الطرق التحليلية لتقدير النشا
فى مصادره الطبيعية

الدكتور أنسطاسى نيقولا ميخالينوس ، والدكتور يوسف غالى
والمهندس الزراعى وجيه عزيز فرج الله

مقدمة

تختزن النباتات فى بعض أجزائها ، الغذاء اللازم لها لوقت الحاجة ، فى صورة سكريات عديدة، مثل النشا والفركتان والمنان والجلكتومنان ، الخ . ويعتبر النشا أكثر السكريات العديدة المختزنة فى البذور أو الجذور أو الدرنات أو السيقان أو الفواكه .

ويستخلص النشا من هذه المصادر النباتية لاستخدامه فى كثير من الأغراض الصناعية ، وتتوقف القيمة الاقتصادية للنشا المستخلص أساسيا على الكمية الموجودة فى المصدر النباتى ، بالإضافة إلى عدة عوامل أخرى ، مثل توافر المصدر النباتى على مدار السنة ، وإمكانيات طرق التخزين وسهولة استخراج النشا وغيرها من العوامل.

ويشمل هذا البحث دراسة الطرق التحليلية المتبعة لتقدير نسبة النشا فى المصادر النباتية ، واختيار أنسب الطرق التى يمكن تطبيقها عمليا لأغراض الصناعة ، ثم مقارنتها ببعضها .

وقد اتضح أنه توجد عدة طرق لتقدير النشا، بعضها يعتمد على تقديره بعد عملية التحليل المائى إلى سكريات مختزلة ، وبعضها يعتمد على تحويله إلى نشا ذائب . ويتوقف مدى نجاح طريقة التقدير على نسبة ونوع المكونات الأخرى ، التى توجد عادة مصحوبة مع النشا فى المصدر النباتى ، وبالتالى تختلف الطرق عن بعضها فى الخطوات الأولية اللازمة لاستبعاد هذه المكونات الأخرى، وخاصة السكريات

● الدكتور أنسطاسى نيقولا ميخالينوس : بالشركة المصرية لصناعة النشا والجلوكوز .
● الدكتور يوسف غالى : كلية الزراعة جامعة القاهرة .
● المهندس الزراعى وجيه عزيز فرج الله : الشركة المصرية لصناعة النشا والجلوكوز .

الأحادية والأليجو التى يمكن التخلص منها بعمليات الاستخلاص، والمواد البروتينية التى يمكن التخلص منها بعمليات الترسيب .

تقدير النشا فى المصادر النباتية

بصفة عامة يمكن تقسيم الطرق التى تتبع لتقدير النشا فى المصادر النباتية كالآتى:

أولا — طرق مبنية على أساس عدم تحليل النشا مائيا ، وأهمها :

(١) مايعتمد أساسا على قياس درجة الاستقطاب الضوئى (١) :

وتتوقف هذه الطريقة على قدرة بعض المحاليل، مثل حامض الأيدروكلوريك المخفف ، أو محلول كلوريد الكالسيوم على إذابة النشا ، ثم يجرى قياس درجة الاستقطاب الضوئى لمحلول النشا الذائب لاستنتاج تركيز النشا على أساس أن الاستقطاب الضوئى للنشا هو (α) $_{م}^{٢٠°}$ (٢٠٣) وفى الدرنات (α) $_{م}^{٢٠°}$ (٢٠٤) (١) ويراعى قبل قياس درجة الاستقطاب الضوئى استبعاد المواد البروتينية بترسيبها ، بواسطة محلول خلات اليورانيل أو كلوريد القصديريك أو حامض الفوسفوتنجستيك . وهذه الطريقة تجرى على كثير من المحاصيل النباتية لتقدير نسبة النشا بها .

(٢) مايعتمد على ترسيب النشا:

توجد طريقتان إحداهما تعتمد على إذابة النشا من المصدر النباتى ، بواسطة محلول كلوريد الكالسيوم ، ثم ترسيبه بواسطة كحول إيثايل مركز ، ثم إذابة الراسب المتكون فى الماء الساخن وإعادة ترسيبه مرة ثانية ، بواسطة محلول يود ومحلول مشبع من كبريتات الأمونيوم (٢) ثم يجرى لمركب الادمصاص المتكون للنشا باتحاده مع محلول اليود ، والذى تم ترسيبه تحليل مائى لتقدير نسبة النشا المئوية فى المصدر النباتى .

والطريقة الثانية، تعتمد على إذابة النشا فى حامض الأيدوركلوريك ، ثم ترسيبه

(١) تدل على المرجع الاول الموجود فى قائمة المراجع بنهاية البحث .

بواسطة كحول الإيثايل ، ووزن الراسب وتقديره كميا (٣) .

ويراعى فى الطريقتين استبعاد المواد الغريبة الموجودة فى المصدر النباتى ، إما بذوبان النشا دون المواد الأخرى الغريبة أو بذوبان المواد الغريبة والتخلص منها بعد عملية ترسيب النشا .

(٣) مايعتمد على قياس اللون :

وتعتمد هذه الطريقة على إذابة النشا ، إما بواسطة محلول كلوريد الكالسيوم (٤) أو حامض فوق الأيدركلوريك ، ويعامل محلول النشا الذائب بواسطة محلول اليود ، ثم تقاس درجة كثافة اللون الأزرق المتكون باستعمال طريقة تقدير الألوان وذلك باستعمال مرشح ٦٠٠ ٨ (١٥ ٥٦ ب) . ويستنتج تركيز النشا من منحنى قياسى أجرى لعينة نشا نقية مماثلة فى نوعها للمصدر النباتى المراد تقدير نسبة النشا فيه .

