ب – مركبات تستعمل رشًا على الدرنات ؛ مثل :

2-ethyl butanol 2-ethyl hexanol

٨ – المستخلصات النباتية الطبيعية :

أحدثت المعاملة بالزيوت المستخلصة من كلٍ من الخزامى (اللافندر lavender) *Lavandula angustifolia* ، وحصى البان (الروزماري 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 تأثيرًا مماثلاً للمعاملة بالزيوت المستخلصة منها. وكان التأثير المثبط مؤقتًا؛ حيث أنبتت البراعم بصورةٍ طبيعيةٍ 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 لفترةٍ طويلةٍ دامت لمدة ٢٥٠ يومًا، انخفض بعدها تركيز المركب فى الدرنات المعاملة إلى جزءٍ واحدٍ 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 كتقاوٍ؛ بهدف منع تزريعها أثناء التخزين ، كما تجرى محاولات لاستعمال المركب كمبيدٍ فطريٍ لمكافحة كلٍ من الجرب، وعفن فوما ، والعفن الجاف .

التخزين

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

التخزين فى النوالات

النوالة عبارة عن بناءٍ مظللٍ يسمح بمرور الهواء بُحريةٍ من جوانبه ، ومن السقف

أيضا ، دون أن تتعرض الدرنات لضوء الشمس المباشر . تبنى الجدران من الطوب اللبن المرصوص بالتبادل بطريقةٍ تسمح بنفاذ الهواء جيدًا ، وتحمل الأسقف على أعمدة خشبية، وتغطى بالحصير والحطب أو القش بسمكٍ 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 بمبيدٍ آخر مناسبٍ لمقاومة فراش درنات البطاطس والفنران .

وعند التخزين تكوم الدرنات فى النوالة فى " مراود " يبلغ عرضها من أسفل ٢م، وارتفاعها ١,٥ م ، وبطول النوالة ، ويجب أن يتم التكويم بطريقةٍ تسمح بدخول الهواء بحريةٍ من الجهة التى تهب منها الرياح، وبعد ذلك تغطى الأكوام بقش الأرز بارتفاع ٣٠-٥٠ سم ، وترش طبقات القش بمبيدٍ مناسبٍ؛ مثل السيفين ١٠٪ ، أو الأكتلك ٢٪ ، أو الثومسيون ٣٪ .

تبقى الدرنات مخزنةً 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 بصورةٍ جيدةٍ 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 سفليةً (من تحت الدرنات مع فرش الدرنات على شباكٍ سلكيةٍ دقيقةٍ) وعلويةٍ (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

درجات الحرارة والرطوبة النسبية المناسبة

تجرى أولاً عملية العلاج التجفيفى التى تستمر لمدة أسبوع فى حرارة ١٠م-١٥م ، ورطوبة نسبية تتراوح بين ٨٥٪- و ٩٥٪. وبعد ذلك تخفض الرطوبة النسبية إلى ٨٥٪، وتخفض درجة الحرارة تدريجيًا على مدى بضعة أسابيع إلى درجة الحرارة المناسبة للتخزين ؛ وهى ٣م-٤م ، إلا أن الدرجة المثلى للتخزين تتوقف على المدة المطلوبة للتخزين ، وعلى نوعية الاستعمال للمحصول المخزن .

وعمومًا .. فهذه الظروف (أى درجة حرارة ٣م-٤م ، ورطوبة نسبية ٨٥٪) تناسب تخزين درنات البطاطس لمدة ستة أشهر أو أكثر بحالة جيدة ، وبدون تزريع. ولا ينصح بزيادة درجة الحرارة عن ٤م ، 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 درجة الحرارة لفترات طويلة عن ٣م ؛ حتى لا تتعرض الدرنات لأضرار البرودة أو أضرار التجمد. وتحدث أضرار البرودة عندما تتعرض الدرنات لحرارة ١,٧م لمدة طويلة ، وتتجمد الدرنات فى حرارة -١,٧م .

وتعتبر الرطوبة النسبية التى ينصح بها - وهى ٨٥٪ - 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 درجة حرارة المخزن ١٥,٥م (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 قدماً مكعبةً ، حتى يصل إلى درجة التشبع الرطوبى فى هـذه الدرجة ، أما إذا انخفضت حرارته إلى ٤,٤°م (٤٠°ف) ، فإنه يتخلص من نصف محتـواه من الرطوبة بالتكثُّف على الدرنات الباردة .

