الفصل الأول

البطاطس

الحصاد

يتطلب إجراء الحصاد بطريقة مناسبة مراعاة بعض الأمور؛ مثل تحديد الموعد المناسب للحصاد وطريقة التخلص من النموات الخضرية، وطريقة الحصاد ذاتها.

تحديد موعد الحصاد

يتوقف الموعد المناسب للحصاد على الغرض من الزراعة، والجانب الاقتصادى الخاص بالأسعار؛ فالبطاطس البلية تقلع قبل تمام نضجها، وتصدر للخارج، وتعامل بطريقة خاصة، حتى لا تتلف أثناء الشحن. وقد يلجأ بعض المنتجين إلى إجراء الحصاد فى مرحلة أكثر تقدمًا من النضج، إلا أن الدرنات لا تكون مكتملة النضج أيضًا، ويحدث ذلك عند ارتفاع الأسعار ونقص المعروض من المحصول فى الأسواق، إلا أن ذلك يكون على حساب المحصول الكلى؛ لأن المحصول يزداد زيادة كبيرة مع استمرار تقدم الدرنات فى النضج. وتستمر الزيادة فى المحصول، حتى بعد بداية موت أوراق النبات. وعلى المنتج أن يوازن ما بين الفرق فى الأسعار، والفرق فى كمية المحصول.

ويكتمل نضج معظم أصناف البطاطس فى خلال ١٠٠-١٢٠ يوم من الزراعة.

ومن بين أهم دلائل النضج الجيدة لدرنات البطاطس، ما يلى:

١- وصول الدرنات إلى أقصى حجم لها.

٢- مقاومة جلد الدرنة للتسلخ، حيث يكون قد اكتمل تكوينه، ويصعب خدش الدرنة أو سلخ الجلد عند الضغط عليها بالإبهام.

٣- يعد محتوى السكر دليلاً للنضج فى بطاطس التصنيع، علمًا بأن مستوى السكر يرتفع فى كل من الدرنات غير الناضجة والزائدة النضج.

٤- شيخوخة النموات الخضرية وبدء اصفرارها قبل الحصاد (فى حالة عدم قتلها وهى مازالت خضراء)، إلا أن الارتباط بين شيخوخة النموات الخضرية ومقاومة الجلد للتسلخ يتباين بين الأصناف (Voss ٢٠٠٤).

وأهم ما يعيب الحصاد المبكر ما يلى:

١- نقص المحصول.

٢- زيادة نسبة الدرنات المتسلخة، وزيادة فرصة تعرضها للإصابات الميكانيكية، ومن ثم زيادة فرصة إصابتها بالعطب، وضعف مقدرتها على التخزين

٣- زيادة نسبة السكريات فى الدرنات، فلا تصلح لعمل الشبس، أو القلى

ويعيب تأخير الحصاد ما يلى:

١- تتعرض الدرنات فى العروة الصيفية للإصابة بلفحة الشمس، وبفراش درنات البطاطس

٢- تتعرض الدرنات فى الجو البارد فى نهاية العروة الخريفية إلى زيادة نسبة السكر فيها، فلا تصلح لعمل الشبس، أو للقلى.

ولكن يجب تأخير قطع النموات إلى حين اكتمال نضج الدرنات حسب الصنف المزروع (Kandeel وآخرون ١٩٩١، و Chaurasia & Singh ١٩٩٢)

التخلص من النموات الخضرية قبل الحصاد

نظرًا للاهتمام بوقاية حقول البطاطس من الإصابات الحشرية والفطرية، فإن النموات الخضرية تبقى بحالة جيدة، حتى يحين موعد الحصاد، مما يستلزم التخلص منها قبل إجراء الحصاد.

ويتم التخلص من النموات الخضرية يدويًا، أو آليًا، أو كيميائيًا، ففى مصر تجرى هذه العملية يدويًا بإزالة العروش قبل الحصاد بيوم أو يومين وقد تجرى هذه العملية باستخدام آلات خاصة تقوم بتقطيع النموات الخضرية وجمعها وتعد كلتا الطريقتين

من الطرق السريعة التى تزداد معها حدة العيوب الفسيولوجية التى تصيب الدرنات.

ويوصى بتهيئة حقل البطاطس للحصاد عندما تكون الدرنات قد بلغت الحجم المناسب للصنف المزروع، وذلك بإعطاء الحقل رية غزيرة أخيرة، ثم – بعد يوم أو يومين – تقطع النموات الخضرية عند مستوى سطح الأرض، وهى التى تكون – غالبًا – قد بدأت فى الاصفرار يسمح ذلك الإجراء ببدء التغيرات التى تؤدى إلى زيادة سمك جلد الدرنة وغلق العديسات. يجب جمع النموات الخضرية المقطوعة والتخلص منها خارج الحقل حتى لا تكون مصدرًا لأى جراثيم مرضية يمكن أن تصيب الدرنات عند حصادها. وبعد نحو ٨–١٠ أيام من قطع النموات الخضرية تفحص درنات بعض النباتات للتأكد من أن جلد الدرنة أصبح سميكًا وتصعب إزالته بالإبهام، وبغير ذلك يؤخَّر الحصاد لأيام قليلة أخرى.

كما قد يتم التخلص من النموات الخضرية، وذلك برشها ببعض المركبات الكيميائية التى قد تقتلها بسرعة أو ببطء. ومن المركبات المستعملة لهذا الغرض ما يلى:

١– حامض الكبريتيك: يقتل النموات الخضرية بسرعة

٢– بخار الأمونيا يقتل النموات الخضرية فى خلال ٢٤ ساعة من المعاملة

٣– مركبات الداى نيترو dinitro المختلفة تقتل النموات الخضرية فى خلال ٤–١٠ أيام.

٤– حامض الكريزيلك Cresylic Acid.

٥– مركب النجراثال nigrathal (Ware & MaCollum ١٩٨٠).

٦– هارفيد Harvade: يستعمل بمعدل ١,١–٠,٣ كجم/هكتار (٠,٥–٠,١٢٥ كجم/فدان) قبل الموعد المتوقع للحصاد بنحو ١٤–٢٠ يومًا. يُمتص المركب خلال ٤–٦ ساعات من المعاملة، ويُحدث تأثيره بتكوين طبقة انفصال فى الأوراق التى تؤدى إلى سقوطها (Read ١٩٨٢)

٧– مبيد الحشائش دايتوسب dinoseb: ترش به النباتات قبل الحصاد بنحو أسبوعين، على ألا تقل درجة الحرارة عن ١٣°م

٨– مبيد الحشائش إندوثال endothall (كما في Disicate II) ترش به النباتات قبل الحصاد بنحو ١٠–١٤ يومًا.

٩– مبيد الحشائش باراكوات paraquat (كما في جراماكسون Gramaxoe): ترش به النباتات قبل الحصاد بثلاثة أيام، ولا يستخدم في حالة البطاطس التي يراد تخزينها، وتلك التي تستعمل كتقاو (Whitesides ١٩٨١).

١٠– مبيد الحشائش ديكوات:

إن مبيد الحشائش ديكوات Diquat (كما في رجلون Reglone) هو الأكثر استخدامًا لأجل تجفيف النموات الخضرية للبطاطس قبل حصادها، ولكن يُعاب عليه أن تجفيف السيقان – إن لم يكن كاملاً – يؤدي إلى استعادتها لنموها، كما أنه يؤدي إلى خفض الكثافة النوعية للدرنات

١١– جُرِّب استخدام مركب جديد أُعطي الرمز UCC-C4243 بمعدل ٤٣ جم للفدان مقارنة باستخدام الديكوات بمعدل ١١٤ جم للفدان، ووجد أن كليهما لم يؤثر في كمية المحصول إلا أن المركب UCC-C4243 كان أكثر كفاءة في عملية التجفيف حيث لم تظهر بعد المعاملة به نموات جديدة، كما أنه لم يخفض الكثافة النوعية للدرنات مثلما حدث مع استعمال الديكوات

والـ UCC-C4243 عبارة عن substituted uracil، وله تأثير واسع في تجفيف الحشائش لدى تعرضها لضوء الشمس، ويعمل من خلال تثبيط تمثيل الـ porphyrin وعديد من الإنزيمات (Pavlista ٢٠٠١)

١٢– الجلوفوسينيت – أمونيوم

يستعمل الجلوفوسينيت–أمونيوم glufosinate-ammonium في قتل النموات الخضرية للبطاطس قبل حصادها. وقد وجد – على مدى موسمين للزراعة – أن المعاملة بـ ٤٨ ، كجم من تلك المادة للهكتار (٠,٢ كجم للفدان) لم يكن لها أي تأثير على المحصول، كما أدت إلى زيادة نسبة الدرنات التي يتراوح قطرها بين ٣٥، و ٧٠

ملليمترًا، إلا أن المعاملة كان لها تأثيرات سلبية على كل من محتوى الدرنات من المادة الجافة، وفيتامين جـ، مع زيادة فى تركيز السكريات الحرة (Gonnella وآخرون ٢٠٠٩).

١٣- كابوكى:

يحتوى التحضير التجارى كابوكى Kabuki على المادة الفعالة بيرافلوفين-إثيل pyraflufeen-ethyl، وهو يستعمل بمعدل ٥٠٠ مل (سم^{3}) للفدان لأجل حرق النموات الخضرية للبطاطس؛ الأمر الذى يُستكمل فى خلال أسبوع من الرش

إن الرش بمجففات النموات الخضرية يعد أفضل وسيلة للتخلص من تلك النموات قبل الحصاد، وهى تكون أكثر فاعلية فى الجو الحار الصحو، على ألا تزيد الحرارة عن ٢٧°م، ولا يجب الرش عند توقع سقوط المطر أو فى وجود الندى يجرى الرش قبل الحصاد بنحو ١٠-٢١ يومًا حسب المادة المستعملة

ولتجنب مخاطر تلون طرفى الدرنة المتصل بالساق - الذى يحدث فى حالات القتل السريع للنموات الخضرية - يراعى ما يلى:

١- عدم زيادة المعدل المستخدم عن الحد الأقصى المسموح به، علمًا بأن ذلك الحد ينخفض بتقدم نضج المحصول.

٢- عندما يكون النمو الخضرى قويًا وغزيرًا يمكن - حسب المادة المستعملة - الرش مرتين بتركيز منخفض على أن يفصل بينهما مدة ٥-٧ أيام.

٣- عندما تكون النباتات نشطة فى النمو وشديدة الرهافة، وعندما تكون الحرارة عالية يجب استعمال مركبات بطيئة التأثير.

ويؤدى تأخير قتل النموات الخضرية فى البطاطس إلى زيادة الكثافة النوعية للدرنات، مع زيادة فى محتواها من كل من السكروز والجلوكوز (Sabba وآخرون ٢٠٠٧).

وعلى الرغم من أهمية التخلص من النموات الخضرية قبل الحصاد، فإن إجراءها

مبكرًا يؤدى إلى نقص المحصول، ونقص الكثافة النوعية للدرنات، وتلون الحزم الوعائية فى الطرف القاعدى للدرنات باللون البنى، وخاصة فى الخشب والأنسجة البرانشيمية المحيطة به وتزداد حدة هذه الأعراض عند اتباع وسائل القتل السريع للنموات الخضرية، بينما تقل هذه المشاكل أو تختفى عند اتباع وسائل القتل البطئ لهذه النموات فنجد – مثلاً – أن حالات تلون الحزم الوعائية لدرنات البطاطس تزداد عند استعمال المركبات التى تُحدث قتلاً سريعًا للنموات الخضرية؛ مثل حامض الكبريتيك، وكذلك الدكوات diquat، والدينوسب Dinoseb، بينما تقل كثيرًا حالة تلون الحزم الوعائية عند استعمال المركبات التى تحدث قتلاً بطيئًا للنموات الخضرية مثل الميتوزيرون metoxuron (Oglivy ١٩٩٢)

ويجب التخطيط لإجراء الحصاد بعد نحو ٢–٣ أسابيع من قتل النموات الخضرية، لأجل إعطاء وقت كافٍ لاكتمال تكوين وثبات جلد الدرنة؛ وبذا .. تقل فرصة إصابة الدرنات بالخدوش والتسلخات أثناء الحصاد وبعده.

أهمية حرارة التربة عند الحصاد

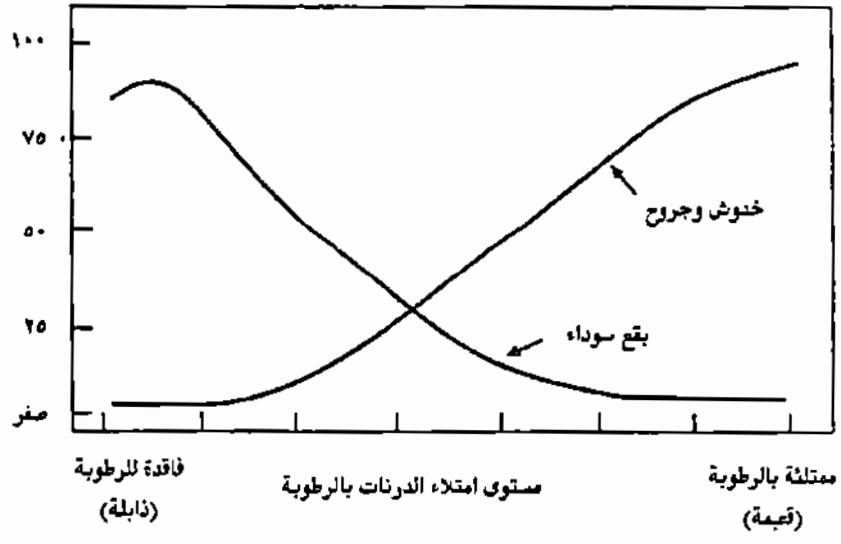
يفضل حصاد البطاطس عندما تتراوح حرارة الدرنات بين ١٠، و ١٥°م وإذا كانت الدرنات أبرد من ذلك تزداد فرصة إصابتها بالبقع السوداء وخدوش الاحتكاكات، ولكن الأمر يتأثر كذلك برطوبة الدرنات، حيث تزداد الخدوش فى الدرنات الباردة المتلئة بالرطوبة، وتزداد الإصابة بالبقع السوداء فى الدرنات الباردة الفاقدة لرطوبتها جزئيًا وعلى الرغم من أن الدرنات التى تزيد حرارتها عن ١٥°م تكون أقل عرضة للإصابة بالجروح إلا أنها تحتاج إلى تبريد سرع لكى لا تزداد فيها الإصابة بالأعفان.

ولا يجب حصاد حقول البطاطس إذا وصل انخفاض حرارة التربة على العمق الذى توجد فيه الدرنات إلى ٧°م؛ لأن الدرنات الباردة تزداد فيها الأضرار الميكنيكية عند الحصاد وإذا استمرت الحرارة منخفضة يؤجل الحصاد حتى آخر النهار حيث تكون حرارة التربة أعلى ما يمكن.

أهمية المحتوى الرطوبى لكل من التربة والدرنات عند الحصاد

يجب أن يتراوح المحتوى الرطوبى فى التربة عند الحصاد بين ٦٠٪، و ٧٥٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية؛ لأجل السماح بانفصال التربة تمامًا عن الدرنات ويتوقف تحديد موعد الرية السابقة للحصاد على نوع التربة؛ علمًا بأن الدرنات التى تحصد من حقول موحلة تقل قدرتها على التخزين.

كذلك فإن رطوبة لتربة تؤثر على رطوبة الدرنات، ولذلك أهميته؛ فيؤثر مستوى رطوبة الدرنات على شدة تعرضها للأضرار وعندما تكون الدرنات فاقدة لرطوبتها جزئيًا dehydrated فإنها تكون أكثر تعرضًا للإصابة بالبقع السوداء blackspot؛ بينما تكون الدرنات المتلئة أكثر تعرضًا للخدوش التى تنتج من الاحتكاكات (شكل ١١-١)، ويصاحب الرطوبة المتوسطة أقل قدر من الأضرار. ولذا .. يجب دائمًا ملاحظة رطوبة التربة بعد قتل النموات الخضرية خلال الفترة التى تسبق الحصاد.



شكل (١-١): تأثير المستوى الرطوبى للدرنات على مدى القابلية للإصابة بكل من البقع السوداء black spots، والخدش والتجريح للبطاطس من صنف رصت بربانك Russet Burbank على ٧-١٠ م (عن Thornton & Bohl ٢٠٠٧).

طريقة الحصاد

يجب أن تجمع أولاً الدرنات المكشوفة للتخلص منها، نظرًا لأنها تكون خضراء اللون، وأغلبها مصاب بلفحة الشمس، وبفراش الدرنات.

الحصاد اليدوى

تقلع البطاطس فى معظم أراضى الوادى والدلتا بمصر أساسًا بواسطة المحراث البلدى، كما تستخدم الفأس وشوكة البطاطس فى التقليع فى المساحات الصغيرة. وفى حالة استعمال المحراث البلدى يراعى عدم تجريح الدرنات؛ وذلك باختيار سلاح عريض للمحراث، مع إمراره عميقًا أسفل الدرنات، أى أسفل خط الزراعة ويلى ذلك جمع الدرنات فى صناديق، أو فى أقفاص مبطنة بالخيش؛ لمنع تسلخ الدرنات وإصابتها بالكدمات.

الحصاد الآلى

يجرى الحصاد آليًا فى المزارع الكبيرة فى مصر، كما فى الأراضى الجديدة. ويوجد من آلات الحصاد ما هو ذو أمشاط ثابتة، وتقوم بتقليع الدرنات فقط، ومنها ما هو ذو أمشاط دائرية، وتقوم إلى جانب تقليع الدرنات بتخليصها من كتل التربة، وبقايا النموات الخضرية.

ولا يمكن حصاد البطاطس آليًا إلا إذا كانت جميع العمليات الزراعية السابقة – من تحضير للتربة، وزراعة، وترديم، ومكافحة حشائش، وقتل للنموات الخضرية – قد أجريت بطريقة صحيحة كما يجب مرور وقت كافٍ بين قتل النموات الخضرية والحصاد، ليتسنى تقسية جلد الدرنة؛ حتى لا يتسلخ عند الحصاد.

تقوم معظم آلات حصاد البطاطس بحصاد خطين أو أربعة خطوط (وحتى ١٢ خط أحيانًا) مباشرة ونقل الدرنات إلى شاحنة تتحرك مع آلة الحصاد، لتقوم – بدورها – بنقل المحصول – أولاً بأول – إلى محطة التعبئة، أو شركات التصنيع، أو المخازن وفى بعض المناطق – وخاصة إن لم تشكل الحجارة أو كتل الطين أى مشاكل – يتم تقليع الدرنات وتركها معرضة للهواء لحين جمعها يدويًا

ويتعين عند حصاد البطاطس آليًا مراعاة ما يلي:

١- وقف الرى قبل الحصاد بنحو ٢-٣ أسابيع؛ فذلك يسمح بالتدهور التدريجى للنموات الخضرية، مما يسرع من اكتمال تكوين جلد الدرنة ويحفزه

٢- إعطاء رية خفيفة بالرش قبل الحصاد بهدف تجنب تكوين التربة للقلاقيل الكبيرة عند الحصاد، وهى التى تزيد من تسلخ وخدش الدرنات وإحداث الكدمات بها عند الحصاد.

٣- إزالة النموات الخضرية من الحقل قبل الحصاد كما أسلفنا.

إن النموات الخضرية قد تتسبب فى صعوبات فى عملية الحصاد، كما أنها قد تؤوى مسببات أمراض وحشرات يمكن — فى حالة عدم التخلص من النموات — أن تنتقل مع الدرنات إلى المخازن. ولذا .. يوصى بالتخلص من تلك النموات — باستعمال آلات التقطيع — أيًا كانت الطريقة التى قُتلت بها النموات الخضرية.

٤- تغليف كل السيور الناقلة بالمطاط؛ وذلك لأن الدرنات إذا ما اصطدمت بالصلب فإن الطاقة الحركية تمتصها الدرنة، وتكون الطريقة الوحيدة لتخلص الدرنات من تلك الطاقة هى بحدوث تسلخات أو قطوع أو خدوش بها. بينما إذا ما اصدمت الدرنة بمطاط فإن جانباً كبيرًا من الطاقة يمتصه المطاط، ولا يكون هناك سوى القليل من الطاقة التى تتخلص منها الدرنات فى صورة أضرار تحدث بها.

٥- التنسيق بين سرعة آلة الحصاد وحركة السيور الناقلة للمحصول، فالدرنات يجب أن تُحمل إلى السيور الأولى (الصاعدة) التى تستقبلها (الـ draper chains) بنفس سرعة حركة الآلة تقريبًا أو بسرعة تزيد عنها بنحو ٥٪ إلى ١٠٪؛ ذلك لأن السير الناقل إذا ما تحرك بطيئًا عما ينبغى فإن الدرنات تتصادم معًا وتتدافع لأعلى مما يحدث بها أضرار وتلفيات. وإذا ما كان تحرك السير الناقل أسرع مما ينبغى فإن الدرنات تتحرك بسرعة كبيرة؛ بما يعنى زيادة احتمال إصابتها بالأضرار إذا ما تصادمت مع بعضها البعض أو مع أجزاء من آلة الحصاد

٦- العمل على أن تنتقل التربة مع الدرنات إلى أعلى مستوى ممكن من السير

الصاعد (draper chain) مع استمرار السماح بانفصال الدرنات عن التربة؛ ذلك لأن التربة تلطف من ارتطام الدرنات ببعضها البعض.

٧- الحد من ارتفاعات السقوط والأركان الحادة:

نجد أنه في كل مرة تسقط فيها درنة بطاطس أو تمر على زاوية فإنها لابد وأن ترتطم بشئ ما، علمًا بأن لتلك الارتطامات تأثير متجمع كذلك يجب التخلص من أى تدحرج زائد عن الضرورة للدرنات لأن ذلك يزيد من تسلخها، خاصة إذا ما اختلطت بها قلاقيل التربة.

