التخزين

يتطلب تخزين الجذور لأطول فترة ممكنة أن تكون تامة النضج، وخالية من الجروح والخدوش، وخالية من الإصابة بالأعفان، ومعالجة جيدًا، وأن تبقى - بصفة دائمة - فى درجة الحرارة والرطوبة النسبية التى يوصى بها.

طرق التخزين

طرق التخزين التقليدية

تخزن البطاطا فى مصر بإحدى طريقتين:

١ - ترك الجذور بدون حصاد:

يمكن تخزين الجذور بهذه الطريقة لمدة ١-٣ شهور. ويشترط لنجاحها أن تكون المنطقة جافة وخالية من الأمطار، وألا تروى الأرض خلال فترة التخزين. ويعاب عليها شغل الأرض لمدة ثلاثة شهور، واحتمال إصابة الجذور بالحشرات وهى فى الأرض.

٢ - التخزين تحت وقايات خاصة لحمايتها من الشمس:

يمكن تخزين الجذور بهذه الطريقة لمدة تتراوح من شهر إلى شهر ونصف. توضع الجذور تحت مظلات فى أكوام لا يزيد ارتفاعها عن متر. ويفضل لنجاحها أن تجرى فى مناطق لا تنخفض فيها درجة الحرارة عن ١٠°م، وتكون رطوبتها النسبية مرتفعة نوعًا (مرسى وآخرون ١٩٦٠).

ونظرًا لأن الطرق التقليدية لا تناسب تخزين البطاطا لفترات طويلة؛ لذا .. يوصى بقصر اتباعها على الحالات التى يسوق فيها المحصول محليًا فى خلال أسابيع قليلة من الحصاد. أما استمرار تصدير البطاطا وتسويقها بأسعار مجزية فى غير موسمها، فإنه يتطلب تخزينها تحت ظروف جيدة لفترات طويلة يمكن أن تصل إلى تسعة شهور.

طرق التخزين الحديثة والظروف المثلى للتخزين

يتطلب تخزين البطاطا لفترات طويلة - مع استمرار المحافظة على جودتها - أن يجرى فى مخازن خاصة يمكن التحكم فى حرارتها ورطوبتها، وأن تتوفر فيها مجموعة من الشروط، كما يلى:

١ - جودة التهوية.
٢ - النظافة.
٣ - إحكام القفل.
٤ - سهولة تطهيرها من آن لآخر.
٥ - أن تكون مزودة بأرفف.
٦ - أن تكون قريبة من مناطق الإنتاج والتسويق.

تجب إزالة البطاطا القديمة من المخازن بصورة دائمة لأنها تكون أكثر عرضة للإصابة بالأعفان ومصدرًا متجددًا لها، وكذلك التخلص من أى قمامة قد توجد بالمخازن. ويتم تطهير أرضية المخزن وجدرانه وعبوات البطاطا ... إلخ بإحدى طريقتين، كما يلى:

١ - الرش بكبريتات النحاس بتركيز ٠,٥٪.

٢ - التدخين بغاز الفورمالدهايد أو بالكلوروبكرن مع إحكام غلق المخزن مدة المعاملة.

وفى هذه المخازن .. تخزن جذور البطاطا المعالجة جيدًا - ودون غسيل أو تطهير - فى حرارة ١٤ ± ١°م مع رطوبة نسبية ٩٠-٩٥٪، حيث تتحمل معظم أصناف البطاطا التخزين لمدة تتراوح بين أربعة، وسبعة شهور. وفى إحدى الدراسات أمكن تخزين جذور البطاطا المعالجة لمدة عام كامل على حرارة ١٥,٦°م ورطوبة نسبية ٩٠٪ دون أن تتعرض للتنبيت. كان معدل التنفس أعلى ما يمكن يوم الحصاد، وانخفض أثناء العلاج، واستمر فى الانخفاض بمعدل أقل خلال الشهور العديدة الأولى من التخزين، ثم ظل ثابتًا بعد ذلك. وقد ساهم التنفس بقدر أكبر فى الفقد فى الوزن خلال الفترة الأخيرة من التخزين عما كان عليه الحال خلال فترة العلاج أو خلال الشهور الأولى من التخزين. هذا .. إلا أن معظم الفقد فى الوزن كان مردة إلى الفقد الرطوبى. وحدث أكبر فقد فى الوزن خلال فترة العلاج واستمر بمعدل أقل خلال التخزين. وتراوح الفقد الكلى فى وزن الجذور المعالجة بعد ٥٠ أسبوعًا من التخزين بين ٦,٧٪ فى الصنف Rojo Blanco، و ١٦,١٪ فى الصنف Travis (Picha ١٩٨٦).