(٤) مايعتمد على التقدير التقريبى لنسبة النشا فى الدرنات :

تعتمد بعض الطرق التحليلية فى تقدير نسبة النشا بطريقة تقريبية فى الدرنات ، وهذه الطرق ذات أهمية للصناعة ، إذ أنها سريعة وتستعمل للمقارنة فقط ، ويمكن الاعتماد عليها مبدئيا عند شراء المادة الخام اللازمة للصناعة . وتوجد طريقتان مهمتان :

الطريقة الأولى (٦) وفيها يجرى هرس وزنة معينة (٢٠٠ جرام) من الدرنات فى وسط مائى (٢٥٠ سم٣) باستعمال خلاط كهربائى لمدة دقيقة واحدة ، ثم يمرر المعلق الناتج خلال منخل حرير (ثقوبه ٢٠٠ مش) لفصل الألياف ، ثم يفصل النشا بالقوة الطاردة المركزية ويغسل جيداً ويجفف مبدئيا بمعاملته بالمذيبات العضوية (كحول الإيثايل ثم بالأسيتون وأخيراً بأثير الإيثايل) وبعد ذلك يوزن النشا الناتج وتقدر نسبته مئويا فى العينة .

أما الطريقة الثانية ، فهى مبنية على أساس تقدير الرطوبة فى الدرنات وذلك بعد أن دلت التجارب على إمكان استنتاج نسبة النشا التقريبية فى الدرنات إذا

علم نسبة رطوبتها المئوية ، وذلك باستعمال المعادلة الآتية :

نسبة النشا = ٠,٩٧٢ × نسبة الرطوبة + ٩٢,٦٩٧ (٧) .

ويراعى أن يجرى تقدير الرطوبة فى الدرنات بإحدى الطرق السريعة ، وأهمها هى طريقة التجفيف بواسطة الأشعة تحت الحمراء كمصدر لحرارة التجفيف .

ثانيا — ما يكون أساسه التحليل المائى للنشا :

ويعتمد فى هذا على فصل الروابط الجلوكوزيدية التى تربط وحدات الجلوكوز الموجودة فى جزىء النشا ، عن بعضها ثم تقدير الجلوكوز الناتج ، وحيث إن مول النشا يعطى ١,١١١ مول جلوكوز ، فمن السهل احتساب النسبة المئوية للنشا فى المادة الخام ، ويرى الباحثون (٨ ، ٩) استعمال المعادلة : « كمية الجلوكوز × ٩٣و٠ = كمية النشا » لاستنتاج النسبة المئوية للنشا فى المادة الخام بعد عملية التحليل المائى .

ولإجراء هذه الطريقة يجرى التحليل المائى بواسطة الأحماض المعدنية على المادة النباتية (١٠) . أو يجرى التحليل المائى على خطوتين الأولى بواسطة الأنزيمات ، والثانية بالأحماض المعدنية (١١) . والطريقة الثانية للتحليل المائى أدق من الأولى ، لأن الأنزيمات تحلل النشا دون المكونات الأخرى للمادة الخام ، وبالتالى يمكن التخلص منها قبل إجراء عملية التحليل المائى بواسطة الأحماض المعدنية . أما الطريقة الأولى فتعطى عادة نتائج مرتفعة ، وذلك يرجع إلى أن بعض المواد الكربوهيدراتية العديدة التسكر دون النشا تتحلل أيضاً أثناء إجراء عملية التحليل المائى ، كما أن بعض المكونات دون السكريات لها قدرة اختزال محلول فهلنج . ولا تستعمل هذه الطريقة إلا فى حالة ما إذا كانت المادة النباتية خالية تقريبا من بعض المكونات التى تتحلل مائيا فى حالات المقارنة .

وتتلخص الطريقة الأولى ، وهى التحليل المائى المباشر ، باستبعاد السكريات القابلة للذوبان والتى توجد فى المصدر النباتى بمعاملة العينة ، بواسطة كحول الإيثايل (٥٠ ٪) ثم استبعاد المواد الدهنية بمعاملة العينة بواسطة أثير

الإيثايل. وبعد ذلك تجرى عملية التحليل المائى باستعمال حامض الأيدروكلوريك (كثافة ١,١٢٥) وتجرى عملية التعادل للتخلص من زيادة الحامض، بواسطة محلول كربونات الصوديوم، ثم تقدر السكريات المختزلة (١٢) بعد التخلص من المواد الغريبة وخاصة البروتينية باستعمال محلول خلات الرصاص.

أما فى الطريقة الثانية، فتستعمل نفس الخطوات لاستبعاد المواد السكرية والدهنية التى ذكرت فى الطريقة الأولى، ويجرى بعد ذلك تحليل مائى للنشا بواسطة أنزيم الدياستيز (١١) (٢ جرام لكل واحد جرام من العينة فى وسط مائى ١٢٥ سم^{٣} على درجة حرارة ٥٥° م ولمدة ساعة)، وبعد استبعاد المواد الغريبة الموجودة مع العينة بترسيبها، بواسطة كحول الإيثايل، تجرى عملية التحليل المائى للسائل الناتج (وهو يحتوى على نسبة عالية من الدكسترينات والسكريات والأليجو والمالتوز) بواسطة حامض الأيدروكلوريك المركز ثم تقدر السكريات المختزلة (١٢) فى المحلول المتحلل بإحدى الطرق المعروفة.

طرق إجراء التجارب

كان أساس البحث العملى مبنيا على إيجاد طريقة لتقدير النشا فى المواد النباتية بحيث تعطى نتائج قريبة من الحقيقة ومتكررة. وقد أجرى تقدير النشا فى بعض المصادر النباتية الاقتصادية فى الجمهورية العربية المتحدة بعدة طرق مختلفة، وقورنت النتائج* بغرض استنباط أنسب طريقة لاستخدامها فى الأغراض الصناعية والطرق المستعملة فى هذا البحث، هى كالآتى:

(١) طريقة إذابة النشا فى محلول كلوريد الكالسيوم وقياس درجة الاستقطاب الضوئى:

مزجت وزنة معلومة من العينة (٢ جرام) فى دورق معيارى (١٠٠ سم^{٣}) ثم أضيف إلى المخلوط محلول كلوريد كالسيوم (كثافة ١,٣ وتركيز أيون الأيدروجين ٥,٢) وغلى المخلوط لمدة خمس عشرة دقيقة على سخان كهربائى، مع مراعاة الاحتفاظ بحجم المحلول وعدم نقصه بإضافة ماء مقطر لتعويض الفقد أثناء الغليان، وبعد

* النتائج فى هذا البحث محسوبة على أساس المادة الجافة.