٨- الحد من ارتفاع سقوط الدرنات في الشاحنة الملازمة لآلة الحصاد، ويتحقق ذلك بخفض ارتفاع الذراع (الـ boom) التي تسقط منها الدرنات ويمكن خفض سرعة سقوط الدرنات من الـ boom (وخاصة بالنسبة للدرنات الأولى التي تسقط في قاع الشاحنة) بتثبيت زائدة ذات أفرع مطاطية في نهاية الـ boom يمكن أن تصتدم بها الدرنات قبل وصولها إلى قاع الشاحنة

٩- تغطية الشاحنة بالـ canavas؛ الأمر الذى يعد ضروريًا أيًا كانت المدة التي يستغرقها نقل المحصول أو حتى مجرد انتظاره في الحقل، وهذا الإجراء ضرورى جدًا في الجو الحار لمنع جفاف الدرنات وتلون سطحها بالبنى، واخضرارها، وكذلك لتجنب تجمدها في الجو البارد ومن الضرورى كذلك أن يكون انتظار الشاحنات لتفريغها في مكان مظلل

وبصورة عامة .. تجب – أيضًا – مراعاة الأمور التالية:

١- عدم نقل كتل "قلاقيل" التربة من الحقل، فهي يمكن أن تحدث أضرارًا بالدرنات في أى وقت يحدث بينهما احتكاك، سواء أحدث ذلك في الشاحنات، أم في محطة التعبئة، أم في المخزن. وإنه لمن الأهمية بمكان عدم وصول تلك القلاقيل إلى المخزن إذا إنها تضعف من حركة دوران الهواء بين الدرنات؛ وبذا تمنع التحكم الجيد في درجة الحرارة والرطوبة النسبية.

٢- عدم نقل درنات مضارة بشدة أو متعفنة من الحقل؛ فهي عديمة القيمة الاقتصادية، وتتسبب في انتشار الأعفان بين الدرنات في المخزن

٣- لا يجب الحصاد فى الجو الشديد الحرارة، علمًا بأن أبرد فترات اليوم هى من الصباح المبكر حتى بعد الظهر بقليل. ويؤدى الحصاد من تربة ساخنة وفى هواء حار إلى التلون السطحى البنى للدرنات والإصابة بالقلب الأسود، والعفن الطرى، والاخضرار

٤- توخى الحذر الشديد عند الحصاد فى الجو البارد؛ فالبطاطس الباردة تكون ممتلئة turgid وتكون عرضه للتشقق والإصابة بالخدوش بسهولة أكبر عن الدرنات الدافئة، ويتعين ممارسة الحرص الشديد معها فى كل مراحل الحصاد والتداول. ويفضل تجنب حصاد وتداول الدرنات إذا كانت حرارتها أقل من ٧,٥°م.

٥- تجنب العجلة؛ فمن الأفضل تعبئة وتخزين ما يمكن تداوله من درنات بأعلى جودة ممكنة دون عجلة عن تعبئة وتسويق ضعف الكمية من درنات رديئة الصفات وتعرضت لأضرار شديدة بسبب العجلة والإهمال فى الحصاد والتداول.

٦- المحافظة على الجودة؛ فالبطاطس عالية الجودة هى التى تباع أولاً، بينما تلك الرديئة الجودة تُخفَّض أسعارها كثيرًا ليمكن بيعها. ومن الأهمية بمكان المحافظة على الجودة والسمعة الجيدتين (Schweers وآخرون ٢٠٠٧).

الأضرار التى قد تحدثها عملية الحصاد الآلى بالدرنات

قد تتسبب عملية الحصاد الآلى فى إحداث جروح وخدوش وكدمات بدرنات البطاطس

وتعرض أربعة أنواع من تلك الخدوش والكدمات bruises التى تحدث بدرنات البطاطس (شكل ١١-٣)، هى كما يلى:

١- التسلخ skinning أو التريش feathering

يحدث التسلخ – غالبًا – نتيجة لتداول درنات غير مكتملة التكوين؛ مما يؤدى إلى انفصال جلدها وتلون النسيج الذى يوجد تحت الجلد المنسلخ بلون داكن نتيجة التعرض للرياح وأشعة الشمس والجفاف. وقد تصبح – بذلك – غير صالحة لأسواق البيع الطازج.

٢- البقع السوداء blackspot.

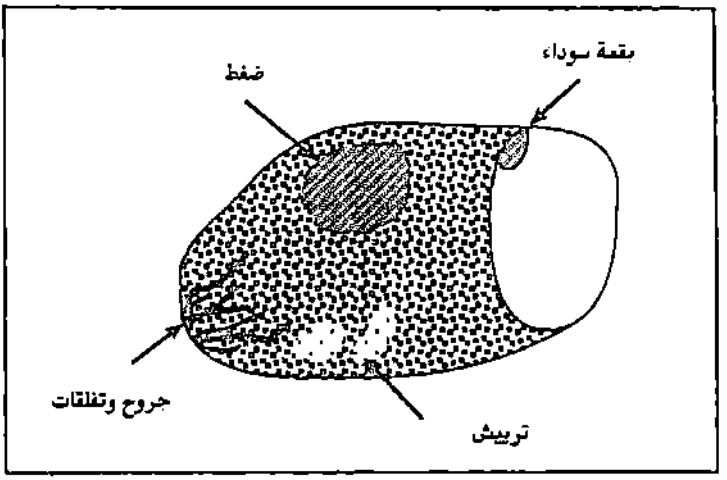
يحدث هذا العرض عندما يتعرض نسيج الدرنة تحت الجلد لأضرار جراء سقوط الدرنات أو تعرضها لضغوط، دون أن يتسبب ذلك فى تمزقات بالجلد؛ حيث نجد فى خلال ٢٤-٤٨ ساعة أن الأنسجة المصابة تتحول إلى اللون الرمادى القاتم أو الأسود، ولكنها لا ترى إلا بعد تقشير الدرنة.

٣- التشققات والتفلقات shatter bruise:

تحدث التشققات والتفلقات بالدرنات لدى تعرضها لضغوط، خاصة وهى باردة وممتلئة بالرطوبة، ولا تكون تلك التشققات عميقة، ولكنها تسمح بنفاذ مسببات الأعفان الفطرية والبكتيرية

٤- خدوش الضغوط pressure bruise

تتكون تلك الأضرار فى المخازن نتيجة الضغوط التى تتعرض لها الدرنات؛ فتظهر بها مساحات مسطحة وغائرة، وتزداد حدتها عندما تكون الدرنات فاقدة لجزء من رطوبتها، وهى قد لا تصلح للتسويق الطازج (Thoronton & Bohl ٢٠٠٧)



شكل (١-٢): أنواع الرضوض والكدمات والخدوش التى تحدث بدرنات البطاطس.

ومن أهم المشاكل التى تتسبب فيها الخدوش والجروح التى تحدث بالدرنات، ما يلى:

١- زيادة الخسائر أثناء التخزين، بسبب الفقد فى الوزن وانتشار الأمراض.

٢- زيادة تكلفة العمالة، بسبب الحاجة إلى الفحص والتشذيب قبل التصنيع.

٣- الفقد الناشئ عن التشذيب قبل التصنيع، وفرز الدرنات المضارة بشدة.

٤- خفض جودة المنتج النهائى.

٥- زيادة حالات الإصابة بالأعفان.

٦- تقصير فترة الصلاحية للتخزين، لقصر فترة سكون الدرنات المجروحة وسرعة تزريعها فى المخازن (Twiss ١٩٦٣).

٧- تقليل مظهر البطاطس الطازجة فى الأسواق.

٨- زيادة معدلات فقد الماء من الدرنات وسرعة ذبولها.

وتفيد معاملة درنات البطاطس سطحيًا بالكاتيكول catechol فى سرعة الكشف عن الأضرار التى حدثت بالدرنات أثناء عملية الحصاد وأحدثت بها جروحاً سطحية. ونظرًا لأن البقع السوداء blackspots نادرًا ما تكون مصاحبة بجروح فى جلد الدرنة، لذا فإنه لا يمكن الكشف عنها بالكاتيكول. أما الدرنات المخدوشة فإنها تبدأ فى التلون بعد ٦-١٢ ساعة من حدوث الضرر، وغالبًا ما يلزم مرور ٢٤ ساعة أو مدة أطول من ذلك لوصولها إلى أقصى درجة من التلوين ويمكن تقصير تلك الفترة بتعريض الدرنات لحرارة عالية سواء أكانت الحرارة جافة أم رطبة، علمًا بأنه لا يمكن معرفة مدى امتداد التلون إلا بعد إزالة جلد الدرنة. أما عند استعمال الكاتيكول فإنه يمكن التعرف على الأضرار فى خلال دقائق معدودة، ولكنها لا تفيد فى تحديد مدى الضرر الكلى.

وتتأثر شدة أضرار الخدوش التى تحدث بالدرنات عند الحصاد بالعوامل التالية:

١- حالة التربة:

تحدد حالة التربة عند الحصاد مدى سهولة انفصال التربة عن الدرنات، فيكون من

الصعب انفصال الأراضي الثقيلة والمندمجة والزائدة الرطوبة عن الدرنات، بينما يحدث العكس في الأراضي الخفيفة والمتوسطة القوام والمفككة والرطبة باعتدال وأفضل رطوبة أرضية هي ٦٠٪ إلى ٨٠٪ من السعة الحقلية في الأراضي الصفراء والرملية وتزداد فرصة حدوث الأضرار في الأراضي الثقيلة والجافة ذات القلاقيل نظرًا لأنها تمر مع الدرنات خلال آلة الحصاد وكلما ازدادت صعوبة فصل التربة عن الدرنات كلما ازدادت الحاجة إلى الاهتزازات بسيور آلة الحصاد؛ بما يعني حدوث مزيدًا من الأضرار وأحيانًا تتسبب الأحجار التي تتواجد في التربة في زيادة الأضرار التي تحدث للدرنات.

إن التربة الرملية الجافة تنفصل عن الدرنات عند الحصاد بسرعة كبيرة أثناء تواجدها على السير الناقل الأول؛ مما يزيد من الأضرار التي يمكن أن تحدث بالدرنات؛ ولذا يجب إعطاء رية خفيفة لترطيب التربة؛ مما يقلل من سرعة انفصالها عن الدرنات. وإذا لم يكن الري ممكنًا تتعين زيادة سرعة آلة الحصاد لزيادة تواجد التربة مع الدرنات على السيور الناقلة الأولى والتالية

أما إذا كانت التربة زائدة الرطوبة فإن ذلك يعني وصول كمية زائدة من التربة مع الدرنات على السيور الناقلة، وتواجه هذه المشكلة بإبطاء سرعة آلة الحصاد؛ لكي تقل كميات التربة التي تنتقل مع الدرنات. وفي كل الحالات يجب أن تحمل تربة مع الدرنات حتى نهاية السيور الثانوية.

ويوصى دائمًا بأن تكون نسبة حركة السير الناقل الأولى primary إلى سرعة آلة الحصاد ١,٠–١,٢ في الأراضي الرملية، و ١,٢–١,٥ في الأراضي الثقيلة، أما السير الثانوي secondary فتكون النسبة ٠,٦٥ أيًا كان نوع التربة، مع المحافظة على سرعة للسير الثانوي لا تقل عن ٣٣م في الدقيقة لتجنب ارتجاع الدرنات (Thornton & Bohl ٢٠٠٧)

٢- حالة الدرنات:

يؤدى تأخير الحصاد لمدة ٢٠ يومًا بعد قتل النموات الخضرية إلى زيادة "نضج"

الدرنات؛ حيث تصبح أكثر مقاومة للتسلخ وللإصابة بأضرار الخدش كذلك فإن لرطوبة الدرنات أهميتها فى الإصابة بالأضرار حيث تكون الدرنات المتلئة بالرطوبة أكثر قابلية للإصابة بالخدوش التى تتسبب فيها الضغوط، وأكثر مقاومة للإصابة بالبقع السوداء، بينما يحدث العكس فى الدرنات التى فقدت جانبًا من رطوبتها.

٣- حرارة الدرنات:

بصورة عامة .. تزداد القابلية للإصابة بالخدوش كلما انخفضت حرارة الدرنات، وخاصة عند انخفاض الحرارة عن ١٠°م. وتكون حرارة الدرنات مماثلة لحرارة التربة المحيطة بها، علمًا بأن الارتفاع أو الانخفاض فى حرارة التربة يتأخر عن الارتفاع أو الانخفاض فى حرارة الهواء بنحو ٣-٤ ساعات. ولذا .. فإن التوقيت المناسب للحصاد أثناء الصيف يكون ابتداء من الصباح الباكر وحتى منتصف النهار، أما التوقيت المناسب للحصاد شتاء فيكون ابتداء من وقت العصر حتى بدايات الليل.

٤- آلة الحصاد وكيفية عملها.

ويتطلب الحد من إصابة الدرنات بالخدوش والجروح ما يلى:

١- قبل الزراعة·

أ — عدم الزراعة فى حقول تكثر بها الأحجار.

ب- تجنب العمليات الزراعية التى تؤدى إلى تكون قلاقيل كبيرة صلبة لا تتفتت أثناء موسم النمو.

٢- أثناء موسم النمو:

إعطاء برنامج تسميد متوازن يسمح ببقاء النموات الخضرية خضراء حتى قبل قتلها بقليل

٣- تجهيزات قبل الحصاد:

أ- تدريب عمال الحصاد على كيفية الحد من الخدوش.

ب- استخدام سيور مغطاة بالمطاط فى آلات الحصاد والتداول، مع تغيير الغطاء المطاطى كلما تآكل.

جـ– ضبط سرعة السير الناقل ليتوافق مع سرعة سير آلة الحصاد؛ لتأمين تدفق متجانس من درنات البطاطس على كل سير.

د – تغطية أجزاء آلة الحصاد التى يمكن أن تتصادم معها الدرنات – أثناء حركتها – بالمطاط.

٤– قتل النموات الخضرية:

أ– يتم قتل النموات الخضرية قبل الحصاد بنحو ١٤–٢١ يومًا لأجل السماح باكتمال تكوين جلد الدرنات. ولمنع إصابة الدرنات بالبقع السوداء يفضل قتل النموات الخضرية قبل موت ٤٠٪ منها.

ب– تعطى رية واحدة قبل الحصاد بما لا يقل عن أسبوع لأجل ليونة القلاقيل ولإكساب الدرنات ما قد تكون قد فقدته من رطوبة

٥– الحصاد:

أ– لا يجرى الحصاد إلا عندما تكون حرارة الدرنات ٧–١٨°م

ب– يقلل إسقاط الدرنات فى المراحل المختلفة لعملية الحصاد إلى أدنى حد ممكن.

جـ– تجنب استخدام سيور هزازة لفصل التربة وقلاقيل الطين عن الدرنات فى آلة الحصاد

د– جعل نهاية مخرج الدرنات النهائى فى آلة الحصاد من الـ boom قريبة من الشاحنة المجاورة لها

هـ– عدم السير على الدرنات أثناء تثبيت الغطاء على الشاحنة (Thornton & Bohl ٢٠٠٧)

تصل نسبة الأضرار التى تحدثها عملية الحصاد الآلى إلى حوالى ١٠٪، وتكون فى صورة قطوع، وتشققات، وخدوش، وتسلخات.

ويمكن خفض نسبة هذه الأضرار إلى ٥% أو أقل من ذلك بمراعاة ما يلى:

أ– خفض أسلحة آلة الحصاد إلى ما تحت مستوى الدرنات فى التربة، لتجنب

قطعها للدرنات، ولضمان انتقالها إلى الآلة وهى على وسادة من التربة، ومن ثم تقل احتمالات خدشها.

ب- المحافظة على سرعة آلة الحصاد بين ١,٦ و ٢,٤ كم/ساعة (٢٧,٤-٣٩,٦م/دقيقة).

جـ- المحافظة على سرعة حركة سلسلة الآلة (chain) عند نحو ثمانى دورات فى الدقيقة (٣٨,١-٤٥,٧م/دقيقة). وتعد السرعة العالية لسلسلة آلة الحصاد أهم العوامل المؤدية إلى زيادة نسبة الأضرار.

د- خفض اهتزاز الآلة إلى أدنى مستوى ضرورى، مع عدم زيادة الاهتزاز إلا فى ظروف التربة والحصاد التى تستدعى ذلك.

هـ- شد سلسلة الآلة بما يكفى؛ لمنع ارتخائها

و- تغطية وصلات سلسلة آلة الحصاد ونهاياتها الحادة بالمطاط.

ز- عدم زيادة الارتفاعات التى تسقط منها الدرنات عن ١٥سم؛ سواء أحدث ذلك فى آلة الحصاد، أم عند انتقال الدرنات إلى سيارات النقل التى تنقلها إلى خارج الحقل (عن Kasmire ١٩٨٣).

٦- فى المخزن:

أ- تكويم الدرنات فى شكل سُلَّمى، أى على شكل هرم مدرج؛ لتجنب تدحرجها لمسافات كبيرة.

ب- تقليل سقوط الدرنات إلى الحد الأدنى.

جـ- المحافظة على رطوبة نسبية عالية ما لم يكن التجفيف ضروريًّا لأجل مكافحة مشاكل الأعفان، مثل الندوة المتأخرة والعفن المائى (Thornton & Bohl ٢٠٠٧).

التداول

تترك الدرنات معرضة للهواء مدة تتراوح بين ساعة واحدة، وساعتين بعد التقليع، حتى تجف البشرة قليلاً، ثم تجمع وتنظف مما يكون عالقاً بها من طين. ويلى ذلك فرز الدرنات؛ لاستبعاد المصابة، والمجروحة، وغير المنتظمة الشكل.

العلاج التجفيفى أو المعالجة

يكون الغرض من إجراء عملية العلاج التجفيفى curing هو تكوين طبقة فلينية جيدة على جلد الدرنة، وعلى الأسطح المخدوشة؛ لكى تحميها من الخدش والتجريح، ومن الإصابة بالكائنات المسببة للعفن، ومن فقد الرطوبة والانكماش وتجرى هذه العملية للدرنات المكتملة التكوين

أما البطاطس الجديدة (البلية)، فإنها تنقل فور حصادها بعناية إلى مراكز التجميع؛ حتى لا تتعرض هذه الدرنات – غير التامة النضج، والسهلة التقشير – لدرجة الحرارة المرتفعة، ولو لساعة واحدة خلال فترة الحصاد، والتى تكون فى شهرى مارس وأبريل

طرق إجراء عملية المعالجة

١- تحت ظروف الحقل:

تجرى هذه العملية فى مصر فى جزء مستو من الحقل، ينثر عليه السيفين ١٠٪، ثم يحدد المكان على شكل مستطيل بواسطة بالات من قش الأرز، وتفرغ فيه الدرنات من عبوات الحقل حتى ارتفاع ٨٠–١٠٠ سم، ثم تغطى بعد ذلك بقش الأرز الجاف النظيف بسمك ٤٠–٥٠ سم، مع تعفير طبقات القش بالسيفين ١٠٪، أو بالتوميسيون فى حالة البطاطس المعدة للاستهلاك، أو بالـ د د ت ١٠٪ بالنسبة للدرنات المعدة لتخزينها كتقاوٍ ويراعى عدم تعفير الدرنات نفسها؛ لأن هذه المبيدات تمنع التئام الجروح، فضلاً عن سميتها للإنسان وبعد الانتهاء من وضع القش يعفر من الخارج بأحد المبيدات المناسبة لطرد الفئران وفراش درنات البطاطس. وتستغرق عملية العلاج التجفيفى بهذه الطريقة مدة ١٠–١٥ يومًا. ويعرف انتهاء العلاج بصعوبة إزالة قشرة الدرنة بالإبهام

ويَعْقُب العلاج التجفيفى فرز الدرنات مرة أخرى؛ لاستبعاد التالف والمصاب منها، ثم تعبأ الدرنات المعدة للاستهلاك المحلى مباشرة فى عبوات التسويق أو التخزين. ومن الأهمية بمكان تجنب ترك الدرنات معرضة لضوء الشمس المباشر؛ حتى لا تصاب بالاخضرار، ويجب – أيضًا – تجنُّب قذف الأجولة أو الأقفاص أو إسقاطها، والإهمال

فى تداولها؛ حتى لا تتعرض الدرنات للكدمات، أو التجريح، أو التسلخات؛ فتصبح بذلك عرضة للتلف أثناء الشحن أو التخزين.

٢- عند التخزين فى الثلاجات:

يتطلب تخزين البطاطس فى الثلاجات معالجتها أولاً، وهى العملية التى تحفز السوبرة والتئام الجروح وانخفاض معدل التنفس، والتى تجرى على ٢٠°م مع ٨٠٪ إلى ١٠٠٪ رطوبة نسبية. تكون المعالجة أبطأ كثيرًا على حرارة ١٠-١٢°م منها على حرارة ٢٥ إلى ٣٠°م كذلك فإن الرطوبة النسبية التى تقل عن ٨٠٪ تبطئ المعالجة. ويوصى - غالبًا - بإجراء المعالجة على ١٥°م للحد من الإصابة بالأعفان وتكون حرارة البطاطس التى تحصد شتاءً - عادة - أبرد من تلك التى تناسب عملية المعالجة، إلا أن تنفس الدرنات يرفع حرارتها كما يرفع الرطوبة النسبية ويتم التحكم فى درجة الحرارة خلال تلك الفترة عن طريق مراوح التهوية ليلاً أو نهارًا. وتستغرق عملية المعاجلة أسبوعًا واحدًا إلى أسبوعين.

