الفصل الثالث

الخضر الدرنية والجذرية الأخرى

يتضمن هذا الفصل الخضر الدرنية والجذرية الأخرى بخلاف البطاطس والبطاطا.

الجزر

مرحلة النمو المناسبة للحصاد

ليس للجزر مرحلة معينة لاكتمال النمو لأجل الحصاد؛ ولذا .. فإن من الأنسب الحديث عن مرحلة الحصاد harvest stage بدلاً من مرحلة اكتمال التكوين maturity أو النضج ripening وتبعًا لذلك فإن تحديد الموعد المناسب للحصاد يختلف باختلاف الأصناف، والاستعمال المتوقع للمحصول، وظروف الأسواق، وغيرها من العوامل وغالبًا ما يحصد الجزر قبل وصول جذوره إلى أقصى حجم ممكن لها؛ وبالتالى قبل الوصول إلى أعلى محصول ممكن

وعمومًا فإن المحصول الذى يزرع لأجل التسويق الطازج يحصد مبكرًا عن المحصول المخصص للتصنيع؛ لأن تأخير الحصاد يؤدى إلى زيادة المحصول، مع تحسن فى لون الجذور، وزيادة محتواها من الكاروتين، ويكون ذلك مصحوبًا بتغيرات فى شكل الجذور وحجمها؛ إلا أن ذلك يعد قليل الأهمية بالنسبة لمحصول التصنيع. ويمكن القول .. إنه يلزم لحصاد الجزر انقضاء نحو ٣-٤ أشهر من الزراعة فى الجو المعتدل البرودة، وتزيد المدة عن ذلك فى الجو البارد.

تحصد معظم الأصناف لغرض الاستهلاك الطازج عندما يبلغ قطر جذورها عند الأكتاف حوالى ٢-٣ سم ويعمد منتجو الجزر الشانتناى فى مصر إلى تأخير الحصاد إلى أن يصل قطر الجذور عند الأكتاف إلى ٣-٦ سم، وذلك رغم أن المستهلك يفضل الأحجام التى يبلغ قطرها عند الأكتاف حوالى ٢-٣ سم؛ لأن تأخير الحصاد تتبعه زيادة كبيرة فى أحجام

الجذور، والمحصول المنتج، ويكون ذلك مصاحبًا بزيادة كبيرة فى حجم القلب الداخلى المتخشب، ونسبة الجذور المتفلقة، ونسبة السكريات المختزلة فى الجذور إلاّ أن نسبة السكريات الكلية تبقى ثابتة، بينما يتحسن اللون، وتزداد نسبة الكاروتين فى الجذور

ومن المعروف أن أصناف طراز Amsterdam Forcing شديدة التبكير ويمكن حصادها بعد نحو ٧٠ يومًا من الزراعة أو قبل ذلك أحيانًا، بينما قد تتطلب أصناف أخرى ١٥٠ يومًا أو أكثر من ذلك لحصادها وغالبًا ما تكون جذور الأصناف التى تبقى لفترة طويلة قبل حصادها أكبر حجمًا ووزنًا، كما أنها غالبًا ما تزرع لأجل التصنيع أو التخزين لفترات طويلة حيث تتميز بصلاحية أكبر للتخزين

وعمومًا فإن أصناف الجزر ذات موسم النمو الطويل التى يتأخر حصادها يزيد فيها حجم الجذور، ويكون ذلك أحيانًا على حساب نوعيتها. وخاصة إذا ما أدت زيادة الحجم إلى زيادة محتوى الجذور من الألياف كذلك يؤدى تأخير الحصاد إلى زيادة فرصة تدهور المذاق والقوام، والإصابة بالأمراض، والإزهار فى المناطق الباردة

وكذلك يتعين اختيار الوقت المناسب لحصاد الجزر المخصص لـ "تصنيع" الجزر "البيبى" baby carrots ففى دراسة أجريت على الصنف Caropak كان طول الجذور أفضل ما يمكن (لأجل إعداد الـ baby carrot بعمليتى التقطيع والتقشير cut-and-peal baby carrot) عندما زاد قطر ٢٥٪–٣٥٪ من الجذور عن ٢ سم، حيث حُصل حينئذ على أعلى محصول كلى من الجذور (٤٨,١ طن للهكتار أو حوالى ٢٠,٢ طن للفدان)، وعلى أعلى محصول من الجزر المقطع (٣٧,٧ طن للهكتار أو حوالى ١٥,٨ طن للفدان) والمشكّل على صورة baby carrot (٣٢,٣ طن للهكتار أو حوالى ١٣,٦ طن للفدان) وقد أعطت كثافة زراعة مقدارها ٣٢١ نباتًا/م^2 أعلى محصول كلى ومقطع (Lazcano وآخرون ١٩٩٨)

الحصاد

يحصد الجزر يدويًا أو آليًا، ويتم الحصاد اليدوى بغرز أوتاد من الصلب أسفل

الجذور، ثم رفعها لأعلى، وبذا تقتلع النباتات من التربة ويمكن عند اتباع هذه الطريقة حصاد النباتات الكبيرة، وترك النباتات الصغيرة فى مكانها، حتى تصل إلى الحجم المناسب للتسويق وقد يجرى الحصاد بالمحاريث، ويراعى فى هذه الحالة جعل سلاح المحراث عميقًا، حتى لا تقطع الجذور (مرسى والمربع ١٩٦٠).

وتعد أبسط طريقة لحصاد الجزر هى بإمرار أسلحة المحاريث أسفل مستوى جذور النباتات بهدف قطع الجذور الوتدية وتفكيك التربة من حول النباتات التى تجذب بسهولة يدويًا بعد ذلك، ثم تُزال نمواتها الخضرية يدويًا أو تربط من نمواتها الخضرية فى حزم بعد تدريجها حسب حجم الجذور، ثم توضع فى عبوات الحقل

ويطلق على الجذور التى تحصد بنمواتها الخضرية (العروش) اسم bunch carrots، والجذور التى تفصل منها العروش اسم bulk carrots. ويؤدى قطع العروش إلى تقليل الفقد فى الوزن كثيرًا أثناء التداول والتخزين

هذا .. ولم يعد تسويق الجزر بالنموات الخضرية – الذى يجرى بهدف إعطاء المستهلك انطباعًا قويًا بمدى طزاجة المنتج – لم يعد شائعًا كثيرًا نظرًا لكلفته العالية وصعوبة المحافظة على الجذور والنموات الخضرية من فقدان الرطوبة إلى الدرجة التى تؤدى إلى ذبولها، فضلاً عن إحجام المستهلك عن الإقبال على هذا النوع من المنتج الذى يتطلب منه بذل جهدًا أكبر قبل إعداده للاستهلاك وما لم تكن أسعار الجزر ذات العروش (النموات الخضرية) عالية، فإن تسويقه بهذه الصورة لا يكون مجزيًا

وتتوفر آلات تماثل إلى حد كبير آلات حصاد البطاطس تقوم بقطع الجذور الوتدية ونقل النباتات بجذورها المتشحمة – بعد تخليصها من كتل التربة – إلى العربات التى تسير إلى جانب آلة الحصاد وقد يسبق ذلك عملية حشّ للنموات الخضرية كما قد يتم أحيانًا – عندما يُرغب فى تصنيع المحصول – قطع أكتاف الجذور مع النموات الخضرية فى عملية واحدة، لأجل التخلص من الأكتاف الخضراء وغير المنتظمة النمو أو الخشنة الملمس.

كذلك تتوفر آلات تقوم بتقطيع الجذور الوتدية ثم جذب النباتات من نمواتها الخضرية. لتقوم بتقطيع تلك النموات بعد ذلك وفصلها عن الجذور يمكن للآلة الواحدة من الطرز الحديثة حصاد عدة خطوط فى آن واحد مقارنة بالطرز الأولى التى كانت تقوم فيه الآلة بحصاد خط واحد أثناء سيرها ويشترط لنجاح عملية الحصاد بهذه الطريقة أن تكون النموات الخضرية جيدة التكوين وقوية وغير مصابة بالأمراض ليمكن تقليع الجذور من التربة عند جذب الآلة لها (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩)

دلائل الجودة

إن أهم دلائل الجودة فى الجزر، ما يلى

١- صلابة الجذر، فلا يكون رخوًا أو لينًا

٢- استقامة الجذر مع تجانس استدقاقه من الأكتاف حتى نهايته.

٣- اللون البرتقالى اللامع

٤- يجب أن يحمل الجذر قليلاً من متبقيات الجذور الجانبية الدقيقة

٥- خلو الجذر من الأكتاف الخضراء والقلب الأخضر، الأمر الذى يحدث جراء تعرض الجذور لضوء الشمس أثناء النمو

٦- قلة المرارة، وهى التى يكون مردها إلى المركبات التربينية.

٧- ارتفاع المحتوى الرطوبى والسكريات المختزلة.

وفى المقابل فإن من أهم عيوب الجزر رخاوة الجذور، وعدم انتظامها فى الشكل، وعدم نعومتها، ورداءة لونها، ووجود التشققات والتفلقات بها، وحدوث كسور بالقمة المستدقة، ووجود قلب أخضر بها (Suslow وآخرون ٢٠٠٧)

التنفس وإنتاج الإثيلين

يتباين معدل تنفس الجزر حسب درجة الحرارة، وحسبما إذا كان بعروشه أم بدونها، كما يلى

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة)	
	جذور فقط	جذور وعروش
صفر	٥-١٠	٩-١٨
٥	٧-١٣	١٣-٢٥
١٠	١٠-٢١	١٦-٣١
١٥	١٣-٢٧	٢٨-٥٣
٢٠	٢٣-٢٨	٤٤-٦٠

ينتج الجزر الإثيلين بمعدل منخفض جدًا يقل عن ٠,١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م، ويؤدى تعرض الجزر للإثيلين من مصدر خارجى إلى اكتسابه طعمًا مرًا نتيجة تكوينه للأيزوكيومارين isocumarin (عن Suslow وآخرين ٢٠٠٧)

التداول

عمليات التداول الأولية

ينقل الجزر من الحقل إلى محطة التعبئة فى سيارات نقل كبيرة.، حيث يتم تفريغ حمولتها فى الماء لتخفيف الضغوط على الجذور وتخليصها من التربة العالقة بها، ويلى ذلك غسيل حزم الجزر ذات العروش بالماء النظيف، ثم توضع مباشرة فى كراتين مشمعة ومقاومة للماء، وغالبًا ما يضاف إليها الثلج المجروش لتبريدها وتقليل فقدها للماء. وتتم المحافظة على المنتج بعد ذلك — خلال التخزين والشحن — على حرارة الصفر المئوى ورطوبة ١٠٠٪ لمدة أقصاها أسبوعين يبدأ بعدها العرش (النموات الخضرية) فى التدهور.