تمام التبريد أضيف محلول كلوريد القصديريك (٥ سم^{٣} تركيز ٢٫٥ جرام من كلوريد القصديريك فى ١٠٠ سم^{٢} من محلول كلوريد الكالسيوم السابق استعماله) ثم كملت محتويات الدورق المعيارى إلى العلامة بواسطة محلول كلوريد الكالسيوم وأجريت عملية الترشيح مع مراعاة استبعاد حوالى (١٠ سم^{٣}) من المحلول المترشح فى بادىء العملية . وأخيرا قيست درجة الاستقطاب الضوئى للمترشح فى أنبوبة طولها ديسيمتر باستعمال ضوء الأشعة الصفراء الناتج من مصباح صوديوم ، وقدرت النتائج بتطبيق المعادلة الآتية :

$$\frac{\text{قراءة درجة الاستقطاب} \times ٤١٠}{٢٠٣ \times \text{و}}$$

حيث (٢٠٣)°م٢٠ = درجة التحويل الضوئى للنشا فى الحبوب (١)

و = وزن العينة التى أجرى عليها التقدير

وكانت النتائج كما هو مبين فى الجدول الآتى .

الجدول رقم (١)

النسبة المئوية للنشا

فى بعض المصادر النباتية بطريقة الاستقطاب الضوئى

المصدر النباتى	نسبة النشا المئوية
بطاطا مبروكة	٧٠٫٤٧ ٪
أذرة أمريكى	٧١٫٤٩ ٪
أذرة محلى	٧٢٫٧٩ ٪
قمح	٦٩٫٦٧ ٪
أرز	٨١٫٩٠ ٪

وقد أجريت نفس طريقة التقدير مرة ثانية فى العينات ، ولكن بعد إجراء عملية الاستخلاص بكحول الإيثايل (٣٠ ٪) وذلك بنقل العينة على ورقة ترشيح جافة واستخلاص العينة ثلاث مرات بالكحول (١٠ سم٣ فى كل مرة) . فأعطت النتائج التالية، كما هو مبين فى الجدول الآتى .

الجدول رقم (٢)

النسبة المئوية للنشا فى بعض المصادر النباتية بطريقة الاستقطاب الضوئى بعد عملية الاستخلاص بالأثير

المصدر النباتى	نسبة النشا المئوية
بطاطا مبروكة	٦٩,١٢ ٪
أذرة أمريكى	٦٨,٩٢ ٪
أذرة محلى	٧٠,٤٦ ٪
قمح	٦٧,٦٢ ٪
أرز	٨٠,٨٤ ٪

(٢) طريقة ترسيب النشا ثم وزنه (راسك ٣) :

أجريت عملية استخلاص للسكريات والبروتينات فى وزنة من العينة (٢جرام) وذلك بمعاملتها بواسطة المحاليل الآتية على التوالى ، إثير الإيثايل (١٥ سم٣) ومحلول أيدروكسيد الصوديوم (٥ ,٠ سم٣ ١ س) وكحول الإيثايل (٥ سم٣ ، ٩٥ ٪) وكحول الإيثايل (٥ سم٣ ٥٠ ٪) واستبعدت المحاليل الحاملة للمواد الذائبة من العينة بواسطة الطرد المركزى .

نقلت العينة بعد ذلك إلى دورق معيارى (سعة ١٠٠ سم٣) ومزجت أولا

بالماء ثم بحامض الأيدروكلوريك المركز (٢٠ سم٣) ، وبعد تمام الخلط كملت محتويات الدورق المعيارى بمحلول أيدروكلوريك (تركيز ٢١ جرام / لتر) ثم أجرى ترشيح محتويات الدورق خلال بوتقة جوتش . ولترسيب النشا استعمل حجم معين من المحلول (٥٠ سم٣) وعومل بكحول الإيثايل (١١٥ سم٣، ٩٥٪) ، ثم تم فصل النشا المترسب بالقوة الطاردة المركزية ثم أجرى غسيل النشا المترسب بكحول الإيثايل (٩٥٪ ٥٠ سم٣ ثلاث مرات) . ونقل الراسب المنفصل إلى بوتقة جافة ذات وزن معلوم ، وبعد عملية التجفيف على درجة (٤٠° م) لمدة خمس عشرة دقيقة نقلت إلى فرن التجفيف على درجة (١٣٠° م لمدة ٤ ساعات) ويبين الجدول (٣) النتائج المتحصل عليها .

الجدول رقم (٣)

النسبة المئوية للنشا

فى بعض المصادر النباتية بطريقة الترسيب (راسك ٣)

المصدر النباتى	نسبة النشا المئوية
بطاطا مبروكة	٦٨,٦٢٪
أذرة أمريكى	٦٩,٨٦٪
أذرة محلى	٦٩,٦٤٪
قمح	٦٨,٣٠٪
أرز	٧٨,٣٧٪

(٣) طريقة ترسيب النشا وتكوين مركب الادمصاص مع اليود فى وجود اليوديد ثم تحليله مائيا (سوليفان ٢) :

مزجت العينة (٢ جرام) بمحلول كلوريد الكالسيوم (كثافة ١,٤٨) وتم تسخين المخلوط لمدة ساعة ، ثم نقل إلى دورق معيارى (سعة ١٠٠ سم٣) واستكمل للعلامة بواسطة الماء ، وأجرى استبعاد الشوائب غير الذائبة بواسطة قوة الطرد المركزى ، ثم عومل حجم معلوم من السائل (٥٠ سم٣) مع كحول الإيثيل