إن التئام جروح البطاطس يحدث أسرع ما يمكن فى حرارة ١٥-١٨°م ورطوبة نسبية عالية، حيث تتكون طبقة من السيوبرين تحت هذه الظروف فى خلال ٣-٥ أيام أما استعادة نشاط الخلايا تحت طبقة السيوبرين لاكتمال التئام الجرح فإنه يستغرق ١٠-٢٠ يومًا تبعًا لحالة البطاطس (Voss وآخرون ٢٠٠٧)

يتم أولاً تجفيف الدرنات من أى رطوبة حرة قد توجد عليها؛ وذلك بإمرار تيار من الهواء الدافئ نسبيًا حولها، ويستمر ذلك لعدة ساعات؛ لحين اكتمال عملية التجفيف السطحى. وهذه الخطوة ضرورية؛ لأن الدرنات التى يوجد عليها ماء لا تستجيب لعملية المعالجة. وتكون أكثر تعرضًا للإصابة بالعفن. وتبدأ بعد ذلك عملية العلاج التجفيفى التى تستمر لمدة أسبوع، تبقى خلاله الدرنات فى حرارة ١٠-١٥°م، ورطوبة نسبية من ٨٥٪-٩٥٪

تعتبر هذه الظروف اختيارًا وسطًا بين الظروف التى تناسب درنات البطاطس، وتلك

التى تناسب سرعة اكتمال عملية المعالجة بتكوين بيريدرم الجروح وترسيب السيوبرين، فكلاهما يكون أسرع فى حرارة ٢١°م، إلا أنه لا ينصح بذلك؛ حتى لا تتعفن الدرنات فى هذه الحرارة المرتفعة قبل إتمام عملية العلاج، كما أن درنات البطاطس تناسبها رطوبة نسبية أقل من ٨٥٪، إلا أنه لا ينصح بذلك قبل انتهاء عملية المعالجة؛ لتقليل فقد الماء من الدرنات إلى أدنى مستوى ممكن خلال تلك الفترة التى تفقد فيها الدرنات رطوبتها بسهولة، إلى أن يتكون بيريدرم الجروح، ويترسب السيوبرين وعلى الرغم من أن الرطوبة النسبية الأعلى من ٩٥٪ تقلل فقدان الماء بدرجة أكبر، إلا أنه لا ينصح بها حتى لا يتكثف الماء على الدرنات (Lutz & Hardenurg ١٩٦٨)

وما أن تنتهى عملية المعالجة حتى يبدأ خفض حرارة المخزن بمعدل درجة واحدة إلى درجتين مئويتين يوميًا حتى الوصول إلى الدرجة المرغوب فيها، مع الرطوبة النسبية المناسبة ويستخدم نظام الدفع الجبرى للهواء لتأمين تجانس الحرارة فى كل كومة الدرنات بالمخزن ومن الضرورى المحافظة على رطوبة نسبية تتراوح بين ٩٥٪، و ٩٩٪ فى كل الأوقات للحد من انكماش الدرنات وزيادة حساسيتها لكدمات الضغوط (Voss ٢٠٠٤)

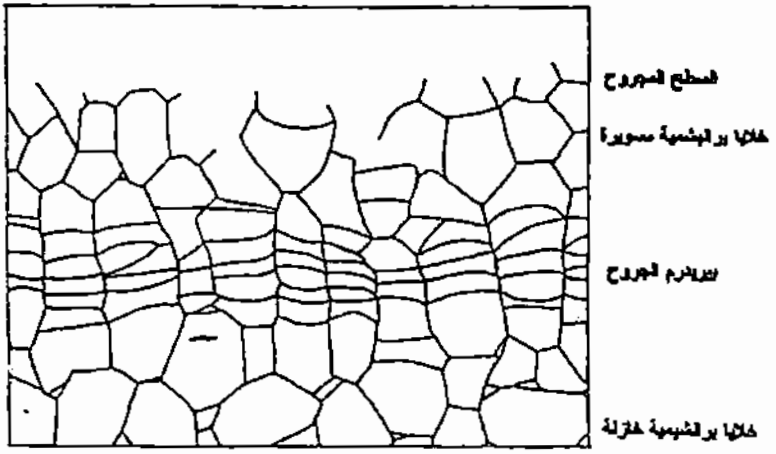
تكوين بيريدرم الجروح

تستجيب درنات لبطاطس للأضرار التى تحدث بطبقة الجلد بتكوين ما يعرف ببيريدرم الجروح Wound Periderm فى موقع الضرر، يحمى هذا البيريدرم الدرنة من الإصابة بالكائنات الدقيقة ومن فقد الرطوبة.

فبعد حدوث الضرر مباشرة تبدأ الخلايا تحت الجرح فى التسوبر واللجننة؛ حيث يترسب السيوبرين بامتداد الجدر الخلوية، وينغمد اللجنين فى الصفيحة الوسطى، ويبدأ فى الوقت ذاته ظهور جدر جديدة موازية للسطح المجروح فى عدد قليل من الخلايا التى توجد تحت مستوى السطح المجروح (تحت الخلايا التى تتسوبر جدرها) ويعد ذلك بداية عملية تكوين الفللوجين phellogen أو الكامبيوم الفلينى cork cambium،

الذى يكون مسئولاً عن تكوين الخلايا الجديدة، وهى. بيريدرم الجروح نحو الخارج، وفيللودرم phelloderm – أحيانًا – نحو الداخل (شكل ١-٣)

ويعد التكوين السريع والكامل لبيريدرم الجروح أمر حيويًا لبقاء الدرنات بحالة جيدة، وذلك لأنها تتعرض – دائمًا – لأضرار كثيرة أثناء حصادها وتدريجها، فإن لم تُستهلك فى الحال وجب علاجها لتكوين هذا البيريدرم (عن Thomson وآخرين ١٩٩٥)



شكل (١-٣): بيريدرم الجروح.

العوامل المؤثرة فى كفاءة عملية المعالجة

يتأثر التئام الجروح عند إجراء عملية المعالجة بالعوامل التالية:

١- نوع الجرح:

يتكون البيريدرم عميقًا فى أنسجة الدرنة تحت الخدوش، بينما يتكون بيريدرم الجروح wound periderm على الأسطح المقطوعة مباشرة.

كما يتكون بيريدرم الجروح فى حالة الخدوش السطحية بصورة أبطأ مما فى حالة القطوع.

٢- عمر الدرنات:

تقل قدرة الدرنات على تكوين بيريدرم الجروح مع تقدمها فى العمر بعد الحصاد، ومع زيادة فترة التخزين (Thomson وآخرون ١٩٩٥)

٣- الصنف:

تختلف الأصناف فى سرعة تكوينها لبيريدرم الجروح.

٤- درجة الحرارة:

تزداد سرعة تكوين بيريدرم الجروح بارتفاع درجة الحرارة ما بين ٢,٥ و ٢١°م وبينما تستغرق عملية سوبرة الخلايا التى تقع تحت الجروح مباشرة بين ثلاثة أيام وستة أيام فى حرارة ٢٠°م، ف،هـا تتطلب ٧ أيام-١٤ يومًا فى حرارة ١٠°م، و ٣ أيام-٦ أسابيع فى حرارة ٥°م. وبالمثل .. تستغرق عملية تكوين بيريدرم الجروح ٣-٥ أيام فى حرارة ٢٠°م، و ٧ أيام-١٤ يومًا فى حرارة ١٠°م؛ و ٤ أسابيع فى حرارة ٥°م

٥- الرطوبة النسبية:

يقل تكوين البيريدرم فى كل من الرطوبة النسبية الشديدة الانخفاض والشديد الارتفاع على حدٍ سواء؛ لأن السطح المجروح يجف فى الرطوبة المنخفضة، وتتكون قشرة crust تمنع أو تؤخر كثيرًا تكوين البيريدرم. أما فى الرطوبة العالية جدًا، فتتكون على الأسطح المقطوعة تجمعات من الخلايا تعوق تكوين البيريدرم

وبينما تعد رطوبة نسبية مقدارها ٩٨٪ مثالية لالتئام الجروح فى حرارة ١٠°م، فإن الالتئام لا يكون سريعًا فى رطوبة نسبية أقل من ٩٠٪، ولكن فى حرارة ٢٠°م تتساوى سرعة التئام الجروح فى أية رطوبة نسبية تزيد على ٧٠٪ (عن Brecht ١٩٩٥).

٦- تركيز غاز الأكسجين:

يتوقف ترسيب السيوبرين وتكوين البيريدرم فى غياب الأكسجين وتزداد سرعة كلتا العمليتين بزيادة تركيز الغاز حتى ٢١٪، لكن تكوين البيريدرم لا يبدأ قبل أن يصل تركيز الغاز إلى ٣٪-٥٪، بينما يترسب السيوبرين بدرجة قليلة ابتداء من تركيز ١٪

٧- تركيز غز ثانى أكسيد الكربون:

تؤدى التركيزات العالية من الغاز (من ٥٪-١٥٪) مع التركيز العادى للأكسجين (٢١٪) إلى منع تكوين البيريدرم، وخفض ترسيب السيوبرين.

٨- مانعات الإنبات Sprout inhibitors:

تؤدى المعاملات التى تمنع تنبيت الدرنات أثناء التخزين إلى تثبيط تكوين بيريدرم الجروح، سواء أكانت هذه المعاملات فيزيائية مثل التعرض لأشعة جاما، أم كيميائية مثل المعاملة بإستر الميثايل لنفثالين حامض الخليك methyl ester of napthalenacetic acid (Burton ١٩٧٨).

التدريج

تدرج درنات البطاطس حسب الحجم بواسطة آلات خاصة، ويجرى ذلك قبل التسويق، وهو الذى قد يكون بعد الحصاد مباشرة، أو بعد التخزين. ويجب فى الحالة الأخيرة رفع درجة حرارة الدرنات إلى ١٠°م قبل إجراء عملية التدريج، لأن إجراءها وهى باردة يجعلها أكثر عرضة للتجريح وللإصابة بالتبقع الأسود الداخلى

ويتم أثناء التدريج تقسيم البطاطس إلى رتب لا تتجاوز فيها العيوب الشكلية حدودًا معينة

التعبئة

تعبأ البطاطس البيضاوية والطويلة لأسواق الجملة فى كراتين تتسع لـ ٢٢,٧ كجم (٥٠ رطل)، ويوجد بها ٦٠ أو ٧٠ أو ٨٠ أو ٩٠ أو ١٠٠ درنة يكون متوسط وزن الواحدة منها ٣٨٠، و ٣٢٥، و ٢٩٦، و ٢٦٦، و ٢٣٧ جم على التوالى، وهى تعرض على المستهلك ليختار ما يشاء منها من أحجام.

أما عبوات أسواق التجزئة فإنها تزن — عادة — ٢,٢٧، و ٤,٥٥ كجم (٥، و ١٠ أرطال)، وتكون التعبئة فى أكياس بلاستيكية أو ورقية، وتكون الدرنات فيها — عادة — بوزن ١٥٠-٢٤٠ جم لكل درنة (Voss ٢٠٠٤).

المعاملة بمثبطات التزريع

المعاملة بالمركبات الكيميائية

إن من أهم المركبات التى تستخدم على نطاق تجارى فى منع تزريع الدرنات (sprout Inhibitors) أثناء التخزين – بما يسمح بتخزين البطاطس فى حرارة مرتفعة نسبيًا تؤخر تراكم السكر فى الدرنات – ما يلى:

١– الماليك هيدرازيد Maleic Hydrazide:

يكتب اختصارًا MH وهو ملح البوتاسيوم كمركب 1,2,dihydro-3,6-pyridazinedione

ولا يستعمل الماليك هيدرازيد maleic hyrazide إلا فى الحقل، حيث ترش به النباتات وهى مازالت خضراء بتركيز ٢٥٠٠ جزء فى المليون وبمعدل حوالى كيلوجرام واحد من المادة لكل فدان قبل الحصاد بنحو ٤–٧ أسابيع وإذا أجريت المعاملة فى الموعد المناسب، فإنها تكون فعّالة للغاية فى منع التزريع فى المخازن لمدة خمسة شهور على الأقل. لكن المعاملة المبكرة تؤدى إلى نقص المحصول، وزيادة نسبة الدرنات المشوهة، كما لا تكون المعاملة المتأخرة فعّالة فى منع التزريع ولم تكن لتلك المعاملة أية تأثيرات على محصول البطاطس أو جودة الدرنات، كما ترتب عليها عدم انكماش الدرنات أو التدهور فى الجودة أثناء التخزين وقد تميزت الدرنات التى حُصِلَ عليها من حقول تمت معاملتها بالمركب انخفاض محتواها من كل من السكريات المختزلة وغير المختزلة عندما خزنت على ٧°م (Peterson وآخرون ١٩٥١)

وأفضل وقت للمعاملة إما بعد سقوط البراعم الزهرية مباشرة، وإما حينما يبلغ قطر الدرنات حوالى ٢,٥–٥ سم حسب الصنف وقد نجحت المعاملة بالماليك هيدرازيد فى تثبيط إنبات براعم جميع الأصناف. ويُحدث الماليك هيدرازيد تأثيره من خلال منعه لتمثيل البروتين والأحماض النووية؛ ومن ثم منع انقسام الخلايا

وللمعاملة بالماليك هيدرازيد مميزات أخرى؛ منها ما يلى:

أ– زيادة الكثافة النوعية للدرنات

ب- خفض تراكم السكريات المختزلة فى الدرنات، والفقد فى وزنها أثناء التخزين.

جـ- منع إنبات الدرنات الصغيرة التى تترك فى الحقل عند الحصاد، ومن ثم تجنب انتشار الأمراض الفيروسية — التى قد تحملها — فى موسم الزراعة التالى

ومن عيوب المعاملة بالماليك هيدرازيد أنها تؤدى إلى زيادة الجلوكوز فى الدرنات المخزنة على ٥°م بدرجة أعلى من تلك المخزنة فى نفس الحرارة. ولكن بدون معاملة (Gichohi & Pritchard ١٩٩٥).

تجرى المعاملة فى الحقل على النباتات السليمة النامية التى لم تتعرض لظروف غير مناسبة، وذلك قبل ما لا يقل عن أسبوعين من معاملة قتل النموات الخضرية. وإذا هطلت الأمطار فى خلال الأربع وعشرين ساعة التالية للمعاملة فإنها تصبح أقل كفاءة، كما لا تجوز المعاملة بالماليك هيدرازيد عند ارتفاع الحرارة عن ٢٩°م.

ومن أمثلة المنتجات التجارية للماليك هيدرازيد ما يلى:

Royal MH-30XTRA	Royal MH-30SG
Super Sprout Stop	Super Stop 80WS
Maleic Hydrazide 1.5K	Sprout Stop

٢- مركب سى أى بى سى (كلوربروفام):

يعرف هذا المركب تجاريًا باسم كلوربروفام Chlorpropham، وهو أيزوبروبايل —إن- ٣-كلوروفينايل كاربامات isopropyl-N-(3-chlorophenyl)carbamate، ويكتب اختصارًا: CIPC

تؤدى المعاملة إلى منع التزريع نهائيًا فى المخازن (لمدة تزيد على ثلاثة شهور) عندما تكون ظروف التخزين جيدة.

وتجرى المعاملة بالمركب بإحدى الطرق التالية:

أ- تعفيرًا أثناء دخول الدرنات فى المخازن

ب- تبخيرًا فى المخازن (كإيروسول) مع ضرورة التحكم فى التهوية وسرعة الهواء؛

لضمان توزيع المادة جيدًا ومن المنتجات التجارية المستخدمة Sprout Nip 7A، و CIPC 98A

جـ- رشًّا على الدرنات بمحلول مائى أو مستحلب مركز على الدرنات بعد خروجها من المخزن لأجل تعبئتها.

يستخدم لذلك ١٪ مستحلب بمعدل لتر واحد من المستحلب لكل طن من الدرنات أثناء تواجدها على مناضد التجفيف. ومن المنتجات التجارية Sprout Nip EC.

د- تعبئة الدرنات فى أكياس ورقية ذات أسطح داخلية معاملة بالمادة ويكفى ٢٠-٣٠جم من المادة لكل طن من الدرنات.

وتعتبر المعاملة بالتبخير أفضل الطرق، وتجرى بتسخين المركب مع الاستعانة بمولِّد ضباب aerosol generator لحقن المركب كغاز فى هواء المخزن ويلزم تواجد المركب بتركيز لا يقل عن ٢٠ جزءًا فى المليون فى قشرة الدرنة؛ لوقف إنبات البراعم

ويحدث المركَّب تأثيره من خلال منعه لتمثيل البروتين

ومن بين التأثيرات الأخرى المفيدة التى تحدثها المعاملة بالسى آى بى سى تقليل الفقد فى الوزن، وتثبيط أيض السكروز، ومنع فقد فيتامين جـ أثناء التخزين

ويعيب مادة الـ CIPC أنها تمنع تكوين بيريدرم الجروح، وتمنع انقسام الخلايا تحت الأسطح المقطوعة مباشرة، وتقلل من ترسيب السيوبرين؛ الأمر الذى يزيد من فرصة إصابة الدرنات المعاملة بالعفن، إلا إذا أجريت المعاملة بعد بضعة أسابيع من الحصاد حينما يكتمل التئام الجروح

كذلك قد تحفز التركيزات المنخفضة جدًا من المركب نمو البراعم داخليًّا Internal Sprouts، وذلك عيب فسيولوجى، وتظهر هذه الحالة أحيانًا عندما تؤدى المعاملة إلى موت البراعم الطرفى دون التأثير على البراعم الأخرى (عن Weaver ١٩٧٢).

٣- مركب آى بى سى (بروفام):

يعرف البروفام Propham بالاسم الكيمائى أيزو بروبايل-٣-فينايل كاربامات

isopropyl-3-phenylcarbamate (يكتب اختصارًا IPC)؛ وهو قد يستعمل منفردًا، أو مع الكلوربروفام (CIPC) بعد خلطهما معًا بنسب متساوية بمعدل ١ جم من المخلوط لكل طن من الدرنات ويلزم إجراء عملية العلاج التجفيفى للدرنات؛ للمساعدة على التئام الجروح فيها قبل معاملتها بهذين المركبين؛ لأنهما يمنعان تكوين بيريدرم الجروح

وتؤدى المعاملة بالبروفام إلى منع تزريع الدرنات لمدة لا تقل عن ثلاثة شهور. وعندما عوملت الدرنات بمخلوط المركبين معًا فى صورة مسحوق، لم يتبق فيها — بعد شهر من المعاملة — سوى آثار من البروفام. ولكن عندما عوملت الدرنات بالكلوربروفام فقط — على صورة ضباب aerosol — وجدت آثار من كلا المركبين — بروفام وكلوروبروفام — بعد انتهاء فترة التخزين، وأدى تقشير البطاطس قبل تقدير متبقيات المركبين إلى نقص تركيزهما بدرجة كبيرة (Conte وآخرون ١٩٩٥).

٤- مركب تى سى إن بى TCNP:

كان الهدف من استعمال مركب تتراكلورونيتروبنزين 2,3,5,6-tetrachloro-1-nitrobenzene فى بداية الأمر هو مكافحة فطر *Rhizoctonia solani* على نموات الدرنات التى تستخدم كتقاو. وقد طورت المعاملة بعد ذلك؛ لمنع تزريع الدرنات فى المخازن إن لم يرغب فى خفض حرارتها عن ٧°م. ويستعمل المركب فى صورة التحضير التجارى فيوزاركس Fusarix. بمعاملة كل من الدرنات المعدة للاستهلاك، وتلك المعدة لاستعمالها كتقاو عندما تكون فترة سكونها قصيرة؛ ذلك لأن المركب لا يوقف إنبات البراعم بصورة نهائية. يستعمل هذا المركب تعفيرًا بمعدل ١٠٠ جم من المادة الفعّالة لكل طن من الدرنات أثناء وضع المحصول فى المخازن. ويحتوى التحضير التجارى تكنازين technazine على ٥٪ من المادة الفعّالة. وتوقف المعاملة إنبات البراعم لفترة كبيرة. وتؤدى تهوية الدرنات لعدة أسابيع إلى تخليصها من المركب، واستعادة مقدرتها على الإنبات؛ لذا .. يمكن استعماله فى معاملة تقاوى البطاطس عند الرغبة فى تخزينها بدون تزريع. ومن بين جميع المركبات المستعملة فى معاملة الدرنات بعد الحصاد لمنع تزريعها، نجد أن الـ TCNB يعد المركب الوحيد الذى لا يؤدى استعماله إلى زيادة نسبة

الدرنات التى تصاب بالعفن إذا أجريت المعاملة قبل التئام الجروح (Ewing وآخرون ١٩٦٧)

٥- مركب إم إى إن أى MENA:

يعرف هذا المركب بالاسم الكيميائى مثيايل إستر نفثالين حامض الخليك methyl ester of napthaleneacetic acid (اختصارًا: MENA)، وهو يستعمل على صورة مسحوق بمعدل ٢٥-٥٠جم منه لكل طن من الدرنات حسب طريقة المعاملة، وفترة التخزين المرغوبة، فقد تجرى المعاملة بواسطة تعفير الدرنات مباشرة بمعدل ٢٥ جم لكل طن من الدرنات بعد خلط المادة ببودرة التلك، أو بالتربة الناعمة؛ لضمان تجانس توزيعها.

ويفضل استعمال التربة؛ لأن اللون الأبيض الذى تتركه البودرة لا يكون مرغوبًا فيه وقد تتم المعاملة بتشبيع نوع خاص من الورق بالمركب، ثم يخلط بالدرنات بمعدل ٥٠ جم من المادة لكل طن من الدرنات؛ ذلك لأن المركب يتحول إلى الصورة الغازية فى حرارة الغرفة (Stalknect ١٩٨٣).

كما يمكن إدخال المركب فى صورة غازية مع الهواء الخارجى المستعمل فى التهوية، مع وقف إدخال أى هواء خارجى إضافى لمدة ٢٤-٤٨ ساعة بعد المعاملة، ولكن مع تشغيل أجهزة التهوية لتحريك الهواء داخل المخزن؛ وذلك لضمان وصول المركب إلى جميع الدرنات فيه (Talburt & Smith ١٩٥٩).

هذا وليس للمعاملة بهذه المادة أى تأثير على طعم الدرنات، أو صلاحيتها للاستهلاك، لكن عيبها الرئيسى هو أنها تمنع تكوين بيريدرم الجروح؛ مما يزيد من فرصة تعفن الدرنات إذا جرحت بعد إجراء عملية العلاج التجفيفى ولا تعامل الدرنات المعدة لاستعمالها كتقاو بهذه المادة، لكن يمكن تنبيت الدرنات المعاملة بغسلها بالماء والصابون، ثم معاملتها بالإثيلين كلوروهيدرين (عن Avery وآخرين ١٩٤٧)

٦- مركب دى أى بى إن DIPN:

كانت المعاملة مرتين بالـ diisopropylnaphthalene (اختصارًا DIPN) – كما فى المنتج التجارى Amplify بمعدل ٣٠٠ مجم/كجم من الدرنات الطازجة بنفس فاعلية الـ

CIPC بتركيز ٢٢ مجم/كجم فى منع تزريع الدرنات خلال ١٠ شهور من التخزين أما الـ 1,4-dimethylnaphthalene (اختصارًا DMN) – كما فى المنتج التجارى 1.4 Sight – فكان مؤثرًا أيضًا فى منع التزريع، ولكن ليس بنفس قوة الـ DIPN أو الـ CIPC. وقد كانت معاملة واحدة بأى من الـ DIPN أو الـ DMN بمعدل ٣٠٠ مجم/كجم كافية لمنع التزريع على المدى القريب وقد أوضح التحليل أن متبقيات كلاً من الـ DIPN و الـ DMN كانت بعد ١٠ شهور من التخزين مماثلة لتبقيات الـ CIPC أو أقل منها (Lewis وآخرون ١٩٩٧، و Afex & Kays ٢٠٠٤)

٧- مركب ١، ٨ سنيول:

على الرغم من أن المعاملة بالـ 1,8-cineole كانت أكثر فاعلية عن معاملة الـ CIPC فى منع تزريع البطاطس خلال ٢٥ أسبوعًا من التخزين، إلا أن الدرنات المعاملة بالـ cineole كانت أعلى محتوى من كل من السكروز والسكريات المختزلة، وكان لون البطاطس المقلية المجهزة منها أكثر دكنة عما كان عليه الحال فى المعاملة بالـ CIPC ومعاملة الكنترول (Daniels-Lake وآخرون ١٩٩٦).

