختبار	نسبة ذوبان حبيبات النشا %			قوة انتفاخ حبيبات النشا غم ماء/غم نشا		
نوع التحوير	50 مْ	70 مْ	90 مْ	50 مْ	70 مْ	90 مْ
نشا حنطة طبيعي	7.64b	9.48b	10.71c	8.85a	9.93cd	11.62c
فيزيائي بالسطح الساخن	8.28ab	9.97b	10.84c	9.37a	10.71c	11.03c
فيزيائي بالحمام مائي	8.56ab	10.82b	11.10c	9.22a	10.58c	11.24c
فيزيائي بالمؤصدة	8.78ab	10.83b	13.56b	10.28a	11.36bc	12.20c
كيميائي بالأستلة	9.04ab	11.38b	15.23b	9.39a	12.97ab	17.67b
كيميائي بالأكسدة	9.24ab	11.25b	14.40b	9.72a	14.05a	20.15a
كيميائي بالحامض	9.88a	13.86a	17.38a	8.91a	7.22e	5.67e
كيميائي بالكحول	8.12ab	9.93b	11.35c	9.97a	8.60de	7.71d
إنزيمي بالألفا–أمليز	8.82ab	14.48a	18.78a	8.74a	7.08e	5.32e

الأحرف المتشابهة تعني عدم وجود فروق معنوية في قيم المتوسطات عند مستوى P≤0.05

أما سبب زيادة ذوبانية حبيبات النشا المحور إنزيمياً بالألفا– أمليز في الحنطة فقد يعود الى تحلل الاميلوز والاميلوبكتين بهذا ألانزيم الى الكلوكوز والمالتوز والمالتوترايوز maltotriose فضلاً عن الألفا دكسترين المتفرع إذ تعد زيادة ذوبانية المواد النشوية دليل على زيادة تحللها بوساطة الاميليزات (Lauro ، 2001 ؛ Tahir وأخرون 2010).

وإن سبب إنخفاض الذوبانية فقد يعود الى الظروف التي تتعرض لها الحبيبات النشوية خلال المعاملات الحرارية الرطبة والتي تؤدي الى قلة الذوبانية، إذ تسمح المعاملة الحرارية الرطبة لجزيئات الاميلوز التي تقع في الجزء غير البلوري بالتفاعل مع الأجزاء المتفرعة من الاميلوبكتين في الجزء المتبلور (Hoover و Manuel، 1996 ؛ Aprianita وأخرون 2009). وتتشابه هذه النتائج مع ما توصل إليه كل من Adebowa وآخرون (2005) و Kim وأخرون (2006a) و Kim وأخرون (2006b).

2–قوة انتفاخ حبيبات نشا الذرة والحنطة الطبيعي والمحور

أظهرت نتائج الجدولين المذكورين (4 و5) تأثير درجات الحرارة في قوة انتفاخ حبيبات نشا الذرة والحنطة الطبيعي والمحور بالطرق الفيزيائية (السطح الساخن والحمام المائي والمؤصدة) والكيميائية (الأستلة والأكسدة والحامض والكحول) والإنزيمية (الألفا – أمليز) وتبين من نتائج التحليل الإحصائي عدم وجود اختلافات معنوية بين متوسطات قوة الانتفاخ لنشا الذرة والحنطة الطبيعي والمحور وعلى درجة حرارة 50 مْ، في حين لوحظ على درجة حرارة 70 مْ وجود اختلافات معنوية بين متوسطات قوة الانتفاخ لنشا الذرة الطبيعي والمحور وكانت طريقة التحوير الكيميائي بالأكسدة والأستلة هي الأعلى معنوياً بين المتوسطات إذ بلغت (15.73 و 14.12 غم ماء/ غم نشا) على التوالي، في حين أعطت قوة انتفاخ حبيبات نشا الحنطة وعلى نفس الدرجة الحرارية إذ كانت طريقة التحوير بالأكسدة متفوقة معنوياً عن باقي متوسطات قيم الإنتفاخ ولجميع طرق التحوير إذ بلغت (14.05 غم ماء/ غم نشا)، ويلاحظ من الجدولين المذكورين أعلاه وجود اختلافات معنوية بين متوسطات قيم الانتفاخ وعلى درجة حرارة 90 مْ لكل من نشا الذرة والحنطة الطبيعي والمحور وكانت طريقة التحوير بالأكسدة متفوقة معنوياً على باقي الطرق إذ بلغت (23.92 ، 20.15 غم ماء/ غم نشا) على التوالي ، وقد يعود السبب إلى إن قوة الانتفاخ تزداد بارتفاع درجات الحرارة إضافة الى محتوى النشا من الاميلوز إذ وجد بعض الدلائل التي تشير إلى أن الاميلوز يحد من قوة انتفاخ حبيبات النشا إضافة الى وجود اختلافات في التنظيم الجزئي ضمن الحبيبة النشوية، وتعتمد درجة الانتفاخ على درجة الحرارة ونوع النشا طبيعي أم محور (Mohamed وأخرون 2012؛ Hamza Abba وأخرون 2014). إضافة الى الوزن الجزيئي ودرجة التفرع وطول السلسلة وترتيب الجزيئات والشكل البلوري (Han وHamaker ، 2002).