ويؤدى تخزين الجذور فى حرارة تزيد عن ١٦°م إلى ظهور الأضرار التالية:

١ - تبرعم الجذور خاصة فى الرطوبة العالية، وتزداد سرعة التبرعم - الذى يكون

مصاحبًا بزيادة فى معدل التنفس وفى الفقد فى الوزن - بزيادة الارتفاع فى درجة الحرارة.

٢ - تجوف الجذور، فتصبح لبية pithy نتيجة لزيادة اتساع المسافات بين الخلايا فى المركز، وهى ظاهرة تحدث - كذلك - عند زيادة فترة العلاج عما ينبغى لها.

٣ - تظهر مناطق فلينية داخلية على صورة بقع كثيرة متشابكة، يحدثها فيرس يكمن فى الجذور المصابة، ولا تظهر أعراضه إلا عند تخزين الجذور فى حرارة مرتفعة (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

هذا .. ولا تجب زيادة الرطوبة النسبية عن ٩٥٪ لتجنب تغيرات اللون السطحية التى قد تطرأ على الجذور فى هذه الظروف التى يزداد فيها كذلك احتمالات إصابتها بالفطريات السطحية. وفى ٩٠-٩٥٪ رطوبة نسبية تفقد الجذور حوالى ٠,٥-١,٥٪ من وزنها شهريًا، ويزداد هذا الفقد إلى الضعف عند انخفاض الرطوبة النسبية إلى ٥٠-٦٠٪.

هذا ولا غنى عن تهوية جيدة فى مخازن البطاطا، وبمعدلات تسمح بتجديد هواء المخزن كاملاً كل حوالى ساعتين وذلك لمنع تراكم ثانى أكسيد الكربون ولتجديد الأكسجين. كما يجب - لأجل زيادة كفاءة التهوية - وضع العبوات بحيث تبعد عن أرضية المخزن وجدرانه بحوالى ١٠-١٥ سم.

وقد أظهرت الدراسات أن تخزين جذور البطاطا فى ٣٪ ثانى أكسيد كربون، و ٧٪ أكسجين كان أفضل من التخزين فى الهواء العادى من حيث تقليل تلك الظروف للفقد فى وزن الجذور وإصابتها بالأعفان. وتؤدى زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون عن ٥٠٪ أو نقص الأكسجين عن ٧٪ إلى تكون طعم كحولى غير مرغوب فيه بالجذور. وعمومًا .. فإنه لا يوصى حاليًا بتخزين البطاطا فى جو معدل أو متحكم فى مكوناته.

ولا يمكن لجذور البطاطا تحمل التخزين لفترات طويلة فى أى من الحالات التالية:

١ - عند سبق تعرضها لرطوبة أرضية عالية جدًا قبل حصادها مباشرة.

٢ – عند تعرضها لحرارة ١٠°م أو أقل من ذلك لمدة أسبوع أو أكثر قبل الحصاد أو بعده.

٣ – إذا تأخر علاجها لمدة يومين أو أكثر بعد الحصاد.

التغيرات المصاحبة للتخزين

نتناول بالشرح – فيما يلى – التغيرات التى تطرأ على بعض الخصائص الفيزيائية والفسيولوجية للجذور أثناء التخزين، ولمزيد من التفاصيل حول هذا الموضوع .. يمكن الرجوع إلى Uritani (١٩٨٢).

النقص فى الوزن

يرجع معظم النقص فى وزن الجذور أثناء التخزين (جدول ١٤–١) إلى الفقد الرطوبى، ويبلغ النقص فى الوزن نحو ٢–٦٪ أثناء فترة العلاج، ثم حوالى ٢٪ شهريًا بعد ذلك أثناء التخزين. ويزيد الفقد الرطوبى بارتفاع درجة حرارة التخزين، وعند نقص الرطوبة النسبية فى المخزن، وفى حالة عدم اكتمال عملية العلاج قبل التخزين. هذا .. ويمكن أن تفقد الجذور ١٠٪ من وزنها الطازج قبل أن تظهر عليها أعراض الذبول.

