بالغلى فى الماء، أم بالتخمير، أم بالشىّ فى الأفران – إلى التخلص تمامًا من المركبات السامة (Pereira وآخرون ١٩٨١).

يتم التخلص من المركبات السيناوجينية أثناء إعداد الجذور للطهى، وذلك ببشرها ونقع مبشور الجذور فى الماء؛ حيث يؤدى ذلك إلى التقاء الإنزيم مع اللينامارين linamarin، لينطلق الـ HCN، ويلى ذلك غسيل المبشور وإعداده للاستهلاك. ويعد غلى الجذور وتخميرها من البدائل التى تتبع فى خفض محتوى الجذور من كل من اللينامارين والـ HCN (Chrispeels & Sadava ١٩٩٤).

الحصاد، والتداول، والتخزين، وفسيولوجى ما بعد الحصاد

الحصاد

تحصد الكاسافا – عادة – بعد ١٢–١٥ شهرًا من الزراعة، ولكنه قد يجرى بعد ٦ شهور فقط من الزراعة، وقد يتأخر إلى سنتين أو ثلاث، وذلك حسب الصنف والظروف الجوية. وعمومًا .. فإن الأصناف الحلوة تكون – عادة – جاهزة للحصاد بعد ٦–٩ شهور من الزراعة، بينما قد يتأخر حصاد الأصناف المرة إلى ١٢–١٨ شهرًا للحصول على أعلى محصول منها، علمًا بأنها – أى الأصناف المرة – تستخدم فى صناعة الأغذية المجهزة، والمنتجات الصناعية، وكغذاء للحيوانات.

ونظرًا لأن جذور الكاسافا الخازنة تنمو بصورة دائمة، فإنه لا يوجد لها مرحلة محددة لاكتمال النمو أو النضج؛ الأمر الذى يفسر التباين الكبير فى موعد الحصاد وكمية المحصول التى يمكن الحصول عليها من وحدة المساحة.

وأهم علامات النضج: اصفرار الأوراق وسقوطها. إلا أنه لا توجد عادة مرحلة معينة للنضج يجرى عندها الحصاد، حيث تقلع الجذور حسب الحاجة.

وعمومًا .. يجب ألا يؤخر الحصاد عن ١٢ شهرًا من الزراعة، خاصة عند استعمال المحصول كخضر؛ لأن بقاء الجذور فى التربة أكثر مما ينبغى يؤدى إلى تليفها، وانخفاض محتواها من النشا، الذى ينتقل منها إلى أعلى النبات أثناء تكوينه للأوراق الجديدة فى موسم النمو الثانى.

يفيد قطع النموات الهوائية قبل الحصاد فى إطالة أمد القدرة التخزينية للجذور، ولكن يجب عدم الانتظار طويلاً بعد قطع النموات القمية، وإلا تعرض مخزون الغذاء فى الدرنات للنقصان بسبب استنفاذه فى تكوين نموات هوائية جديدة.

كما يفيد ترك جزء من قاعدة ساق النبات قبل الحصاد فى تسهيل اقتلاع الجذور من التربة بجذبه منه (عن Rubatzky & Yamaguchi ١٩٩٩).

ويجرى الحصاد يدويًا، ويراعى – عند تقليع الجذور الدرنية – أنها تنتشر لمسافة ١٢٠ سم حول النبات، وتتعمق فى التربة لمسافة ٤٥–٦٠ سم. ينتج النبات الواحد من ٥–١٠ جذور، يتراوح طولها من ٣٠–٤٥ سم، وقطرها من ٥–١٥ سم، ووزنها من ١–٢,٣ كجم. ويزيد طول الجذور فى أحيان قليلة عن متر.

التداول والتخزين

يجب الحرص التام عند تداول الجذور حتى لا تجرح، لأن الجروح تقلل من فترة التخزين الممكنة وتزيد من احتمالات إصابتها بالأعفان.

تتدهور جذور الكاسافا سريعًا بعد الحصاد إذا ما تركت فى حرارة الغرفة، وتزداد سرعة التدهور فى الأصناف الحلوة عما فى المرة. وقد يحدث تلون داخلى (تخطيط streaking) فى خلال ٢–٣ أيام فقط، ويلى ذلك – عادة – تحلل الجذور.

وتعد أكثر طرق تخزين الكاسافا شيوعًا هى تركها فى التربة دون حصاد لحين الحاجة إليها.