وقد يعود سبب الانخفاض في قوة الانتفاخ للنشا المحور فيزيائياً إلى إعادة تنظيم وترتيب جزيئات النشا داخل الحبيبات، إذ اقترح Adebowale وأخرون (2005) إن انخفاض قوة الانتفاخ وزيادة درجة حرارة الجلتنة تكون بسبب تحول الاميلوز غير البلوري إلى الشكل الحلزوني وزيادة التفاعلات بين سلاسل الاميلوز، وتبادل التفاعل بين الجزء البلوري وغير البلوري أثناء المعاملة الحرارية، إضافة الى إن زيادة الأس الهيدروجيني تؤدي إلى زيادة القدرة على الانتفاخ للنشا الطبيعي والنشا المحور، وجاءت هذه النتيجة متوافقة مع ما توصل إليه كل من (Aprianita وأخرون 2009).

يبين الجدول (4) انخفاض قوة الانتفاخ معنوياً للنشا المحور بالحامض والكحول في نفس الدرجة الحرارية 90 مْ وقد يُعزى السبب الى مهاجمة الحامض لكل من الاميلوز والاميلوبكتين خلال المراحل الأولى من المعاملة بالحامض الذي يفضل مهاجمة الجزء المتشتت غير المتبلور ومن ثم يعمل على تكسير سلاسل النشا والذي يؤدي الى انخفاض قابلية انتفاخ حبيبات النشا (Lin وأخرون 2003 ؛Koksel وأخرون 2008)، كذلك تحدث تغيرات عدة عند تحوير النشا بالحامض والتي تزيد من درجة حرارة الجلتنة مثل تغير تركيب الجزيئات في حبيبة النشا وطول سلسلة الاميلوبكتين وإعادة تنظيم تركيب الجزء غير المتبلور اذ تكون المناطق المتبلورة قوية جدا ولا تسمح بنفاذ أو اختراق الماء والتي تؤدي الى انخفاض قوة انتفاخ حبيبات النشا وزيادة درجة حرارة التهلم (Jheng وأخرون 2009 ؛ Amaravathi وأخرون 2012).

قد يُعزى سبب تفوق طريقة التحوير بالأكسدة لنشا الذرة والحنطة عن باقي المتوسطات عند درجة حرارة 90 مْ تليها طريقة الأستلة الى تأثير درجات الحرارة على قوة انتفاخ حبيبات النشا المحورة كيميائياً بهاتين الطريقتين اضافة الى عمل برمنغنات البوتاسيوم واستخدام تراكيز قليلة من حامض اللاكتيك التي تؤثر بشكل مباشر على الحبيبات النشوية وتحولها الى حبيبات نشوية غير متبلورة أو قليلة التبلور إضافة الى تباعد جزيئات النشا داخل الحبيبة وبذلك يصبح من السهولة امتصاص الماء وتنخفض درجة حرارة الجلتنة وإن محتوى النشا من الاميلوز يحد من قوة الإنتفاخ (Lii وأخرون 1995؛ Hamza Abba وأخرون 2014)، فقد كانت نسبة الاميلوز لنشا الذرة والحنطة الطبيعي (26.78 و 26.16 %) على التوالي وقد يكون هو السبب في زيادة قوة الانتفاخ. وربما تتشابه هذه النتائج مع Chowdary و Enturi (2011).