أما الجزر الذى أزيلت نمواته الخضرية فإنه يتحرك من الماء الذى ألقيت فيه الحمولة التى نقلت من الحقل إلى سير متحرك حيث يمر بعديد من العمليات التى تتضمن مزيد من الغسيل (بالرش القوى بالماء)، والتدريج حسب الحجم، والتبريد بالماء البارد ويتم التدريج حسب الحجم قبل التبريد الأولى لتجنب تبريد المنتج الذى لا يصلح للتسويق

وبطا .. فإن عمليات التداول الأولية تكون كما يلى،

١- الفرز تجرى هذه العملية فى الحقل، بغرض التخلص من الجذور المتفلقة، والمتفرعة، والمقطوعة، والمصابة بالآفات . إلخ

٢- الربط فى حزم. يتم ذلك فى الحقل عند الرغبة فى تسويق الجذور بعروشها

٣- قطع النموات الخضرية يتم ذلك فى الحقل أيضًا عند الرغبة فى تسويق الجذور دون عروش ويجب فى هذه الحالة عدم ترك أى جزء من النموات الخضرية، وذلك لأن الأجزاء المتروكة تذبل وتتعفن

٤- الغسيل بالماء، والتدريج حسب الحجم والتعبئة تجرى هذه العمليات فى محطات التعبئة وتعتبر أكياس البوليثيلين المثقبة هى أهم عبوات المستهلك وتعد عملية التثقيب ضرورية، لكى لا يتكون بالجذور طعم غير مقبول

هذا ويتعين الحد من تعرض محصول الجزر للاهتزازات أثناء لتداول، فقد أدى تعريض الجذور لشدٍّ ميكانيكى – بكثرة تعريضها للاهتزاز – إلى زيادة معدل تنفسها وإنتاجها من الإثيلين، كذلك ازداد محتواها من كل من الكحول الإثيلى، والـ 6-methoxymellein، بينما انخفض محتواها من السكريات وعديد من التربينات terpenes (Seljasen وآخرون ٢٠٠١)

التبريد الأولى

يستعمل فى التبريد الأولى ماء مثلج على ١°م، وهو يعمل على التخلص السريع من حرارة الحقل. إلا أن السرعة التى تتم بها عملية التبريد تتوقف على درجة حرارة المنتج الابتدائية وحجم الجذور ويشترط لنجاح العملية توفر كميات متجددة من المياه المثلجة التى تكفى لتبريد المنتج الذى يصل إلى محطة التعبئة أولاً بأول وعلى الرغم من صغر مساحة السطح الخارجى للجذور بالنسبة لوزنها فإن التبريد الأولى بالماء البارد يعد أنسب وسيلة لتبريد الجزر وأكفاء من طرق التبريد الأولى الأخرى، كما أنها تفيد فى إكساب الجذور الذابلة قليلاً من الماء؛ مما يجلها تبدو أكثر نضارة (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩).

ويستدل من دراسات Toivonen وآخرين (١٩٩٣) أن حفظ الجزر على ١°م لمدة أربعة أيام بعد حصاده كان كافيًا لتقليل الفقد فى الوزن لدى عرضه للبيع بعد ذلك على ١٣°م وأكثر من ٩٥٪ رطوبة نسبية وقد أطلقوا على عملية الحفظ البارد الأولى تلك اسم "التهيئة" preconditioning، وهى العملية التى تبين من الدراسات التشريحية أنها حفزت ترسيب السيوبرين على سطح البيريدرم، ولجننة الخلايا التى توجد تحت سطح الجذر. ويبدو أن هاتين العمليتين ساعدتا فى تقليل الفقد فى الوزن أثناء عملية العرض للبيع بالأسواق. ويعنى ذلك أن الجزر — حتى المحصول الذى يسوق طازجًا دونما تخزين — يمكن أن يستفيد من عملية التهيئة الأولية على ١°م لمدة ٤ أيام قبل تسويقه، وذلك بتقليل التدهور — الذى يحدث أثناء التسويق — على صورة فقد فى الوزن، وتلون بنى للأنسجة، واسوداد بالأطراف، وذبول، وفقد فى بريق الجذر.

التعبئة

تنقل جذور الجزر بعد تبريدها أوليًا إلى مكان التعبئة، حيث تفحص ثانية حسب احتياجات الأسواق، ثم تعبأ إما سائبة، وإما فى عبوات المستهلك، وغالبًا ما يتوقف الاختيار بين الطريقتين على حجم الجذور؛ فالجذور الكبيرة تكون أقل صلاحية للتعبئة فى عبوات المستهلك، وعادة ما توضع فى شباك أو أكياس بلاستيكية تتسع لنحو ١٠-١٢ كجم

وعند التعبئة فى عبوات المستهلك فإن ذلك يتم فى أكياس من البوليثلين المثقب أو غير المثقب يوضع فيها الوزن المحدد للعبوة من الأحجام المحددة المرغوب فيها، ويتم ذلك يدويًا مع الاستعانة بميزان، وغالبًا ما تحتوى العبوة التى تزن ٥٠٠ جم على حوالى ٦-١٠ جذور توضع كل مجموعة من هذه الأكياس فى كرتونة واحدة لتسهيل تداولها، ويحافظ عليها أثناء التخزين والشحن على درجة الصفر المئوى ورطوبة نسبية ٩٥٪-٩٨٪

وتتوفر آلات تقوم بعملية وضع الجزر فى الأكياس بالوزن المطلوب ولحامها دونما تدخل من الإنسان (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩).

وقد أعطى تخزين الجزر المعبأ فى الأكياس المصنوعة من أغشية البولىثيلين غير المثقب بسمك ٣٠ ميكرونًا – على حرارة ٢°م – أفضل النتائج مقارنة بالتعبئة فى بولىثيلين بسمك ٦٠ ميكرونًا أو بدرجات مختلفة من التثقيب (Lim وآخرون ١٩٩٨)

معاملات خاصة لتقليل الإصابة بالأعفان

أفاد غمر الجذور قبل تخزينها فى محلول Sodium-o-phenylphenate (اختصارًا SOPP)، بتركيز ٠,١ ٪ فى تقليل العفن أثناء التخزين. ويجب فى هذه الحالة عدم غسيل الجذور بالماء بعد غمرها فى المحلول المطهر وقبل التخزين

وأدى تعريض جذور الجزر قبل تعبئتها للبخار لمدة ثلاث ثوان فقط، ثم تخزينهن على ٠°م لمدة شهرين قبل عرضها على ٢٠°م لمدة أسبوعين أدى ذلك إلى إصابة ٢,٠ فقط من الجذور بالأعفان مقابل ٢٣٪ إصابة بالأعفان فى الجذور التى خزنت تحت نفس الظروف ولكنها لم تكن قد عوملت بالبخار وعندما لقحت جذور الجزر بالفطريات *Alternaria alternata*، و *A. radicina*، و *Sclerotinia sclerotiorum*، فإن نسبه الإصابة بعد فترة مماثلة من التخزين تحت الظروف السابقة كانت ٥٪ فى الجذور التى سبقت معاملتها بالبخار، و ٦٥٪ فى الجذور التى لم تسبق معاملتها (Afek وآخرون ١٩٩٩)

كذلك تُعامل جذور الجزر قبل تخزينها بالمبيد الفطرى iprodione للحد من إصابتها بالأعفان وبخاصة عفن الجذور الأسود الذى يسببه الفطر *Thielaviopsis basicola* ولقد أمكن الاستغناء عن المعاملة بالمبيد بمعاملات أخرى غير كيميائية، مثل المعاملة بالبخار أو بفوق أكسيد الأيدروجين (المركب التجارى Tsunami 100)، أو بالتحضير التجارى من الخميرة Shemer ونظرًا لأن معاملتى البخار وفوق أكسيد الأيدروجين يضران بالجذور؛ لذا فإن من الأفضل المعاملة المزدوجة بمستويات غير ضارة من كل منهما كذلك تفيد المعاملة بفوق أكسيد الأيدروجين ثم غسيل الجذور من آثاره قبل المعاملة بالخميرة (Eshel وآخرون ٢٠٠٩)

التخزين

(التخزين المبرد العادى)

يمكن تخزين جذور الجزر (بدون العروش) على حرارة صفر-١°م مع ٩٨٪-١٠٠٪ رطوبة نسبية لمدة ٧-٩ شهور، ولكن قد تظهر الأعفان بعد الشهر السابع فى نحو ١٠٪-٢٠٪ من الجذور؛ ولذا فإن التخطيط للتخزين لمدة ٥-٦ شهور فقط يعد أكثر واقعية ولتحقيق ذلك الهدف يتعين سرعة تبريد الجزر مبدئيًا إلى ٤°م بعد الحصاد مباشرة.

تحتفظ جذور الجزر بنضارتها تحت هذه الظروف، ولا تتعرض للانكماش، أو التزيع وتقل فترة التخزين إلى ٢٠-٢٥ يومًا فى حرارة ٤-١٠°م، وإلى ١٠-١٥ يومًا فقط فى حرارة ١٨-٢١°م وتعتبر الرطوبة النسبية العالية ضرورية لتقليل الفقد فى الوزن، وخاصة فى الجزر المخزن بأوراقه ويجب توفير تهوية جيدة، كما يجب عدم تعريض المحصول المخزون لدرجة التجمد (وهى بالنسبة للجزر -١٤°م)؛ لأن الجذور المتجمدة تتلف بسرعة وتلزم العناية باستبعاد الجذور المجروحة، والمصابة بالآفات قبل التخزين؛ لضعف قدرتها على التخزين (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨، و Whitaker وآخرون ١٩٧٠)

وبينما تصل فترة صلاحية الجزر المخزن بدون أوراقه إلى خمسة شهور على الأقل (وقد تصل إلى ٧-٩ شهور) على حرارة الصفر المئوى ورطوبة نسبية ٩٥٪، فإن فترة تخزين الجزر المخزن بأوراقه تحت الظروف ذاتها لا تزيد عن أربعة أسابيع (وقد تنخفض إلى أسبوعين) أما الجزر غير المكتمل التكوين فيمكن حفظه تحت هذه الظروف لمدة ٤-٦ أسابيع

وعند تخزين الجزر لفترات طويلة فإن ذلك يتم غالبًا فى أكوام قليلة الارتفاع على أرضية المخزن، أو فى عبوات كبيرة بحجم متر مكعب. ويتعين أن تكون حركة الهواء داخل المخزن وبين الجذور بسرعة ٧-١٠سم/ثانية، مع التهوية البسيطة للتخلص من ثانى أكسيد الكربون الناتج من التنفس

يظهر الذبول على الجذور عندما يزيد فقدها للرطوبة عن ٥٪-٨٪ من وزنها.

ومع أهمية الرطوبة النسبية العالية فإنه يتعين الحذر من تواجد رطوبة حرة (بعد غسيل الجذور أو جراء التكثف الذى يكون مرده إلى حدوث تقلبات فى حرارة التحرين) التى تحفز الإصابة بالأعفان.