٨- الإثيلين

يؤدى خفض تركيز الإثيلين فى هواء مخازن البطاطس إلى تقليل تزريعها، إلاّ أن تقليل بزوغ النبت ونموه يتطلب خفض تركيز الإثيلين إلى أقل من ٠,٠١ جزء فى المليون (Wills وآخرون ٢٠٠٣).

وقد أدى استمرار تعريض درنات البطاطس للإثيلين بمعدل ١٦٦ ميكرومول لكل م^{٣} من المخزن إلى الحد من تزريع الدرنات والحد من نمو النبت فى الدرنات التى حدث فيها تزريع، إلا أن البطاطس المحمرة المجهزة منها كانت أكثر دكنة عن تلك التى جهزت من درنات عوملت بالـ CIPC (Prange وآخرون ١٩٩٨).

وفى دراسة خزنت فيها الدرنات لمدة ٢٥ أسبوعًا على ٩°م وعوملت – بصورة منتظمة – بتركيزات ٠,٤، و ٤، و ٤٠، و ٤٠٠ جزء فى المليون من الإثيلين، مقارنة بعدم المعاملة أو بالمعاملة بالـ CIPC بدون إثيلين مع التخزين فى نفس الظروف، كانت لمعاملة الإثيلين

تأثيرًا واضحًا فى منع التزريع تناسب طرديًا مع التركيز المستخدم منه وبينما كانت تركيزات ٤، و ٤٠، و ٤٠٠ جزء فى المليون من الإثيلين مماثلة فى فاعليتها لمعاملة الـ CIPC، فإن تركيز ٠,٤ جزء فى المليون كان وسطًا فى تأثيره على التزريع بين معاملة الـ CIPC والكنترول غير المعامل. وقد حدثت زيادة فى دكنة الشبس المجهز من الدرنات التى عوملت بالإثيلين فى خلال خمسة أسابيع من التخزين، ولكن تلك الزيادة تناقصت بعد ذلك، وإن بقيت دكنة لون الشبس بعد ٢٥ يومًا من التخزين أعلى فى معاملة الإثيلين بتركيز ٤، و ٤٠ جزءًا فى المليون عما كان عليه الحال فى معاملة الـ CIPC كذلك لم يختلف الفقد فى الوزن بين معاملات الإثيلين ومعاملة الـ CIPC، بينما بلغ الفقد ٥٠٪ بعد ٢٥ أسبوعًا من التخزين فى معاملة الكنترول (Daniels-Lake وآخرون ٢٠٠٥)

هذا إلاّ أن الإثيلين لم يستخدم تجاريًا – بعد – لمنع التزريع فى درنات البطاطس

٩- فوق أكسيد الأيدروجين

كان معدل التزريع (وجود نموات برعمية يزيد طولها عن ملليمترين) فى درنات البطاطس، التى عوملت مرة واحدة أو أربع مرات (مرة كل خمسة أسابيع) بأى من فوق أكسيد الأيدروجين بلص hydrogen peroxide plus (اختصارًا HPP)، أو بالـ chlorpropham (اختصارًا: CIPC) كضباب قبل وأثناء تخزينها لمدة ٦ شهور على ١٠ ± ١°م كما يلى (Afek وآخرون)

المعاملة	معدل التزريع (٪)
HPP ٤ مرات	صفر
CIPC ٤ مرات	صفر
الكنترول	٨٤
HPP مرة واحدة	٦١
CIPC مرة واحدة	٥٨
الكنترول	٨٧

١٠- مركب نونانول Nonanol:

يوجد مركب ٣-٥-٥ ترای میثایل هکسان-١-أول 3-5-5trimethylhexan-1-ol (نونانول) فی صورة سائلة؛ وهو يستعمل على صورة بخار بتركيز ٠,١ ملليجرام/لتر من الهواء الذى يدفع فى جو المخزن بمعدل ١٠م٣/طن من الدرنات/ساعة ويظل تأثير المعاملة ساريًا لمدة ٢-٣ أسابيع بعد انتهائها، وبداية تهوية المخازن؛ وعليه فإنه يمكن الاقتصاد فى استعماله بإجراء المعاملة لمدة أسبوعين، يعقبها أسبوعان بدون معاملة، وهكذا ويلزم ٣٥ كجم من المركب لكل ١٠٠ طن من الدرنات لكل أسبوعين من المعاملة (Burton ١٩٧٨)

١١- مركبات أخرى

من المركبات الأخرى التى استعملت بنجاح فى منع تزريع الدرنات فى المخازن ما يلى:

nonyl alchol	propargyl alchol
decyl alchol	dipropargyl ether
2,5,5-trimethyl-1-1-hexanol	2-ethyl butanol
2-ethyl hexanol	salicylaldehyde
1,4-dimethylnaphthalene (DMN)	

وفى دراسة عوملت فيها درنات بطاطس من الصنف رصت بربانك قبل تخزينها بمثبطات التبرعم:

Isopropyl-N-(3-chlorophenyl) carbamate (CIPC)
1,4-dimethylnaphthalene (DMN)
salicyladehyde
cineole

وجد بعد ١٦ أسبوعًا من التخزين على ٧°م أن نسبة السكريات المختزلة تراوحت فى كل المعاملات بين ١٠,٥، و ١١,٨ مجم/جم وزن جاف، وهو ما يعد مقبولاً لصناعة الشبس (Yang وآخرون ١٩٩٩)

المعاملة بالمستخلصات النباتية الطبيعية والزيوت الأساسية

أحدثت المعاملة بالزيوت المستخلصة من كل من الخزامى (اللافندر lavender) *Lavandula angustifolia*، وحصى البان (الروزمارى rosemary) *Rosmarinus officinalis*، والمريمية أو القصعين (السيج Sage) *Salvia fruticosa*. أحدثت جميعها تثبيطًا لإنبات براعم درنات البطاطس التى عوملت بها، كما أحدثت المعاملة بالأعشاب ذاتها تأثيراً مماثلاً للمعاملة بالزيوت المستخلصة منها وكان التأثير المثبط مؤقتًا؛ حيث أنبتت البراعم بصورة طبيعية بعد زوال تأثير المعاملة (Vokou وآخرون ١٩٩٣)

كذلك وجد أن مركب الكارفون carvone الذى يتوفر فى زيوت بذور الكراوية والشبت قادر على تثبيط إنبات براعم درنات البطاطس بنفس كفاءة المعاملة بالـ IPC، أو بالـ CIPC وقد امتد تأثير المعاملة لفترة طويلة دامت لمدة ٢٥٠ يومًا، انخفض بعدها تركيز المركب فى الدرنات المعاملة إلى جزء واحد فى المليون، ولكن أمكن للبراعم أن تنبت بعد زوال أثر المعاملة التى يعتقد أنها ثبطت نشاط إنزيم hydroxymethylglutaryl-CoA reductase (Hartmans وآخرون ١٩٩٣)

ويستعمل الكارفون حاليًا فى أوروبا تحت الاسم التجارى تالنت Talent؛ لمعاملة البطاطس المعدة للاستهلاك الطازج، أو لأجل استعمالها كتقاو، بهدف منع تزريعها أثناء التخزين، كما تجرى محاولات لاستعمال المركب كمبيد فطرى لمكافحة كل من الجرب، وعفن فوما، والعفن الجاف.

وقد كانت المعاملة الكارفون بنفس فاعلية المعاملة بمخلوط الكلوربروفام chlorpropham مع البروفام propham فى تثبيط تزريع الدرنات، إلاّ إنه يتعين تكرار المعاملة به بمعدل ٠,١ مل لكل كيلوجرام من الدرنات كل ٤-٦ أسابيع أثناء التخزين، ليظل الـ S-carvone متواجدًا دائمًا حول الدرنات؛ علمًا بأنه يمكن استهلاك الدرنات بعد ١٥ يومًا من المعاملة (Reust ٢٠٠٠).

وتؤثر عديد من الزيوت الأساسية فى منع تبرعم درنات البطاطس، ومن بين أكثرها

تأثيرًا زيت الخُزامى (اللانفندر) lavender، وبدرجة أقل زيوت المريمية sage، وحصى البان rosemary (Afek & Kays ٢٠٠٤).

ويستخدم — كذلك — فى منع تزريع البطاطس معاملتها بالأحماض الأروماتية — والتى منها حامض الجاسمونك jasmonates — وقت الحصاد (Since Update-USDA — الإنترنت — ٢٠٠٧).

ويستخدم — حاليًا — الـ S-(+)-carvone (وهو monoterpene يستخلص من بذور الكراوية) تجاريًا لأجل تثبيط تزريع البطاطس فى المخازن، حتى أصبح منافسًا للـ CIPC الذى يستخدم لهذا الغرض منذ أمد بعيد.

وتُعد مستخلصات الـ spearmint والـ peppermint من البدائل التى يمكن استخدامها لمنع تزريع درنات البطاطس فى المخازن أدت المعاملة بأى منهما مرتين إلى خفض التزريع لمدة ٣٠ يومًا وقد كان مستخلص الـ peppermint أكثر كفاءة من مستخلص الـ spearmint. وقد أعطت المعاملة ثلاث مرات كفاءة عالية فى منع التزريع، ولكنها لم تدم سوى لمدة ٣٠ يومًا من المعاملة الأخيرة. هذا ولم يوجد أى تفاعل تداؤبى بين المعاملة بمستخلص الـ spearmint والمعاملة بالـ CIPC عندما تم الجمع بينهما (Kleinkopf وآخرون ٢٠٠٧).

وقد أمكن فصل مركبين من زيت النعناع، هما: menthone، و neomenthol كان استعمال مخلوط منها أكثر فاعلية فى منع تزريع البطاطس عن مركب الـ carvone المستخلص من الكراوية والمستعمل فى هولندا لهذا الغرض. ولقد أدت المعاملة بأبخرة المستخلصات إلى حماية البطاطس من التزريع لمدة ٢-٣ شهور من التخزين (Top Crop Manager — الإنترنت — ٢٠٠٧).

ولقد تبين لدى مقارنة تأثير أبخرة كل من الـ menthone والـ neomenthol بأبخرة الـ S-(+)-carvone أنهما كانا أكثر فاعلية فى منع تزريع البطاطس بمقدار ١٠ مرات عن الكارفون، وذلك عندما تمت المعاملة بهما — معًا — بتركيز ٠,٥ ميكروليتر لكل لتر (٥ حجم فى المليون) من كل منهما (Coleman وآخرون ٢٠٠١).

المعاملة ببعض الأنواع البكتيرية

أظهرت الدراسات أن معاملة درنات البطاطس فى المخازن بأى من السلالات البكتيرية VS11·P·12 من *Pseudomonas fluorescens*، أو S11:T:07 أو S11·P:08 من *Enterobacter* sp. (وجميعها مثبطة للإصابة بالعفن الجاف الفيوزارى) ثبطت تزريع الدرنات حتى بعد ٤–٥ شهور من التخزين بدرجة كانت مماثلة للمعاملة بتركيز ١٦,٦ جزءًا فى المليون من الـ CIPC الذى يعد المركب الكيميائى المصنع الوحيد المسجل – حاليًا – للاستخدام بعد الحصاد لأجل منع تزريع درنات البطاطس (Slininger وآخرون ٢٠٠٣).

المعاملة بأشعة جاما

من المعروف أن معاملة درنات البطاطس بأشعة جاما يؤدى إلى منع تزريعها أثناء التخزين، ولكن يجب أن يجرى ذلك بعد الانتهاء من معالجتها وتكوين بيريدرم الجروح

فعلى الرغم من أن تعريض درنات البطاطس الحديثة الحصاد لأشعة جاما أدى إلى زيادة نشاط أول الإنزيمات فى سلسلة التفاعلات المؤدية إلى تمثيل اللجنين، وهو phenylalanine ammonia lyase بمقدار خمسة أضعاف عما كان عليه نشاطه فى درنات الكنترول التى لم تُعامل، فإن تمثيل اللجنين انخفض بمقدار ٤٠٪، وقد أُرجع ذلك إلى أن نشاط إنزيم آخر أساسى فى عملية تمثيل اللجنين، وهو cinnamyl alcohol dehydrogenese، الذى انخفض فى الدرنات التى عوملت بالإشعاع بنسبة ٣٠٪ (Ramamurthy وآخرون ٢٠٠٠).

مقارنات بين مختلف مثبطات التزريع، وعيوبها، والوضع الحالى لاستخداماتها

من الدراسات التى أجريت لأجل مقارنة فاعلية مختلف مانعات التبرعم، ما يلى:

- قورن تأثير المعاملة الكارفون carvone، والـ dimethylnaphthalene (اختصارًا

DMN)، والإثيلين بالمعاملة بالمركب القياسى التجارى CIPC (وهو isopropyl N-(3-chlorphenyl) carbamate) على تزريع البطاطس فى المخازن، ووجد بعد ٢٥ أسبوعًا من التخزين على ٩°م أن كل المعاملات كانت فعالة فى تقليل التبرعم إلا أنها تباينت فى أعداد النموات ووزنها الكلى حيث كان أشدها تأثيرًا معاملة الـ CIPC وتبعها – تنازليًا – معاملات الكارفون، فالإثيلين، فالـ DMN. فالكنترول بدون معاملة. وقد كانت معاملة الإثيلين هى أشد المعاملات وطأة فى التأثير السلبى على جودة الدرنات وصلاحيتها للتصنيع، حيث كانت الأكثر محتوى من كل من السكريات المختزلة والسكروز (Kult وآخرون ١٩٩٩).

● وجد كذلك أن 1,8-cineole كان بنفس فاعلية الـ CIPC فى منع تبرعم درنات البطاطس، ولكن الأوزون لم يكن له تأثير يذكر (Afek & Kays ٢٠٠٤).

ومن أهم عيوب مانعات تبرعم البطاطس المستخدمة تجاريًا ما يلى:

١- يؤدى كل من الـ isopropyl N-(3-chlorophenyl) carbamate (اختصارًا: CIPC)، والـ propham (يعطى الرمز IPC) إلى تثبيط عملية السوبرة وتكوين بيريدرم الجروح؛ بما يعنى ضرورة المعاملة بهما بعد المعالجة.

٢- يُعامل بالماليك هيدرازايد قبل الحصاد بنحو ٤-٦ أسابيع، وتؤدى المعاملة المبكرة عن ذلك إلى نقص المحصول، بينما لا تكون المعاملة المتأخرة عن ذلك مؤثرة فى منع التزريع.

٣- لا تكون المعاملة بالـ tencazene (يعطى الرمز TCNB) مؤثرة إذا كانت حالة السكون قد كُسِرَت بالفعل، أو كانت التهوية بحجرات التخزين زائدة، أو كان التخزين على أكثر من ١٠°م (Afek & Kays ٢٠٠٤).

هذا ومازال الـ CIPC مسموحًا باستخدامه فى منع تزريع درنات البطاطس، إلا أن المتبقيات المسموح بها منه فى الدرنات انخفضت – منذ عام ١٩٩٦ – من ٥٠ جزءًا فى المليون إلى ٣٠ جزءًا فى المليون فى الولايات المتحدة، مع احتمال حدوث تخفيضات مماثلة وقيود على استعماله فى دول أخرى

ومن بين بدائل الـ CIPC التي درسته واستخدم بعضها تجاريًا كمثبطات لتزريع البطاطس، ما يلي:

- الزيوت الأساسية، مثل زيوت الكراوية، والنعناع (الـ peppermint، والـ spearmint)، والقرنفل.
- مكونات الزيوت الأساسية، مثل الـ s-carvone، والـ eugenol.
- فوق أكسيد الأيدروجين.

هذا إلا أن المعاملة المستمرة بتلك المركبات أثناء التخزين تعد ضرورية لاستمرار فاعليتها كمثبطات للتزريع.

- مركبات النفثالين، مثل dimethyl naphthalene، و diisopropyl naphthalene (Kleinkopf وآخرون ٢٠٠٣).

الإصابات المرضية ومعاملات الحد منها بعد الحصاد

نظرًا لأن أمراض المخازن الشائعة تتواجد طبيعيًا في التربة، فإنها تنتقل إلى المخازن مع الدرنات ولذا فإنه من الضروري ليس فقط العمل على التئام الجروح للحد من اختراق مسببات الأمراض للأنسجة الداخلية للدرنة، وإنما كذلك خفض درجة الحرارة بأسرع ما يمكن بعد الفرز للحد من انتشار الأمراض بالدرنات المصابة، ومنها إلى السليمة

ويستدل مما تقدم على أهمية الحرص في الحصاد والتداول للحد من الخدوش والجروح والقطوع والتسلخات وإذا ما ظهرت أعراض الإصابة بالندوة المتأخرة أو الأمراض الأخرى على الدرنات يكون من الضروري سرعة خفض درجة الحرارة حتى بدون معالجة، ولكن مع مراعاة سرعة التخلص من ذلك المحصول فلا يخزن لفترة طويلة

هذا . ويزداد نمو معظم مسببات الأمراض لوغاريتميًا مع ارتفاع الحرارة من ٤ إلى ٢٧°م وبذا . فإن الحرارة المنخفضة تقلل من فرصة الإصابات المرضية أثناء التخزين (Voss وآخرون ٢٠٠٧)

ومن أهم أمراض مخازن البطاطس، والتى تنتقل بالبيتما مع الدرنات ما يلى:

المرض	المسبب	الأعراض على الدرنات
العفن الوردى pink rot	الفطر *Phytophthora erythoseptica*	تلون بنى يتحول إلى وردى مائى عديم الرائحة
رشح بثيم *Pythium* leek	الفطر *Pythium ultimum*	تصبح الدرنة اسفنجية وتتحلل تاركة الجلد سليمًا
العفن الجاف dry rot	الفطر *Fusarium sambucinum*	تصبح الدرنة سوداء داخليًا وتظهر عليها بقع غائرة
العفن الطرى البكتيرى bacterial soft rot	البكتيريا *Erwinia carotovora*	عفن طرى مهترئ يُصاحب بإفرازات رمادية إلى بنية ذو رائحة كريهة

ويمكن عن طريق اختبار الـ polymerase chain reaction (اختصارًا: PCR) لعصير درنات البطاطس السليمة تمامًا مظهريًا التعرف على أى دنا DNA غريب عن دنا البطاطس، والذى يكون – غالبًا – للكائنات الدقيقة المسببة للأمراض، ولكنها لم تظهر فى صورة مرضية بعد. ومن خلال هذا الاختبار السريع يمكن عزل محصول الحقول التى تبدو ملوثة – لتسويقه طازجًا أو لتخزينه لفترة قصيرة – عن محصول الحقول السليمة تمامًا والتى يمكن تخزينها لفترة طويلة (freshino news – الإنترنت – ٢٠٠٧).

ومن الصعب جدًا مكافحة أمراض المخازن فى البطاطس إذا ما حدثت داخل المخازن لسببين، هما:

١- لا يوجد سوى قليل جدًا من المبيدات المسجلة للاستخدام على البطاطس أثناء التخزين.

٢- قد تساعد ظروف التخزين على سرعة انتشار بعض الأمراض.

ويعد تطهير المخازن قبل شغلها بالبطاطس أحد أهم الإجراءات التى يتعين اتخاذها لتجنب انتشار الأمراض فيها بعد ذلك، كما يعد الكلورين – فى تحضيراته المختلفة – أحد أهم بدائل المطهرات الشائعة الاستعمال.

المعاملة بغاز الكلورين

تبين أن تعريض درنات البطاطس لغاز الكلورين بتركيزات تراوحت بين ٢، و ٢٠١ ملليجرام/لتر فى الهواء الرطب يثبط نمو بعض المسببات المرضية، ولكن تلك المسببات تتباين كثيرًا فى استجابتها للغاز، من حيث التركيز المؤثر وفترة المعاملة المناسبة. فمثلاً .. كان الفطر *Helminthosporium solani* السطحى التطفل أكثر حساسية عن الفطر *Fusarium sambuctinum*، واليكتيريا *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* اللذان يتطفلان عميقًا فى الدرنات. وقلل تعريض الدرنات للكلورين بتركيز ٢ مجم/لتر لمدة ٤٠ يومًا – بشدة – من الإصابة بالقشف الفضى silver scurf، بينما تطلبت مقاومة العفن الجاف والعفن الطرى البكتيرى التعريض للغاز بتركيز ٢٠١ ملليجرام/لتر لمدة ١٠ أيام، كما أمكن مقاومة القشف الفضى بالتعريض لتركيز ٢٠ مجم/لتر لمدة يومين (Tweddell وآخرون ٢٠٠٣)

المعاملة بثانى أكسيد الكلورين

يستعمل ثانى أكسيد الكلورين chlorine dioxide كمطهر فى محطات تعبئة وتخزين الخضر والفاكهة، حيث يقتل مختلف الكائنات الدقيقة المرضة والمسببة للأعفان حسب التركيز المعامل به وليس لهذا المطهر أى تأثير جهازى، إذا إنه يعمل كمطهر سطحى فقط فعال ضد البكتريا والفطريات والطحالب والفيروسات

يعمل المركب من خلال تفاعل أكسدة، مقابل تفاعل الكلورة الذى تعمل من خلاله مركبات الهيبوكلوريت وثانى أكسيد الكلورين عبارة عن غاز شديد القابلية للذوبان فى الماء، وهو يناسب الاستعمال فى مخازن البطاطس نظرًا لضعف سميته للأنسجة النباتية، ولأنه لا يدوم كثيرًا بعد المعاملة. كما أن استعماله آمن وليس له تأثيرات ضارة على البيئة

ومن بين الأمور الهامة التى يجب أخذها فى الحسبان عند المعاملة بثانى أكسيد الكلورين ما يلى:

١– ضرورة تحضير الغاز فى موقع الاستعمال نظرا لعدم ثباته الكيميائى عند نقله،

ويتم التحضير بعملية تعرف باسم "التنشيط" activation يتم فيها تنشيط محلول مخفف من كلوريت الصوديوم بحامض لإنتاج ثانى أكسيد الكلورين

٢- قد يترك تكوين مواد جانبية – مثل الـ chlorates والـ chlorites – مخلفات غير مرغوب فيها بالمنتجات الغذائية.