ربما يعود سبب انخفاض قوة الانتفاخ لحبيبات نشا الذرة والحنطة المحورة إنزيمياً بطريقة الألفا–أمليز عن بقية أنواع النشا المحورة بالطرق الأخرى الى التحلل الفعال بواسطة إنزيم الألفا اميليز بعد ذوبان النشا و تهلمه، إذ أن الإنزيم يحلل النشا بسرعة إلى مكوناته مع خفض اللزوجة ويكون غير مستقر ويفقد فعاليته بسرعة عند ارتفاع درجة الحرارة أعلى من 70مْ (Yun وأخرون 1996 ؛ Wilson وأخرون 2006).

الخصائص الكيميائية لنشا الذرة والحنطة الطبيعي والمحور :

يوضح الجدول (6) الإختلافات في متوسطات النسب المئوية للاميلوز والأميلوبكتين لنشا الذرة والحنطة الطبيعي والمحور إذ يلاحظ وجود إختلافات معنوية بين المتوسطات لقيم الأميلوز والأميلوبكتين، وقد تبين إن نسبة الأميلوز لكل من نشا الذرة والحنطة المحور وبطريقة التحوير الفيزيائي بالمؤصدة قد تفوقت معنوياً عن باقي المتوسطات الأخرى إذ بلغت (35.52 و 32.94 %) على التوالي، وقد يعود ذلك إلى فقدان الشكل الطبيعي للنشا بسبب تعرضه للحرارة والضغط العاليين، فقد لوحظ إن بعض أصناف الذرة الصفراء عالية الاميلوز ذات قابلية أعلى لتحمل هذه الظروف مقارنة بالأصناف منخفضة الأميلوز، كون أن الاميلوز ذي قابلية على تكوين معقدات أو تجمعات وخصوصاً مع الدهون الموجودة في نشا الذرة، ومع المستحلبات مما يساعد على استقرار هيكل أو تركيب حبيبات النشا (Che ، 2007 ؛ Amaravathi وأخرون 2012).

جدول (6) كمية الأميلوز والأميلوبكتين في نشا الذرة والحنطة الطبيعي والمحور

نوع النشا	الذرة		الحنطة	
	الأميلوز	الأميلوبكتين	الأميلوز	الأميلوبكتين
نشا طبيعي	26.78 cd	73.22 cd	26.16 c	73.84 d
فيزيائي بالسطح الساخن	25.71 de	74.29 bc	21.02 d	78.98 c
فيزيائي بالحمام مائي	27.80 c	72.20 d	24.38 c	75.62 d
فيزيائي بالمؤصدة	35.52 a	64.48 f	32.94 a	67.06 f
كيميائي بالأستلة	17.82 f	82.18 a	14.03 f	85.97 a
كيميائي بالأكسدة	17.91 f	82.09 a	16.49 e	83.51 b
كيميائي بالحامض	30.97 b	69.03 e	28.82 b	71.18 e
كيميائي بالكحول	24.27 e	75.73 b	22.39 d	77.61 c
إنزيمي بالألفا–أمليز	28.36 c	71.64 d	25.64 c	74.36 d

الأحرف المتشابهة تعني عدم وجود فروق معنوية في قيم المتوسطات عند مستوى $P \leq 0.05$