وقد أمكن تعويض الفقد الرطوبى - الذى يحدث بجذور الجزر أثناء تخزينه - جزئيًا - بغمرها فى الماء، ومن ثم أمكن زيادة فترة صلاحيتها للتخزين. فمثلاً فقد الجزر ٩٦ ٢٪ من وزنه أثناء تخزينه على ١٣°م، و ٣٥٪ رطوبة نسبية. ولكنه استعاد ٨٣٪ من كتلته بعدما غُمر فى الماء لمدة ١٢ ساعة. ولم تكن لزيادة فترة الغمر فائدة إضافية وقد كان الغمر فى الماء على حرارة ١٣ أو ٢٦°م أكثر فاعلية فى استعادة جذور الجزر لكتلتها عن الغمر على الصفر المئوى (Shibairo وآخرون ١٩٩٨ جـ، و Suslow وآخرون ٢٠٠٧)

ويظهر بالجزر المخزن أحيانًا طعم مر، يرجع إلى تكوين مادة الأيزو كيومارين isocumarin، وهى التى تتجمع عند تخزين الجذور فى وجود كميات ضئيلة جدًا من الإثيلين، لذا . يجب ألاّ يخزن الجزر بالقرب من التفاح، والكمثرى، وغيرها من الثمار التى تنتج غاز الإثيلين بكميات محسوسة أثناء التخزين ويمكن التخلص من الطعم المر بوضع الجذور فى درجة حرارة الغرفة لأيام قليلة بعد إخراجها من المخزن وقبل التسويق كما وجد أن وضع الجزر فى جو من النيتروجين فقط - لمدة أربعة أيام قبل التخزين - أدى إلى منع تكوين الأيزوكيومارين بالجذور، حتى ولو تعرضت لغاز الإثيلين بعد ذلك

ومن أهم الأعفان التى تصيب الجذور أثناء التخزين، ما يلى:

العفن	الفطر المسبب
العفن الرمادى gray mold	*Botrytis cinerea*
العفن الطرى المائى watery soft rot	*Sclerotinia sclerotiorum*
عفن رايزكتونيا crater rot	*Rhizoctonia solani*
العفن الحامضى sour rot	*Geotrichum* sp.

وقد أدى تعريض جذور الجزر للأشعة فوق البنفسجية أثناء التخزين إلى تولد مقاومة للفطر *Botrytis cinereae* فى الأنسجة التى تعرضت للأشعة فقط، بمعنى أن تلك المقاومة لم تكن جهازية، وقد ظهرت فى تلك الأنسجة تركيزات عالية من المركب 6-methoxymellein كانت كافية لتثبيط نمو الفطر بها (Mercier وآخرون ٢٠٠٠).

التخزين فى الهواء المتحكم فى مكوناته

يؤدى التخزين على ١°م فى هواء يحتوى على ٢٪-٦٪ أكسجين، و ٣٪-٤٪ ثانى أكسيد كربون إلى خفض معدل التنفس، وفقد السكروز والتجذير، والتبرعم مقارنة بالوضع عند التخزين فى الجو المبرد العادى (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩)

كما يفيد تخزين الجذور فى هواء يحتوى على ٥٪-١٠٪ ثانى أكسيد كربون + ٢٪-٦٪ أكسجين فى خفض إصابتها بالأعفان أثناء التخزين، ولكن الجزر ذاته يضار جراء زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون عن ٥٪، أو نقص الأكسجين عن ٣٪.

التخزين تحت ضغط منخفض

يعتبر تخزين الجزر تحت ضغط منخفض وسيلة بسيطة لتقليل تأثير الإثيلين الذى تنتجه الخضر أو الفواكه التى قد يخزن معها الجزر — مثل التفاح — على الجزر، علمًا بأن الضغط المنخفض فى حد ذاته لا يستفيد منه الجزر فى غياب المحاصيل الأخرى المنتجة للإثيلين. هذا . ويتساوى خفض ضغط الهواء الجوى إلى ١٠ كيلو باسكال (١٠,٠ ضغط جوى) فى تأثيره مع عمل خفض لتركيز الأكسجين إلى حوالى ٢٪ تحت ظروف الضغط الجوى العادى (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

التغيرات الفيزيائية والفسيولوجية المصاحبة للتخزين

الفقد الرطوبى والتذبل

يتناسب فقد الرطوبة من جذور الجزر — أثناء التخزين — طرديًا — مع المساحة

السطحية النوعية. أى المساحة السطحية لكل وحدة وزن من الجذر (Shibairo وآخرون ١٩٩٧)

تناسب الفقد الرطوبى من جذور الجذر بعد الحصاد (ندى تخرينه على ١٣°م و ٣٢ ٪ رطوبة نسبية) طرديًا مع مقدار الشدّ الرطوبى الذى تعرضت له النباتات خلال الشهر السابق للحصاد (Shibairo وآخرون ١٩٩٨ب)

كما أدت زيادة تركيز البوتاسيوم فى المحاليل المغذية إلى ١ ملى مول إلى خفض الفقد الرطوبى من الجذور أثناء التخزين، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى وزن الجذور ومحتواها من البوتاسيوم، وبنقص فى جهد الجذور المائى، وجهدها الأسموزى، والتسرب الأيونى منها. ولكن زيادة مستوى البوتاسيوم عن ذلك لم تكن لها أى تأثير إضافى على الفقد الرطوبى أثناء التخزين (Shibairo وآخرون ١٩٩٨أ)

أما التزريع فيحدث عند التخزين فى حرارة عالية نسبيًا، ويكون مصاحبًا بذبول الجذور وتغضنها

التغيرات فى السكريات

تشكل السكريات الأحادية والثنائية المخزنة فى الفجوات العصارية بخلايا جذور الجزر حوالى ٣٤٪–٧٠٪ من زون الجذور الجاف ويعد السكروز هو السكر الرئيسى عند الحصاد، إلا أن تركيزه ونسبته إلى غيره من السكريات تتوقفان على الصنف وظروف الإنتاج أما أثناء التخزين فإن السكريات السداسية الكربون تزداد بينما تنخفض نسبة السكروز، وخاصة خلال شهور التخزين الأولى. وفى الظروف المثلى نادرًا ما يتغير محتويات السكريات الكلى على الرغم من استمرار تغير نوعيات تلك السكريات (Afek & Kays ٢٠٠٤)

التغيرات فى الكاروتين والأحماض الأمينية

وجد أثناء تخزين الجزر (على الصفر المئوى أو ٥°م حتى ٢٠٠ يوم) أن تركيز البيتا كاروتين انخفض تدريجيًا وكان الانخفاض أشد فى الخشب عما فى اللحاء، هذا بينما

ازداد محتوى الآلانين alanine والبرولين خطيًا مع الوقت، ولكن مستوى حامض جاما أمينو بيوترك gamma-aminobutyric acid ازداد عند بداية التخزين، ثم انخفض إلى مستوى أقل مما كان عليه (Takigawa & Ishii ١٩٩٦).

الإثيلين وتكوين الطعم المر

أدى تعريض جذور الجزر للإثيلين بتركيز ٠,١-٥ أجزاء في المليون في حرارة ١-١٥°م إلى زيادة كلا من معدل تنفس الجذور وتكوينها السريع لمركب الأيزوكيومارين isocumarin (وهو 8-hydroxy-3-methyl-6-methoxy-3,4-dihydroisocumarin) المسئول عن الطعم المر. وأدى تعريض جذور الجزر المكتملة التكوين للإثيلين بتركيز ٥ أجزاء في المليون لمدة ١٤ يومًا على ١، أو ٥°م إلى زيادة محتوى الجذور في طبقة القشرة الخارجية peel (التي تُقشَّر عادة) إلى ٢٠، و ٤٠ مجم/١٠٠ جم على التوالي. وقد كان من السهل اكتشاف تلك المستويات كمذاق مر في الجذور الكاملة. وقد كونت الجذور غير التامة النمو مستويات أعلى من الأيزوكيومارين عن الجذور المكتملة التكوين. حيث ظهر الأيزوكيومارين في قشورها بتركيز ١٨٠ مجم/١٠٠ جم عندما وضعت الجذور في هواء يحتوى على ٥ أجزاء في المليون من الإثيلين لمدة ١٤ يومًا على ٥°م وأدت زيادة نسبة الأكسجين إلى ١٠٠٪ إلى زيادة إنتاج الأيزوكيومارين — بفعل الإثيلين — بمقدار خمسة أضعاف، بينما أدى خفض الأكسجين في هواء المخزن إلى ١٪ إلى خفض إنتاج الأيزوكيومارين إلى النصف مقارنة بإنتاجه في الهواء العادى، وذلك عندما تواجد الإثيلين بتركيز ٠,٥ جزء في المليون في كلتا الحالتين. كذلك ازداد إنتاج الأيزوكيومارين في الجزر المعد للاستهلاك (على صورة شرائح أو مكعبات صغيرة) عما في الجذور الكاملة هذا إلا أن الـ baby carrot المصنع بالتقشير لم يكن بذى قدرة كبيرة على إنتاج الأيزوكيومارين. وعمومًا .. وجد ارتباط إيجابى بين الزيادة في معدل التنفس الناتجة عن التعرض للإثيلين وإنتاج الأيزوكيومارين (Lafuente وآخرون ١٩٩٦)

وأدى تعريض جذور الجزر لتركيز ٤٢ ميكرومول/م^3 من المركب

1-methylcyclopropene (اختصارًا MCP) المضاد لفعل الإثيلين لمدة ٤ ساعات على ٢٠°م – قبل تعريضها للإثيلين بتركيز ٤٢ ميكرومول/م^{3} – إلى منع تكوين الجذور للأيزوكيومارين، بينما أدى تعريض الجذور للإثيلين فقط (بتركيز ٤٢ ميكرومول/م^{3}) على ١٠°م إلى زيادة تركيز الأيزوكيومارين بمقدار ٤٠ ضعف في كل من قشرة ولب الجذور مقارنة بالجذور غير المعاملة بالإثيلين، وذلك في خلال أربعة أيام من المعاملة (Fan & Mattheis ٢٠٠٠)

التجمد

تقدر أعلى درجة حرارة لتجمد الجزر بنحو -١٫٢°م ويؤدى التجمد الشديد إلى ظهور شقوق طولية وبثرات بالجذور بعد تفككها بسبب البللورات الثلجية التي تتكون بالجذور تحت الطبقة السطحية. كذلك يتغير لون الجذور إلى البني القاتم أو الأسود وتبدو مائية المظهر بعد تفككها (عن Salunkhe & Kadam ١٩٩٨)

الشحن

يجب أن تبرد الحاويات التي تستخدم في شحن الجزر إلى الصفر المئوى، مع رطوبة نسبية من ٩٥٪ إلى ١٠٠٪، وعلى أن تكون التهوية فيها بمعدل ١٠م^{3}/ساعة (٥ قدم مكعب/دقيقة) بالنسبة للحاويات التي بطول ٢٠ قدم، وبمعدل ١٥م^{3}/ساعة (١٠ قدم مكعب/دقيقة) بالنسبة للحاويات التي بطول ٤٠ قدم يحتفظ الجزر بجودته في هذه الظروف لمدة ٦–٩ شهور إذا كان بدون عروش، ولمدة ١٠–١٤ يوم إذا كان بعروشه (Optimal Fresh ٢٠٠٧ – الإنترنت)