ويفيد وضع الجذور بين طبقات من نشارة الخشب المرطبة فى زيادة فترة تخزينها إلى شهر أو شهرين (عن Salunkhe & Desai ١٩٩٨).

ولا يمكن الاحتفاظ بجذور الكاسافا بحالة جيدة – فى الجو العادى – لفترة طويلة، ولكنه يمكن تخزينها لمدة ٦,٥ شهور فى حرارة صفر–٥°م، ورطوبة نسبية من ٨٥–٩٥٪، كما يمكن تقطيعها إلى شرائح وتجفيفها فى الشمس (Kay ١٩٧٣).

وقد أفادت معاملة الجذور بالثيابندازول thiabendazole وتعبئتها فى أكياس من البوليثين فى إطالة فترة تخزينها بحالة جيدة.

كما يفيد تشميع الجذور فى زيادة فترة تخزينها إلى شهر، حيث تؤدى طبقة الشمع إلى تقليل تبادل الغازات بين أنسجة الجذر والهواء الخارجى.

وقد أدى تشميع جذور الكاسافا بشمع البارافين (١٠٠٪) وحفظها على ٢٥°م إلى تأخير ظهور العيب الفسيولوجى: التخطيط الوعائى vascular streaking مدة ١٤ يومًا عن الجذور التى لم تعامل أو تلك التى عوملت بمستحلبات الشموع (نوعان خاصان بوزارة الزراعة الأمريكية USDA، هما: M91A وهو مستحلب بترولى بوليثلينى مؤكسد، و M97B وهو مستحلب شمع بترولى مع شمع كارنوبا carnauba wax)، أو بصمغ الزانثان xanthan gum (١٪). كذلك أدى استعمال شمع الكارنوبا إلى تأخير الأعراض بمقدار خمسة أيام عن استعمال المغلفات الأخرى. وأدى التخزين على ٥°م إلى الحفاظ على الجذور خالية من التخطيط الوعائى لمدة ٧ أيام، وخالية من التحلل لمدة ١٦-٣٠ يومًا دون استعمال للمغلفات. وفى تجربة أخرى خزنت فيها الجذور على ٢٥°م حافظ التغليف بمستحلب الكارانوبا على نوعية الجذور بدرجة مماثلة لاستعمال شمع البارافين (Sargent وآخرون ١٩٩٥).

كما دُرس تأثير الطرق المختلفة لتخزين جذور الكاسافا من صنف Coco بعمر ١٢ شهرًا (هى: التخزين على أرضية من التراب، وفى خنادق مغطاة بالتربة، وفى سلال مبطنة بنشارة خشب مبللة، وفى أكياس مقفلة من البوليثيلين) لمدة أربعة أسابيع على التغيرات النوعية التى تحدث بالجذور. وقد كانت أبرز التغيرات، هى: الفقد فى الوزن، والتخطيط الوعائى، وتحلل النشا. وعلى الرغم من أن الفقد الرطوبى العالى (٧,٨٪)، والتخطيط الوعائى حدثا فقط فى الجذور التى خزنت على أرضية من التراب، فإن معدل تحلل النشا كان متساويًا فى كل من الجذور أيًّا ما كانت طريقة التخزين. كذلك لم يظهر سوى قليل من الطراوة فى أنسجة الجذور على الرغم من تحلل النشا فيها بدرجة عالية (George & Browne ١٩٩٤).

التغيرات الفسيولوجية التالية للحصاد

تفقد الجذور صلاحيتها للاستهلاك فى خلال يوم واحد إلى ثلاثة أيام من حصادها، بسبب ما يحدث فيها من تغيرات كيميائية، حيث يتم تمثيل وتراكم مركبات فينولية

(catechins، و coumarins، و leucoanthocyanins) تؤدى بلمرتها إلى إنتاج صبغات زرقاء، وبنية، وسوداء اللون؛ كما يتراكم سريعًا فى الجذور كيومارين يسمى scopoletin (عن O'Hair ١٩٩٠، و Salunkhe & Desai ١٩٩٨).

تعرف هذه الحالة باسم التدهور الفسيولوجى التالى للحصاد post-harvest physiological deterioration، ويعرف هذا العيب الفسيولوجى باسم التخطيط الوعائى vascular streaking.