أما بالنسبة للاميلوبكتين، فتلاحظ وجود فروق معنوية بين متوسطات المعاملات المدروسة، فقد تفوقت معنوياً طريقتي تحوير نشا الذرة بالأستلة والأكسدة عن باقي طرق التحوير الأخرى إذ بلغت (82.18 و 82.09 %) على التوالي، في حين تفوقت معنوياً في نشا الحنطة فكانت (85.97 %)، وقد يعزى السبب إلى ان الاميلوز والاميلوبكتين يكونان المسؤولان عن تشكيل التركيب شبه البلوري في حبيبات النشا التي تتكون من طبقة متبلورة (سلاسل من الكلوكان المتوازية المنتظمة والمرصوصة بقوة) والطبقة غير المتبلورة (مناطق اقل انتظاماً وتسودها نقاط التفرع) إضافة إلى أن الاميلوز المنطمر في المناطق غير المتبلورة يتحلل أولاً ويؤدي إلى زيادة التبلور (Leeman وأخرون 2006 ؛Aprianita وأخرون 2009). وأكد Haralampu (2000) أن النسبة بين الأثنين هي التي تحدد كمية النشا المقاوم، ان أغلب النشا يتكون من 70 % أميلوبكتين بصورة تقريبية ولكن هناك بعض النشا العالي الأميلوز الذي يتكون من (70 % أميلوز و30 % أميلوبكتين) وتعتبر الكمية الكبيرة من الأميلوز الجزء الأكثر صعوبة لحصول عملية تجلتن النشا وأكثر تحسساً لعملية الإرتداد العكسي التي ينتج عنها تكوين النشا المقاوم. وأشار Robin (2007) و Tahirوأخرون (2010) الى إن نسبة الأميلوز والأميلوبكتين هي العامل المحدد لتكوين النشا المقاوم إضافة الى ان الذرة العالية الأميلوز تكون هي الأكثر مقاومة للتحلل الأنزيمي بالمقارنة مع جزئها المعاكس الذي هو الأميلوبكتين.

من نتائج البحث نستنتج ان نشا الذرة أعطى كمية نشا اكبر مقارنة بنشا الحنطة ، كما بينت النتائج وجود إختلافات معنوية للخصائص الفيزيائية والكيميائية والمجهرية لحبيبات نشا الذرة والحنطة الطبيعي والمحور.

المصادر :

المانع، حسن عبد العزيز (1999). تقنيات الحبوب. قسم علوم الأغذية والتغذية، كلية الزراعة، جامعة الملك سعود.

Abbas, K.A., Sahar K.K., and Anis Shobirin,M.H. (2010). Modified Starch and Their Usages in Selected Food Products: A Review Study. Journal of Agricultural Science, 2(2), ISSN: 1916-9752.

Adebiyi, Adedayo B., Omojola, Moses O., Afolayan, Michael O., Zaku Samaila G., Olalekan, Deborah.,(2011). Tacca Starch Citrate - A potential Pharmaceutical Excipient. International Standard Serial No. 0974 – 9446. IJPRD; 3(8): 1 - 7.

Adebowale .K.O .,Olu-Owolabi .B.I.,Olayinka .O.O.,and Lawal.O.S. (2005) .Effect of heat moisture treatment and annealing on physio chemical properties of red sorghum starch Vol. 4(9): 928-933.

Akashi, H.; Takahashi, M. and Endo, S. (1999). Evaluation of starch properties of wheats used for Chinese yellow-alkaline noodles in Japan. Cereal Chem., 76 (1): 50-55.

Akhilesh,V.S. Lila, K.N. Anudwipa, S. (2010). Pharmaceutical, Food And Non-Food Applications of Modified Starches: A critical Review. EJEAFChe, 9 (7). [1214-1221]. ISSN: 1579-4377.

Amaravathi, V., Firoz, S. Kishore, D. Chandra, Y. Mouli, T. and Venkataramudu, (2012). Formulation And Evaluation Of Mefenamic Acid Tablets By Using Modified Starch, 2(2):46-53.

American Association of Cereal Chemists. (AACC) (2001). Approved methods of the American Association of Cereal Che. St. Paul, MN.

Ames, N. P.; J. M. Clarke; B. A. Marchylo; J. E. Dexter and S. M. Woods (1999). Effect of environment and genotype on durum wheat gluten strength and pasta viscoelasticity. Cereal chem., 76: 582–586.

Aprianita, A., Purwandari, U., Watson, B. and Vasiljevic, T. (2009). Physico-chemical properties of flours and starches from selected commercial tubers available in Australia. International Food Research Journal, 16: 507-520.

Association of Official Analytical Chemists.(2004). Official Methods of Analysis. 18 th ed. AOAC. Gaithersburg, Maryland.

Bandhari P. N., Singhal R. S. (2002). Studies on the optimization of preparation of succinate derivatives from corn and amaranth starches. Carbohydrate polymers, 47: 277 – 283.