(١٢٥ سم^{٣} تركيز ٩٦ ٪ بنسبة ١ : ٢,٥)، ثم فصل الراسب المتكون بعد فترة عشر ساعات خلال بوتقة جوتش وغسل بكحول الإيثايل (٧٥٪ ١٥٠ سم^{٣}) ونقل إلى كأس وتم مزجه مع الماء الساخن (١٠٠ سم^{٣}) وأضيف إلى المخلوط بعد تبريده محلول يود (١ سم^{٣} بتركيز ٢ جرام يود + ٦ جرام يوديد بوتاسيوم مذابة فى ١٠٠ سم^{٣} ماء) وكذلك محلول مشبع من كبريتات الأمونيوم (٥٠ سم^{٣}) وفصل مركب الادمصاص المترسب الذى تكون مع اليود بالترشيح خلال بوتقة جوتش ، ثم تم غسيله بواسطة كحول إيثايل (١٢٠ سم^{٣} ٧٥٪) ونقل إلى كأس وتم مزجه بواسطة الماء (١٠٠ سم^{٣}) وحامض أيدروكلوريك مركز (١٥ سم^{٣} كثافة ١,١)، وسخنت محتويات الكأس فى حمام مائى حتى زال اللون الأزرق ، وبعد ذلك أجرى للراسب تحليل مائى بواسطة حامض الايدروكلوريك (١٠٠ سم^{٣} قوته س) لمدة ساعة، وبعد عملية التبريد عودلت محتويات الدورق بواسطة محلول أيدروكسيد الصوديوم (٢ س) ، وقدرت السكريات المختزلة فى حجم معلوم من المحلول (٣٠ سم^{٣}) بطريقة سكورل (١٢) وقدرت نسبة النشا المئوية باستعمال العامل (٠,٩٣) (٩ ، ١٠)، ويبين الجدول رقم ٤ النتائج المتحصل عليها .

الجدول رقم (٤)

النسبة المئوية للنشا فى بعض المصادر النباتية بطريقة سوليفان (٢)

المصدر النباتى	نسبة النشا المئوية
بطاطا مبروكة	٦٨,١٨٪
أذرة أمريكى	٦٨,٦٤٪
أذرة محلى	٦٩,٠٨٪
قمح	٦٨,٢٠٪
أرز	٨٠,٦٨٪

(٤) طريقة قياس كثافة اللون الأزرق للنشا الناتج من اتحاده مع اليود :

مزجت وزنة معلومة من العينة (٢ جرام) مع محلول كلوريد الكالسيوم (٦٠ سم٣ كثافة ١,٢) وتم غليان المخلوط لمدة خمس عشرة دقيقة مع المحافظة على ثبات حجم المحلول ، وبعد عملية التبريد نقل المحلول إلى دورق معيارى (١٠٠ سم٣) وأضيف اليه محلول كلوريد القصديريك (٥ سم٣ ٢,٥ ٪) وكملت محتويات الدورق بواسطة محلول كلوريد الكالسيوم إلى العلامة .

وبعد عملية الترشيح نقل من المترشح (٥ سم٣) إلى دورق معيارى حجمه لتر به ماء مقطر (٧٠٠ سم٣) ثم أضيف اليه خلول يود (٢٠ سم٣ تركيزه ٥,٠ جرام يود + ٧٥,٠ جرام يوديد بوتاسيوم مذابة فى ١٠٠ سم٣ ماء مقطر) وكملت محتويات الدورق إلى العلامة وقيست كثافة اللون الناتج بواسطة جهاز قياس الألوان Photovolt Colorimeter على موجة ٦٠٠ (١٥ ، ٥ ب) وللتعيير حضر محلول عيارى من النشا النقى تماما (٢ جرام / ١٠٠ سم٣ كلوريد كالسيوم) واستعمل هذا المحلول على التوالى بأحجام متصاعدة وعوملت بالطريقة السابقة الذكر ، وقورنت كثافة اللون الناتج لكل تركيز بالماء ، ثم استنتج رسم بيانى يمكن به تقدير تركيز النشا فى المحلول من كثافة اللون التى تقابله . وكانت النتائج كما هو مبين فى الجدول الآتى :

الجدول رقم (٥)

النسبة المئوية للنشا فى بعض المصادر النباتية
بطريقة تقدير كثافة اللون الأزرق للنشا المتحد مع محلول اليود .

المصدر النباتى	النسبة المئوية للنشا
بطاطا مبروكة	٦٨,٩٧ ٪
أذرة أمريكى	٧٠,٢٠ ٪
أذرة محلى	٧١,٦٠ ٪
أرز	٧٠,٨٧ ٪

(٥) طريقة مبنية على أساس تقدير الرطوبة واستنتاج نسبة النشا المئوية :

أجرى تقدير الرطوبة فى ثلاثة أصناف من البطاطا ، وذلك بتجفيف وزنة معلومة من العينة (١٠ جرام) على جهاز تقدير الرطوبة ، والذى يستعمل فيه مصباح أشعة تحت الحمراء كمصدر لحرارة التجفيف لمدة نصف ساعة ، وقدرت منه نسبة الرطوبة المئوية مباشرة ، وأجرى تطبيق المعادلة الخاصة بتقدير نسبة النشا المئوية الموجودة فى العينات ، والتى هى :

$$\text{نسبة النشا} = ٠,٩٧٢ \times \text{نسبة الرطوبة المئوية} + ٩٢,٦٩٧ \qquad (٨)$$

فأعطت النتائج المذكورة بالجدول الآتى :

الجدول رقم (٦)

النسبة المئوية للنشا فى بعض المصادر النباتية الدرنية (البطاطا) بطريقة تقدير الرطوبة

صنف البطاطا	نسبة الرطوبة	نسبة النشا المئوية من المعادلة
مبروكة	٦٧,٥٠٪	٢٧,٠٨٪
»	٦٦,٢٠٪	٢٨,٣٥٪
»	٦٨,١٠٪	٢٦,٥٠٪
بطاطا ١/٤٣٥	٦٨,٥٠٪	٢٦,١٣٪
»	٦٨,١٠٪	٢٦,٠٥٪
»	٦٩,٤٠٪	٢٥,٢٨٪
بطاطا ٨/١٧	٧١,٤٠٪	٢٣,٣٠٪
»	٨٧,١٠٪	٨,٠٤٪
»	٨٠,١٠٪	١٤,٨٤٪

(٦) تقدير نسبة النشا بواسطة التحليل المائى المباشر :

