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).

تداول الجزر المخصص للتصنيع

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 البوليثيلين بوزن محدد (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩).

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 التزريع. 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 الجزء المخزن بدون أوراقه إلى خمسة شهور على الأقل على حرارة الصفر المئوى ورطوبة نسبية ٩٥٪، فإن فترة تخزين الجزء المخزن بأوراقه تحت الظروف ذاتها لا تزيد عن أربعة 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 ٧-١٠ سم/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.

وقد أمكن تعويض الفقد الرطوبى - الذى يحدث بجذور الجزر أثناء تخزينها - جزئيًا بغمرها فى الماء، ومن ثم أمكن زيادة فترة صلاحيتها لتخزين، فمثلاً .. فقد الجزر ٢,٩٦٪ من وزنه أثناء تخزينه على ١٣°م و ٣٥٪ رطوبة نسبية، ولكنه استعاد ٨٣٪ من كتلته بعدما غُمِرَ 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 ١٩٩٨جـ).

ويظهر بالجزر المخزن أحيانًا طعم مر، يرجع إلى تكوين مادة الأيزوكيومارين 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 إذا 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.

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.

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 (٠,١ ضغط جوى) فى تأثيره مع عمل خفض لتركيز الأكسجين إلى حوالى ٢٪ تحت ظروف الضغط الجوى العادى (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

التعريض للأشعة فوق البنفسجية أثناء التخزين

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).

فسيولوجيا بعد الحصاد

الفقد الرطوبى

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 الجزر 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).

التغيرات فى الكاروتين والمحتوى الغذائى

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).