٣- يتوقف التركيز المنتظم لثانى أكسيد الكلورين على درجة الحرارة، والـ pH أثناء عملية التنشيط، وعلى نوع الحامض المستخدم

٤- قد يشكل انطلاق غاز ثانى أكسيد الكلورين أثناء التنشيط مشكلة أمان بالنسبة للقائمين بالعمل.

ومن بين التحضيرات التجارية المتاحة لمنتجات ثانى أكسيد الكلورين، ما يلى:

التحضير التجارى	الشركة المنتجة
Anthium AGP	International Dioxcide
Purogene	Bio-Cide International

وتجدر الإشارة إلى أن تلك المنتجات التجارية ليست هى ثانى أكسيد الكلورين ذاته، وإنما هى مجرد محاليل يحضر منها المركب المطلوب عند تنشيطها بأحد الأحماض مثل حامض الفوسفوريك أو الستريك، حيث يؤدى انخفاض الـ pH إلى إنتاج المركب الغازى.

على الرغم من فاعلية ثانى أكسيد الكلورين فى الحد من النمو المزرعى لعدد من مسببات أعفان البطاطس، وهى: *Erwinia carotovora* (العفن الطرى البكتيرى)، و *Fusarium* spp. (العفن الجاف)، و *Helminthosporium solani* (القشف الفضى)؛ فإنه لم يكن مجديًا فى مكافحة أى من *Fusarium* spp.، أو *H solani*، أو *Phytophthora infestans* (الندوة المتأخرة) بالدرنات، وقد أعزى ذلك إلى عدم التحكم الدقيق فى تركيز الغاز بالمخزن

وعلى الرغم مما تقدم بيانه، فإن ثانى أكسيد الكلورين يصرح به – حاليًا – لأجل مكافحة الندوة المتأخرة فقط، علمًا بأنه يقتل – كذلك – عددًا من مسببا أعفان البطاطس، مثل بكتيريا العفن الطرى البكتيرى *Erwinia carotovora*، وفطر العفن اجاف *Fusarium* spp.، وفطر القشف الفضى *Helminthosporium solani*، إذا ما أحكم استخدامه

وتكون المعاملة بثانى أكسيد الكلورين إما مرة واحدة بتركيز ٤٠ جزءًا فى المليون، وإما معاملة أولى بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون تتبعها إما معاملة مستمرة بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون، أو معاملات على فترات بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون.

ولمزيد من التفاصيل عن المركب وطريقة استعماله . يراجع Olsen وآخرين (٢٠٠٨)

المعاملة بفوق أكسيد الأيدروجين

أدت معاملة مخازن البطاطس بفوق أكسيد الأيدروجين على صورة ضباب إلى انخفاض إصابة الدرنات بالعفن الطرى البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *Erwinia carotovora* subsp. *catotovora* – بعد خمسة أشهر من التخزين – إلى ٤٪ مقارنة بإصابة بلغت ٢٦٪ فى معاملة الكنترول (Afek وآخرون ١٩٩٩)

وأفادت معاملة مخازن البطاطس بالـ hydrogen peroxide (اختصارًا HPP) ١٠٪ على صورة ضباب فى مكافحة الفطر *Helminthosporium solani* مسبب مرض القشف الفضى، فبعد ستة شهور من التخزين عوملت خلالها الدرنات خمس مرات كانت نسبة الإصابة بالمرض ٢٪ مقارنة بنسبة إصابة ٣٨٪ فى الكنترول. أما نسبة الإصابة بعد نفس الفترة مع إعطاء معاملة واحدة بالـ HPP ١٠٪ فقد بلغت ١٦٪. وقد أدت المعاملة بالمركب إلى مقاومة نمو الفطر على جلد درنات البطاطس التى كانت مصابة وقت حصادها (Afek وآخرون ٢٠٠١).

المعاملة بالمبيدات الفطرية

أمكن مكافحة أعفان الدرنات التى تنتج عن الإصابة بالفطر *Alternaria solani*

مسبب مرض الندوة المتأخرة بمعاملة الدرنات — بعد الحصاد — بأى من المركبات التالية

captan	sodium hypochlorite
chlorine dioxide	triphenyl tin hydroxide
captafol	iprodione

كانت المعاملة بمعدل ٤ ٥ أو ٨,٣ لتر من مخلوط من تلك المركبات فعّالة كذلك، إلا أن المعدل الأعلى بدا أكثر فاعلية وقد كانت جدوى المعاملة أعلى ما يمكن عندما كانت شدة الإصابة فى الدرنات المخزنة (معبراً عنها بعدد البقع/درنة) منخفضة أو متوسطة، ولكنها كانت أقل كفاءة عندما كانت شدة الإصابة عالية ابتداء (Harrison & Franc ١٩٨٨)

المعاملة بمحفزات المقاومة الطبيعية

أدت المعاملة المبكرة لنباتات البطاطس بأى من المركبين DL-3-aminobutyric acid (اختصارًا BABA)، أو fosetyl-aluminium إلى إكسابها مقاومة جهازية ضد الإصابة بالندوة المتأخرة استمرت فى الدرنات بعد الحصاد، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى نشاط الإنزيمين β-1,3-glucanase، و aspartic protease بالدرنات. وكذلك فى محتواها من الفينول والفيتوألاكسين (Andreu وآخرون ٢٠٠٦).

وأمكن — كذلك — الحد من مساحة البقع المرضية للفطر *Fusarium sulphureum* فى درنات البطاطس أثناء التخزين بمعاملتها بالشيتوسان بتركيز ٠,٢٥٪. وقد أدت هذه المعاملة — كذلك — إلى زيادة نشاط الإنزيمين peroxidase، و polyphenoloxidase وفى زيادة محتوى الأنسجة من المركبات الفلافونية واللجنين (Sun وآخرون ٢٠٠٨)

المعاملة البيولوجية

أمكن الحد من إصابة درنات البطاطس — أثناء التخزين — بالعفن الجاف الفيوزارى الذى يسببه الفطرين *Fusarium sambucinum*، و *F solani* var. *coeruleum* بالمعاملة

بالسلالة NRRL Y-2536 من الخميرة *Cryptococcus laurentii*، إلا أن المعاملة بالسلالة NRRL B-15132 من البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* كانت أكثر فاعلية (Schisler وآخرون ١٩٩٥).

التخزين

تخزن البطاطس بطريقتين رئيسيتين؛ هما التخزين فى النوالات وفى الثلاجات ويجب ألا تخزن سوى الدرنات المكتملة النضج والفروزة جيدًا.

التخزين فى النوالات

النوالة عبارة عن بناء مظلل يسمح بمرور الهواء بحرية من جوانبه، ومن السقف أيضًا، دون أن تتعرض الدرنات لضوء الشمس المباشر تبنى الجدران من الطوب اللبن المرصوص بالتبادل بطريقة تسمح بنفاذ الهواء جيدًا، وتحمل الأسقف على أعمدة خشبية، وتغطى بالحصير والحطب أو القش بسمك لا يقل عن ٢٥ سم وتوجد معظم النوالات فى المحافظات الشمالية لدلتا النيل، حيث تنخفض درجة الحرارة نسبيًا

تُطهَّر النوالات أولاً قبل استعمالها فى تخزين البطاطس بالسيفين ١٠٪، أو بمبيد آخر مناسب لمقاومة فراش درنات البطاطس والفئران

وعند التخزين تكون الدرنات فى النوالة فى "مراود" يبلغ عرضها من أسفل ٢م، وارتفاعها ١,٥م، وبطول النوالة، ويجب أن يتم التكويم بطريقة تسمح بدخول الهواء بحرية من الجهة التى تهب منها الرياح، وبعد ذلك تغطى الأكوام بقش الأرز بارتفاع ٣٠–٥٠ سم، وترش طبقات القش بمبيد مناسب؛ مثل السيفين ١٠٪، أو الأكتلك ٢٪، أو الثوميسون ٣٪

تبقى الدرنات مخزنة فى النوالات من وقت حصاد المحصول الصيفى فى مايو ويونيو إلى وقت زراعة العروة الخريفية فى أغسطس وسبتمبر ويراعى الكشف على الدرنات

المخزنة شهريًا، للتأكد من خلوها من الإصابات المرضية والحشرية، مع فرزها وحرق الدرنات المصابة إن وجدت

وتختلف أصناف البطاطس كثيرًا فى مدى صلاحيتها للتخزين فى النوالات، فنجد – مثلاً – أن الأصناف بركة، وديزرية، وباترونس، ودراجا، وألفا ... تخزن بصورة جيدة فى النوالات، بينما لا تتحمل أصناف مثل نيكولا، واسبونتا، وإسنا ظروف النوالات.

وتجدر الإشارة إلى أن الفقد فى الدرنات الذى يحدث أثناء التخزين فى النوالات قد يزيد على ٢٠٪ مقابل نسبة فقد لا تزيد على ٣٪ عند التخزين فى الثلاجات.

ويمكن تقليل الفاقد فى الدرنات المخزنة فى النوالات بمراعاة ما يلى:

١- جعل فتحات التهوية سفلية (من تحت الدرنات مع فرش الدرنات على شباك سلكية دقيقة) وعلوية (من السقف) فقط، وبذلك يخرج الهواء الدافئ من أعلى، ويحل محله هواء بارد من أسفل يمر جبريًا من بين الدرنات.

٢- طلاء النوالة من الخارج باللون الأبيض لعكس الضوء

٣- وضع مصائد جنسية (فرمونات) وضوئية داخل النوالات (عن وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٩٤)

التخزين فى الثلاجات

تواعر عامة

يجب قبل تخزين البطاطس ملاحظة الأمور التالية:

١- إذا تعرض حقل البطاطس إلى أى شدٍّ حرارى (بالارتفاع أو الانخفاض)، أو غذائى (بالزيادة أو النقصان)، أو جفافى، أو فيزيائى، أو أى ظروف أخرى غير مناسبة، فإن درناته لا تستجيب لظروف التخزين بنفس استجابة الدرنات التى لم تعانى من ظروف شد بيئى أثناء إنتاجها

٢- إن الدرنات التى تتعرض للخدش والأضرار أثناء حصادها وتداولها لحين وصولها إلى المخزن قد تحتاج إلى معاملات خاصة لأجل نجاح تخزينها

٣- يمكن فى مخازن البطاطس الحديثة تخزين الدرنات التى توجد بها أعفان حتى ٥٪ إذا ما اتخذت الإجراءات الكفيلة بالتخلص من الرطوبة الزائدة

٤- إذا ما ازدادت حالة التحلل الشبكى net necrosis فى الدرنات عند الحصاد، فإن ذلك المحصول يجب أن يسوق دون تخزين، أو فى خلال الستين يومًا الأولى من التخزين.

٥- يجب كذلك العمل على التسويق الفورى دون تخزين للبطاطس التى تظهر بها أعراض شديدة لمشاكل الشدّ البيئى، مثل النهايات السكرية، والنهايات الجلى jelly ends، والمحتوى العالى من السكريات

ونظرًا لأنه يفضل حصاد البطاطس عندما تكون حرارة الدرنات حوالى ١٥°م، فإن حرارة المخزن يجب ضبطها بحيث تقل عن حرارة الدرنات بنحو ثلاث درجات مئوية ويفيد التيار المستمر من الهواء بمعدل منخفض فى تجانس حرارة كومة الدرنات. وتجب المحافظة على الرطوبة النسبية عند ٩٠٪-٩٥٪ وبمجرد امتلاء المخزن تجب المحافظة على حرارة الدرنات عند ١٠-١٣°م لمدة أسبوعين لمعالجتها، ويتضمن ذلك الوقت الذى يمر لحين خفض حرارة الدرنات إلى ١٠-١٣°م وبمجرد انتهاء المعاجلة يتم تبريد كومة الدرنات إلى الحرارة التى سوف تخزن عليها، الأمر الذى يتوقف على الاستعمال المستهدف لها تبرد حرارة الكومة إلى الدرجة المطلوبة بمعدل نصف درجة مئوية أسبوعيًا هذا . إلا أن البطاطس المعدة للبيع الطازج يمكن تبريدها سريعًا للحد من إصابتها بالقشف الفضى، ولكن يُعاب على التبريد السريع إمكان تعرض الدرنات التى فى قاع الكومة للفقد الرطوبى الزائد والانضغاط بسبب الضغط الشديد الواقع عليها كذلك فإن التبريد السريع لن يسمح بالتهوية فى حالة الارتفاع المفاجئ لحرارة الهواء الخارجى، الأمر الذى يعرض الدرنات لنقص الأكسجين

ويتم التعرف على التغير فى حرارة الدرنات إما بقياس حرارة تلك التى توجد فى قمة الكومة أو بقياس حرارة الهواء الخارج، والذى يجب ألا ترتفع حرارته بأكثر من درجة واحدة مئوية عن حرارة الهواء الداخل كذلك يجب ألاّ تختلف حرارة كومة

الدرنات عند القاع عن حرارتها عند القمة بأكثر من درجة مئوية واحدة، ويتم التحكم فى ذلك بتشغيل المراوح فى دورات أقصر (٢-٤ ساعات مع توقف لا يقل عن ساعتين)، علمًا بأن الدورات الطويلة تزيد من الفرق الحرارى بين قاع الكومة وقمتها، الأمر الذى تلزم معه زيادة ساعات تشغيل المراوح لأجل تبريد الكومة.

إن لدرجة الحرارة – ابتداء من الحصاد وحتى التخزين – علاقة كبيرة بجودة البطاطس وبمدى تعرضها للإصابة بالأضرار والأعفان.

ومن بين الأمور التى يتعين الالتزام بها للحد من أخطار الانحرافات الخطيرة فى درجة الحرارة، ما يلى:

١- إذا كانت الحرارة شديدة الارتفاع والتربة جافة عند الحصاد يراعى ما يلى

أ- تشغيل المراوح ومرطب الهواء humidifier بصورة مستمرة أثناء ملأ المخزن وخلال أول يوم أو يومين.

ب- ضبط حرارة الهواء المدفوع فى كومة الدرنات بحيث تنخفض عن حرارة الدرنات بما لا يقل عن ثلاثة درجات مئوية، ويمكن الاستفادة من الهواء البارد ليلاً، مع تقليل التهوية نهارًا إن كان الجو حارًا ولكن يتعين مراقبة حرارة الدرنات، لأن التبريد التدريجى للدرنات أفضل من التبريد السريع

جـ- بمجرد وصول حرارة الدرنات إلى ١٠°م يتعين البدء فى توفير الظروف المناسبة لترسيب السيوبرين.

٢- إذا كانت الحرارة شديدة الارتفاع والتربة زائدة الرطوبة عند الحصاد .. يراعى ما يلى:

أ- تشغيل المراوح بصورة مستمرة مع عدم تشغيل مرطب الهواء إلى أن يتم التخلص من الرطوبة السطحية للدرنات

ب- قد يكون من المفيد ترك الدرنات بعد تقليعها فى خطوط سطحية معرضة للهواء windrows لفترة – لتفقد رطوبتها السطحية – قبل نقلها.

جـ- ضبط حرارة الهواء المدفوع فى كومة الدرنات بحيث تكون أقل من حرارة الدرنات بنحو ثلاث درجات مئوية

د- ما أن تصل حرارة الدرنات إلى ١٠°م يتعين البدء فى توفير الظروف المناسبة لترسيب السيوبرين

٣- إذا كان الجو معتدل البرودة (١٠-١٥°م) والتربة جافة عند الحصاد يراعى ما يلى

أ- فى ظل هذه الظروف تكون حرارة الدرنات مناسبة بالفعل لإجراء عملية المعالجة، ولذا يلزم تشغيل المراوح على فترات متقطعة لأجل توفير التجانس فى حرارة الدرنات بالكومة، والأكسجين اللازم لعملية المعالجة.

ب- محاولة ضبط حرارة الهواء المدفوع فى الكومة ليكون بنفس حرارة الدرنات

جـ- إذا ارتفعت حرارة الهواء الخارجى نهارًا بشدة يمكن إما تقليل دفع ذلك الهواء أو وقفه مع تحريك هواء المخزن الداخلى لتوفير التجانس فى حرارة الكومة.

د- تحتاج البطاطس التى تصل المخزن وهى بتلك الحالة إلى ٢-٣ أسابيع لاستكمال التئام الجروح على ١٠-١٣°م مع ٩٥٪ رطوبة نسبية

٤- إذا كان الجو باردًا (٤,٥-١٠°م) والتربة جافة عند الحصاد يراعى ما يلى

أ- تكون الدرنات فى هذه الظروف شديدة الحساسية للإصابة بالخدوش، لذا يتعين تداولها بحرص شديد.

ب- لا تكون هناك حاجة إلى حرارة حقل للتخلص منها، ولكن تكون هناك ضرورة لرفع حرارة الدرنات إلى ١٠-١٣°م، ويمكن أن يتم ذلك بتشغيل المراوح بصورة متقطعة فقط، مع الاعتماد على الحرارة الناتجة عن التنفس، ويستغرق ذلك فترة قصيرة عادة

جـ- يلزم تشغيل مرطب الهواء مع توقيت تشغيله مع المراوح

د- تلاحظ أى تغيرات فى حرارة الهواء الخارجى أثناء امتلاء المخزن، والتحكم فى إدارة المراوح تبعًا لذلك

هـ- إذا كان الجو باردًا (٤,٥-١٠°م) والتربة رطبة عند الحصاد يراعى ما يلى

أ- يفيد ترك الدرنات بعد تقليعها فى خطوط سطحية معرضة للهواء لفترة لتفقد رطوبتها السطحية قبل نقلها.

ب- تشغيل المراوح بصورة مستمرة بعد وصول الدرنات إلى المخزن مع عدم تشغيل مرطب الهواء، وذلك لحين التخلص من الرطوبة السطحية.

جـ- قد يكون من الضرورى توفير مصدر حرارة لتدفئة الدرنات إلى ١٠-١٥°م بصورة تدريجية

د- بعد اكتمال التجفيف السطحى توفر التهوية المتقطعة الأكسجين اللازم، كما تسمح ببعض التدفئة من الحرارة الناتجة عن التنفس.

هـ- بمجرد وصول حرارة الدرنات إلى ١٠-١٣°م يتعين البدء فى المعالجة التى تستغرق ٢-٣ أسابيع على ٩٥٪ رطوبة نسبية (Shetty ٢٠٠٧)

ويمكن تقسيم فترة تخزين البطاطس إلى ثلاث فترات أو مراحل، كما يلى:

١- فترة المعالجة curing period:

وهى فترة السوبرة واكتمال والتئام الجروح، وكذلك اكتمال تكوين و "نضج" الدرنات التى لم يكن قد اكتمل تكوينها عند الحصاد، حيث تثبت وتسمك فيها طبقة البيريدرم خلال فترة الأقلمة وأفضل حرارة للأقلمة هى ١٠-١٥,٥°م حسب الاستعمال النهائى المستهدف للدرنات، والصنف، والرطوبة النسبية، والظروف السابقة لنمو المحصول وتجرى الأقلمة على ١٠°م عندما يكون الاستعمال المستهدف للدرنات هو تصنيع البطاطس المحمرة المجمدة، أو المنتجات المجففة، أو البيع فى أسواق المنتجات الطازجة أما عندما يكون الاستعمال المستهدف هو تصنيع الشبس فإنه يلزم إجراء المعالجة فى الحرارة الأعلى لانخفاض الحد الأقصى المسموح به من السكريات عند تصنيع الشبس، ولأن الأصناف تختلف فى محتواها من السكريات وفى مدى تراكمها فيها فى الحرارة المنخفضة وتتراوح مدة المعالجة - عادة - بين أسبوع واحد وأسبوعين، يتعين أن تزيد الرطوبة النسبية خلالها عن ٩٥٪ لأجل تحفيز عملية

السوبرة، مع الحد من الفقد الرطوبى من الدرنات خلال مدة الأقلمة. وتزداد مدة الأقلمة عن أسبوعين بالنسبة للدرنات الصغيرة غير المكتملة التكوين

إن المعالجه الجيدة ضرورية لتأمين التخزين دون حدوث تدهور فى الجودة فعندما يكون الجود دافئًا أو حارًا وقت الحصاد يتعين التخلص من قدر كبير من حرارة الحقل والحرارة التى تنبعث من التنفس، مما يتعين الدفع الجبرى للهواء البارد ليلاً ويعد التخلص من الحرارة ضروريًا – كذلك – للحد من الإصابة بالأعفان ولعدم التعجيل بالشيخوخة الفسيولوجية للدرنات، وهى التى تزيد من إنتاج السكريات المختزلة والتزريع المبكر.

٢– فترة التخزين:

تخزن الدرنات – بعد انتهاء فترة المعالجة – على ٤,٤ إلى ١٠°م تبعًا للاستعمال المستهدف فالبطاطس المعدة لصناعة الشبس تخزن – بصورة عامة – على ١٠°م كحد أدنى، بينما تخزن تلك التى تستخدم فى صناعة البطاطس المحمرة على ٧,٣°م، وتلك التى تباع طازجة أو تخزن لأجل استعمالها كتقاوٍ على ٤,٤°م ولا يجوز تخزين البطاطس المعدة للتصنيع فى الحرارة المنخفضة التى تساعد على تركم السكر فى الدرنات ويتدهور فيها القوام ويفضل – دائمًا – أن تبقى حرارة التخزين ثابتة، وألا تتقلب بين الارتفاع والانخفاض. وتعد الرطوبة النسبة العالية ضرورية للحد من الفقد فى الوزن ولمنع حدوث الخدوش التى تحدثها الضغوط.