اجريت عملية استخلاص المواد الذائبة فى وزنة معلومة من العينة (٢جرام) بواسطة محلول كحول الإيثيل (٣٠ سم^{٣} ، ٣٥ ٪) ثم أجرى تحليل مائى فى العينة الخالية من السكريات الذائبة بواسطة محلول حامض الأيدروكلوريك (١٥٠ سم^{٣} ٥,٠ س) وذلك بالتسخين لمدة ثلاث ساعات، ونصف باستعمال مكثف عاكس ، وبعد عملية التبريد عودلت كمية الحامض الزائد بواسطة محلول كربونات الصوديوم (١ س) ، ثم أجرى ترسيب المواد الغريبة بواسطة محلول خلات الرصاص ، وبعد عملية الترشيح رسب أيون الرصاص الزائد بواسطة محلول فوسفات أحادى البوتاسيوم ، ونقل المحلول الرائق بعد استبعاد الراسب إلى دورق معيارى (٢٥٠ سم^{٣}) واستعمل منه حجم معلوم (١٠ سم^{٣}) لتقدير السكريات المختزلة بطريقة سكورل (١٢) واستعمل العامل ٨١٠,٩٣) لتقدير نسبة النشا المئوية فى العينة ، وكانت النتائج المتحصل عليها كالمبينة فى الجدول رقم (٧) .

الجدول رقم (٧)

النسبة المئوية للنشا فى بعض المصادر النباتية بطريقة التحليل المائى المباشر

المصدر النباتى	نسبة النشا المئوية
بطاطا مبركة	٧٢,٠٧ ٪
أذرة أمريكى	٧٢,٣٨ ٪
أذرة محلى	٧٣,٢٣ ٪
قمح	٧٠,٣٦ ٪
أرز	٨٣,٤٠ ٪

النتائج والمناقشة

توجد عدة طرق لتقدير النشا فى المصادر النباتية ، تختلف بعضها عن بعض ، تبعا للمصدر النباتى ، بالإضافة إلى طبيعة وكمية المكونات الأخرى التى تصحب حبيبات النشا فى هذا المصدر .

وتركزت جهود الباحثين فى السنوات الأخيرة لإيجاد أنسب طريقة لتقدير النشا ، بحيث تكون موحدة لجميع المصادر النباتية ، تعطى نتائج قريبة من الحقيقة. وكانت أولى الطرق المستعملة منذ عهد غير قريب ، هى طريقة التحليل المائى ، حيث أثبت G.S.C. Kirchoff عام ١٨١١ ، أن النشا يتحال إلى جلوكوز بواسطة الأحماض المعدنية .

وبالرغم من أن طريقة التحليل المائى ، تعطى نتائج صحيحة فى حالة استعمال نشا نقى ، فإنها تعطى عادة نتائج مرتفعة فى وجود مكونات أخرى مصحوبة مع النشا . ويرجع السبب فى ذلك إلى أن هذه المكونات تعمل على اختزال محلول فهلنج ، الذى يستعمل فى تقدير السكريات المختزلة الناتجة بعد عملية التحليل المائى .

لذلك أدخلت تعديلات كثيرة على طريقة التحليل المائى ، فأجرى Hopkins استخلاص المواد السكرية الذائبة من المصدر النباتى ، بواسطة محلول كحولى (٦٥ ٪) كما استعمل Mayrhofer ، Piettre الأثير أو أيدروكسيد البوتاسيوم الكحولى لاستخلاص المواد الدهنية ، كما أمكن لكل من Wright, Clendenning تحضير عينات مختلفة من نشا نقى تماما وخال من المواد الدهنية . كما وجد كل من Sterner, Guthric, Clendenning طريقة لترسيب المواد البروتينية وبعض المواد الأخرى بواسطة محاليل الرصاص أو القصدير أو خلات اليورانيل ، ولا تزال هذه الطريقة رغم إدخال هذه التعديلات لا تعطى نتائج مرضية ، وربما يرجع السبب الأكبر فى استعمال محاليل الفهلنج لتقدير السكريات المختزلة (١٢) .

ولتفادى تأثير الأحماض على بعض المكونات الأخرى غير النشوية ، قد طبق كل من Col, Walton, Collins Maerker وغيرهم طريقة التحليل المائى ، بواسطة الأنزيمات المحللة للنشا . فمن المعروف أن الدياستيز (وهو يتكون أساسا من الألفا أميلاز والبيتا أميلاز) يعمل على تفكيك الروابط الجلوكوزيدية فى

النشا ، ويحول جزىء النشا إلى مخلوط من السكريات ذات النوع الأليجو أو السكريات الأحادية والتى تذوب بسهولة فى الماء ، وبالتالى يمكن استبعاد المكونات الأخرى التى توجد فى المصدر النباتى خلاف النشا بعمليات الترشيح ، حيث إن الدياستيز لا يؤثر على هذه المكونات .

وتعتبر الطريقة المعتمدة على التحليل المائى الأنزيمى ، أدق من الطريقة المعتمدة على التحليل المائى بواسطة الأحماض المعدنية ، إلا أنه لايمكن اعتبارها الطريقة المثلى ، حيث يستعمل فى مراحلها الأخيرة التحليل المائى بواسطة الأحماض المعدنية ، ثم التعادل بواسطة القلويات التى سوف تؤثر على السكريات (تفاعل أيونى) بالإضافة إلى أنها تعتمد على تقدير السكريات المختزلة الناتجة بواسطة محاليل الفهلنج (١٢) علاوة على أن هذه الطرق تتطلب وقتا طويلا لإجرائها .

وقد درس بعض الباحثين طريقة لقياس كثافة اللون الناتج من تفاعل النشا مع محلول اليود ، فوجد Gleason, Nielson طريقة لونية باستعمال محلول اليود ، إلا أن هـــذه الطريقة لا يمكن الاعتماد عليها تماما لاختلاف نسبة الأميلوز والأميلوبكتين من مصدر نباتى لآخر ، وكذلك عدم ثبات اللون الناتج من تفاعل النشا مع اليود كلما تغير تركيز أيون الأيدروجين فى المحاليل .

واتجه كثير من الباحثين لإدخال طرق أخرى تعتمد على إذابة النشا إذ من المعروف أن كثيرا من المحاليل تعمل على إذابة النشا ، مثل محلول كلوريد الكالسيوم وحامض فوق الأيدروكلوريك وحامض الأيدروكلوريك المخفف وأيدروكسيد الصوديوم والبوتاسيوم وغيرها ، وحيث إن النشا الذائب كباقى السكريات له درجة استقطاب ضوئى فقد استغل الباحثون هذه الظاهرة فى إذابة النشا من المصدر النباتى وتقدير درجة الاستقطاب الضوئى فى المحلول الناشىء .