الجزر المخصص للتصنيع والمجهز للمستهلك

يتم نقل الجزر المخصص للتصنيع processing في عبوات كبيرة تتسع لطن أو أكثر من طن من الجذور. وبعد إلقاء المنتج في الماء وغسله فإنه يدرج حسب الحجم ويجهز حسب طبيعة العمليات التصنيعية المتوقعة، والتي تتضمن التعليب، والتجميد،

والتجفيف، والتخليل، والعصير، والتى قد يجهز فيها الجزر على صورة شرائح، أو مكعبات صغيرة، أو مهروس الجزر، أو جذور كاملة، أو أجزاء من الجذور كما قد يتم تجهيز الـ baby carrots من الجذور الكبيرة بعد تقطيعها إلى أجزاء بطول حوالى ٥ سم، وتوحيد أقطارها بدقة، ثم تشكيلها على شكل جزرة صغيرة ذات سطح خارجى أملس وناعم، وتعبئتها فى أكياس من البوليثيلين بوزن محدد (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩)

يجهز الجزر الطازج للمستهلك fresh-cut على صورة مكعبات صغيرة diced، ومبشورًا grated، وعلى شكل عصى sticks، ومقشرًا peeled (البيبى baby)، وممزقًا إلى قطع طولية shredded، ومقطعًا إلى شرائح sliced أو إلى مكعبات cubes

يجب أن يكون الجزر المجهز برتقالى اللون، وألاّ يأخذ مسحة بيضاء اللون، وألا يكون سطحه زَلقًا ويجب حفظ المنتج الطازج المجهز على الصفر المئوى، مع ٩٨٪-١٠٠٪ رطوبه نسبية، لضمان الجودة ولتقليل احتمالات تجمده أثناء التداول والتوزيع والتخزين حيث يمكن أن يبقى بحالة جيدة لمدة ٣-٤ أسابيع هذا علمًا بأن معظم الخسائر فى الجزر المجهز تنتج من اكتسابه مسحه بيضاء اللون، وطعمًا منفرًا، أو ملمسًا زَلقًا بسبب النموات البكتيرية.

لتجهيز الجزر الكامل المقشر فإنه يغسل أولاً بالماء، ثم تفصل قاعدة الجذر (الساق القرصية وجزء من الكتف) وطرفه، ويلى ذلك تقشير الجذر وتقطيعه ثم غسيله فى ماء يحتوى على كلورين بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون لمدة تقل عن دقيقة واحدة، ثم يُعرض للطرد المركزى للتخلص من الماء الزائد قبل وضعه فى أكياس.

يؤدى فقد الرطوبة من الأنسجة الضارة المتبقية على سطح الجذور المقشرة والمقطعة إلى اكتسابها مظهرًا أبيض اللون، وتلك صفة غير مرغوب فيها لأن المستهلك يربطها بفقد المنتج لطزاجته وتتوفر معاملات للحد من تلك الظاهرة، منها المعاملة بأغلفة صالحة للأكل مثل sodium caseinate-stearic acid، أو التسخين مع رفع الـ pH

وقد أوضحت الدراسات أهمية استعمال شفرات حادة جدًا عند تقطيع الجزر (المصنع جزئيًا) لأجل المحافظة على جودته لأطول فترة ممكنة والحد من الزيادة فى النمو ات الميكروبية التى تحدث غالبًا فى الجزر المقطع (Barry-Ryan & O'Beirne ١٩٩٨)

تحدث انحناءات فى قطع الجزر الطولية carrot sticks – بالجزر المصنع جزئيًا لأجل الاستهلاك الطازج – وترتبط شدة تلك الانحناءات بأعداد وتوزيع خلايا الخشب فى قطعة الجزر (Knoche وآخرون ٢٠٠١).

وقد أدى تعريض الجذر المجهز للاستهلاك – بالتقطيع – لمستوى منخفض من الأكسجين (٥ ٪ أو ٢٪ والباقى نيتروجين) لمدة ٧ أيام على حرارة ٥ أو ١٥°م إلى إحداث زيادات كبيرة فى تركيز الكحول الإثيلى والأسيتالدهيد ونشاط الإنزيمين alcohol dehydrogenese، و pyruvate decarboxylase مقارنة بما كان عليه الحال فى الهواء على نفس درجتى الحرارة، وكانت الزيادات أكبر على ١٥°م منها على ٥°م (Hisashi & Watada ١٩٩٧)

ويستفيد الجزر الطازج المجهز قليلاً من الجو الذى يحتوى على ٢٪ إلى ٥ أكسجين + ١٥٪ إلى ٢٠٪ ثانى أكسيد كربون ويؤدى نقص الأكسجين أو زيادة ثانى أكسيد الكربون عن تلك الحدود إلى اكتساب المنتج مظهرًا زَلقًا، وزيادة نمو بكتيريا حامض اللاكتيك، وزيادة التحلل البكتيرى وإنتاج الكحول هذا ويحتفظ الجزر المبشور بجودته لمدة ١٠ أيام على ٢–١٠°م فى عبوات معدلة للهواء MAP أغشيتها ذات نفاذية عالية للأكسجين (١٠–٢٠ لتر/م٢/ضغط جوى/يوم على ٢٥°م).

كما أدى تخزين الجزر المصنع جزئيًا لأجل الاستهلاك فى هواء يحتوى على ٥٠٪ أكسجين، و ٣٠٪ ثانى أكسيد الكربون إلى زيادة فترة احتفاظ المنتج بجودته بمقدار يومين إلى ثلاثة أيام عما فى حالة التخزين فى الهواء العادى وعندما عوم الجزر قبل التخزين بالغمس فى ١ ٪ حامض ستريك. والجينات الصوديوم sodium alginate (لأجل التغليف بغلاف صالح للأكل) ازدادت فترة الصلاحية للتخزين بمقدار ٥–١٠ أيام (Amanatiodou وآخرون ٢٠٠٠)

وفى دراسة جُهِّز فيها الجزر البيبى بالتصنيع خُزِّن الجزر المجهز فى صوان بغطاء من البولى بروبلين أو بدون غطاء على ٥ ± ٢°م مع ٩٠ ± ٥ ٪ رطوبة نسبية ولقد تكونت المسحة البيضاء فى خلال ٦٠-٩٠ دقيقة من تجهيز الجزر البيبى عندما كان تخزينها فى صوان غير مغطاة بالبولى بروبلين، بينما تأخر ظهور تلك المسحة لمدة ٣ إلى ٦ أيام عندما كانت الصوانى مغطاة وبدا أن السبب الرئيسى فى ظهور المسحة البيضاء كان هو الفقد الرطوبى والتغيرات التركيبية للخلايا السطحية، وتمثيل بعض المركبات الفينولية غير التركيبية، كما لم يلاحظ أى تراكم لأنسجة لجنينية مع ظهور المسحة البيضاء (Do N Simoes وآخرون ٢٠١٠)

كما استفاد الجزر المجهز للمستهلك fresh-cut (المبشور grated) من التخزين تحت تفريغ على ٢°م مقارنة بالتخزين فى الهواء العادى على نفس الدرجة، حيث حافظ على جودته لمدة ثمانى أيام انخفض خلالها الحمل الميكروبى عما فى الهواء، كما قلت أثناءها التغيرات الفيزيائية والكيميائية فى الجزر (Rocha وآخرون ٢٠٠٦).

كذلك أدى تغليف قطع الجزر المجهزة للاستهلاك بغلاف مأكول يحتوى على الشيتوسان إلى المحافظة على الجودة المظهرية وتقليل تغير اللون السطحى إلى الأبيض أثناء التخزين وعندما جُمع بين غطاء الشيتوسان وجو معدل بمستوى متوسط من كل من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون، أمكن المحافظة على الجودة وزيادة محتوى أصابع الجزر (sticks) من الفينولات (Simoes وآخرون ٢٠٠٨).

هذا ويمكن أن يحتفظ الجزر المصنع جزئيًا لأجل الاستهلاك الطازج – بالتقطيع إلى أجزاء صغيرة (shredded carrots) – يمكن أن يحتفظ بجودته لمدة أسبوع كامل بشرط المحافظة التامة على سلسلة التبريد، وبغير ذلك يتدهور المنتج بشدة ومن أهم مظاهر التدهور زيادة الإفرازات، والغروية أو اللزوجة، وفقدان الصلابة، وتكون مذاق غير مرغوب فيه بسبب زيادة أعداد بكتيريا حامض اللاكتيك والخمائر وقد وجد أن الجزر المجهز للاستهلاك الطازج والمعبأ فى أكياس من أغشية البولى بروبلين والمحفوظ على ١٠°م تكوّن فيه كذلك عديدًا من الفينولات، كان أهمها حامض الكلوروجنك

chlorogenic acid، كما ازداد كذلك نشاط الإنزيم phenylalanine ammonia-lyase (Babic وآخرون ١٩٩٣)

ويتباين معدل تنفس الجزر المجهز (بالملليجرام ثانى أكسيد كربون/كجم من المنتج فى الساعة) حسب طريقة التجهيز ودرجة حرارة التخزين

الحرارة (°م)	مقشر كامل	مقطع إلى شرائح	مقطع إلى عصى	ممزق إلى قطع طولية
صفر	—	٥	١١	١٥
٥	١٢-٩	١٣	١٩	٢٤
١٠	٢١-١٧	٢٥	٤٢	٤٦
٢٣	٥٤	٨١-٧٢	—	١٢٦-١٠٨

القلقاس

يتميز القلقاس dasheem (وهو *Colocasia esculenta* var *esculenta*) بوجود كورمة كبيرة رئيسية يتصل بها عديد من الكريمات cormels الجانبية. أما فى الإدو eddoe (وهو *C esculenta* var. *antiquorum*)، فإنه يوجد عديد من الكريمات (التى تؤكل) تحيط بكورمة صغيرة رئيسية مرة الطعم (لا تؤكل)

ويلاحظ أن كورمة القلقاس الرئيسية يكون بها عديد من الجروح بعد فصل الكريمات عنها. كما تزداد فيها الجروح بدرجة أكبر إذا ما تم فصل الجزء السفلى منها لاستعماله فى تكاثر وتوفر تلك الجروح مدخلاً لإصابة الكورمة بمسببات الأمراض وبالمقارنة فإن كريمات الإدو لا يوجد بكل منها سوى جرح واحد بعد فصلها عن الكورمة الأم (Afek & Kays ٢٠٠٤)

مرحلة النمو المناسبة للحصاد، والحصاد

تستهلك معظم المواد الغذائية التى يكونها النبات فى مبدأ حياته فى تكوين نموات خضرية وجذرية جديدة، ولا ينتقل منها إلى الكورمات سوى كميات قليلة ولكن تزداد

الكيمات التى تنتقل للكورمات تدريجيًا، مع تقدم النبات فى العمر، مما يؤدى إلى زيادتها فى الحجم وبحلول شهر نوفمبر . تكون الكورمات قد وصلت إلى أكبر حجم لها، وتبدأ الأوراق فى الاصفرار.