Brummell, D.A. Watson, L.M. Zhou, J. Mckenzie, M.S. Hallett, I.C. Simmons, L. Carpenter, M. Timmerman-Vaughan, G.M. (2015). Overexpression Of Starch Branching Enzyme II increases Short – Chain branching of amylopectin and alters the physicochemical Properties Of Starch from Potato tuber. BMC Bio technol., 29 : 15- 28.

Brumovsky, J. O. and Thompson, D. B. (2001). Production of boilingstable granular resistant starch by partial acid hydrolysis and hydrothermal treatments of high-amylose maize starch. Cereal Chem., 78:680-689.

CFR (2006). Code of Federal Regulations. Food starch modified. In Food additives permitted for direct addition to food for human consumption. Title 21. Chapter 1, Part 172, Sec. 172.892. Washington, DC:US GPO.

Chang, Y.H., J.H. Lin and S.Y. Chang, (2006). Physiochemical properties of waxy and normal corn starches treated in different anhydrous alcohols with hydrochloric acid. Food Hydrocolloids, 20: 332-339.

Che, L. M., D. Li; L. J. Wana; N. Ozkan; X. D. Chen; Z. H. Mao (2007). Effect of high–pressure homogenization on the structure of cassava starch. International Journal of food properties, 10: 527–536.

Chen , S., Yang, H., Huang, H., and Peng, S., (2006) Effects of various soya protein hydrolysates on lipid profile, blood pressure and renal function in five-sixths nephrectomizedrats. Br J. Nutr.;96:435-41.

Chowdary K. P. R. & Enturi V. (2011). Preparation, characterization and evaluation of starch citrate- a new modified starch as a disintegrant in tablet formulations. International Journal of Pharm. Research and Development 12 (2) 9 – 17.

Corn Refiners Association (C. R. A).(2006). Corn Starch.

Deker, P. and Holler, H. (1962). Effect of various starches in baking. Cereal Chem. 48 (6): 625-231.

Demiate, I. M.(1999). Desenvolvimento de fecula de mandiaca auto-expansivel por reacao com permanganato de potassio e acido lactio. Ph.D.thesis ,Facldade de Ciencias Agronomicas .UNESP, Boutucatu, Brazil.

Egan, H.; Kirk, R. and Sawyer, R. (1981). Pearson's Chemical Analysis of Foods 8th ed.; Longman Scientific and Technical, 591 PP.

Hamza Abba, A. Abdulqadir, I., Gideon, A. Shallangwa, Sani U., and Yakubu, A. D. (2014). Effect of Acetylation on Stability to Retrogradation of Starch Extracted from Wild Polynesian Arrowroot (Tacca leontopetaloides (L.) Kuntze) for Utilization as Adhesive on Paper. Hindawi Publishing Corporation Journal of Polymers Vol. 2014, Article ID 732174, 9 pages.

Han, X.Z. and Hamaker, B. R. (2002). Partial leaching of granule-associated proteins from rice starch during alkaline extraction and subsequent gelatinization.

Haralampu, S. G. (2000). Resistant starch-A review of the physical properties and biological impact of RS3. Carbohydrate Polymers, 41, 285-292.

Hoover R , Maunal H.(1996). Effect of heat moisture treatment on the structure and Physiochemical properties of legume starches .Food Res .int .29:731-750.

Hoover, R. and Vasanthan, T. (1994). The Effect of Annealing on the physicochemical properties of Wheat, Oat, potato, and Lenthil Starches .J. Food Biochem ., 17:303-325.

Hoover, R. and Ratnayake, W. S. (2005). Determination of total amylose content of starch. In: Handbook of Food Analytical Chemistry: Water, Proteins, Enzymes, Lipids, and Carbohydrates (R. E. Wrolstad, T. E. Acree, E. A. Decker et al, Eds). 689-693. John Wiley and Sons : NewYork.

Hung, P. V., Lan-Phi, N. T. and Vy-Vy, T. T. (2012). Effect of debranching and storage condition on crystallinity and functional properties of cassava and potato starches. Starch/Staerke (in press).

Hung, P.V., Cham, N.T.M. and Truc, P.T.T. (2013). Characterization of Vietnamese banana starch and its resistant starch improvement. International Food Research Journal 20(1): 205-211.