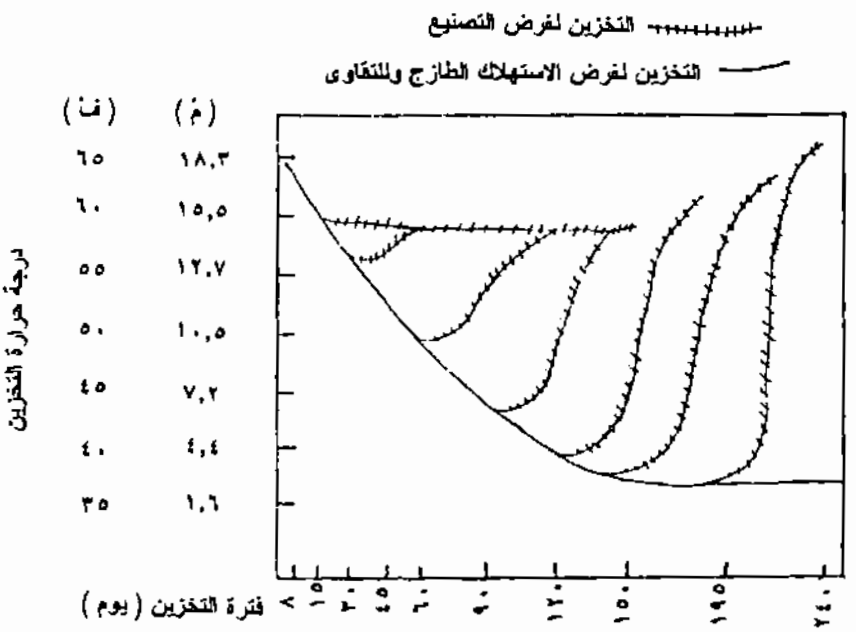
تنظيم درجة حرارة المخزن حسب مدة التخزين والهدف منه

من الضرورى تنظيم درجة حرارة المخزن حسب مدة التخزيـن ونوعيـة الاسـتعمال المتوقعة للمحصول المخزن؛ فحرارة ١٣°م-١٥°م تناسب تخزين الدرنات لمدة ١٥ يومًـا بعد الحصاد مباشرةً ؛ 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 لصناعـة 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 لمـدة ٤-٦ أسابيع قبل إخراج الدرنات من المخازن للاستعمال ، كما يمكن رفع درجة الحـرارة إلـى ٢١°م لفترة قصيرة قبل استعمال الدرنات . وبرغم أن هذا الارتفاع التدريجى فـى درجـة الحرارة يحدث تلقائيًا أثناء التدريج والشحن والتسويق، إلا أنه يفضل رفع درجة حـرارة المخازن قبل تداول الدرنات لتقليل فرصة تجريحها قدر المستطاع ؛ لأن الدرنات البـاردة تكون أكثر عرضةً للتجريح والخدش . وتجدر الإشارة إلى أن رفع درجة حرارة الدرنـات المخزنة قبل استعمالها يحسن أيضًا من صلاحية الدرنات للطهى أو للاسـتعمال كتقـاو . ويوضح شكل (١٠-٢) درجات الحرارة المناسبة لتخزين درنات البطاطس للأغـراض المختلفة لفترات مختلفة .

تخزين التقاوى

يوصى بأن يكون تخزين الدرنات المعدة لاستعمالها كتقاو فى وجود ضوء غير مباشر؛ حيث يفيد ذلك - مقارنةً بالتخزين فى الظلام - فى زيادة أعداد البراعم 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 ١٠-١) (Salunkhe & Desai ١٩٨٤) .



شكل (١٠-٢) : درجات الحرارة المناسبة لتخزين درنات البطاطس للأغراض المختلفة لفترات مختلفة .

جدول (١٠-١) : تأثير الضوء غير المباشر Diffused Light أثناء تخزين تقاوى البطاطس على نوعيتها ، والمحصول الذى ينتج من زراعتها .

الصفة	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

وإلى جانب أهمية تعريض الدرنات المعدة لاستخدامها كتقاوٍ للضوء ، فإنها يجب أن تخزن فى حرارة ١٢مْ - 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 .

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 هذه التراكم سريعًا فى حرارة صفر-٢,٥°م ، وبدرجة أقل فى حرارة ٢,٥-٣,٥°م، ولكن يختفى هذا التراكم - عادةً - 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 . 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 درجة حرارة الدرنات المخزنة إلى ١٥°م-٢٠°م قبل استعمالها فى صناعة الشبس باسم إعادة التهيئة Reconditioning، وهى تُتبع مع معظم الأصناف (Smith ١٩٦٨) .