يقلع المحصول عندما تبلغ الكورمات حجمًا مناسبًا للتسويق. ويكون الحصاد — عادة — خلال شهرى أكتوبر ونوفمبر بعد ٧-١٠ أشهر من الزراعة ويمكن إجراء الحصاد مبكرًا عن ذلك للاستفادة من الأسعار المرتفعة فى بداية الموسم، إلاّ أن المحصول يكون منخفضًا فى هذه الحالة. ويجرى الحصاد بقطع (قرط) النمو الخضرى فوق سطح التربة، ثم تقلع الكورمات بالفأس أو بالمحراث، مع مراعاة عدم تجريح الكورمات أو تقطيعها أثناء التقطيع.

التداول

تنظف الكورمات بعد الحصاد من بقايا الأوراق، ومن الجذور، وكتل الطين العالقة بها، ثم تفصل عنها الفكوك. وتحسن معالجتها لعدة أيام فى مكان جيد التهوية قبل التخزين

وتجرى عملية المعالجة للقلقاس بتركه فى جو رطب على حرارة ٢٠-٣٠°م (Afek & Kays ٢٠٠٤).

التخزين

يجب تبريد القلقاس أوليًا — فى المخازن الباردة — إلى ١٠-١٤°م، ثم تخزينه بعد ذلك فى ٧-١٠°م مع ٨٠٪-٩٥٪ رطوبة نسبية، حيث يمكن أن يبقى بحالة جيدة لمدة حوالى أربعة شهور أو خمسة، ولكن يتعين استهلاك القلقاس فى خلال يومين بعد إخراجه من المخازن الباردة حتى لا تظهر عليه أضرار البرودة. وفى حرارة ١١-١٣°م، مع ٨٠٪-٩٥٪ رطوبة نسبية يحتفظ القلقاس بجودته لمدة شهرين دون مشاكل؛ وتنخفض المدة إلى ٢-٤ أسابيع فقط على ٢٠°م. كذلك يمكن ترك المحصول فى الحقل

دون حصاد، لمدة تصل إلى ١٥ أسبوعًا، أى حتى شهر يناير ويشترط لذلك عدم رى الحقل ويعاب على هذه الطريقة شغل الأرض لهذه المدة الإضافية، واحتمال إصابة الكورمات بالحفار

ويتعرض القلقاس للإصابة بأضرار البرودة التى تظهر على صورة تنقير سطحى وزيادة القابلية للإصابة بالأعفان

ويعد القلقاس من أقل الخضر إنتاجًا للإثيلين (Paull & Chen ٢٠٠٠)

ومن أهم الفطريات المسببة لأعفان كورمات القلقاس فى المخازن، ما يلى:

Aspergillus niger
Botryodiplodia theobromae
Fusarium solani
Rhizopus stolonifer
Corticum rolfsii

اللفت

تحصد حقول اللفت بعد الزراعة بنحو ٤٠–٧٠ يومًا حسب الصنف، عندما تبلغ الجذور حجمًا صالحًا لتسويق، وأنسب الجذور هى التى يتراوح قطرها من ٦–١٠ سم ويؤدى ترك اللفت بدون حصاد إلى تليف الجذور، وزيادتها كثيرًا فى الحجم هذا ويمكن إجراء عملية تقليع الجذور إما يدويًا، أو آليًا

التداول

من أهم عمليات التداول، والإعداد للتسويق بعد الحصاد . غسيل الجذور للتخلص من الطين العالق بها وتحسين مظهرها، وقطع النموات الخضرية، أو ربطها فى حزم عند الرغبة فى تسويقها بالنموات الخضرية.

ولا يوصى بتسميع جذور اللفت بهدف تخزينها لفترة طويلة لأن ذلك يضر بها، إلا أنه كثيرًا ما تشمع بالبارافين قبل تسويقها مباشرة لتحسين مظهرها وتجنب فقدها

للرطوبة وذبولها خلال فترة تسويقها وتجدر الإشارة إلى أن الغطاء الشمعي السميك يمكن أن يسبب انهيارًا داخليًا بالجذور

يعبأ اللفت في أكياس بلاستيكية مثقبة، حيث تفيد في المحافظة على مستوى مرتفع من الرطوبة حول الجذور في الوقت الذي تسمح فيه بتبادل الغازات بين داخل العبوة وخارجها

التخزين

يخزن اللفت في درجة حرارة الصفر المئوي، مع رطوبة نسبية تتراوح من ٩٥٪-٩٨٪ تحتفظ الجذور بجودتها في هذه الظروف لمدة ١٠-١٤ يومًا عند تخزينها بالعروش (النموات الخضرية)، ولمدة ٤-٥ أشهر عند تخزينها بدون العروش ولا يجوز أن تخزن الجذور المجروحة. أو المصابة بالأمراض (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

الفجل

مرحلة النمو المناسبة للحصاد، والحصاد

تتوقف الفترة من الزراعة للحصاد على الصنف المستعمل، وموعد الزراعة فيستغرق الصنف البلدي من ٢٥-٣٠ يومًا صيفًا، ونحو ٤٥ يومًا شتاءً. بينما تصل جذور الأصناف الأجنبية إلى الحجم المناسب للحصاد بعد ٢٥-٨٠ يومًا ولا تقلع جذور الفجل إلاّ بعد أن تصل إلى الحجم المناسب للاستهلاك، باستثناء الفجل البلدي الذي يزرع صيفًا، والذي يحصد مبكرًا قبل أن يزهر، وتستعمل أوراقه.

ويؤدي تأخير الحصاد عن الموعد المناسب إلى إحداث التغيرات التالية:

١- تشقق الجذور، وتفلقها.

٢- تجوف الجذور خاصة في الأصناف ذات الجذور الكروية

٣- ازدياد ظاهرة الجذور الإسفنجية المركز (ظاهرة الـ pithiness، أو التخويخ).

٤- الزيادة الكبيرة فى الحجم عما يناسب ذوق المستهلك

٥- احتمال نمو الشماريخ الزهرية (Sims وآخرون ١٩٧٨)

هذا ويجرى الحصاد بجذب النبات يدويًا، أو آليًا وتتوفر آلات تقوم بحصد ١٤ خطًا دفعة واحدة بمعدل حوالى نصف طن فى الدقيقة. وتقوم الآلة بجذب النباتات من التربة، وقطع النموات الخضرية، ثم تفريغ الجذور فى سيارة نقل، تسير بمحاذاة آلة الحصد فى الحقل

صفات الجودة

يجب أن تكون جذور الفجل طازجة، وجيدة التلوين، وعضة، وصلبة، وقصفة، ونعمة بدون تجعدات، وخالية من التربة والمواد الغريبة، وخالية – كذلك – من لقطوع والخدوش والأضرار الحشرية، كما يجب ألا تكون متليفة، أو خشبية، أو فاقدة لصلابتها، أو طرية، أو رخوة، أو ذابلة أما الأوراق – فى الفجل الذى يسوق بالأوراق – فيجب أن تكون خضراء داكنة اللون بدون اصفرار، ولكنها قد تكون ذابلة قليلاً

التداول

تجرى على الفجل عمليات الغسيل، والفرز – لاستبعاد الجذور المصابة بالأمراض والمتشققة – والتدريج، ثم الربط فى حزم ومن الأهمية بمكان الإسراع بإجراء عملية التبريد الأولى إلى ٢°م بطريقة الرش، أو الغمر فى الماء البارد hydrocooling قبل تخزينها على درجة الصفر المئوى

ويتم أثناء الفرز استبعاد الجذور التى يقل قطرها عن ٢ سم، وتجمع – منفصلة – الجذور التى يزيد قطرها عن ٣,٨سم، ثم تعبأ فى cello-packs

كما تغمر الجذور المحتفظة بأوراقها فى ماء مكلور على ٢ ٢°م، ثم تعبأ فى كراتين (Hassell ٢٠٠٤)

ويفيد غسيل الجذور فى ماء مكثور فى الحد من إصابتها بالعيب الفسيولوجى البقع السوداء black spot.

التنفس، وإنتاج الإثيلين

يتباين معدل تنفس الفجل حسبما إذا كان محتفظًا بأوراقه، أم تم فصلها، وحسب حرارة التخزين، كما يلى (عن Suslow ٢٠٠٧).

معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة)

الحرارة (°م)	بالأوراق	بدون أوراق
صفر	٦-٧	٢-٤
٥	٨-٩	٣-٥
١٠	١٤-١٦	٦-٧
٢٠	٥٨-٦٢	١٩-٢٦

يقل إنتاج الفجل من الإثيلين عن ٠,١ ملليلتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م.

ولا يعد الفجل حساسًا للإثيلين، ولكن الأوراق قد تظهر اصفرارًا إذا تعرضت للإثيلين لفترة طويلة

التخزين

تخزن جذور الفجل — فى أكياس بلاستيكية — على درجة الصفر المئوى، مع رطوبة نسبية من ٩٥٪-١٠٠٪ أما النباتات الكاملة . فإنها تخزن مع الثلج المجروش للمحافظة على حرارة منخفضة ورطوبة عالية. وتتوقف فترة التخزين على: الصنف، وطريقة التخزين: فالأصناف المبكرة تخزن بأوراقها لمدة أسبوع إلى أسبوعين، وبدون أوراقها لمدة ٣-٤ أسابيع، وتخزن الأصناف المتأخرة مثل الفجل الياباني الكبير (طراز دايكون daikon) بحالة جيدة لمدة ٢-٤ أشهر. وتقل فترة التخزين بارتفاع درجة الحرارة عن الصفر المئوى (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

وعندما تكون حرارة التخزين أعلى عن الصفر المئوى فإن خفض نسبة الأكسجين في هواء المخزن يفيد في تقليل النمو النباتي القمي والجذري كما يمكن تقليل النمو القمي كثيرًا بتقليم القمة النامية على بعد ملليمترات قليلة من الجذور، كذلك يفيد تقليم الجذور الرفيعة في إطالة فترة تخزين الجذور المتدرنة (Salunkhe & Desai ١٩٨٤)

وقد أدى خفض تركيز الأكسجين في هواء المخزن حتى ٠,٥٪، وزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون حتى ٢٠٪ عند تخزين الفجل بأوراقه على ١٢°م لمدة ٦ أو ١٢ يومًا إلى تثبيط اصفرار الأوراق ومنع نمو الجذور كذلك ثبطت زيادة ثاني أكسيد الكربون ظهور الأعفان هذا إلاّ أن خفض نسبة الأكسجين إلى ١٪ أو ٥ ٠٪ أدى إلى ظهور تلون غير طبيعي بالجذور وإلى زيادة حالات العفن، كما أن خفض نسبة الأكسجين إلى ٠,٥٪ أو زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون إلى ٢٠٪ – أو توفير كلا الأمرين معًا – أدى إلى ظهور طعم ونكهة غير مرغوبتين (Polderdijk & Boogaard ١٩٩٨)