International starch institute (1998).

Jheng,H.L. Shu, W.W. Yung,H.C. (2009). Impacts of acid-methanol treatment and annealing on the enzymatic resistance of corn starches. Food Hydrocolloids, 23 : 1465–1472.

Kaper, T., Van der Maarel, M.J. Euverink, G.J. & Dijkhuizen, L. (2003). Exploring and exploiting Starch-Modifying amylomaltases from thermophiles. Biochemical Society Transactions, 32 : 279-282.

Karim, A.A. Sufha, E.H., & Zaidul, I.S., (2008). Dual Modification of starch via partial enzymatic hydrolysis in the granular state and subsequent hydroxypropylation. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56 : 10901 – 10907.

Kategunya,R. & Sanguansri, C. (2011). Physico-chemical properties of jackfruit seed starch (Artocarpus heterophyllus) and its application as a thickener and stabilizer in chilli sauce. LWT - Food Science and Technology Vol. (44) 1309-1313.

Kavlani Neelam, Sharma, V. and Singh, L. (2012). Various Technlques For the Modification of Starch and the Application of Its Deriv Atives. International Research Journal of Pharmacy. ISSN : 2230-8407.

Kim, E.J., Tanhehco, B.P. and P.K.W. Ng.(2006a). Effect of extrusion conditions on resistant starch formation from pastry wheat flour. Food Chem. 99: 718-723.

Kim, E.J., Tanhehco, B.P. Mullan, D.J. Hampson and J.R. Pluske.(2006b). Effects of amylose content, autoclaving, parboiling, extrusion, and postcooking treatments on resistant starch content of different rice cultivars. Aust. J. Agri. Res. 57: 1291–1296.

Koksel, H., T. Masatcioglu, K. Kahraman, S. Ozturk and A. Basman. (2008). Improving effect of lyophilization on functional properties of resistant starch preparations formed by acid hydrolysis and heat treatment. J. Cereal Sci. 47: 275-282.

Kuakpetoon , D. and Wang, Y . J . (2001). Characterization of Different Starches oxidization by Hypochlorite. Starch/Stärke,53.211-218.

Lauro. M.,(2001).α-Amylysis of barley starch .(2001),ph.D .Thesis .Department of chemical technology ,Helsink University of technology.

Leeman, A.M., Karlsson, M.E., Eliasson, A.-C. & Bjorck, I.M.E. (2006). Resistant starch formation in temperature treated potato starches with varying in amylose and amylopectin ratio. Carbohydrate Polymers, 65: 306–313.

Lii, C. Y.; Y. Y. Shao and K. H. Tseng (1995). Gelation chemistry, 72: 6–65.

Lin JH, Lee SY, & Chang YH. (2003). Effect of acid-alcohol treatment on the molecular structure and physicochemical properties of maize and potato starches. Carbohydr Polym.; 53:475–82.

Lu, T. J., Jane, J. L. and Keeling, P. (1997). Temperature effect on retrogradation rate and crystalline structure of amylose. Carbohydr. Polym. 22:19-26.

Manelius, R., Buleon, A., Nurmi, K., and Bertoft, E. (2000). The substitution pattern in cationized and oxidized potato starch granules. Carbohydr. Res., 329:621–623.

Mestres C., F.Matencio , B.Pons , M.Yajid , and G.Fliedel .(1996).Arapid method for the determination of amylase content by using differential – scanning colorimetric . Starch, 48 (1) :2-6.

Miladinov, V.D., and Hanna,M.A(.2000).Starch estirification by reactive extrusion. Ind. Crop. prod., 11:51-57.

Mohamed Lamine B., John N., Zhou H., Peng W., Kebitsamang J. and Zhu K.X., (2012). Starch Functional Properties and Resistant Starch from Foxtail Millet {Setaria italica (L.) P. Beauv} Species. Pakistan Journal Of Nutrition, 11 (10): 821 – 830.

Morrison, W. R. and Tester, R. F. (1994). Properties of damaged starch granules. IV. Composition of ball-milled wheat starch and of fractions obtained on hydration. J. Cereal Sci., 20: 69-77.