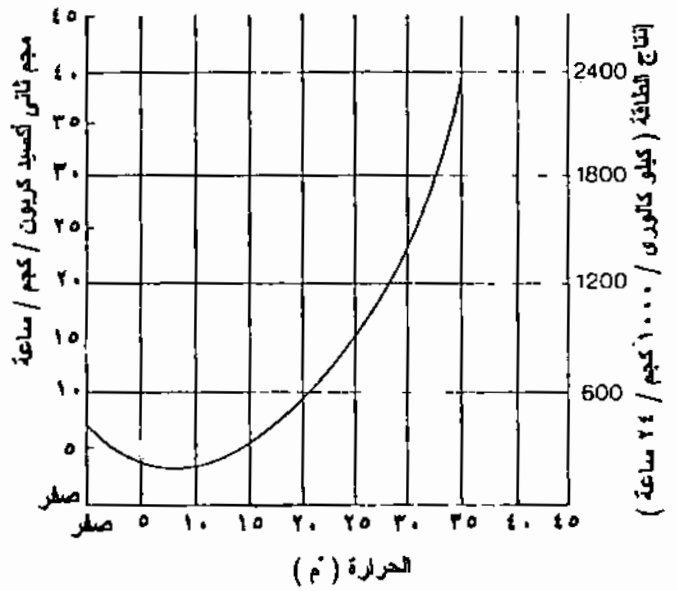
وقد وجد أن السكريات المختزلة التى تتراكم فى الدرنات خلال ٢٤ أسبوعًا من التخزين على ٥°م أو ٦°م يمكن أن تنخفض إلى درجة مقبولة للتصنيع ؛ وذلك بوضع الدرنات على حرارة ١٨°م لمدة أسبوعين على الأقل قبل تصنيعها ، ولكن زيادة تلك الفترة إلى أربعة أسابيع تؤدى إلى زيادة الفقد من جرّاء التزريع (Gichohi & Pritchard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

كفاءة التبريد

تتوقف احتياجات التبريد على عوامل عدة ؛ من أهمها حرارة الهواء الخارجى، ومعدل تنفس الدرنات الذى يزداد – بشدة – مع ارتفاع درجة الحرارة (شكل ١٠-٣). ويكون معدل التنفس للدرنات 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 /طن و ٥٠٠ كيلو جول لكل طن من الدرنات فى الساعة ، وأن تتراوح قدرة المراوح بين ٠,٢٥ مترا مكعبًا و ٠,٣٠ 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^2/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^2 من الأسقف أو الجدران .

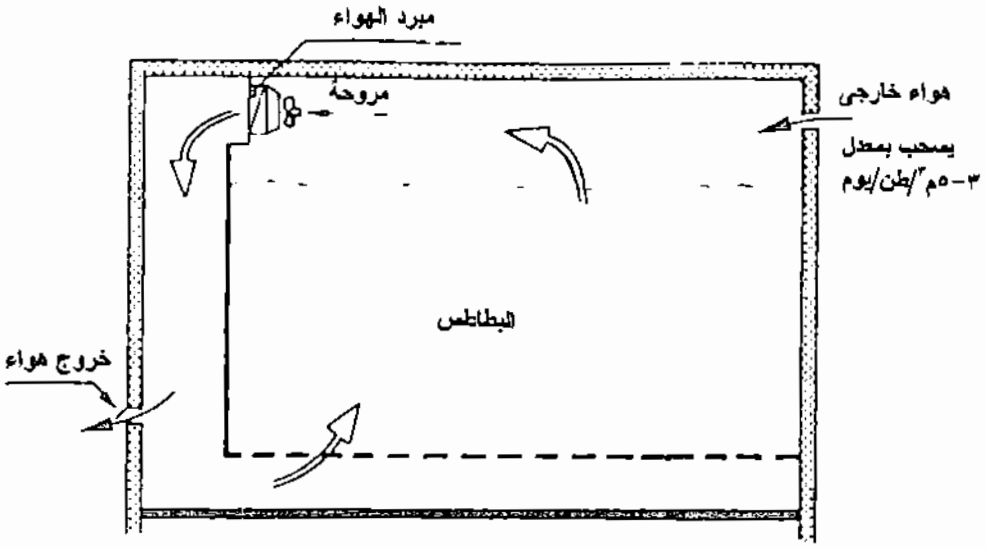


شكل (١٠-٣) : تنفس درنات البطاطس الكاملة غير المجروحة ، وإنتاجها من الطاقة الحرارية بالتنفس فى درجات الحرارة المختلفة .

نظام التبريد والتهوية

يجب أن يتم التبريد بنظام الدفع الجبرى للهواء المبرد من خلال الدرنات المخزنة (شكل ١٠-٤) .

ولتجنب نقص الأكسجين فى هواء المخزن ، فإنه يجب سحب الهواء من خارج المخزن إلى داخله بمعدل٣-٥م^{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 .



شكل (١٠-٤) : مقطع عمودى لمخزن بطاطس مبرد .

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

قوة تحمل الجدران

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 أمتار (عن Van der Zaag ١٩٩١) .

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

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 الرصات 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 رصات أجولة البطاطس ؛ ذلك لأن ارتفاع السقف يتراوح فى ثلاجات الدور الواحد بين خمسة أمتار وستة أمتار ؛ مما قد يشجع على وضع ٢٠ رصة أو أكثر فوق بعضها ولكن ذلك لا يسمح بانخفاض الحرارة إلى الدرجة المطلوبة فى مركز البلوكات .

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

فسيولوجيا بعد الحصاد

يتسم النشاط الفسيولوجى لدرنات البطاطس بعد الحصاد ، ويصاحب ذلك تغيرات كبيرة خارجية وداخلية ، وتغيرات أخرى فسيولوجية لايظهر تأثيرها إلا عند تصنيع الدرنات ، أو طهيها ، وهو ما سنتناوله بالدراسة فى هذا الجزء .