واستعمل Rask طريقة إذابة النشا بواسطة حامض الأيدروكلوريك ثم ترسيبه بعد استبعاد المكونات الأخرى بعمليات الترشيح بواسطة كحول الإيثايل إلا أنه تبين أن هذه الطريقة تعطى نتائج منخفضة عن الحقيقة ، وقد يرجع السبب فى ذلك إلى التغييرات الكيميائية ، التى قد تحدث فى جزىء النشا بواسطة حامض الأيدروكلوريك ، علاوة على أن حبيبات النشا تكون مغلفة فى بعض المصادر

النباتية بمواد أخرى فى الخلايا النباتية ، مما يؤدى إلى عدم قدرة الحامض على إذابة النشا .

ويتضمن الجدول التالى الطرق المختلفة فى تقدير النشا مقارنة ببعضها من حيث النتائج .

جدول رقم (٨)

النسبة المئوية للنشا فى بعض المصادر النباتية المستنتجة باستعمال الطرق المختلفة.

المصدر النباتى	طريقة الاستقطاب الضوئى	طريقة الترسيب (راسك)	طريقة سوليفان	طريقة التحليل اللونى	طريقة التحليل المائى
بطاطا مبروكة	٪٧٠,٤٧	٪٦٨,٦٢	٪٦٨,١٨	٪٦٨,٩٧	٪٧٢,٠٧
أذرة أمريكى	٪٧١,٤٩	٪٦٩,٨٦	٪٦٨,٦٤	٪٧٠,٢٠	٪٧٢,٣٨
أذرة محلى	٪٧٢,٧٩	٪٦٩,٦٤	٪٦٩,٠٨	٪٧١,٦٠	٪٧٣,٢٣
قمح	٪٦٩,٦٧	٪٦٨,٣٠	٪٦٨,٢٠	—	٪٧٠,٣٦
أرز	٪٨١,٩٠	٪٧٨,٣٧	٪٨٠,٦٨	٪٧٠,٨٧	٪٨٣,٤٠

ويتبين من هذا الجدول أن الطرق المختلفة لا تعطى نتائج مماثلة ، حيث نجد أن طريقة التحليل المائى بالأحماض . أعطت نتائج مرتفعة بالنسبة إلى الطرق الأخرى ، مما يدل على أن بعض المكونات الأخرى خلاف النشا تتحلل مائيا ، كما أن طريقتى راسك (٣) وسوليفان (٢) أعطت نتائج منخفضة ، ولعل السبب فى ذلك يرجع إلى عدم ذوبان كل النشا الموجود فى المصدر النباتى فى طريقة (راسك) وإلى اعتماد طريقة « سوليفان » على تكوين مركب ادمصاص معقد من النشا واليود، وهذا التفاعل ليس بالتفاعل المثالى أو الكامل Stoichemetric بالإضافة إلى تعدد العمليات التى تجرى أثناء عملية التقدير . كما يتبين أيضا أن النتائج المتحصل عليها

باستعمال طريقة الإذابة فى كلوريد الكالسيوم ثم قياس الاستقطاب الضوئى للمحلول النشوى الذائب هى أقرب إلى الحقيقة ، وكذلك يتبين أن نوع المصدر النباتى ذاتأثير على النتائج المتحصل عليها باستعمال الطرق المختلفة . فعلى سبيل المثال نجد أن طريقة التحليل المائى بواسطة الأحماض تعطى نتائج مشابهة تقريبا للنتائج المتحصل عليها من طريقة « ايرل » المعتمدة على قياس درجة الاستقطاب الضوئى فى حين أنه يوجد اختلاف ملموس فى حالة الذرة والقمح .

وللتعرف على مدى صلاحية طريقة الاستقطاب الضوئى أجرى فى هذا البحث تقدير النشا فى مصادر نباتية مختلفة بإذابة النشا بواسطة محلول كلوريد الكالسيوم كما هو متبع فى هذه الطريقة ، ثم قدرت النسبة المئوية للنشا بواسطة قياس الاستقطاب الضوئى فى جزء من المحلول المحتوى على النشا الذائب ، وقدرت النسبة المئوية للنشا فى جزء آخر من المحلول بواسطة طريقة التحليل المائى باستعمال حامض الأيدروكلوريك (٥و٠ س) ويتبين من النتائج المذكورة فى الجدول (٩) أنها متقاربة فى كلتا الحالتين ، كما أنه يثبت كفاءة طريقة قياس الاستقطاب الضوئى التى أدخلت بواسطة « ايرل ، ملنر » (١) .

الجدول رقم (٩)

النسبة المئوية للنشا لبعض المصادر النباتية المستنتجة من طريقة إذابة النشا بواسطة محلول كلوريد الكالسيوم ثم قياس الاستقطاب الضوئى وبعد إجراء التحليل المائى المباشر للمحلول

المصدر النباتى	طريقة قياس الاستقطاب الضوئى	طريقة التحليل المائى المباشر لكلوريد الكالسيوم
بطاطا مبروكة	٧٠و٤٧ ٪	٧٠و٩٢ ٪
أذرة أمريكى	٧١و٤٩ ٪	٧١و٧٨ ٪
أذرة محلى	٧٢و٤٩ ٪	٧٣و١٣ ٪
قمح	٦٩و٦٧ ٪	٧٠و٩٠ ٪
أرز	٨١و٩٠ ٪	٨١و٦٤ ٪

وفيما يلى نذكر الطريقة القياسية التى اعتمدت من جمعية C.I.R.F. الألمانية سنة ١٩٦٣ وهى كالآتى (١٣) :

تعتمد هذه الطريقة على إذابة حبيبات النشا من المصدر النباتى المراد تحليله بمعاملته بواسطة محلول مائى من كلوريد الكالسيوم . ثم تقدر كمية النشا بطريقة الاستقطاب الضوئى . ولعدم تعرض طريقة التحليل للسكونات الأخرى التى قد توجد مصحوبة مع النشا فى المصدر النباتى المراد تحليله ، فيجب أولا استبعاد هذه السكونات وخاصة السكريات الأحادية والأليجو التى يمكن التخلص منها بعمليات الاستخلاص ، وكذلك المواد البروتينية التى يمكن ترسيبها والتخلص منها .