٣– فترة التدفئة warming period:

إذا كانت الدرنات قد خزنت فى حرارة تقل عن ١٠°م فإنه يتعين تدفئتها إلى تلك الدرجة قبل إخراجها من المخزن لأجل الحد من تعرضها للخدوش والأضرار كذلك يساعد وضع الدرنات فى الحرارة العالية لمدة ثلاثة أسابيع أو أكثر من ذلك فى خفض محتواها من السكر

وباختصار فإنه تجرى أولاً عملية العلاج التجفيفى التى تستمر لمدة أسبوع فى

حرارة ١٠-١٥°م، ورطوبة نسبية تتراوح بين ٨٥٪-٩٥٪ وبعد ذلك تخفض الرطوبة النسبية إلى ٨٥٪-٩٠٪، وتخفض درجة الحرارة تدريجيًا على مدى بضعة أسابيع إلى الحرارة المناسبة للتخزين؛ وهى ٣°م-٤°م، إلا أن الدرجة المثلى للتخزين تتوقف على المدة المطلوبة للتخزين، وعلى نوعية الاستعمال للمحصول المخزن

وعمومًا . فهذه الظروف (أى حرارة ٣°م-٤°م، ورطوبة نسبية ٨٥٪-٩٠٪) تناسب تخزين درنات البطاطس لمدة ستة أشهر أو أكثر بحالة جيدة، وبدون تزريع ولا ينصح بزيادة درجة الحرارة عن ٤°م، حتى لو كانت الدرنات فى حالة سكون؛ لأن الحرارة المرتفعة تزيد من فرصة فقد الرطوبة وانكماش الدرنات، بالإضافة إلى أنها تسرع من كسر حالة السكون وتزريع الدرنات؛ مما يؤدى إلى زيادة معدل انكماشها؛ لأن التزريع يصاحبه انتقال المواد الكربوهيدراتية من الدرنات إلى النموات الجديدة، وزيادة التنفس، مع فقد الرطوبة من هذه النموات بالنتح، كما أن ارتفاع درجة الحرارة لفترات طويلة يؤدى إلى إصابة الدرنات بالقلب الأسود

ومن جانب آخر يجب الحذر من انخفاض الحرارة لفترات طويلة عن ٣°، حتى لا تتعرض الدرنات لأضرار البرودة أو أضرار التجمد وتحدث أضرار البرودة عندما تتعرض الدرنات لحرارة ١٧°م لمدة طويلة، وتتجمد الدرنات فى حرارة -١,٧°م.

وتعتبر الرطوبة النسبية التى ينصح بها -- وهى ٨٥٪-٩٠٪ - قيمة وسطًا بين الهواء المشبع، أو القريب من التشبع بالرطوبة، وبين القيم الأقل التى تزيد فيها سرعة فقد الماء من الدرنات ويؤدى اقتراب الهواء من التشبع بالرطوبة إلى احتمال تكثف بخار الماء على الدرنات الباردة عند حدوث أى انخفاض فى درجة حرارة المخزن. فمثلاً إذا كانت حرارة المخزن ١٥,٥°م (٦٠°ف)، ورطوبته النسبية ٥٠٪، فإن هواء المخزن يحتوى على ٠,٠٢٥ رطلاً من بخار الماء/٦٠ قدمًا مكعبًا من الهواء، ويحتاج هذا الهواء إلى ٠,٠٥ رطلاً أخرى/٦٠ قدمًا مكعبة، حتى يصل إلى درجة التشبع الرطوبى فى هذه الدرجة، أما إذا انخفضت حرارته إلى ٤,٤°م (٤٠°ف)، فإنه يتخلص من نصف محتواه من الرطوبة بالتكثف على الدرنات الباردة

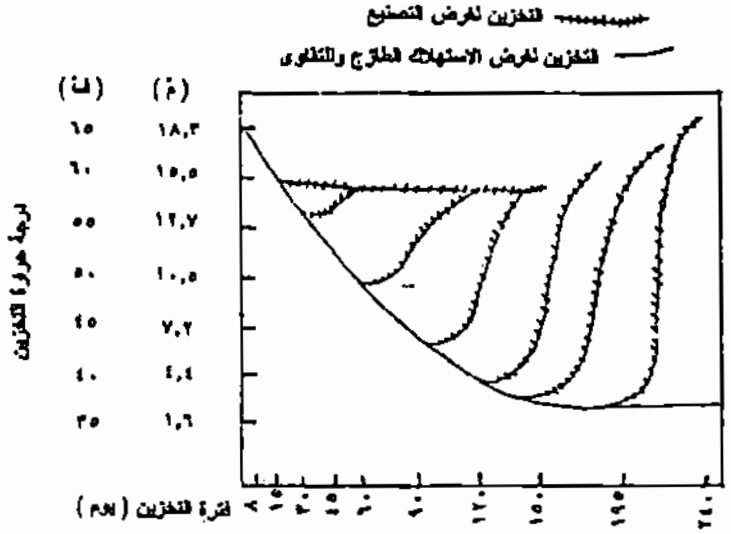
تنظيم درجة حرارة المخزن حسب مدة التخزين والهدف منه

من الضرورى تنظيم درجة حرارة المخزن حسب مدة التخزين ونوعية الاستعمال المتوقعة للمحصول المخزن؛ فحرارة ١٣–١٥°م تناسب تخزين الدرنات لمدة ١٥ يومًا بعد الحصاد مباشرة، حيث تجرى خلالها عملية العلاج التجفيفى ويمكن تخزين الدرنات على هذه الدرجة لمدة ثلاثة أشهر قبل أن تبدأ فى التزريع، كذلك يمكن إطالة فترة التخزين على هذه الدرجة إلى ستة أشهر إذا عوملت الدرنات بمثبطات التبرعم

ويقلل التخزين فى درجات الحرارة المنخفضة عن ذلك من صلاحية الدرنات لصناعة الشبس، إلا أن فترة التخزين تكون أطول، لذا يوصى دائمًا بخفض درجة حرارة المخزن لمعظم فترة التخزين، ثم رفعها تدريجيًا، بحيث تتعرض لحرارة ١٣–١٥°م لمدة ٤–٦ أسابيع قبل إخراج الدرنات من المخازن للاستعمال، كما يمكن رفع درجة الحرارة إلى ٢١°م لفترة قصيرة قبل استعمال الدرنات وبرغم أن هذا الارتفاع التدريجى فى درجة الحرارة يحدث تلقائيًا أثناء التدريج والشحن والتسويق، إلا أنه يفضل رفع درجة حرارة المخازن قبل تداول الدرنات لتقليل فرصة تجريحها قدر المستطاع، لأن الدرنات الباردة تكون أكثر عرضة للتجريح والخدش وتجدر الإشارة إلى أن رفع درجة حرارة الدرنات المخزنة قبل استعمالها يحسن أيضًا من صلاحية الدرنات للطهى أو للاستعمال كتقاوٍ ويوضح شكل (١–٤) درجات الحرارة المناسبة لتخزين درنات البطاطس للأغراض المختلفة لفترات مختلفة

وتعتمد درجة الحرارة المناسبة للتخزين على الاستعمال المستهدف للدرنات المخزنة إن معدل تنفس البطاطس يكون أقل ما يمكن على ٢–٣°م، بينما تزداد احتمالات التعرض لأضرار البرودة والتجمد على حرارة صفر–٢°م. ويحدث التزريع على حرارة تزيد عن ٥°م، ولذا . تخزن درنات التقاوى على حرارة ٤–٥°م. أما درنات الاستهلاك الطازج فإنها تخزن على ٧–١٠°م للحد من تحول السكريات غير المختزلة مثل النشا إلى سكريات مختزلة مثل الجلوكوز الذى يكسب الدرنات لونًا داكنًا عند الطبخ. وتخزن الدرنات المعدة للقلى على حرارة ١٠–١٥°م تبعًا للصنف ومدى التحولات السكرية فيه

أما الأصناف لعدة لصناعة الشبس فإن درناتها تخزن على حرارة ١٥-٢٠°م لأنها غالبًا ما يتراكم بها السكر فى حرارة تقل عن ١٥°م



شكل (١-٤): درجات الحرارة المناسبة لتخزين درنات البطاطس للأغراض المختلفة لفترات مختلفة.

ويمكن المحافظة على جودة درنات البطاطس المخزنة لمدة تتراوح بين شهرين وسنة تبعًا لجودتها عند الحصاد، ومدى جودة المخازن، والصنف المخزن، وما إذا كانت الدرنات قد عوملت بمثبطات التبرعم، أم لم تُعامل.

وتعد أنسب الظروف لتخزين البطاطس الجديدة، كما يلى:

الاستعمال المستهدف	الحرارة (°م)	الرطوبة النسبية (٪)
التقاوى	٧	٩٨
التحمير	١٠-١٥	٩٥
الشبس	١٥-٢٠	٩٥

وفى الظروف المثلى يمكن أن تحتفظ البطاطس الجديدة بجودتها لمدة ٣–٥ أسابيع ويؤدى التخزين على حرارة تقل عن ١٠–١٣°م لمدة ثلاثة أيام فقط إلى تراكم السكريات بالدرنات، مما يؤدى إلى شدة تلونها باللون البنى عند قليها أو تحضير الشبس منها ولا يوصى بزيادة فترة تخزينها عن ثلاثة أسابيع، لأجل المحافظة على صفات الجودة المنظورة وصفاتها الأكلية

وهذا وتبدأ الدرنات فى التجمد على –٠,٨°م، ومن أهم أعراض أضرار التجمد المظهر المائى الزجاجى وانهيار الأنسجة بعد تفككها وقد يترتب على التجمد البسيط ظهور أضرار البرودة (Suslow & Voss ٢٠٠٦)

تخزين التقاوى

يوصى بأن يكون تخزين الدرنات المعدة لاستعمالها كتقاو فى وجود ضوء غير مباشر، حيث يفيد ذلك – مقارنة بالتخزين فى الظلام – فى زيادة أعداد ابراعم النابتة وقصرها، مع خفض الفقد فى وزن الدرنات المخزنة. وتقليل عدد الأيام اللازمة لاستكمال إنباتها بعد الزراعة، وزيادة المحصول الناتج منها بنسبة حوالى ١٨٪ (جدول ١–١) (Salunkhe & Desai ١٩٨٤)

وإلى جانب أهمية تعريض الدرنات المعدة لاستخدامها كتقاو للضوء، فإنها يجب أن تخزن فى حرارة ١٢°م – أو أعلى من ذلك – لمدة شهرين قبل الزراعة، لأن ذلك يبكر إنباتها عند الزراعة (Marinus ١٩٩٢). ويستدل من دراسات Jenkins وآخرين (١٩٩٣) على أن تعريض التقاوى للحرارة العالية قبل زراعتها كان له تأثير إيجابى على إنبات البراعم ونموها، والنمو الخضرى، والمحصول المبكر الناتج منها، وذلك بصورة أفضل مما لو كان تعريضها للحرارة المرتفعة قبل ذلك خلال فترة تخزينها

جدول (١-١) تأثير الضوء غير المباشر diffused light أثناء تخزين تقاوى البطاطس على نوعيتها، والمحصول الذى ينتج من زراعتها

المحصول	التخزين فى الضوء غير المباشر	التخزين فى الظلام
الحالة بعد ٦ شهور من التخزين		
طول النموات sprouts (سم)	١,٨	٢١,٧
عدد النموات/درنة	٣,٤	١,٤
الفقد الكلى أثناء التخزين (٪)	٩,٩	٢٠,٣
الوضع بعد الزراعة		
عدد الأيام إلى الإنبات الكامل	٣٠,٦	٣٨,١
المحصول الكلى (طن/هكتار)	٢٨,٨	٢٤,٦

وإذا ما زرعت التقاوى عقب خروجها مباشرة من حالة السكون، فإن تخزينها فى حرارة ٢٨°م يكون أفضل لنموها بعد الزراعة من تخزينها فى حرارة أقل من ذلك (Ittersum ١٩٩٣).

إعادة التهيئة

يؤدى التخزين المستمر فى الحرارة المنخفضة إلى تراكم السكريات المختزلة فى الدرنات، نتيجة لتحول النشا إلى سكر. مع انخفاض معدل التنفس فى هذه الظروف. ويكون هذا التراكم سريعًا فى حرارة صفر-٢,٥°م، وبدرجة أقل فى حرارة ٢,٥-٣,٥°م، ولكن يختفى هذا التراكم — عادة — فى حرارة ٣,٨-٤,٤°م (عن Rastovski & Van Es ١٩٨١) ويقلل تراكم السكر من جودة الدرنات للاستعمال فى صناعة الشبس، أو البطاطس المقلية، لأن السكر المتراكم يتفاعل مع المركبات النيتروجينية عند القلى، وينتج عن هذا التفاعل لون بنى غير مرغوب فيه أما فى درجات الحرارة الأعلى من ذلك (١٥°م مثلاً)، فإن النشا يتحول إلى سكر أيضًا، لكن السكر المتكون يستهلك أولاً بأول فى التنفس. وتعرف عملية رفع حرارة الدرنات المخزنة إلى ١٥-٢٠°م قبل استعمالها فى صناعة الشبس باسم إعادة التهيئة reconditioning، وهى تُتبع مع معظم الأصناف (Smith ١٩٦٨)

وقد وجد أن السكريات المختزلة التى تتراكم فى الدرنات خلال ٢٤ أسبوعًا من التخزين على ٥°م أو ٦°م يمكن أن تنخفض إلى درجة مقبولة للتصنيع، ودلك بوضع الدرنات على حرارة ١٨°م لمدة أسبوعين – على الأقل – قبل تصنيعها، ولكن زيادة تلك الفترة إلى أربعة أسابيع تؤدى إلى زيادة الفقد من جراء التزريع (Gichohi & Pritchard ١٩٩٥)

كما وجد أن إعادة التهيئة Reconditioning بعد التخزين فى الحرارة المنخفضة تؤدى إلى زيادة معدل تنفس الدرنات بنحو ٢٠٠٪، ويتوافق ذلك مع الانخفاض فى محتوى الدرنات من السكريات المختزلة (Williams & Cobb ١٩٩٢)

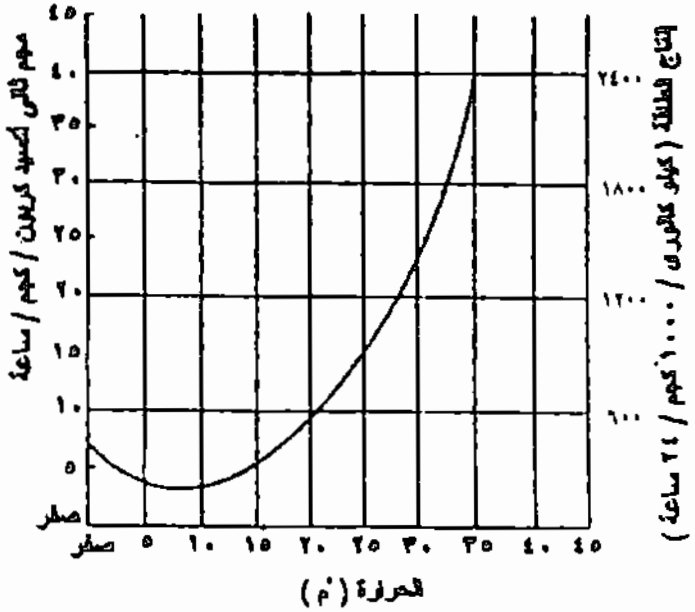
وحتى إن لم تجر عملية التهوية قبل إخراج البطاطس من المخزن فإنه يتعين رفع حرارتها إلى ١٠–١٣°م، لأن البطاطس الباردة تكون أكثر عرضة للإصابة بالجروح والخدوش أثناء تداولها ويمكن رفع الحرارة بمجرد وقف التهوية، حيث يسمح ذلك للحرارة الناتجة من التنفس بالتجمع، ولكن قد يتطلب الأمر دفع هواء خارجى دافئ أو التدفئة إذا لزم الأمر (Voss وآخرون ٢٠٠٧).

كفاءة التبريد

تتوقف احتياجات التبريد على عوامل عدة، من أهمها حرارة الهواء الخارجى، ومعدل تنفس الدرنات الذى يزداد – بشدة – مع ارتفاع درجة الحرارة (شكل ١–٥) ويكون معدل تنفس الدرنات الكاملة النمو غير المجروحة أو المخدوشة فى حرارة ٣٥°م أربعة أمثال معدل تنفسها فى حرارة ٢٠°م. ويزداد معدل التنفس عن الحدود المبينة فى الشكل إذا كانت الدرنات غير مكتملة التكوين، أو إذا كانت قد أصيبت بأضرار ميكانيكية أثناء حصادها أو تداولها

ويفترض فى الأجواء الحارة أن تتراوح كفاءة تبريد مخازن البطاطس بين ٤٠٠ كيلو جول kJ و ٥٠٠ كيلو جول لكل طن من الدرنات فى الساعة. وأن تتراوح قدرة المراوح بين ٢٥ ، مترًا مكعبًا و ٣٠ ، مترًا مكعبًا لكل كيلو جول من كفاءة التبريد المطلوبة كما

يجب عزل السقف والجدران بالقدر الكافى للحد من التوصيل الحرارى؛ فلا يجب أن يزيد معامل توصيلها الحرارى على ٠,٢ واط W/م^{٢}/كل درجة مئوية واحدة من الفرق بين أعلى درجة حرارة يصل إليها الهواء الخارجى ودرجة حرارة التخزين المرغوب فيها ويعنى ذلك أن التدفق الحرارى Q يجب ألا يزيد على ٦-٨ واط/م^{٢} من الأسقف أو الجدران



شكل (١-٥) تنفس درنات البطاطس الكاملة غير المجروحة، وإنتاجها من الطاقة الحرارية بالتنفس فى درجات الحرارة المختلفة.

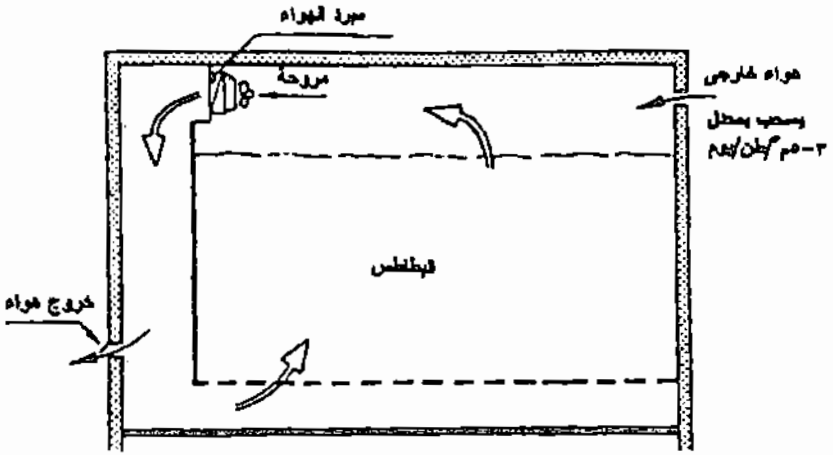
نظام التبريد والتهوية

يجب أن يتم التبريد بنظام الدفع الجبرى للهواء المبرد من خلال الدرنات المخزنة (شكل ١-٦)

ولتجنب نقص الأكسجين فى هواء المخزن، فإنه يجب سحب الهواء من خارج المخزن إلى داخله بمعدل ٣-٥م^{٣} لكل طن من الدرنات المخزنة يوميًا وعندما تخرج من

المخزن كمية مماثلة من الهواء الداخل فيه فإن ذلك يمنع تراكم ثانى أكسيد الكربون الناتج من التنفس

إن البطاطس تخزن ،ما فى ثلاجات، وإما فى خزانات bins ضخمة غير مبردة بارتفاع يصل إلى ستة أمتار، وفيها يتعين دفع الهواء من أرضية الخزان – من خلال مجار من المعدن المتموج – يتخلل الكومة، الأمر الذى يؤمن توزيعًا جيدًا لهواء بارد رطب، مما يقلل من انكماش الدرنات وتزريعها وتعفنها. يجب أن تكون التهوية بمعدل ٠,٦ – ١,٠ م^{٣}/دقيقة لكل طن من درنات التسويق الطازج، وبمعدل ٠,٨ – ١,٠ م^{٣}/دقيقة لكل طن من الدرنات المخصصة لصناعة الشبس وإذا زاد تدفق الهواء عما ينبغى قد تنخفض الرطوبة النسبية حول الدرنات، مما يتسبب فى إحداث فقد فى الوزن (Yanta & Tong ٢٠٠٧)



شكل (١-٦): مقطع عمودى لمخزن بطاطس مبرد.

وفى كل الحالات يجب عدم السماح بتكثيف رطوبة حرة على الدرنات أثناء التخزين، وإذا حدث ذلك تصبح حركة الهواء ضرورية، بالإضافة إلى أن حركة الهواء تعد ضرورية – كذلك – للمحافظة على تجانس الحرارة المرغوب فيها والرطوبة النسبية المطلوبة فى جميع أنحاء كومة الدرنات

ومن أهم مزايا تهوية الدرنات بالدفع الجبرى للهواء خلال كوماتها، ما يلى:

١- التخلص من حرارة الحقل وحرارة التنفس

٢- المساعدة على تجانس الحرارة والرطوبة النسبية فى كل أنحاء الكومة

٣- منع تقدم إصابات الأعفان خارج النسيج الذى حدثت فيه، وذلك بتجفيف الأماكن التى تبدو مبتلة والدرنات التى تم حصادها من تربة رطبة

٤- تجنب التراكم الزائد لثانى أكسيد الكربون الناتج من التنفس

وتجرى التهوية بعدة طرق، منها ما تتم من خلال مجارٍ للهواء تكون على بعد ٢,٥-٣ أمتار من بعضها تحت الكومة، وينفذ منها الهواء وقد تستعمل أنابيب مموجة من الصلب أو الألومنيوم تختلف أحجامها باختلاف حجم المخزن، وبها ثقوب كل ٢٠-٣٠سم لنفاذ الهواء وقد تستعمل قنوات هواء خشبية على شكل حرف A يكون فيها فتحات طولية وفى كل الحالات ينفذ الهواء إلى تلك القنوات الجانبية من قناة رئيسية تتصل بالمروحة الساحبة للهواء

وفى المناطق الجافة يكون من الضرورى تزويد الهواء المستعمل فى التهوية بالرطوبة

طريقة وضع الدرنات فى المخازن

يمكن تخزين البطاطس وهى سائبة حتى ارتفاع ٣.٥ متر، أى يكون تكويمها بمعدل حوالى ٢٥٠٠ كجم لكل متر مربع من أرضية المخزن

وإذا خزنت الدرنات وهى معبأة فى أجولة، فلا تجوز زيادة ارتفاع الرصّات عن ثلاثة أمتار، حيث تكون السعة التخزينية فى هذه الحالة حوالى ١٧٠٠ كجم/م^{٣} — وليس ٢١٠٠ كجم/م^{٣} — بسبب الفراغات التى توجد بين الأكياس.