جدول (١٤–١): النسبة المئوية للفقد فى وزن جذور أربعة أصناف من البطاطا خلال العلاج والتخزين لفترات مختلفة.

	الفقد الكلى فى الوزن (٪) فى أصناف			
الفترة	Travis	Centennial	Jaspar	Jewel
العلاج[أ]	٣,٣	٢,٥	٢,٤	٢,١
التخزين[ب]				
٤ أسابيع	٥,١	٣,٨	٣,٩	٣,٤
١٠ أسابيع	٨,٠	٦,٠	٦,١	٥,٤
٣٠ أسبوع	١١,٥	٩,٤	٨.٨	٧.٧
٤٦ أسبوع	١٥,٢	١٢,١	١١,٣	٩,٤

[أ] أجرى العلاج لمدة ١٠ أيام على حرارة ٣٢°م ورطوبة نسبية ٩٠٪.

[ب] أجرى التخزين على ١٥,٦°م ورطوبة نسبية ٩٠٪.

وإلى جانب الفقد الرطوبى .. فإن نسبة من الفقد فى الوزن تحدث نتيجة ما يلى:

١ – فقدان المادة الجافة؛ نتيجة للتنفس الذى يزداد معدله بارتفاع درجة الحرارة.

٢ – تنبيت (تزريع) الجذور، وهو يزداد عند ارتفاع درجة الحرارة عن ١٨°م.

٣ – الإصابة بالأعفان، وتكون الإصابة أقل ما يمكن فى حرارة ١٣°م، وهى الدرجة المناسبة للتخزين.

النشا والسكريات

يزداد محتوى الجذور من السكروز، والسكريات الكلية أثناء فترتى العلاج والتخزين؛ فبينما تكون نسبة السكريات حوالى ٣٪ عند الحصاد .. فإنها تزيد بسرعة كبيرة أثناء فترة العلاج، ثم تستمر زيادتها ببطء أثناء التخزين، إلى أن تصل إلى حوالى ٦٪ بعد ثلاثة شهور من التخزين فى حرارة ١٥°م، ولكن تختلف الأصناف كثيرًا فى تلك الخاصية. وتقل سرعة التحول من النشا إلى سكر، مع ارتفاع درجة الحرارة ما بين ٤، و ٣٠°م.

يشكل السكروز – وحده – حوالى ٦٥٪ من السكريات الكلية، على الرغم من استمرار زيادة تركيز الجلوكوز والفراكتوز بعد العلاج وأثناء التخزين.

وتؤدى تلك الزيادة فى تركيز السكريات إلى زيادة حلاوة الجذور، وزيادة طراوتها عند الأكل.

ويقابل ذلك انخفاض تركيز النشا فى جذور البطاطا – تدريجيًّا – أثناء العلاج، ويستمر ذلك لمدة حوالى خمسة شهور أثناء التخزين.

وبينما يتكون حوالى ٧٥٪ من النشا من الأميلوبكتين عند الحصاد، فإن تلك النسبة تزداد إلى ٨٠٪ – مع ٢٠٪ أميلوز – بعد العلاج.

وقد درس Picha (١٩٨٦) التغيرات التى تحدث – فى محتوى جذور ستة أصناف من البطاطا – فى المواد الكربوهيدراتية بعد العلاج لمدة ١٠ أيام على ٣٢°م و ٩٠٪ رطوبة نسبية وأثناء التخزين لمدة ٤٦ أسبوعًا على ١٥,٦°م و ٩٠٪ رطوبة نسبية، ووجد ما يلى:

١ – ازداد السكروز – وهو السكر الرئيسى فى البطاطا الطازجة – ازداد بشدة أثناء العلاج واستمر فى الزيادة فى أربعة أصناف ذات جذور برتقالية اللون داخليًا على امتداد فترة التخزين، بينما انخفض تركيز السكروز بعد العلاج فى صنفين من ذوات الجذور البيضاء داخليًا، ثم ازداد فيهما بعد ١٤ أسبوعًا من التخزين.

٢ – كان تركيز الجلوكوز أعلى قليلاً عن تركيز الفراكتوز فى جميع الأصناف فيما عدا الصنف سنتينيال Centennial الذى تساوى فيه تركيز الجلوكوز والفراكتوز.