١ — المحاليل :

(١) محلول كحول الإيثايل : يذاب جرام واحد من كلوريد القصديريك فى الماء (٩٠٠ سم ٣) ثم يكمل المخلوط إلى لتر واحد بإضافة كحول الإيثايل (٩٥٪) ويرج المحلول جيداً .

(٢) محلول كلوريد الكالسيوم : يذاب ملح كلوريد الكالسيوم المائى (٥٥ جرام) فى الماء (٧٦٠ سم ٣) ثم تعدل كثافة المحلول بحيث تكون (١٫٣) على درجة حرارة (٢٠° م) تعدل درجة الحموضة بحيث يكون تركيز أيون الأيدروجين (٢ ± ١٫٠) .

(٣) محلول خلات اليورانيل : تذاب خلات اليورانيل (١٠ جرام) فى الماء (٨٠ سم ٣) ثم يضاف إلى المخلوط حامض خليك (٢ سم ٣) ويجب مراعاة عدم تسخين المحلول أكثر من (٦٠° م) لذوبان ملح خلات اليورانيل . ويخلط هذا المخلوط بواسطة محلول كلوريد الكالسيوم (١٠٠ سم ٣ المحضر فى بند ٢) ويمكن استبدال هذا المحلول بتحضير محلول كلوريد القصديريك ، وذلك بإذابة كلوريد القصديريك (٢٫٥ جرام) فى محلول كلوريد الكالسيوم (١٠٠ سم ٣ المحضر فى بند ٢) ولا يعطى هذا المحلول الأخير نتائج مرضية فى بعض الحالات .

ب — الأجهزة :

يستعمل بولاريميتر أو سكاريميتر له قدرة قياس الضوء المستقطب بنسبة خطأ (١٫٠ ±) ويؤخذ متوسط لعدة قراءات باستعمال أنبوبة طولها واحد أو اثنان ديسمتر ، ويجب أيضا استعمال الضوء الأصفر المنبثق من مصباح صوديوم .

ج — طريقة إجراء التحليل :

(١) يطحن حوالى (٥ جرام) بواسطة طاحونة كهربائية حتى تصبح الحبيبات دقيقة ومتجانسة ويفضل أن تمر الحبيبات من منخل قطر ثقوبه (١٫٢ مم) ثم تقدر الرطوبة فإذا كانت أقل من (٢٠ ٪) يجرى التحليل فى العينة مباشرة وإذا كانت أعلى من ذلك فيجب أن تفرش العينة فى طبق زجاجى وتجفف فى فرن درجة حرارته (١٠٥° م مدة ١٤ إلى ٢٤ ساعة) .

(٢) يوزن بدقة حوالى (٢ جرام) من العينة وتنقل إلى أنبوبة اختبار ، ويضاف إليها كحول إيثايل (١٠ سم٣) وتغلق وترج جيدا لمدة دقيقتين ، ثم ترشح محتويات الأنبوبة بواسطة قمع بوخنر تحت التفريغ باستعمال ورق ترشيح من النوع السميك . ويجرى غسل العينة عدة مرات بواسطة كحول الإيثايل السابق استعماله بحجم كلى (٥ سم٣) وتترك العينة تحت التفريغ حتى تمام تجفيفها ، ويعمل محلول كحول الإيثايل المستعمل على إذابة السكريات التى لها نفس القدرة على تحويل الضوء المستقطب والتى قد تؤثر على نتيجة التحليل ، بينما كلوريد القصديريك يعمل على توقف نشاط الأنزيمات ، وبالتالى لا يتحلل النشا .

(٣) تنقل ورقة الترشيح بمحتوياتها فى كأس سعة (٢٥٠ سم٣) ويضاف اليها ماء مقطر (١٠ سم٣) ويخلط جيدا مع العينة باستعمال محرك زجاجى ، ثم يضاف محلول كلوريد الكالسيوم (٦٠ سم٣) وتوضع علامة على الكأس تبين الحجم الكلى للمخلوط ، ثم يجرى تسخين المحتويات على سخان كهربائى مع مراعاة بدء الغليان بعد خمس دقائق ، ويستمر ذلك مدة نصف ساعة أخرى ، مع مراعاة التقليب باستمرار وإضافة ماء مقطر للمحافظة على الحجم الكلى للمستوى المائى أثناء الغليان عند العلامة الموضوعة .

(٤) تبرد محتويات الكأس مباشرة ، ثم تنقل إلى دورق معيارى (١٠٠ سم٣) ويضاف اليها محلول خلات اليورانيل (١٠ سم٣) وتكمل محتويات الدورق المعيارى للعلامة (١٠٠ سم٣) باستعمال محلول كلوريد الكالسيوم وترج جيدا .

٥) ترشح محتويات الدورق خلال ورق ترشيح (واتمان نمرة ٢) فى دورق مخروطى مع مراعاة استبعاد الكميات الأولى من المترشح (١٠ سم٣) .

(٦) ينقل المترشح فى أنبوبة جهاز البولاريميتر طولها ٢ ديسيمتر وتقاس درجة التحويل الضوئى المستقطب .

(٧) تجرى تجربة بيضاء متبعا جميع الخطوات المذكورة وتقاس قراءة الصفر .

و — ملاحظات :

(١) إذا كان المترشح عكرا وغير شفاف ، فتعاد خطوات التحليل المذكورة سابقا باستبدل محلول كلوريد الكالسيوم درجة تركيز أيون الأيدروجين قد خفضت إلى ٠٫٠٢ باستعمال حامض خليك .

(٢) إذا كانت هناك صعوبة فى ضبط تركيز أيون الأيدروجين بواسطة حامض الخليك الثلجى فى محلول كلوريد الكالسيوم ، فيستعمل بدلا منه محلول مائى من حامض خليك تركيزه (١٠ ٪) .