وعلى الرغم من ذلك، فإن الجو الذي يحتوي على ١٪ إلى ٢٪ أكسجين، و ٢٪ إلى ٣٪ ثاني أكسيد كربون يعد مفيدًا قليلاً للفجل بدون جذور على حرارة ٥–٧°م، حيث يفيد هذا الجو في تأخير معاودة نمو الأوراق والجذور الصغيرة

وتظهر أعراض التجمد على الفجل في حرارة تقل عن –١°م، فتصبح الأوراق مائية المظهر، وتذبل، ثم تتلون بالأسود، كذلك تصبح الجذور مائية المظهر، وغالبًا ما يكون ذلك سطحيًا ما لم تنخفض الحرارة كثيرًا عن –١°م. وعند تفكك تلك الجذور فإنها تبدو شفافية (نصف شفافة) translucent، وسريعًا ما تصبح طرية وتفقد الرطوبة بسرعة، وتذبل، كما ترشح الصبغة من الجذور الحمراء لتصبح فاقدة اللون (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤، و Suslow ٢٠٠٧)

البنجر

مرحلة النمو المناسبة للحصاد، والحصاد

تكون حقول البنجر جاهزة للحصاد – عادة – بعد ٦٠–٨٥ يومًا من الزراعة. وتطول المدة فى الجو البارد. يجرى الحصاد بتلقيع النباتات يدويًا أو آليًا

يحصد البنجر لغرض الاستهلاك الطازج عندما تبلغ جذوره حجمًا مناسبًا للتسويق وتعد أفضل الجذور هى التى يتراوح قطرها بين ٢.٥، و ٤.٠ سم؛ لذا يفضل أن يجرى الحصاد عندما يكون قطر معظم الجذور بين ٢، و ٥ سم كما يوصى بإجراء الحصاد الآلى لأجل التصنيع عندما يصبح توزيع أحجام الجذور على النحو التالى ٢٥٪ درجة أولى (بقطر ٢.٥–٤سم)، و ٦٠٪ درجة ثانية (بقطر ٤–٦.٥سم)، و ١٥٪ درجة ثالثة (بقطر ٦–١٠سم)، و١٪ جذور غير صالحة culls وعمومًا . يتراوح حجم الجذور المناسب للتصنيع بين ١.٥، و ٦٠ سم، أما الجذور الأكبر من ذلك فإنها إما أن تستعمل فى التقطيع إلى مكعبات صغيرة dicing، أو أنها تستعمل فى أغذية الأطفال. إذا إنها لا تصلح للتعليب كاملة أو لعمل الشرائح الكاملة

ويجرى الحصاد آليًا بآلات تشبه آلات حصاد البطاطس. ويتم فى هذه الحالة التخلص من النموات الخضرية ميكانيكيًا قبل التقليع.

ويتراوح المحصول الجيد بين ١٨، و ٢٥ طنًا للفدان.

هذا .. ويؤدى الحصاد الآلى – رغم أهميته بالنسبة لمحصول التصنيع – إلى زيادة الإصابة بالعيب الفسيولوجى "البقع السوداء" black spots، وإلى زيادة معدلات الإصابة بالأعفان أثناء التخزين المؤقت السابق للتصنيع.

التداول

إن أهم عمليات التداول بعد الحصاد هى إزالة الأوراق الخارجية الصفراء وتنظيف الجذور من الطين العالق بها، والغسيل، والربط فى حزم وقد يسوق البنجر بدون أوراقه، ويسمح ذلك بتدريجه

يجب تبريد البنجر – الذى يسوق بأوراقه – أوليًا إلى ٤°م فى خلال ٤–٦ ساعات من الحصاد، ويمكن أن يجرى ذلك بالماء المثلج، أو بالدفع الجبرى للهواء. أو بإضافة الثلج المجروش إلى العبوات أما جذور البنجر بدون الأوراق فإن حرارتها يجب أن تخفض إلى ٥°م فى خلال ٢٤ ساعة.

التنفس وإنتاج الإثيلين

يتباين البنجر فى معدل تنفس الجذور حسب درجة الحرارة، كما يلى

الحرارة (°م)	معدل التنفس (مجم ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة)
صفر	٤–٦
٥	١٠–١٢
١٠	١٦–٢٠
١٥	٢٤–٣٨
٢٠	٥٠–٧٠

وتنتج جذور البنجر الإثيلين بمعدل يقل عن ٠,١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م، كما أنه لا يكون حساسًا للإثيلين الذى قد يتعرض له من مصادر خارجية (Adamicki ٢٠٠٤)

التخزين

يمكن تخزين البنجر بعروشه (الأوراق) لمدة ١٠–١٤ يومًا بحالة جيدة فى درجة الصفر المئوى، مع رطوبة نسبية قدرها ٩٨٪–١٠٠٪ أما عند فصل العروش . فإن الجذور يمكن تخزينها على ١–٢°م مع ٩٨٪ رطوبة نسبية لمدة ٦–٨ شهور وتجب مراعاة ألا تزيد حرارة التخزين عن ٧°م؛ لتقليل العفن إلى أدنى مستوى ممكن؛ نظرا لأن الرطوبة النسبية يجب أن تبقى عالية؛ لمنع فقد الرطوبة من الجذور، وهو الأمر الذى يعد السبب الرئيسى لانكماشها وتعتبر الجذور الصغيرة أكثر عرضه للانكماش من الكبيرة، لزيادة نسبة سطحها الخارجى إلى وزنها ويراعى دائمًا – عند التخزين

- فرز الجذور التالفة واستبعادها، وتوفير تهوية جيدة بالمخازن، وقطع النموات الخضرية عن الجذور كلما كان ذلك ممكنًا (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨، و Adamicki ٢٠٠٤)

وعلى الرغم من أن البنجر لا يعد حساسًا لأضرار البرودة، فإن إصابته بالبقع السوداء تزداد عند التخزين على صفر-١°م مقارنة بالتخزين فى الحرارة الأعلى، بينما تؤدى حرارة ٦-٧°م إلى زيادة تشققات الجلد (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤)

وقد أفاد تخزين الجذور فى أكياس من البوليثيلين المغلفة بإحكام إلى خفض الفقد فى الوزن خلال ١٨ يومًا من التخزين على ٢٠°م إلى ٢٦ ٠٪، و ٠,٩٦٪ - للأكياس بسمك ٧٠، و ٢٠ ميكرون على التوالى - وذلك مقارنة بمعاملة الكنترول (التى حفظت فيها الجذور فى الهواء على درجة الحرارة ذاتها ورطوبة نسبية ٦٠٪-٧٠٪) التى فقدت خلال الفترة ذاتها ٢٤,٤٤٪ من وزنها. هذا إلاّ أن التخزين فى الأكياس على تلك الدرجة أدى إلى تنبيت الجذور وبالمقارنة لم يحدث التنبيت فى الجذور التى خزنت فى أكياس بوليثيلين مثقبة أو فى أكياس من البولى فينيل كلورايد. والتى كان الفقد فيها ٣,٨٩٪ لأكياس البوليثيلين بسمك ٧٠ ميكرون، و ٢,٧٢٪ لأكياس البوليثيلين بسمك ٢٠ ميكرون، و ٤,٥١ لأكياس البولى فينيل كلورايد (Tessarioli Neto وآخرون ١٩٩٨)

الشحن

يجب أن تبرد الحاويات التى تستخدم فى شحن بنجر المائدة (بالأوراق) إلى الصفر المئوى. وعلى أن لا تزيد حرارتها عن ١°م، مع ضبط التهوية لتكون ١٠م^{٣}/ساعة (٥ قدم مكعب/دقيقة) بالنسبة للحاويات الـ ٢٠ قدم، و ١٥م^{٣}/ساعة (١٠ قدم مكعب/دقيقة) بالنسبة للحاويات الـ ٤٠ قدم، ومع توفير رطوبة نسبية من ٩٥٪ إلى ١٠٠٪، علمًا بأن البنجر (بالأوراق) يبقى على هذه الظروف بحالة جيدة لمدة ٧-١٤ يومًا. هذا ويتجمد البنجر على -٤ ٠°م (Optimal Fresh - ٢٠٠١ - الإنترنت)

البنجر المجهز للمستهلك

يجهز البنجر للمستهلك على ثلاث صور مبشور grated، وعلى صورة مكعبات صغيرة cubed، ومقشرة كاملاً whole peeled.

يجب تخزين البنجر الطازج المجهز fresh-cut على ١–٣°م قبل وبعد تجهيزه. هذا ويقل معدل تنفسه قليلاً أثناء تخزينه فى جو يحتوى على ٥٪ أكسجين، و ٥٪ ثانى أكسيد كربون على ٥°م.

ويختلف معدل التنفس حسب طريقة التجهيز ودرجة حرارة التخزين كما يلى (مجم ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة)

الحرارة (°م)	المقشر الكامل	المكعبات	المبشور
٢	٤	١٠	١٢
٥	٦	١٢	١٦
١٠	١٩	٢٧	٣٨
٢٣	٥٤	١١٧	٢٠٧–١٦٢

الطرطوفة

مرحلة النمو المناسبة للحصاد، والحصاد

تكون درنات الطرطوفة جاهزة للحصاد بعد نحو ٥–٦ أشهر من الزراعة، وأهم علامات النضج هى اصفرار الأوراق، وجفاف السيقان الهوائية، واكتمال تكوين الدرنات.

ويجرى الحصاد بتقطيع السيقان الهوائية أولاً، ثم تقليع الدرنات بالفأس ويصعب إجراء الحصاد آليًا لانتشار الدرنات فى مساحة كبيرة حول النبات

وتشكل الدرنات الصغيرة التى تبقى فى التربة بعد الحصاد مشكلة كبيرة حيث تنمو منها نباتات طرطوفة كحشيشة غير مرغوب فيها لعدة سنوات

التخزين

لا توجد على سطح درنات الطرطوفة طبقة فلينية واقية كتلك التى تتكون بدرنات البطاطس، وإنما تكون مغطاة بطبقة رقيقة يسهل خدشها، ويكون من السهل فقدان الرطوبة من خلالها؛ لذا . فإنها تفقد رطوبتها بسرعة فى درجات الحرارة العالية.

لا تحتاج الطرطوفة إلى تبريد أولى، وإن كان من المفضل نقل المحصول إلى مخزن مبرد ذى حرارة مناسبة بعد الحصاد مباشرة، وهى ٢°م، مع ٩٠٪ إلى ٩٥٪ رطوبة نسبية، حيث يمكن أن تبقى الدرنات بحالة جيدة تحت هذه الظروف لمدة ٦-١٢ شهرًا، علمًا بأن الأصناف تتباين فى قدرتها على التخزين. ويؤدى انخفاض الرطوبة النسبية إلى سرعة فقد الدرنات لرطوبتها.

