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 الأوّلى لتجنب تبريد المنتج الذى لا يصلح للتسويق.

وبذا .. 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 التداول؛ 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 البولىثلين 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 البوليثيلين غير المثقب بسمك ٣٠ ميكرونًا – على حرارة ٢°م – أفضل النتائج مقارنة بالتعبئة فى بوليثيلين 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 تخزينها على ٠,٥°م لمدة شهرين قبل عرضها على ٢٠°م لمدة أسبوعين .. أدى ذلك إلى إصابة ٢٪ 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 نسبة 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 -١,٤°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 التخزين) التى تحفز الإصابة بالأعفان.

وقد أمكن تعويض الفقد الرطوبى – الذى يحدث بجذور الجزر أثناء تخزينها – جزئيًا – بغمرها فى الماء، ومن ثم أمكن زيادة فترة صلاحيتها للتخزين، فمثلاً .. فقد الجزر ٢,٩٦٪ 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 + ٢,٥٪-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 (١,٠ 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 والتذبيل

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 (لدى تخزينه 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 مللى 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 فى المليون فى 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 فى المليون لمدة ١٤ يومًا على ١، أو ٥°م إلى زيادة محتوى الجذور فى طبقة القشرة الخارجية peel (التى تُقشَّر عادة) إلى ٢٠، و ٤٠ مجم/١٠٠ جم على التوالى. وقد كان من السهل اكتشاف تلك المستويات كمذاق مر فى الجذور الكاملة. وقد كونت الجذور غير التامة النمو مستويات أعلى من الأيزوكيومارين عن الجذور المكتملة التكوين. حيث ظهر الأيزوكيومارين فى قشورها بتركيز ١٨٠ مجم/١٠٠ جم عندما وضعت الجذور فى هواء يحتوى على ٥ أجزاء فى 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 فى هواء المخزن إلى ١٪ إلى خفض إنتاج الأيزوكيومارين إلى النصف مقارنة بإنتاجه فى الهواء العادى، وذلك عندما تواجد الإثيلين بتركيز ٠,٥ جزء فى المليون فى كلتا الحالتين. كذلك ازداد إنتاج الأيزوكيومارين فى الجزر المعد للاستهلاك (على صورة شرائح أو مكعبات صغيرة) عما فى الجذور الكاملة. هذا إلا أن الـ baby carrot المصنع بالتقشير لم يكن بذى قدرة كبيرة على إنتاج الأيزوكيومارين. وعمومًا .. وجد ارتباط إيجابى بين الزيادة فى معدل التنفس الناتجة عن التعرض للإثيلين وإنتاج الأيزوكيومارين (Lafuente وآخرون ١٩٩٦).

وأدى تعريض جذور الجزر لتركيز ٤٢ ميكرومول/م^{٣} 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 فى كل من قشرة ولب الجذور مقارنة بالجذور غير المعاملة بالإثيلين، وذلك فى 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 التى تتكون بالجذور تحت الطبقة السطحية. كذلك يتغير لون الجذور إلى البنى القاتم أو الأسود وتبدو مائية المظهر بعد تفككها (عن Salunkhe & Kadam ١٩٩٨).

الشحن

يجب أن تبرد الحاويات التى تستخدم فى 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 التى بطول ٢٠ قدم، وبمعدل ١٥م^3/ساعة (١٠ قدم مكعب/دقيقة) بالنسبة للحاويات التى بطول ٤٠ قدم. يحتفظ الجزر بجودته فى 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 فى عبوات كبيرة تتسع لطن أو أكثر من طن من الجذور. وبعد إلقاء المنتج فى الماء وغسله فإنه يدرج حسب الحجم ويجهز حسب طبيعة العمليات التصنيعية المتوقعة، والتى 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 البولييثيلين 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٪ رطوبة 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 المضارة 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.

ولقد أوضحت الدراسات أهمية استعمال شفرات حادة جدًا عند تقطيع الجزر (المصنع جزئيًا) لأجل المحافظة على جودته لأطول فترة ممكنة والحد من الزيادة فى النموات 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 (٠,٥٪ 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 عومل الجزر قبل التخزين بالغمس فى ٠,١٪ حامض ستريك. وألجينات الصوديوم sodium alginate (لأجل التغليف بغلاف صالح للأكل) ازدادت فترة الصلاحية للتخزين بمقدار ٥–٧ 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 التكاثر. 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