(٣) يمكن استعمال محلول « كاريز » Carrez بدلا من محلول خلات اليورانيل أو محلول كلوريد القصديريك لترسيب البروتينات ، ويحضر هذا المرسب من محلولين :

محلول (ا) عبارة عن محلول مائى من حديدى فريسيانيد البوتاسيوم ١٥ ٪ .

محلول (ب) عبارة عن محلول مائى من كبريتات الزنك (٣٠ ٪) .

يضاف ٢ سم٣ محلول كاريز (ا) بعد عملية التبريد فى الخطوات المذكورة سابقا ، وبعد رج المخلوط جيدا يضاف ٢ سم٣ محلول كاريز (ب) ويرج رجا جيدا ، ثم تكمل للعلامة (١٠٠ سم٣) بواسطة محلول كلوريد الكالسيوم المستعمل .

(٤) تستعمل هذه الطريقة لأنواع الأذرة المختلفة أو منتجاتها الثانوية فى الصناعة ، كما يمكن استعمالها أيضا فى الحبوب عامة .

أما فى حالة تقدير النشا فى النباتات الدرنية عامة (مثل البطاطا والبطاطس) فيمكن استعمال نفس الطريقة بإدخال تعديل بسيط وهو خلط رمل محترق (٣سم٣) مع وزن العينة المعلوم فى كأس قبل إضافة الماء المقطر (١٠ سم٣)، ثم تقلب المحتويات جيدا لمدة ثلاث دقائق مع مراعاة نقل المخلوط بعد التسخين بمحلول كلوريد الكالسيوم وتبريده إلى دورق معيارى (سعة ٢٠٠ سم٣) بدلا من (١٠٠ سم٣) كما ذكر سابقا .

والغرض من إضافة الرمل المحترق إلى عينات الدرنات هو إمكان استعمال العامل (٢٠٣) فى طرق تقدير النتائج ، وهو نفس العامل المستعمل فى تقدير نسبة النشا فى الذرة ، حيث إن الاختلاف فى درجة التحويل للضوء المستقطب تختلف تبعا لنوع النشا المراد تقديره .

(٥) يمكن استعمال جهاز بولاريميتر نسبة الخطأ فيه (± ٠,٠٥) على أن يؤخذ متوسط قراءات عديدة ، كما يجب إجراء التقدير مرتين متتاليتين ، ويجب ألا يزيد الفرق بين التحليلين عن ٠,٥ ٪ .

هـ — طريقة الحساب بالنسبة للذرة أو الحبوب عامة :

$$\text{٪ النشا فى العينة على المادة الجافة} = \frac{\text{ع} \times ١٠٠٠٠٠٠}{٢ \times ٢٠٣ \times \text{و} \times (١٠٠ - \text{ط})}$$

حيث ع = متوسط درجة تحويل الضوء المستقطب .

و = وزن العينة بالجرام .

ط = نسبة الرطوبة المئوية فى العينة .

ويلاحظ أن تضرب النتيجة (×٢) فى حالة استعمال أنبوبة طولها ديسيمتر واحد.

بالنسبة للدرنات عامة (مثل البطاطا والبطاطس) :

$$\text{٪ نشا فى العينة على المادة الجافة} = \frac{\text{ع} \times (٢٠٠ - \text{ك})}{٢ \times ٣٠٢ \times \text{و} \times (١٠٠ - \text{ط})} \times ١٠٠٠٠$$

حيث ك = حجم الرمل المستعمل فى التقدير بالسنتيمتر المكعب .

وإذا استعمل سكاريميتر بدلا من بولاريميتر تحول درجات الضوء المستقطب كالآتى .

$$\text{درجات تحويل الضوء المستقطب} = \frac{\text{Ventzke}}{2.888}$$

ملخص البحث

١ — شمل هذا البحث دراسة عدة طرق لتحليل النشا وإجرائها على بعض المصادر النباتية الاقتصادية فى الجمهورية العربية المتحدة .

٢ — تبين أن بعض الطرق الأخرى ، وهى طرق الترسيب أو الطرق المعتمدة على اللون الناتج من تفاعل النشا مع اليود تعطى نتائج منخفضة .

٣ — أن الطريقة المعتمدة على إذابة النشا بواسطة محلول كلوريد الكالسيوم قياس درجة الاستقطاب الضوئى (طريقة ايرل) تعطى نتائج صحيحة علاوة على سهولة وسرعة إجرائها .

٤ — اعتمدت طريقة (إيرل) بعد إدخال بعض التعديلات أخيراً فى عام ١٩٦٣ من جمعية C.I.R.F. الألمانية وذكرت بالتفصيل فى البحث .

المراجع

1) Earle, F.R. and Milner, R.T. Cereal Chem., 21, 567, 1944.

2) Sullivan, J.T. J. Assoc. Offic. Agr. Chem., 18, 629, 1935.

3) Rasko, O. J. Assoc. Offic. Agr. Chem., 10, 108, 1927.

4) Hffpauir, G.L. J. Assoc. Offic. Agric. Chem., 32, 291, 1949.

5a) Kerr, R.W. Chemistry and Industry of Starch. Academic Press Inc. publishers (1950) New York.

5b) Kerr, R.W. and Trubell, O.R. Paper Trade. 25, 117, 1943.

6) Tatsuo Meazawa and Matsutaro Okubo (Chiba Prefec Agr. Expt. St.) J. Utilization Agr. products 1, 16 — 19, 1953.

7) Tatsuo Meazawa, Matsutaro Okubo and Sachio Hayakawa. (Chibo Prefee Agr. Expt. St.) Hakko Kagaku. Zasski. 35, 9-12 (1957)

8) Neyes, W.A. et al. J. Amer. Soc., 26, 266, 1904.

9) Chem., Ztg. 19, 1501 (1895) cited from Sugar Analysis by Brown and Zerban (John Wiley and Sons). Third edition, 1941.

10) Methods of Analysis. A.O.A.C. 5th ed., p. 359, 1940.

11) Methods of Analysis. A.O.A.C. 5th ed., p. 360, 1940.

12) Schoorl. J. Chem. Weekble (Amsterdam) 12, 481, 1915.

13) Die Starke, 15, 267, 1963.