لا تعرف على وجه التحديد الفائدة التى تعود على الطرطوفة من تخزينها فى CA، إلا أن رفع نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى ٢٢,٥٪ - مع بقاء الأكسجين عند ٢٠٪ - يثبط معدل تحلل الإنيولين جوهريًا.

وبينما يمكن لدرنات الطرطوفة أن تتحمل الحرارة المنخفضة، فإنها تتجمد على -٢,٢°م.

لا تعد درنات الطرطوفة حساسة للإثيلين.

هذا ويكون مرد خسائر التخزين - غالبًا - إلى الكرمشة، والأعفان، والتبرعم، والتجمد، وتحلل الإنيولين، وتعد الكرمشة التى تحدث بسبب فقد الرطوبة أهم مصدر للخسائر، وهى تحدث فى الرطوبة النسبية المنخفضة، خاصة وأن جلد الدرنة رقيق ولا توجد به طبقة فلينية حامية كما فى درنات البطاطس (Kays ٢٠٠٤).

الظواهر والتغيرات المصاحبة للتخزين

التنفس

يتباين معدل تنفس درنات الطرطوفة حسب درجة الحرارة، كما يلى

الحرارة (°م)	معدل التنفس (مجم ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة)
صفر	١٠,٢
٥	١٢,٣
١٠	١٩,٤
٢٠	٤٩,٥

التزريع

تتباين فترة سكون درنات الطرطوفة باختلاف الأصناف، وحتى بين درنات النبات الواحد ويكون دخول الدرنات حالة السكون استجابة للحرارة المنخفضة أقل من حد معين (يكون – عادة – قريبًا من الصفر المئوى) ولفترة معينة وفى الظروف البيئية المناسبة تبدأ خلايا الدرنة فى الانقسام وتبدأ الدرنة فى التبرعم والحرارة المثلى لكسر حالة السكون تتراوح بين الصفر، و ٥°م، بينما تبطئ الحرارة الأعلى من ذلك (مثل ١٠ °م) كسر حالة السكون (Afek & Kays ٢٠٠٤).

التغيرات فى المواد الكربوهيدراتية

تحدث تغيرات كبيرة فى تركيب محتوى درنات الطرطوفة من المواد الكربوهيدراتية، بما يمكن أن يؤثر كثيرًا فى جودتها حسب الهدف من استعمالها ومن المهم أن نتذكر أن الإنيولين inulin – وهو المخزون الكربوهيدراتى للدرنات – ليس مركبًا واحدًا، وإنما هو سلسلة من الجزيئات التى تتباين فى طول سلاسلها، وهى التى تبدأ فى التفكك depolymerize أثناء التخزين، سواء أكان ذلك تخزينًا حقليًا، أم بعد الحصاد ولدرجة التفكك تلك أهمية كبيرة إذا ما استعمل الإنيولين كبديل للدهن، أو كشراب غنى بالفراكتوز فكلما زادت درجة التفكك كلما انخفضت قدرة الإنيولين على محاكاة الدهون، وكلما انخفضت نسبة الفراكتوز إلى الجلوكوز، ثم بعد التحلل تعطى شرابًا أقل محتوى من الفراكتوز ويمكن أن يصل الانخفاض فى نسبة الفراكتور إلى الجلوكور من ١١ : ١ إلى ٣ : ١ (Afek & Kays ٢٠٠٤).

وقد حافظت درنات الطرطوفة على جودتها (من حيث محتواها من المادة الجافة) لمدة ٧ أسابيع من التخزين على ٤°م. وأعقب ذلك انخفاضٌ فى محتوى الدرنات من المادة الجافة قدر فى الصنفين Kharkov، و Violet de Rennes بنسبة ٠,١٩٪، و ٠,٢٦٪ أسبوعيًا – على أساس الوزن الطازج – على التوالى وفيما بين الأسبوعين السابع والثالث عشر من بداية التخزين كانت درنات الصنفين قد فقدت – على التوالى – ١٦,٧٪، و ١٩,١٪ من محتواها الابتدائى من المواد الكربوهيدراتية (Chekroun وآخرون ١٩٩٧)

الكاسافا

تحتوى جذور الكاسافا من الطرز الحلوة على أقل من ٥٠ مجم من حامض السيانيك HCN/كجم، بينما تحتوى جذور الطرز المرة – التى تكون أعلى محصولاً – على تركيزات أعلى من تلك.

تصبح جذور الكاسافا غير صالحة للتسويق فى خلال ثلاثة أيام من حصادها إذا ما تركت فى الجو العادى، ولكنه مع التداول والتخزين الجيدين يمكن أن تحتفظ الجذور بجودتها لمدة ٣٠ يومًا، بما يسمح بتصديرها عن طريق البحر

يجب أن تكون الجذور صلبة وممتلئة ومستقيمة بدرجة مقبولة، وخالية من الأضرار الميكانيكية والتحلل والتخطيط الوعائى vascular streaking. وتفضل الجذور التى لا يزيد طولها عن ٣٠ سم.

وتنظف الجذور بالتفريش والغسيل بالماء، ثم تجفف سطحيًا، وتشمع بشمع البارافين قبل أن تعبأ فى كراتين.

تخزن الكاسافا على صفر–٥°م بعد تشميعها، مع المحافظة على رطوبة عالية نسبيًا فى المخزن، حيث يمكن أن تبقى بحالة جيدة لمدة تزيد عن ٣٠ يومًا

وتنتج جذور الكاسافا الإثيلين بمعدل حوالى ١,٢ ميكروليتر/كجم على ٢٥°م

يعد التخطيط الوعائى vascular streaking أهم العيوب الفسيولوجية التى تظهر فى جذور

الكاسافا – بعد الحصاد – كبقع زرقاء أو قرمزية عند قطع الجذور عرضيًا، وهو يحدث نتيجة لعمليات أكسدة فى الحزم الوعائية. ويحدث هذا التأكسد عند موقع القطع (عند الحصاد) والكسور والجروح التى تحدث عند سوء التداول، حيث يتأكسد الاسكوبولتين scopoletin، وهو مركب فينولى ويقل تأكسد الاسكوبولتين عند تشميع الجذور، ويزداد تأكسده عند تعرض الجذور للإثيلين بتركيز ٧٥ ميكروليتر/لتر من مصادر خارجية (Sargent ٢٠٠٤).

اليام

الحصاد

تصل النباتات إلى مرحلة النضج المناسبة للحصاد فى خلال ٦–٧ شهور فى النوع *Discorea rotundata*، وبعد مدة أطول تصل إلى ٨–١٠ شهور فى *D. alata*

ويفضل تأخير الحصاد لأطول فترة ممكنة نظرًا لأن الدرنات تستمر فى الزيادة فى الحجم ما بقيت النموات الخضرية، ولو حتى جزء يسير منها، ولا يوجد – عادة – ضرر من ترك الدرنات فى التربة دون حصاد حتى وإن استمر ذلك لمدة عام كامل وفى كثير من مناطق إنتاج اليام لا يجرى الحصاد إلا حسب الحاجة

وتمارس فى المناطق الاستوائية التى ينتج فيها اليام طرقًا متنوعة فى حصاده، منها الحصاد بعد موت النموات الخضرية مباشرة، أو ترك المحصول فى الأرض بعد موت النموات الخضرية وحصاد أجزاء من الحقل بصورة تدريجية حسب الحاجة، أو إزالة التربة من حول الدرنات – أثناء نموها – وحصاد بعضها أو حتى قطع أجزاء منها ثم الترديم عليها، حيث يكون النبات درنات جديدة، وتستكمل الدرنات التى قطعت جزئيًا نموها بعد التئام جروحها كذلك تحصد الدرنات الهوائية بمجرد بلوغها حجمًا مناسبًا للحصاد (عن Rubatzky & Yamaguchi ١٩٩٩)

يراعى إجراء الحصاد فى يوم صحو، حتى تجف الدرنات قبل تخزينها، ويحسن أن يكون تجفيفها فى الظل فى مكان دافئ جيد التهوية

التداول

يتعين تداول الدرنات بحرص أثناء الحصاد وعمليات التداول تجنبًا لخدشها وكسرها لأنها تكون غضة وسهلة الكسر.

وتعالج الدرنات بعد الحصاد بحفظها على حرارة ٢٩-٣٢°م ورطوبة نسبية ٩٠٪-٩٥٪ لمدة ٤-٨ أيام. ويسمح ذلك بالتئام الجروح، وتقليل الفقد الرطوبى والإصابة بالأعفان أثناء التخزين. ويتم العلاج بصورة عادية فى الظروف الطبيعية بالمناطق الاستوائية.

التخزين

يمكن تخزين الدرنات فى الجو العادى دون تبريد لمدة ٣-٤ شهور، ولكن يشترط توفير تهوية جيدة لتجنب الارتفاع الشديد فى درجة الحرارة من جراء التنفس (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

وأفضل الظروف لتخزين اليام هى حرارة ١٦°م ورطوبة نسبية ٧٠٪-٨٠٪ مع التهوية الجيدة ويمكن تحت هذه الظروف تخزين الدرنات — التى سبقت معالجتها جيدًا — لمدة ٦-٧ شهور بحالة جيدة، علمًا بأن الدرنات غير المعالجة لا تتحمل التخزين لفترة طويلة (عن Salunkhe & Kadam ١٩٩٨)

وأيًا كانت طريقة التخزين تجب مراعاة عدم انخفاض حرارة التخزين عن ١٥°م، أو ارتفاعها عن ٣٥°م (Coursey ١٩٧٤).

التغيرات التالية للحصاد

السكون، والتزريع، والفقد فى الوزن

تستمر فترة السكون لمدة ٢٠-١٢٠ يومًا بعد الحصاد، لكن يستمر الفقد فى الوزن خلال تلك الفترة — نتيجة لتنفس الدرنات — بمعدل يتراوح بين ٠,١٥، و ٠,٤٪ يوميًا (عن Norman وآخرين ١٩٩٥). ويزداد الفقد فى الوزن بالتنفس والتزريع بمجرد انتهاء فترة السكون.