ويجب — دائمًا — مراعاة عدم المغالاة فى عدد رصّات أجولة البطاطس، ذلك لأن ارتفاع السقف يتراوح فى ثلاجات الدور الواحد بين خمسة وستة أمتار، مما قد يشجع على وضع ٢٠ رصّة أو أكثر فوق بعضها ولكن ذلك لا يسمح بانخفاض الحرارة إلى الدرجة المطلوبة فى مركز البلوكات

ويراعى كذلك ترك فراغات كافية بين الرصّات، والتحكم فى دفع الهواء البارد من خلالها، وعدم خفض حرارة التبريد عن ٣°م، وعدم ملامسة الدرنات فى الرصّات العلوية لمواسير التبريد.

يراعى عند تصميم المخازن أن تتحمل جدرانها ضغطًا يصل إلى ٦٠٠ كجم على المتر المربع، وهو الضغط الذى تتعرض له الأجزاء السفلى من جدران المخزن عند تخزين الدرنات فى كومات يصل ارتفاعها إلى ٣,٥ متر

وللإطلاع على التفاصيل التكنولوجية المتعلقة بتصميم وإنشاء مخازن البطاطس المبردة يراجع Davis (١٩٨٠)

التخزين فى الجو المعدل والجو المتحكم فى مكوناته

إن الجو المتحكم فى مكوناته (CA) والجو المعدل (MA) قليلا الفائدة للبطاطس وعندما تتعرض الدرنات بعد الحصاد لهواء تنخفض فيه نسبة الأكسجين عن ٥ ٪ فإنه يتأخر فيها تكوين البيريدرم والتئام الجروح وعند انخفاض الأكسجين إلى أقل من ٥ ٪ أو زيادة ثانى أكسيد الكربون عن ١٠٪ تظهر روائح غير مرغوب فيها وطعم غير مقبول، وتحدث تغيرات لونية داخلية وتزداد الإصابة بالأعفان وبينما يخفض التركيز المرتفع لثانى أكسيد الكربون من تكوين السكريات المختزلة، فإنه يزيد من محتوى السكروز (Voss ٢٠٠٤)

كذلك لا يوصى بتخزين البطاطس فى الجو المعدل، نظرًا لشدة حساسيتها لنقص الأكسجين الذى يؤدى إلى إصابتها بالقلب الأسود وسواء أحدث القلب الأسود نتيجة لنقص تركيز الأكسجين، أم لزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون، فإن الهواء المعدل يتوفر فيه كلا العاملين كما أن التهوية التى تعد ضرورية فى مخازن البطاطس تتعارض مع مبدأ التخزين فى الجو المعدل (Lougheed ١٩٨٧)

وفى المقابل وجد أن تخزين البطاطس فى ٩,٤٪ ثانى أكسيد الكربون مع ٣ ٦. أكسجين على ٥°م يؤدى إلى وقف التزريع كلية — تقريبًا — مع انخفاض فى النقص فى

الوزن، والمحافظة على اللون الجيد لجلد الدرنات وعندما استمر تخزين تلك الدرنات بعد ذلك لمدة ٢٠ أسبوعًا فى الهواء على ٥°م استمر اللون الجيد للجلد واستمر عدم التزريع وعلى الرغم من أن الشبس الذى جهز من تلك الدرنات كان أدكن لونًا مما يُسمح به، إلا أن تهيئتها أدت إلى جعل الشبس باللون المطلوب فى أحد الأصناف (وهو Saturna). ولكن ليس فى صنفين آخرين، وكان مستوى السكريات المختزلة هو المسئول عن لون الشبس قبل التهيئة وبعدها (Khanbari & Thompson ١٩٩٦)

ومن المعروف أن لون البطاطس المحمرة يتأثر سلبيًا بالتفاعل بين غاز ثانى أكسيد الكربون – الذى يتراكم فى هواء المخازن – وغاز الإثيلين الذى قد ينطلق – من عدة مصادر – وقد يصل إلى تركيز ٥ ، ميكروليتر/لتر وفى دراسة عُرِّضَت فيها بطاطس فى طور الراحة (ساكنة) أو خرجت منه (غير ساكنة) لتوافيق مختلفة من غاز ثانى أكسيد الكربون بتركيزات تراوحت بين صفر ٪، و ٢٪، وغاز الإثيلين (بتركيزات تراوحت بين صفر ٪، و ٥,٠ ميكروليتر/لتر)، وجد ما يلى:

١- لم يتغير لون التحمير عن لون الكنترول عندما كان التعريض لأى تركيز من ثانى أكسيد الكربون فى غياب الإثيلين، وذلك سواء أكانت الدرنات فى طور الراحة، أم خرجت منه.

٢- عندما كانت المعاملة بالإثيلين فقط فى غياب ثانى أكسيد الكربون ازدادت دكنة لون التحمير أيًا كانت حالة الدرنات.

٣- فى الدرنات غير الساكنة توقفت الزيادة فى دكنة التحمير - الناتجة من التعرض للإثيلين - على تركيزات الغاز.

٤- كذلك عندما كان تعرض الدرنات غير الساكنة لكل من ثانى أكسيد الكربون والإثيلين، اعتمدت الزيادة فى دكنة التحمير على التركيز، حيث ازدادت الدكنة بزيادة تركيز أى من الغازين عندما تواجدا معًا

٥- لم تكن الزيادة فى دكنة التحمير مع زيادة التركيز، وكذلك لم يكن التفاعل بين الإثيلين وثانى أكسيد الكربون جوهريًا فى الدرنات الساكنة

٦- فى كل من الدرنات الساكنة وغير الساكنة كانت دكنة التحمير أعلى ما يمكن عند تواجد كلا الغازين بأعلى تركيز (Daniels-Lake & Prange ٢٠٠٩)

الظواهر والتغيرات المصاحبة للتخزين

تنفس الدرنات

يعتبر تنفس الدرنات أهم الأنشطة الفسيولوجية التى تحدث فيها، وهو نشاط يميز كافة الأنسجة الحية من غير الحية، ويؤثر فى عديد من صفات الجودة

ويتأثر معدل تنفس الدرنات بالعوامل التالية:

١- درجة النضج يكون أعلى معدل للتنفس فى الدرنات التى تحصد بعد بداية تكوينها مباشرة، ثم ينخفض معدل التنفس سريعًا فى الدرنات التى تحصد وهى أكبر حجمًا، كما يستمر انخفاض التنفس فى الدرنات التى تحصد وهى فى المراحل القريبة من النضج، وحتى اكتمال النضج

٢- فترة التخزين يقل تنفس الدرنات تدريجيًا أثناء التخزين حتى بداية نمو البراعم، ثم يزداد ثانية

٣- درجة الحرارة يزيد معدل التنفس بمقدار ضعفين مع كل زيادة قدرها ١٠ درجات مئوية ما بين صفر و ٢٠°م، أى أن الـ Q_{10} = ٢,٠، لكن تقديرات أخرى تشير إلى أنه قد يكون أقل من ذلك

٤- تركيز غاز الأكسجين ينخفض معدل التنفس مع انخفاض تركيز الغاز عن المستوى الطبيعى فى الهواء الجوى، وهو ٢٠٪

٥- تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون: يقل معدل التنفس بزيادة تركيز الغاز.

٦- المركبات المثبطة والمحفزة للنشاط الحيوى: يتأثر معدل التنفس بالنقص أو الزيادة عند المعاملة بهذه المركبات حسب نوعيتها

٧- الإثيلين تؤدى المعاملة بالإثيلين إلى زيادة معدل التنفس

٨- الإشعاع تؤدى المعاملة بأشعة جاما إلى زيادة مؤقتة فى معدل التنفس، تستمر لمدة أسبوع، ثم تنخفض إلى المعدل الطبيعى بعد ذلك

٩- نمو البراعم (التنبيت) تصاحب نمو البراعم زيادة كبيرة فى معدل تنفس الدرنات

١٠- طريقة تداول الدرنات يؤدى تداول الدرنات بخشونة إلى حدوث زيادة كبيرة فى معدل تنفسها (عن Burton ١٩٧٨)

ويتباين معدل تنفس درنات البطاطس (بالملليجرام ثانى أكسيد كربون لكل كيلوجرام واحد من الدرنات فى الساعة) حسب مدى اكتمال تكوين الدرنات وحرارة التخزين، كما يلى (Voss ٢٠٠٤).

حرارة التخزين (°م)	الدرنات غير المكتملة التكوين	الدرنات المكتملة التكوين
٥	٢٤	١٨-٦
١٠	٤٠-٣٠	١٩-١٣
١٥	٥٧-٢٥	٢٢-١١
٢٠	٨١-٣٢	٢٩-١٤

إنتاج الإثيلين

يكون معدل إنتاج الإثيلين فى البطاطس البلية والمكتملة النمو منخفضًا للغاية، حيث يقل عن ٠,١ ميكروليتر لكل كيلوجرام من الدرنات فى الساعة على ٢٠°م ويزداد المعدل كثيرًا عن ذلك فى الدرنات المجروحة والمضارة.

ودرنات البطاطس ليست شديدة الحساسية للإثيلين الذى قد تتعرض له من مصادر خارجية وقد وجد أن التعرض للمستويات المنخفضة من الإثيلين يمكن أن يرفع من معدل التنفس، وبخاصة فى البطاطس غير المكتملة التكوين؛ مما يؤدى إلى فقد فى وزن الدرنات وانكماشها وبينما يمكن أن تثبط التركيزات المنخفضة للغاز من التبرعم — بعد تخزين البطاطس غير المعاملة بمثبطات التبرعم لمدة ٢-٣ شهور على ٥°م — فإن تعرضها حينئذٍ لتركيزات عالية من الإثيلين قد يستحث التزريع (Voss ٢٠٠٤)

التزريع

يؤدى تزريع الدرنات فى المخازن إلى ما يلى:

١- زيادة فقد الدرنات لرطوبتها؛ ومن ثم انكماشها.

٢- زيادة الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة فى المخازن؛ ومن ثم زيادة مشاكل الأعفان

٣- زيادة محتوى الدرنات من السكريات المختزلة؛ ومن ثم زيادة التلون البنى فى المنتجات المصنعة

٤- فقد القيمة التسويقية للدرنات فى حالات التزريع الشديدة

ويُستدل من الدراسات التى أجريت على سكون درنات البطاطس أن كلا من حامض الأبسيسك والإثيلين ضروريان لأجل حث السكون، ولكن حامض الأبسيسك فقط هو الذى يلزم لاستمرار سكون البراعم ويبدو أن حدوث زيادة فى كل من محتوى السيتوكينين والحساسية له هما العاملان الرئيسيان اللذان يقودان إلى زوال حالة السكون أما التغيرات فى محتوى الدرنات من كل من إندول حامض الخليك وحامض الجبريليلك فيبدو أنها أكثر علاقة بتنظيم النمو البرعمى بعد انتهاء حالة السكون (Suttle ٢٠٠٤).

وقد درس Suttle (٢٠٠٤) دور الجبريللينات الطبيعية فى درنات البطاطس فى خروجها من طور الراحة وبدء تنبيتها وذلك فى صنف البطاطس Russet Burbank. ولقد وُجِدَ أن السكون بدأ فى الانتهاء بعد ٩٨ إلى ١٣٤ يومًا من التخزين، حيث أظهرت الدرنات نموًا محدودًا (< ٢ مم) للنبت وأعقب ذلك ازدياد ضعف سكون الدرنات حيث ازداد طول النبت بعد ١٨٧ يومًا من التخزين، وانتهى سكون الدرنات تمامًا وكان النبت قويًا بعد ٢١٢ يومًا من التخزين وقد ظهر بعد الحصاد مباشرة أن محتوى الدرنات من كل من GA_{19}، و GA_{20}، و GA_1 كان عاليًا نسبيًا (٠,٤٨-٠,٦٢ نانوجرام/جم وزن طازج)، بينما انخفض تركيزها بين ٣٣، و ٩٣ يومًا من بدء التخزين وازداد محتوى الدرنات من كل من GA_{19}، و GA_{20}، و GA_1 قليلاً بين ٩٣، و ١٣٥ يومًا من بدء

التخزين، حيث وصل إلى مستويات مماثلة لتلك التى كانت تتواجد فى الدرنات الشديدة السكون بعد الحصاد مباشرة وقد استمر مستوى تلك الجبريللينات فى الزيادة مع زيادة قوة نمو البراعم ولم يعثر على أى أثر لكل من الـ GA_4 والـ GA_8 فى أى من الدرنات أيًا كانت حالة سكونها وقد حفزت المعاملة بالجبريللينات التبرعم فى الدرنات التى كانت قد مرت بالفعل بفترة السكون العميق، وكان GA_1 أشدها تأثيرًا، ثم GA_{20}، ثم GA_{19} ويستدل من تلك النتائج على أن الجبريللينات لا تلعب دورًا فى التخلص من حالة السكون، وإنما فيما يعقب ذلك من إنبات للبراعم

فقد الرطوبة

يتأثر فقد الدرنات للرطوبة أثناء تخزينها بالعوامل التالية

١- معدل التسميد السابقة للحصاد: تبعًا لـ Kolbe وآخرين (١٩٩٥) فإن الفقد فى الوزن فى الدرنات المخزنة على ٤°م ورطوبة نسبية لا تقل عن ٩٠٪ يزداد بزيادة التسميد الآزوتى أو البوتاسى قبل الحصاد، ويقل بزيادة التسميد الفوسفاتى كذلك وجد Kolsch وآخرون (١٩٩١) أن زيادة التسميد قبل الحصاد أضعفت من جودة البطاطس وصلاحيتها للتخزين، وتسببت فى زيادة معدل التنفس، والفقد الرطوبى، والتبرعم؛ ومن ثم الفقد فى الوزن

٢- الصنف: تختلف الأصناف فى سرعة فقدها للرطوبة، وربما يرجع ذلك إلى اختلافها فى سمك طبقة البيريدرم

٣- النضج: يزداد فقد الماء من الدرنات غير الناضجة، ويقل الفقد تدريجيًا مع زيادتها فى النضج

٤- الجروح والخدوش: يزداد فقد الماء مع زيادة تجريح وخدش الدرنات أثناء تداولها

٥- البيريدرم: يقلل البيريدرم من فقد الدرنات للرطوبة.

٦- الفرق فى ضغط بخار الماء water vapor pressure deficit بين أنسجة الدرنة والهواء المحيط بها؛ فكلما ازداد هذا الفرق، ازداد فقد الماء من الدرنات

٧- درجة الحرارة كلما ارتفعت درجة الحرارة انخفض ضغط بخار الماء فى الهواء المحيط بالدرنات، وازداد فقد الرطوبة تبعًا لذلك

٨- التهوية يزداد الفقد الرطوبى مع زيادة التهوية

٩- التنبيت يؤدى نمو البراعم وتنبيت الدرنات إلى حدوث زيادة كبيرة فى فقد الماء بالنتح من هذه النموات (عن Burton ١٩٧٨).

انكماش وذبول الدرنات

تنكمش الدرنات وتقل فى الوزن تدريجيًا مع التخزين؛ ويرجع ذلك إلى حدوث فقد فى كل من الرطوبة والمادة الجافة، إلا أن الفقد فى الرطوبة يكون أكبر. ويصل إلى ٩٠٪ من جملة الفقد فى الوزن، بينما يكون الفقد فى المادة الجافة نتيجة التنفس فى حدود ١٠٪ من الفقد فى الوزن الجاف

ويزيد الفقد فى الرطوبة فى بداية فترة التخزين؛ بسبب الجروح والتسلخات والكدمات التى تحدث فى بعض الدرنات، ويكون الفقد فى الرطوبة أكبر فى الدرنات غير الناضجة ومع علاج الدرنات يترسب السيوبرين، ويتكون بيريدرم الجروح، ويقل فقد الدرنات للماء تدريجيًا ومع انتهاء فترة العلاج التجفيفى يقل فقد الدرنات للماء بدرجة كبيرة ولا يوجد فرق بين أصناف البطاطس فى فقدها للرطوبة خلال هذه المرحلة ومع استمرار التخزين وبداية تزريع الدرنات يزداد الفقد مرة أخرى؛ نتيجة سهولة تبخر الماء من النموات الجديدة. وتختلف الأصناف كثيرًا، فى بداية تلك المرحلة، نتيجة لاختلافها فى طول فترة السكون من جهة، وفى سرعة نمو النبت الذى يزداد فقد الماء من خلاله من جهة أخرى هذا . ويزيد فقد الرطوبة أثناء التخزين عند انخفاض الرطوبة النسبية أو ارتفاع درجة الحرارة، أو زيادة التهوية

يتبع الفقد فى المادة الجافة بالتنفس نفس مسلك الفقد فى الرطوبة؛ فيكون مرتفعًا فى بداية فترة التخزين، ثم ينخفض لفترة حتى بداية التزريع؛ حيث يرتفع معدل التنفس مرة أخرى، فبعد الحصاد مباشرة يزيد معدل التنفس فى الدرنات غير

النضجة عنه فى الدرنات الناضجة، وذلك بسبب ارتفاع نسبة سكر السكروز فيها، ولوجود علاقة طردية مباشرة بين نسبة السكروز وسرعة التنفس وتزيد الأضرار الميكانيكية من سرعة التنفس، ومن ثم فإن وسيلة الحصاد تؤثر على سرعة التنفس، لتأثيرها على نسبة الدرنات المصابة بالأضرار الميكانيكية وبعد انتهاء فترة العلاج تنخفض سرعة التنفس بدرجة كبيرة، لكن العلاقة تبقى طردية بين سرعة التنفس ودرجة حرارة التخزين. ويكون مقدار سكر السكروز المستخدم فى التنفس لكل جرام من درنات البطاطس كما يلى:

حرارة التخزين (°م)	كمية السكروز المستهلكة فى التنفس (ملليجرام/كجم درنات)
صفر	٢,٣
٣	٢,٨
٦	٣,٥
١٠	٤,٥
٢٠	٩,٥

يمكن القول إجمالاً بأن التنفس يؤدى إلى نقص الوزن الجاف للدرنات تحت ظروف التخزين الجيدة بنحو ٠,١٪ من المادة الجافة شهريًا

ونظرًا لأن الفقد فى الرطوبة يكون بسرعة أكبر من الفقد فى المادة الجافة بالتنفس، لذا تتحسن الكثافة النوعية للدرنات مع التخزين. وقد يعتبر انكماش الدرنات قليلاً خسارة أو فائدة للمنتج، ويتوقف ذلك على نوعية الاستعمال المتوقعة للبطاطس المخزنة، فعند التخزين لغرض الاستهلاك الطازج يعتبر أى فقد فى الوزن خسارة مباشرة. وإذا زاد الفقد على ١٠٪ تنكمش الدرنات بوضوح، وربما لا يمكن تسويقها، أو ربما يمكن بيعها بأسعار مخفضة، أما عند التخزين لغرض التصنيع، فإن أى فقد فى الرطوبة يُحسن من نوعية الدرنات، وذلك بما يُحدثه فقد الرطوبة من زيادة فى الكثافة النوعية، لكن زيادة نسبة الفقد على ١٠٪ تؤدى إلى صعوبة تقشير الدرنات.

الاخضرار

تحدث ظاهرة اخضرار الدرنات لدى تعرضها للضوء، سواء أكان التعرض قبل الحصاد، أم بعده، وهى الظاهرة التى ترجع إلى تمثيل الكلوروفيل بالدرنات تحت تأثير الإضاءة، ويتحدد العمق الذى يصل إليه تمثيل الكلوروفيل فى الدرنة ومدى تركيزه على شدة الإضاءة التى تتعرض لها الدرنات وطول مدة التعرض، وعلى عوامل أخرى من أهمها درجة الكتمال نمو الدرنات حيث تزداد الظاهرة فى البطاطس "البلية" ويكون تمثيل الكلوروفيل مصاحبًا – دائمًا – بتمثيل الجليكو ألاكالويد السام السولانين solanine

وقد أدى تعريض درنات البطاطس من ثلاث أصناف لضوء الشمس غير المباشرة لمدة ٢٠ يومًا إلى زيادة محتوى القشرة الخارجية من الكلوروفيل بمقدار ١٠–١٨ ضعفًا ومن الجليكوألكالويدات glycoalkaloids الكلية بنسبة ٨٪ إلى ٥٦٪، إلا أن تلك الزيادة ارتفعت إلى ٢٦٪ حتى ٧٥٪ عندما كان التعرض لضوء الشمس المباشر (Sukumaran وآخرون ١٩٧٥)

أضرار البرودة

أضرار البرودة chilling injury هى تلك التى تصيب الدرنات عند تعرضها لفترة طويلة لحرارة من صفر إلى ٢°م؛ حيث تظهر على الدرنات حالة تسمى التلون المهوجنى mahogany browning، وفيها تتحلل الأنسجة الداخلية بدرجات مختلفة؛ فقد تقتصر الإصابة على الحزم الوعائية فقط، وقد تكون الإصابة فى مناطق غير منتظمة بلون بنى ضارب إلى الاحمرار، وتنتشر فى القشرة، والأسطوانة الوعائية، والنخاع أحيانًا

ومع ازدياد الانخفاض فى درجة الحرارة التى تتعرض لها الدرنات تنهار الأنسجة المصابة تمامًا، ويصبح لونها بنيًا داكنًا، وتصبح الدرنات أكثر قابلية للإصابة بالعفن الطرى.

وقد تظهر أعراض أضرار البرودة على صورة تحلل شبكى net necrosis، حيث

تموت خلايا اللحاء، بينما لا تتأثر الخلايا البرانشيمية المحيطة به التى تكون أقل تأثرًا بالحرارة المنخفضة من خلايا اللحاء وقد يكون اللحاء المتأثر متناثرًا فى نسيج الدرنة، أو فى أحد جوانب الدرنة (الجانب الذى تعرض للحرارة المنخفضة)، أو قد يكون مركزًا فى منطقة الحزم الوعائية وتتشابه أعراض التحلل الشبكى تلك — كثيرًا — مع أعراض مماثلة تحدث نتيجة الإصابة بفيرس التفاف أوراق البطاطس، لكن يمكن التمييز بينهما بسهولة بتعريض الأنسجة المصابة للأشعة فوق البنفسجية، حيث تظهر الأنسجة المصابة بأضرار البرودة بلون أزرق، بينما تظهر الأنسجة المصابة بالفيرس بلون أخضر

تختلف الأصناف فى مدى حساسيتها لأضرار البرودة ومن أكثر الأصناف الأمريكية مقاومة كل من جرين ماونتن Green Mountain، وواربا Warba (Talburt & Smith ١٩٥٩)

أضرار التجمد

قد تتعرض الدرنات للتجمد وهى مازالت فى الحقل، أو أثناء التخزين فى المخازن المبردة. ويطلق على حالة التجمد فى الحقل اسم frost injury، وتظهر أعراضها على شكل تحلل شبكى للأنسجة، مشابه لأعراض الإصابة بفيرس التفاف الأوراق أما حالة التجمد فى الخازن؛ فيطلق عليها اسم freezing injury.