يعد التخطيط الوعائى أكبر أسباب الفقد فى الكاسافا بعد الحصاد. يبدأ التلون فى النسيج الوعائى فى المواقع التى حدثت فيها أضرار، ثم ينتشر منها إلى النسيج البرانشيمى. وعند تخزين الجذور فى حرارة الجو العادية، فإن ظهور التخطيط الوعائى لا يستغرق أكثر من ٢٤-٤٨ ساعة.

وقد أظهرت الدراسات أن ظهور أعراض التخطيط الوعائى يكون مصاحبًا - عادة - بزيادة موضعية فى نشاط إنزيمى البولى فينول أوكسيديز polyphenol oxidase، والبيروكسيديز peroxidase.

ولقد ذكر أن ظاهرة التخطيط الوعائى تحدث استجابة لكل من الجروح مع الرطوبة النسبية. ووجد أن ظروف الرطوبة النسبية المنخفضة (٥٤-٥٦٪) مع توفر الأكسجين بالتركيز الطبيعى (٢١٪) أدت إلى زيادة شدة الإصابة (٤٦٪)، بينما أدى خفض نسبة الأكسجين إلى ١٪ مع استمرار الرطوبة النسبية المنخفضة إلى خفض شدة الإصابة إلى ١٥٪ فقط. وفى المقابل .. توقف ظهور الحالة تقريبًا (١,٤٪) فى الرطوبة النسبية العالية (٩٥-٩٨٪) أيًا كانت نسبة الأكسجين؛ مما يفيد بأن ظهور التلون الحزمى فى جذور الكاسافا يرتبط بالشدّ الرطوبى فى أنسجة الجذر، بينما يلعب الأكسجين دورًا أقل أهمية من الرطوبة النسبية فى التفاعلات المؤدية إلى التغيرات اللونية (Aracena وآخرون ١٩٩٣).

وقد أظهرت إحدى الدراسات (Buschmann وآخرون ٢٠٠٠أ) التى قطعت فيها شرائح من جذور الكاسافا بسمك ٢ سم وخزنت لمدة ٧ أيام فى حرارة ٢٩°م و ٨٠-٩٠٪ رطوبة نسبية زيادة فى محتواها من كل من الـ scopolin، والـ scopoletin، والـ

esculetin ظهرت خلال يوم واحد إلى يومين من بداية التخزين، ثم انخفض تركيزها جميعًا بعد ذلك بسرعة ملموسة. وفى دراسة أخرى (Buschmann وآخرون ٢٠٠٠ب) ظهرت زيادة واضحة فى محتوى الجذور من فوق أكسيد الأيدروجين (H_2O_2) خلال المراحل المبكرة من ظهور التدهور الفسيولوجى، حيث تراكم هذا المركب ذو القدرة التفاعلية العالية خلال الأربع وعشرين ساعة الأولى بعد الحصاد، وخاصة فى الأنسجة البرانشيمية الداخلية. كذلك تراكمت ثلاثة مركبات أخرى من الـ flavan-3-ols، هى: catechin-(+)، و catechin gallate-(+)، و gallocatechin-(+) خلال تخزين الكاسافا، إلاّ أنها – وهى مركبات مضادة للأكسدة – لا يمكن أن تكون مرتبطة بظاهرة التدهور الفسيولوجى التى تحدث مبكرًا جدًّا بعد الحصاد، حيث أنها لم تبدأ فى التراكم إلا بعد نحو ٤–٦ أيام من بداية التخزين.

وقد أمكن الحد من الإصابة بالتخطيط الوعائى بتغليف الجذور بأغشية من تلك التى تعلق بها Cling film بمجرد لفها عليها (Ravi ١٩٩٤)، وبخفض حرارة التخزين إلى صفر–٥°م (عن O'Hair ١٩٩٠).

الأمراض ومكافحتها

الأمراض الفطرية

تبقع الأوراق السركسبورى

تصاب الكاسافا بعدة أنواع من الفطر *Cercospora* spp.، هما النوعان: *C. henningsii*، و *C. manihobae*. يحدث الفطر الأول بقعًا بنية اللون، تظهر بها حلقات مركزية، ويتراوح قطرها من ٣–١٢مم، بينما يحدث الفطر الثانى بقعًا بيضاء اللون، يتراوح قطرها من ١–٧ مم، وتوجد أنواع أخرى من الفطر تعتبر أقل أهمية. يكافح المرض باتباع دورة زراعية مدتها ٣–٥ سنوات، مع حرق بقايات النباتات المصابة.

الشحوب

يسبب فطر *Oidium manihotis* مرض الشحوب ash، وتظهر الأعراض على سطح