وأوضحت دراسات Huang وآخرون (١٩٩٩) حدوث زيادة كبيرة فى نشاط الإنزيم انفرتيز invertase (وهو: <beta>-fructofuranosidase) وفى تركيز السكريات المختزلة فى الجذور التى خزنت لمدة ٧ أسابيع على ٤,٥°م، وذلك مقارنة بالحالة فى تلك التى خزنت على ١٥,٦، أو ٢٤°م. وكان الإنزيم acid invertase أكثر الإنزيمات أهمية فى التأثير على مستوى السكريات المختزلة فى جذور البطاطا المخزنة.

وبينما كانت السكريات الرئيسية فى جذور البطاطا الطازجة هى السكروز، والجلوكوز، والفراكتوز، فإن السكريات الرئيسية فى الجذور المشوية فى الفرن كانت المالتوز، والسكروز، والجلوكوز، والفراكتوز (Picha ١٩٨٥).

المواد البكتينية والصلابة

ينخفض محتوى الجذور من المواد البكتينية، كما تنخفض صلابتها بنسبة قد تصل إلى ٤٠٪ خلال الستة شهور الأولى من التخزين. وبينما ينخفض تركيز البروتوبكتين ويزداد تركيز البكتينات الذائبة أثناء العلاج، فإن العكس يحدث أثناء التخزين.

اللون والصبغات الكاروتينية

يزداد تركيز اللون والصبغات الكاروتينية أثناء العلاج وخلال الفترة القصيرة الأولى من التخزين.

حامض الأسكوربيك

ينخفض تركيز حامض الأسكوربيك فى جذور البطاطا خلال العلاج والتخزين.

التنفس

يزداد معدل التنفس بشدة بعد الحصاد مباشرة، ثم ينخفض أثناء العلاج وخلال الشهور الأولى من التخزين. وقد أوضحت دراسات Ravi (١٩٩٧) أن معدل التنفس يكون أعلى فى الجذور المخدوشة عما فى المقطوعة حتى عمق ٢-٣ سم.

إنتاج الإثيلين

يستدل من دراسات Amand & Randle (١٩٨٩) أن الإثيلين يلعب دورًا فى عملية اللجننة وتكوين البيريدرم فى جذور البطاطا المجروحة.

ويزداد معدل إنتاج الإثيلين بشدة فى جذور البطاطا المصابة بالفطر *Ceratosystis fimbriata* مسبب مرض العفن الأسود (Okumura وآخرون ١٩٩٩).

ويجب عدم تعريض جذور البطاطا للإثيلين أثناء تخزينها وتداولها؛ ذلك لأنه يحفز تمثيل المركبات الفينولية التى تزيد من التغيرات اللونية بالجذور. ولذا .. يراعى عدم تخزين البطاطا مع الخضر والفاكهة المنتجة للإثيلين، مثل الموز، والمانجو، والكنتالوب.

الانهيار الداخلى

تحدث ظاهرة الانهيار الداخلى internal breakdown للجذور نتيجة لزيادة أحجام المسافات بين الخلايا، فتصبح الجذور لبيّة pithy، وذلك بسبب تعرض الجذور أثناء تخزينها لحرارة عالية، وأحيانًا يكون ذلك بسبب تعرضها لرطوبة نسبية منخفضة. وتختلف أصناف البطاطا فى شدة حساسيتها للإصابة بتلك الظاهرة؛ فهى - على سبيل المثال - أكثر ظهورًا فى الصنفين جاسبر Jasper، وسنتينيال Centennial.

أضرار البرودة

تصاب جذور البطاطا بأضرار البرودة chilling injury إذا تعرضت لحرارة تقل عن ١٢°م، وهى الدرجة التى يمكن أن تتعرض لها شتاءً وهى مازالت فى التربة قبل الحصاد، أو أثناء الحصاد والتداول والتخزين فى المخازن العادية غير المتحكم فى حرارتها.

وتظهر أعراض أضرار البرودة على الجذور فى غضون أسبوع واحد فى ٤°م، وتزيد المدة فى درجات الحرارة الأعلى حتى ١٠°م، وتقصر فى درجات الحرارة الأقل حتى درجة التجمد (حوالى -١,١°م). وتقل الأضرار فى الجذور التى سبق علاجها جيدًا.

ومن أهم أعراض أضرار البرودة، ما يلى:

١ - ذبول و "كرمشة" الجذور.