Navdeep, S.S. Yung, C. Nimratbir,K. Kaoru, K.(2009). Effect of acid methanol treatment on the molecular structure and physicochemical properties of lentil (*Lens culinaris* Medik) starch. Food Hydrocolloids, 23: 2219–2225.

Nuwamanya E., Baguma Y., Emmambux N., Taylor J. and Rubaihayo P. (2010). Physicochemical and functional characteristics of cassava starch in Ugandan varieties and their progenies. Journal of Plant Breeding and Crop Science, 2 (1): 001 – 011.

Parandoosh ,S ,and Hudson ,S.M.(1993).The acetylation and enzymatic degradation of starch films .Journal of applied polymer Science, 48:787- 791.

Patrson ,L.A.; Hashim, D.B.M.;Hill,S.;Mitchell ,J. R. and Blanshard , J. M. V.(1994).The effect of low levels of sulphite on swelling and solubility of starch . Starch/stärke,46,288-291.

Pertrofesky, K. E. & R. C. Hoseney (1995). Rehelogical properties of dough made with starch and gluten from several cereal sources. Cereal chem., 72 (1): 53–58.

Robin, F. (2007). Slow digestible starch - its structure and health implications: a review. Trends in Food Science and Technology, 18: 346-355.

Santacruz, S., Rualesa, J. and. Eliasson, A.C. (2003). Three under-utilised sources of starch from the Andean region in Ecuador. Part II. Rheological characterization. Carbohydrate Polymers, 51: 85-92.

Singh, N., Isono, N., Scrichuwong, S., Noda, T. and Nishinari, K.(2008). Structural, thermal and viscoelastic properties of potato starches. Food Hydrocoll., 22:979-988.

Soad, S. A.; N. Wasthi and N. Singh (2003). Biochemical evaluation of premising phaseolus vulgaris gonetypes of himachal pradash. Himachal J. of Agric Research, 29(102): 65–69.

Tahir, R., Ellis, P. R., & Butterworth, P. J. (2010). The relation of physical properties of native starch granules to the kinetics of amylolysis catalysed by porcinepancreatic α-amylase. Carbohydrate Polymers, 81(1): 57–62.

Takizawa,T. ; Inouye,S. ;Yamaguch,H.(2004). Antimicrobial activity of essential oils and major consitituents against respiratatory tract pathogen by gaseous contact.

Tetlow, I.J. & Emes, M.J. (2014). Areview Of Starch – branching enzymes and their Role in amylopectin biosynthesis. JUBMB Life 2014 Aug ; 66 (8) : 546 – 58.

Tetlow, I.J. & Emes, M.J. (2014). Areview Of Starch – branching enzymes and their Role in amylopectin biosynthesis. JUBMB Life 2014 Aug ; 66 (8) : 546 – 58.

Vansteelandt, J. and Delcour, J. A. (1999). Characterisation of starch from durum wheat (Triticum durum). Starch/stärke. 51, Nr. 2-3, S. 73-80.

Wang Y J,White P, Pollak ,Jane JL.(1993). Caracterization of starch structures of 17 maize endosperm mutant genotypes with Oh43inbred line background .Cereal Chem .10:171 – 179.

Wang, Y. J., & Wang, L. (2003). Physicochemical properties of common and waxy corn starches oxidized by different levels of sodium hypochlorite. Carbohydrate Polymers, 52: 207–217.

Wilson, J.D. Bechtel, D.B. Todd, T.C. Seib, P.A. (2006). Measurement of Wheat Starch Granule Size Distribution Using Image Analysisand Laser Diffraction Technology. Cereal Chem. 83(3):259-268.

Yeh, A.I. and Li, J.Y. (1996). Kinetics of phase Transition of Native Cross-linked and Hydroxypropylated Rice Starches, Starch/ Stärke , 48 (1): 17-21 .

Yun , S . H ., Quail , K ., and Moss , R . (1996) . physicochemical properties of Australian wheat flours for white salted noodles . J . Cereal Sci., 23:181-189 .

Zhang, P., Whistler, R. L., BeMiller, J. N. and Hanaker, B. R. (2005). Banana starch: production, physicochemical properties and digestibility – a review. Carbohydrate Polymers, 59: 443–458.