يؤدى تجمد الدرنات إلى تكوين بللورات ثلجية فى أنسجتها، يعقبه موت سريع للأنسجة المتجمدة. ويوجد — عادةً — حد فاصل وواضح بين النسيج المتجمد والنسيج غير المتجمد من الدرنة. وبعد تفكك النسيج، فإن لونه يتغير سريعًا من الأبيض الشاحب إلى الوردى، فالأحمر، فالبنى، أو الرمادى، أو الأسود، ويلى ذلك انهيار خلايا النسيج المصاب وطراوته

وتتوقف درجة الحرارة التى تتجمد عندها الدرنات على تركيز وطبيعة المواد الذائبة فى العصير الخلوى وتتراوح درجة حرارة التجمد بين -١، و -٢,٢°م

وتنخفض درجة الحرارة التي تتجمد عندها الدرنات إذا كان قد سبق تخزينها في درجة حرارة منخفضة، ويرجع ذلك إلى زيادة نسبة السكر في العصير الخلوي في هذه الظروف

وتظهر أضرار التجمد خلال نصف دقيقة من بداية تكوين البلورات الثلجية. وتتوقف شدة الأضرار على مدة التعرض لدرجة التجمد كما يلي:

١- عندما تكون مدة التعرض لدرجة حرارة التجمد قصيرة، تظهر الأعراض على شكل حلقة متقطعة، لونها أسود ضارب إلى الزرقة في منطقة الحزم الوعائية ويطلق على هذه الأعراض اسم التحلل الشبكي net necrosis

٢- مع ازدياد فترة التعرض لدرجة حرارة التجمد تمتد الأعراض إلى النخاع

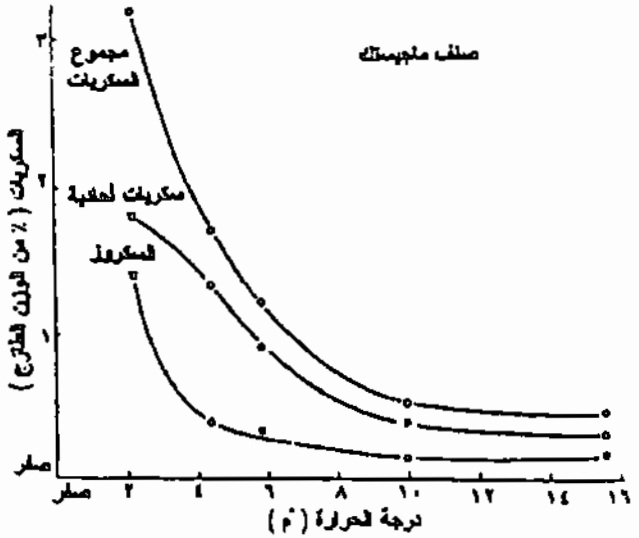
٣- مع استمرار التعرض لدرجة حرارة التجمد لمدة ساعة تظهر بالدرنات من الداخل مناطق متداخلة غير منتظمة الشكل، وسوداء اللون.

٤- إذا استمرت فترة تعرض الدرنات لدرجة حرارة التجمد أربع أو خمس ساعات، فإنها تصبح مائية المظهر، وسميكة، وتخرج منها سوائل

زيادة نسبة السكريات

تأثير درجة حرارة التخزين في نسبة السكريات

تزداد نسبة السكريات في درنات جميع أصناف البطاطس عند تخزينها في درجات الحرارة المنخفضة. ويزداد تراكم السكر مع الانخفاض في درجة الحرارة ويبين شكل (١-٧) العلاقة بين درجة حرارة التخزين، ونسبة كل من السكريات الأحادية، والسكروز في الدرنات ويتضح من الشكل أن نسبة السكريات تزداد كثيرًا في حرارة ٤°م، وهي الدرجة التي يوصى بها لتخزين البطاطس لأطول فترة ممكنة، وأن انخفاض حرارة التخزين عن ٤°م يؤدي إلى ارتفاع حادّ في نسبة السكروز والسكريات الأحادية، وتعرف هذه الظاهرة باسم زيادة الحلاوة المصاحبة للحرارة المنخفضة low temperature sweetening



شكل (١-٧) العلاقة بين درجة حرارة التخزين، ونسبة كل من السكريات الأحادية والسكروز فى الدرنات.

المشاكل المترتبة على زيادة نسبة السكريات

قد يعد المحتوى العالى للدرنات من السكروز أحد العوامل غير المباشرة التى تُسهم فى دكنة لون الشبس المصنع منها، نظرًا لأن السكروز يعد مصدرًا هامًّا لتراكم السكريات المختزلة عند تخزين البطاطس فى حرارة منخفضة (Clegg & Chapman ١٩٦٢)

ولقد سبقت الإشارة إلى أن تراكم السكر فى درنات البطاطس هو المسئول عن ظهور اللون البنى غير المرغوب فيه فى الشبس والبطاطس المقلية، فيما يعرف بالتفاعل البنى Browning Reaction الذى تشارك فيه السكريات المختزلة، وتفاعل ميلارد Millard Reaction الذى تلزم له مركبات أخرى، مثل الأحماض الأمينية التى تتوفر دائمًا فى درنات البطاطس، مما يجعلها عاملاً غير محدد لسرعة هذه التفاعلات، وبذا يبقى تركيز السكريات المختزلة هو العامل المسئول عن التلون باللون البنى عند القلى

هذا إلا أن دراسات Brierley وآخرين (١٩٩٦) أوضحت أن الأحماض الأمينية الحرة والبروتين الذائب ازدادا مع التخزين على ٥°م أو ١٠°م لمدة ٤٠ أسبوعًا، وأن معظم الزيادة حدثت خلال الفترة الأخيرة من التخزين. وإلى جانب تردى لون الشبس المصنع من الدرنات التى خزنت على ١٠°م – الأمر الذى لم يمكن تفسيره على أساس الزيادة فى نسبة السكريات المختزلة تحت هذه الظروف – فإن إعادة تهيئة الدرنات على ٢٠°م لم يؤثر على مستوى الأحماض الأمينية والبروتينات الحرة – الذى ارتفع خلال الفترة الأخيرة من التخزين – الأمر الذى قلل من أهمية إعادة التهيئة فى تحسين لون الشبس المصنع من الدرنات؛ لتواجد الأحماض الأمينية للتفاعل مع أية كمية متراكمة من السكريات المختزلة.

ولقد درس Ohara-Takada وآخرون (٢٠٠٥) التغيرات فى محتوى درنات البطاطس من السكر والأحماض الأمينية أثناء التخزين وتأثير ذلك على مستوى الأكريلميد acrylamide فى الشبس بعد التحمير، ووجدوا أن مستوى الأكريلميد بدأ فى الزيادة بعد ثلاثة أيام من التخزين على ٢°م استجابة لزيادة حدثت فى محتوى الدرنات من كل من الجلوكوز والفراكتوز ووجد ارتباط قوى بين محتوى السكريات المختزلة ومستوى الأكريليمد (R^2 = ٠,٨٧٣ للفراكتوز، و R^2 = ٠,٨٣٦ للجلوكوز) أما محتوى الدرنات من السكروز فقد استمر فى الانخفاض حتى بعد ٤ أسابيع من التخزين، ولم يكن مرتبطًا بمستوى الأكريلميد كذلك لم يُظهر محتوى الدرنات من أربعة أحماض أمينية – هى حامض الأسبارتك، والأسباراجين، والجلوتامك، والجلوتامين – أى ارتباط جوهرى بمستوى الأكريلميد وتعنى تلك النتائج أن مستوى الأكريلميد – الذى يرتبط جيدًا بلون الشبس – يعتمد على محتوى الدرنات من السكريات المختزلة ويرتبط بها

تباين الأصناف فى شدة حساسيتها لظاهرة تراكم السكريات

تتباين أصناف البطاطس فى سرعة تراكم السكر فى درناتها أثناء تخزينها فى حرارة منخفضة، فمثلاً يكون تراكم السكر فى الدرنات الصنف مين شب MainChip فى

الحرارة المنخفضة بطيئًا إلى درجة أنها يمكن أن تُصنع فى صورة شبس مباشرة بعد تخزينها على ٧°م، دونما حاجة إلى إخضاعها إلى عملية إعادة التهيئة reconditioning فى الحرارة العالية نسبيًا. كما أن عملية إعادة التهيئة يمكن أن تجرى لها بسهولة عند الضرورة (Reeves وآخرون ١٩٩٤) كذلك يعتبر الصنفان برودك Brodick، وعدن Eden قليلى التأثر بالحرارة المنخفضة، حيث يظل محتواهما من السكريات ثابتًا نسبيًا، بينما يزداد السكر بشدة فى الحرارة المنخفضة فى أصناف مثل ركورد Record وبنتلاند دل Pentland Dell (Cottrell وآخرون ١٩٩٣).

الأساس الفسيولوجى للظاهرة

يستدل من دراسات Claassen وآخرين (١٩٩٣) على الصنف بنجى Bintje الذى يتراكم السكر فى درناته فى الحرارة المنخفضة، والسلالة KW77-2916 التى يقل فيها هذا التراكم .. يستدل منها على أن الزيادة فى نشاط إنزيم الفوسفوريليز phosphorylase التى تحدث فى الحرارة المنخفضة (٢ أو ٤°م) تقدح عملية تراكم السكر فى الدرنات أثناء التخزين.

وقد وجد أن الحرارة المنخفضة ٤°م تسرع من تلف أغشية الأميلوبلاستيدات Amyloplasts (البلاستيدات المخزنة للنشا)، بدرجة أكبر فى صنف البطاطس نورشب Norchip الحساس لتراكم السكريات فى درناته فى الحرارة المنخفضة — مما فى صنف DT860-2 المقاوم لظاهرة تراكم السكريات فى درناته أثناء التخزين البارد، الأمر الذى يفيد احتمال وجود علاقة بين حساسية أغشية الأميلوبلاستيدات وتراكم السكريات فى درنات البطاطس (O'Donoghue وآخرون ١٩٩٥)، وخاصة أن أصناف البطاطس تختلف فى حساسيتها لظاهرة تراكم السكريات فى درناتها فى ظروف الحرارة المنخفضة، بينما لا تتحكم إنزيمات الـ invertases فى ذلك التراكم (Zenner وآخرون ١٩٩٦). كما لم تختلف الأصناف — التى تتباين فى حساسيتها لتراكم السكريات فى درناتها فى الحرارة المنخفضة — لم تختلف فى نشاط إنزيمات ألفا أميليز alpha-amylase، وبيتا أميليز beta-amylase، والـ debranching enzyme (Cottrell وآخرون ١٩٩٣).

وقد وجد أن تخزين درنات البطاطس من الصنف رَصت بربانك على ١°م لمدة ٢٨ يومًا أدى إلى زيادة محتواها من كل من السكروز والجلوكوز والفراكتوز، وصاحب ذلك زيادة فى نشاط كلا من الإنزيمين sucrose phosphate synthase (اختصارًا SPS) — بمقدار ٢,٢ ضعف — و β-fructofuranosidase (سابقًا invertase) بمقدار ٧,٢ ضعف، بينما ظل نشاط الإنزيم sucrose synthase (اختصارًا: SS) ثابتًا خلال فترة التخزين البارد، ولم يختلف نشاطه عما فى درنات خزنت على ١٠°م وعندما أعقب التخزين البارد على ١°م تهيئة للدرنات — بتخزينها على ١٠°م — حدثت زيادة أولية حدة فى معدل التنفس وصلت إلى ذروتها بعد حوالى ٧ أيام، أعقبها انخفاض تدريجى كذلك انخفض تركيز السكروز سريعًا خلال فترة وضع الدرنات على ١٠°م، بينما كان الانخفاض فى تركيز الجلوكوز والفراكتوز أقل حدة وقد كانت تلك التغيرات مصاحبة بزيادة حادة فى نشاط الـ SS وصلت ذروتها بعد ٧ أيام من التخزين على ١٠°م، أعقبها انخفاض تدريجى إلى أن وصل نشاطه إلى مستوى النشاط فى درنات الكنترول أما نشاط الـ SPS والإنفرتيز فقد انخفض أثناء فترة التهيئة إلى أن وصل إلى مستوى النشاط فى درنات الكنترول بعد ١٥ يومًا (Illeperuma وآخرون ١٩٩٨).

وبالإضافة إلى زيادة محتوى الدرنات من السكريات المختزلة أثناء تخزينها على ٤°م، فإن الـ pH ينخفض بصورة واضحة ويزداد نشاط إنزيم الفوسفورليز phosphorylase. وتؤدى تهيئة الدرنات على ٢١°م – بعد تخزينها على ٤°م – إلى خفض محتواها من السكريات وارتفاع رقمها الأيدروجينى وتحسن لون الشبس المصنع منها والجدير بالذكر أن إنزيم الفوسفورليز يعمل على تحلل النشا؛ مما قد يجعله مؤثرًا فى محتوى السكر ودكنة لون الشبس وقد وجد أن pH عصير الدرنات يرتبط سلبيًا بمحتواها من السكر، ويعد دليلاً جيدًا لتقدير جودة الشبس التى يمكن أن تُصنَّع منها (Hyde & Morrison ١٩٦٤)

انخفاض نسبة النشا

تنخفض نسبة النشا فى درنات البطاطس عند تخزينها فى درجات حرارة منخفضة،

بسبب زيادة معدلات تحوله إلى سكر فى هذه الظروف، بينما قد تزداد نسبة النشا عند التخزين فى درجات الحرارة المرتفعة؛ بسبب زيادة معدلات فقد الرطوبة فى هذه الظروف، وزيادة نسبة المادة الجافة تبعًا لذلك. ولا تتأثر الخواص الطبيعية للنشا بدرجة حرارة التخزين، لكن حبيبات النشا قد تقل فى الحجم بازدياد فترة التخزين؛ بغض النظر عن درجة الحرارة.

التغيرات فى الكاروتينات

يتأثر محتوى الدرنات من الكاروتينات بكل من فترة وحرارة التخزين، وأيضًا بمعاملة الإشعاع لمنع التزريع. فقد وجد أن محتوى الكاروتينات يزداد فى درنات جميع الأصناف المختبرة المخزنة على ٢٥-٣٠°م، وبدرجة أقل على ٢-٤°م أو ١٥°م. وعندما عوملت الدرنات قبل تخزينها بأشعة جاما بجرعة مقدارها ١٠ كيلوراد انخفض محتواها من الكاروتينات أثناء التخزين، وبخاصة على حرارة ١٥°م، حيث بلغ الفقد ٥٠٪ بعد ستة شهور من التخزين. وعندما تمت تهيئة الدرنات التى عوملت بالإشعاع وخزنت على ١٥°م لمدة ٧ شهور (وذلك بوضعها على ٣٤-٣٥°م لمدة ٦-١٢ يومًا) تضاعف محتواها من الكاروتينات بمقدار الضعفين إلى الستة أضعاف (Janave & Thomas ١٩٧٩).

التغيرات فى بعض المركبات الأخرى

١- المركبات النيتروجينية: لا تحدث أى تغيرات فى المركبات النيتروجينية إلا عند بداية نمو البراعم؛ حيث يزيد البرولين، وينتقل إلى النموات الحديثة.

٢- المركبات الفينولية: يزيد حامض الكلوروجينك فى البراعم أثناء التخزين وفى الخلايا المجاورة للجروح ويزيد التيروزين — وهو أحد المركبات النيتروجينية أيضًا — عند تعرض الدرنات للخدش أو التجريح.

٣- الكلوروفيل: يتكون الكلوروفيل فى الخلايا السطحية إذا تعرضت الدرنات للضوء.

٤- الجليكوالكالويدات glycoalkaloides ترداد هى الأخرى عند تعرض الدرنات للضوء

٥- التربينويدات terpenoides أهمها الريشتين rishitin والفيتيوبيرين phytuberin، وقد يصل تركيزها فى الدرنات المصابة بالأمراض إلى ملليجرام واحد لكل جرام من الوزن الطازج ويزداد التركيز عند الإصابة ببعض الفطريات؛ مثل الفطر المسبب لمرض الندوة المتأخرة. والبكتيريا المسببة لمرض التعفن البكتيرى لطرى

٦- فيتامين جـ يقل تركيز فيتامين جـ كثيرًا أثناء التخزين من نحو ٣٠ ملليجرام/١٠٠جم عند الحصاد إلى حوالى ١٠ ملليجرام/١٠٠جم بعد أشهر قليلة من التخزين، لكن ثلثا الفقد فى فيتامين ج يكون خلال الثلاثة أو الأربعة أسابيع الأولى من التخزين

وقد أدى التخزين لمدة ستة أسابيع على حرارة ٣٠°م إلى انخفاض محتوى درنات أربعة أصناف من البطاطس من فيتامين جـ بنحو ٥٠٪ فى المتوسط، واستمر الانخفاض بعد ذلك — ولكن بدرجة أقل خلال فترة إعادة التهيئة التى أعقبت التخزين البارد ودامت لمدة أسبوعين على حرارة ٢٥°م (Okeyo & Kushad ١٩٩٥)

أما الفيتامينات الأخرى . فيبدو أنها لا تتأثر بحرارة التخزين

التصدير والشحن

تصدر البطاطس إلى كل من الدول الأوروبية — خاصة إنجلترا — والدول العربية ومعظم البطاطس المصدرة إلى إنجلترا هى من البطاطس الجديدة new potatoes (البلية) التى تحصد قبل تمام نضجها ويقل قطر درناتها عن ٣ سم، وترتفع فيها نسبة الرطوبة كثيرًا؛ حيث تبلغ كثافتها النوعية حوالى ١,٠٨، ولا تلتصق قشرتها بالدرنة

تصدر البطاطس البلية فى أجولة من الجوت المبطن بالبولى إيثيلين الأسود المثقب سعة ٢٢ كجم وتخلط درنات كل جوال بنحو كيلوجرام واحد من البيت موس المندى بنحو لتر ونصف من الماء؛ حتى تحتفظ برطوبتها خلال فترة الشحن التى تستغرق ٢-٣ أسابيع. والتى تكون فى ثلاجات على حرارة من ٣°-٥°م

أما البطاطس المكتملة النضج، فإنها تصدر إلى كل من الدول العربية والأوروبية

وعند شحن البطاطس فى الحاويات يتعين تبريدها قبل التحميل إلى ٤°م، مع ضبط منظم الحرارة على تلك الدرجة، على أن تتراوح حرارة المحصول ذاته عند تحميله بين ٤، و ٩°م. ويجب أن تكون تهوية الحاويات بمعدل ١٥م³/ساعة (١٠ قدم مكعب/دقيقة) بالنسبة للحاويات التى تكون بطول ٦ أمتار (٢٠ قدم)، وبضعف ذلك المعدل بالنسبة للحاويات التى تكون بطول ١٢م (٤٠ قدم)، مع توفير ٩٠٪-٩٥٪ رطوبة نسبية، علمًا بأن درجة تجمد البطاطس هى -٠,٨°م، وأن إنتاجها من الإثيلين منخفض للغاية، وإن كانت متوسطة الحساسية للغاز الذى قد تتعرض له من مصادر خارجية وتنطبق كل تلك الخصائص على البطاطس فى جميع مراحل التكوين من "البلية" إلى المكتملة التكوين (Optimal Fresh — الإنترنت — ٢٠٠١)

البطاطس المجهزة للمستهلك

تجهز البطاطس الطازجة للمستهلك على صورة أصابع sticks، ومجزأة إلى قطع صغيرة diced، وعلى صورة شرائح sliced، ومقشرة peeled

يجب أن تكون البطاطس المجهزة صلبة وبدون أى تلون غير طبيعى، وخاصة التلون البنى الإنزيمى. ويعد التقشير اليدوى أفضل من الحك الآلى ويلزم غمر البطاطس المجهزة فى سوائل مضادة للتلون البنى مثل ٠,٥٪ L-cysteine + ٢٪ حامض ستريك مع استعمال عبوات الجو المعدل (MAP) لمنع حدوث التلون البنى للبطاطس المقشرة.

والجو الموصى به للبطاطس المجهزة هو ١٪-٣٪ أكسجين مع ٦٪-٩٪ ثانى أكسيد كربون، علمًا بأن ذلك الأمر — وحده — لا يمنع التلون البنى. وقد تحفز التعبئة تحت تفريغ نمو البكتيريا *Clostridium botulinum*.

ويتباين معدل تنفس البطاطس المجهزة (بالملليجرام ثانى أكسيد كربون لكل كيلوجرام

فى الساعة) حسب طريقة التجهيز ودرجة الحرارة كما يلى

الحرارة (°م)	المقشرة الكاملة	الأنصاف	الشرائح بسمك ٢ سم	الأصابع (بمقطع ١ × ١سم)
٢	٨–٦	٨	١٠–١٢	١٢,٢
٥	٧,٨	٧,٨–٩,٨	١١,٧–١٥,٦	—
١٠	١٧–١٩	٢١–٢٢,٨	٣٨	—
٢٣	٥٤–٦٣	٨١	—	١١٧–١٢٦

هذا لم تظهر أى علامات على التلون البنى فى البطاطس التى جهزت للاستعمال fresh-cut وعبئت فى MAP تحت تفريغ خلال ١٤ يومًا من التخزين، عندما كان قد سبق تعبئتها غمرها فى ماء معامل بالأوزون ozonated water أو فى ozone-Tsunami. كما حافظت البطاطس على قوامها ونكهتها، إلا أن الغمر فى الماء المعامل بالأوزون وحده لم يكن كافيًا لخفض العد الميكروبى الكلى، بينما تحقق ذلك الانخفاض بمعاملة الـ ozone-Tsunami، وهى المعاملة التى أوصى باتباعها (Beltrán وآخرون ٢٠٠٥)