٢ - ظهور النقر السطحية.

٣ - تكوين بيريدرم الجروح بصورة غير طبيعية.

٤ - الإصابة بالأعفان الفطرية.

٥ - حدوث تحلل وتلون بنى بالأنسجة الداخلية التى تصبح - كذلك - لبيّة (مخوخة) pithy. ويرتبط ذلك بتمثيل حامض الكلوروجنك chlorogenic والمركبات الفينولية.

٦ - فقدان خصائص الجودة الأكلية للبطاطا المشوية بظهور طعم غير مقبول بها، مع صلابة قلبها.

تتوقف شدة الإصابة بأضرار البرودة على شدة الانخفاض فى درجة الحرارة عن ١٢°م ومدة التعرض للحرارة المنخفضة. ولا تظهر أضرار البرودة - عادة - إلا بعد إعادة الجذور للحرارة العالية.

وتتباين أصناف البطاطا قليلاً فى شدة حساسيتها لأضرار البرودة، كما تزداد الحساسية فى الجذور غير المعالجة عما فى الجذور المعالجة (جدول ١٤-٢).

ولقد ظهرت أعراض أضرار البرودة الخارجية - المتمثلة فى النقر السطحية ثم الإصابة الفطرية - فى جذور ستة أصناف من البطاطا بعد تعرضها لحرارة ٧°م لمدة أسبوعين أو أكثر من ذلك ثم تخزينها على ١٥,٦°م. وظهرت أعراض أضرار البرودة داخليًا - وخاصة زيادة دكنة لون الحزم الوعائية - فى جذور البطاطا غير المعاملة من الصنفين هوايت استار Whitestar، وروجو بلانكو Rojo Blanco بعد تعرضها لحرارة ٧°م لمدة ثلاثة أسابيع وفى الصنف سنتينيال Centennial بعد تعرضها لتلك الدرجة لمدة ٤ أسابيع قبل تخزينها على ١٥,٦°م. وكان جول Jewel أكثر الأصناف تحملاً للحرارة

المنخفضة. وقد ازدادت أضرار البرودة ومعدل التنفس بزيادة فترة التعرض لحرارة ٧°م وفى الجذور غير المعالجة عما فى الجذور المعالجة (Picha ١٩٨٧).

جدول (١٤-٢): نسبة الجذور التى ظهرت عليها أعراض أضرار البرودة فى أربعة أصناف من البطاطا بعد فترات مختلفة من التعرض لحرارة ٧,٢°م ثم التخزين لفترات مختلفة على ١٥,٦°م.

المعاملة	الجذور المصابة بأضرار البرودة (٪) فى أصناف (أ)			
	Travis	Centennial	Jasper	Jewel
علاج + أسبوع على ٧,٢°م + ٤ أسابيع على ١٥,٦°م	صفر	صفر	صفر	صفر
علاج + ٢ أسبوع على ٧,٢°م + ٣ أسابيع على ١٥,٦°م	صفر	١١	١١	٦
علاج + ٣ أسابيع على ٧.٢°م + ٢ أسبوع على ١٥,٦°م	٦	٢٥	٢٥	٢٣
علاج + ٤ أسابيع على ٧,٢°م + أسبوع على ١٥,٦°م	٧	٣٦	٣٧	٣٨

(أ): ظهرت أضرار البرودة على مالا يقل عن ١٠٪ من السطح الخارجى للجذر - فى صورة نقر سطحية أو عفن فطرى - فى جميع الجذور التى صنفت على أنها مصابة بأضرار البرودة.

التصدير

تعتبر الولايات المتحدة الأمريكية أكثر الدول المصدرة للبطاطا، ويأتى بعدها فى المرتبة إسرائيل وجنوب أفريقيا، ثم مصر.

ويبلغ إجمالى كميات البطاطا المصدرة من مصر سنويًا حوالى ٤٠٠٠ طن، وهو ما يعادل حوالى ٢٪ من الإنتاج الكلى.

تطلب الأسواق الأوروبية البطاطا على امتداد العام، ويزداد الطلب عليها خلال فصل الشتاء.

وبينما يزداد الطلب على استهلاك البطاطا فى الدول الأوربية فإنها - وعلى خلاف عديد من الحاصلات الأخرى - لا تخضع لأى قيود تتعلق باستيرادها فى دول السوق