تفقد الدرنات نحو ١٠٪-١٥٪ من وزنها خلال الأشهر الثلاثة الأولى من التخزين العادى، ويصل الفقد إلى ٣٠٪ بعد ستة أشهر، والذى يحدث معظمه نتيجة لتنفس الجذور وقد تسبب الإصابة بالعفن نسبة كبيرة منه

وإذا كانت درنات اليام مصابة بالنيماتودا عند حصادها فإن نشاط الآفة يستمر فى الدرنات بعد الحصاد وأثناء التخزين فى الجو العادى وعلى الرغم من أن معاملة الدرنات بالماء الساخن على ٥٠°م تقلل من أعداد النيماتودا، إلا أنها تتلف الدرنات كذلك

وأمكن تثبيط تزريع الدرنات فى المخازن بمعاملة النموات الخضرية — قبل الحصاد — بالماليك هيدرازيد maleic hydrazide (عن Rubatzky & Yamaguchi ١٩٩٩)

أضرار البرودة

يؤدى تخزين اليام فى حرارة تقل عن ١٢°م إلى إصابة الدرنات بأضرار البرودة التى تكون أسرع ظهورًا بانخفاض درجة الحرارة، حيث تزهر فى خلال خمسة أسابيع من تعرض الدرنات لحرارة ٥ أو ٧°م، وثلاث أسابيع على ٣°م، وخمسة أيام على حرارة ٢°م

ومن أهم أعراض أضرار البرودة ظهور تغيرات فى اللون، ثم تأخذ أنسجة الدرنة مظهرًا مائيًا، وتتحلل (عن Norman وآخرين ١٩٩٥)

الروتاباجا

اكتمال النمو للحصاد، والحصاد

تكون الجذور جاهزة للحصاد بعد نحو ٩٠-١٠٠ يوم من الزراعة، بالمقارنة بنحو ٥٠-٧٠ يومًا فى اللفت، ويتراوح قطر الجذور المناسبة للحصاد من ٨-١٥ سم

وقد أمكن التخلص من أوراق الروتاباجا قبل الحصاد بمعاملة النباتات بالإثيفون، لكن التركيز اللازم كان عاليًا بدرجة جعلت استخدامه غير اقتصادى وقد وجد

Poapast وآخرون (١٩٨٧) أن إضافة بيروكسى ثانى كبريتات الأمونيوم ammonium peroxydisulfate بتركيز ١٪ إلى الإثيفون أدت إلى زيادة فاعليته فى التركيزات المخففة التى تكون اقتصادية وترش النباتات بعد أن تصل الجذور إلى الحجم المناسب للحصاد.

يجب حصاد الروتاباجا وهى مكتملة التكوين، علمًا بأن الجذور غير المكتملة التكوين تكون مرة الطعم، كما يجب أن تحصد قبل أن تصبح متخشبة أو لُبية.

تكون جذور الروتاباجا الجيدة النوعية مكتملة التكوين، وذات قمة أرجوانية ملساء ورقية صغيرة، وجذر وتدى مستقيم بأقل عدد ممكن من الجذور الجانبية كما يجب أن يكون الجزء المتضخم خال من الخدوش والجروح، وصلب وطازج وحلو غير مر الطعم وثقيل بالنسبة لحجمه، وبغير ذلك يكون — غالبًا — متخشبًا

التنفس وإنتاج الإثيلين

يتفاوت معدل تنفس جذور الروتاباجا حسب درجة الحرارة كما يلى

الحرارة (°م)	معدل التنفس (مجم ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة)
صفر	٦-٤
٥	١٢-٨
١٠	١٩-٩,٥
١٥	٣١-٢٠
٢٠	٤٠-٣٤

ويقل إنتاج الجذور من الإثيلين كثيرًا إلى أقل من ٠,١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م (عن do Nascimento Nunes ٢٠٠٤).

التداول

يتم بعد الحصاد قطع النموات الخضرية إن لم يكن قد سبق قطعها، وتُقلّم الجذور، وتغسل ثم تشمع.

تُبرد الروتاباجا أوليًا بالماء المثلج مع وضع الثلج المجروش، أو بالدفع الجبرى للهواء، وقد يكتفى بمجرد وضع الجذور فى المخازن الباردة على الصفر المئوى

وقد تدرج جذور الروتاباجا قبل تخزينها.

وعلى الرغم من عدم الحاجة إلى تشميع جذور الروتاباجا لأجل تخزينها لفترات طويلة فإنها غالبًا ما تشمع قبل تسويقها لتحسين مظهرها ويجرى التشميع بغمس الجذور لمدة ثانية واحدة فى شمع بارافين ساخن، تبلغ حرارته ١٢١-١٣٢°م ويخفف الشمع عادة بزيت معدنى لجعله أقل قابلية للتشقق. يؤدى التشميع إلى تحسين مظهر الجذور، وتقليل فقدانها للرطوبة وانكماشها، لكن زيادة سمك طبقة الشمع عن اللازم قد تؤدى إلى انهيار أنسجة الجذر الداخلية

وإذا تم تشميع جذور الروتاباجا قبل تخزينها، فإنها لا يجب أن تخزن لأكثر من شهر أو شهرين

التخزين

تحتفظ جذور الروتاباجا (بدون العروش) بجودتها لمدة ٤-٦ شهور عند تخزينها فى درجة الصفر المئوى، مع رطوبة نسبية من ٩٨٪-١٠٠٪ وتساعد هذه الظروف على تقليل فقدان الرطوبة وانكماش الجذور ولا تعد جذور الروتاباجا حساسة لأضرار البرودة.

يمكن أن تتحمل جذور الروتاباجا التجمد البسيط دون أن تحدث لها أضرار، بينما يؤدى التجميد الشديد إلى جعل الأنسجة مائية المظهر ثم تلونها بالبنى، ثم تخمرها ويبدأ تجمد الجذور على -١,٠ إلى -٠,٥°م

الكرفس اللفتى

تكون الجذور صالحة للحصاد عندما تبلغ حجمًا مناسبًا للتسويق

ويؤدى تأخير الحصاد إلى "تخويخ" الجزء المتضخم الذى يزرع من أجله المحصول، وقد يظهر فراغ واضح فى الجزء العلوى منه أسفل الساق القرصية.

يجرى الحصاد بتقطيع الجذر الوتدى للنباتات، ثم تفكيك الجزء المتضخم بالحراثة. ثم جذب النباتات يدويًا أو آليًا وقد تقطع النموات الخضرية قبل الحصاد أو تترك لتجذب منها النباتات

ويتطلب إعداد الكرفس اللفتى للتسويق إزالة الجزء الأكبر من النموات الخضرية وجميع الفروع الجذرية، ويتم ذلك يدويًا أو آليًا داخل طاحونة برميلية دوارة يجرى الغسيل قبل التقليم لإزالة التربة العالقة بالجذور، كما يجرى غسيل آخر بعد التقليم أو أثناؤه للتخلص من كل الأجزاء غير المرغوب فيها والمواد العالقة بالجذور (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩)

ويمكن تخزين الكرفس اللفتى بحالة جيدة لمدة ٣-٤ أشهر فى حرارة الصفر المئوى، ورطوبة نسبية من ٩٠٪-٩٥٪

وتجدر الإشارة إلى أن ما يميز الكرفس اللفتى غناه بالمركبات المتطايرة التى لا تقل عن ٣٥ مركباً، وهى التى تكسبه نكهته المميزة، ومن أكثر تلك المركبات تواجدًا، ما يلى (Van Wassenhove وآخرون ١٩٩٠)

3-methylbutanol	pyridine
Furfural	3-methyl-4-ethylhexane
β-pinene	myrecene
p-cymene	limonene
ocimene-x	gamma-terpinene
trans-neocnidine	senkyunolide
ε-terpenes	ε-phalides

الجزر الأبيض

مرحلة النمو المناسبة للحصاد والحصاد

ينضج الجزر الأبيض بعد حوالى ٣,٥-٥ أشهر من الزراعة ويمكن ترك الجذور فى الأرض دون حصاد كطريقة للتخزين لحين تحسن حالة السوق، إلا أن تركها مدة أطول من اللازم يؤدى إلى تصلبها وقلة جودتها

هذا ويمكن أن تتعرض جذور الجزر الأبيض للتجمد الشديد دون أن تصاب بأضرار تذكر

ويساعد التعرض للبرد الشديد – إلى ما دون الصفر المئوى – فى الحقل قبل الحصاد – فى تحول مخزون الجذور من المواد الكربوهيدراتية إلى سكريات تحسن من طعم الجذور وحلاوتها. ويتساوى فى هذا الشأن تعرض النباتات لحرارة التجمد لمدة شهرين فى الحقل قبل الحصاد مع تعرض الجذور لحرارة صفر-١°م لمدة أسبوعين فى المخازن بعد الحصاد

يراعى عند الحصاد أن الجذور تتعمق فى التربة لمسافة ٢٥-٣٠ سم أو أكثر لذا فإن حصادها يحتاج إلى شوكة خاصة، وربما يلزم تفكيك التربة حولها بالمحراث أولاً وعمومًا فإن حصاد الجزر الأبيض لا يختلف عن حصاد الجزر

التداول

يحصد الجزر الأبيض كما يحصد الجزر كما أسلفنا يُراعى دائمًا تجنب إحداث الجروح والكدمات السطحية بالجذور تزداد صعوبة إزالة النموات الخضرية يدويًّا فى الجزر الأبيض عما فى الجزر بسبب ارتفاع أكتافه لتكوّن تجويفًا يحيط بقواعد الأوراق ويتطلب الأمر غالبًا إزالة منطقة التاج كلها، وهى التى تشمل الأكتاف والساق القرصية وقواعد الأوراق وقد يسوق الجزر الأبيض فى حزم يراعى دائمًا تقليم الجزء الرفيع السفلى من الجذر لأنه يكون أول أجزاء الجذر تعرضًا للفقد الرطوبى والذبول (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩)

تزداد ظاهرة التلون البنى السطحى لجذور الجزر الأبيض بزيادة الأضرار (الكدمات والجروح) التى تتعرض لها الجذور أثناء الحصاد والتداول. وتختلف أصناف الجزر الأبيض فى مدى حساسيتها للإصابة بتلك الظاهرة، ويعد الصنف White Spear من أقل الأصناف قابلية للإصابة

قد تعبأ الجذور فى أكياس من البوليثيلين المثقب، وقد تدرج حسب رغبة المستهلك.

ويفيد غمر الجذور بعد الحصاد – وقبل التخزين – فى ماء يحتوى على كلوريد الكالسيوم، وحامض الأسكوربيك، وحامض الستريك فى خفض الإصابة بالتلون البنى إلى مستوى مقبول فى الأصناف المتوسطة القابلية للإصابة، مثل Javelin (Toivonen ١٩٩٢).

التخزين

يمكن تخزين جذور الجزر الأبيض (بدون عروش) – بحالة جيدة لمدة ٤-٦ أشهر – فى حرارة صفر°م، ورطوبة نسبية ٩٨٪-١٠٠٪ ويتحسن طعم الجذور فى خلال أسبوع واحد من التخزين؛ بسبب تحول جزء كبير من النشا المخزن بها إلى سكر، خاصة سكر السكروز ويجب إلا تخزن سوى الجذور السليمة الخالية من الإصابات الميكانيكية والمرضية

إن أهم مشاكل تخزين الجزر الأبيض الإصابة بالأعفان، والتلون السطحى البنى، والذبول وافقد الرطوبى ويفيد خفض درجة الحرارة إلى الصفر فى تأخير الإصابة بالأعفان والتلون البنى، بينما تفيد الرطوبة النسبية العالية فى خفض الفقد الرطوبى

ويؤدى تعرض الجزر الأبيض للإثيلين أثناء التخزين إلى زيادة محتوى الجذور من الفينولات وتكون طعم مر غير مقبول بها مثلما يحدث عند تعرض جذور الجزر للإثيلين (Shattuck وآخرون ١٩٨٨)