أخرى، كذلك قللت المعاملة من إصابة الثمار بالأعفان وخفضت من الحمل الميكروبى الذى يوجد بها (Vicente وآخرون ٢٠٠٢).

المعاملة بأشعة جاما

تستخدم معاملة التعريض لأشعة جاما بجرعة تصل إلى واحد kGy – فى الولايات المتحدة – لأجل إبطاء النضج وتقليل الأعفان فى الخضروات والفواكه الطازجة. وفى الفراولة أدى تعريض الثمار لجرعة مقدارها ٠,٣–١,٠ kGy إلى نقص محتواها من الأنثوسيانين، دونما تأثير على حموضتها. ووجد أن معاملة قدرها واحد kGy قضت على الفطر *Rhizopus* بثمار الفراولة، ولكن لزم التعريض لجرعة مقدارها ٢ kGy للتأثير على الفطر بوتريتس *Botrytis*.

وقد كان الجمع بين التعبئة فى الهواء المعدل مع التعريض للإشعاع أكثر كفاءة فى تقليل الأعفان عن أى من المعاملتين منفردتين (عن Perkins-Veazie & Collins ١٩٩٥).

وأدت معاملة ثمار الفراولة من صنف ترای ستار Tristar بالإشعاع (electron-beam irradiation) بجرعات متزايدة من صفر إلى ٢ kGy عند ١٠ MeV إلى إحداث نقص مواز فى كل من شدة إحمرار الثمار وصلابتها، ولكنه أدى فى الوقت ذاته إلى تثبيط النمو الفطرى (*B. cinerea* بصورة أساسية) بالثمار المخزنة، وأدت جرعتا الإشعاع ١، و ٢ kGy إلى زيادة القدرة التخزينية بمقدار يومين وأربعة أيام، على التوالى.

هذا .. وتباع فى محلات السوبر ماركت بالولايات المتحدة ثمار الفراولة المعاملة بالإشعاع منذ عام ١٩٩٣ دونما اعتراض من المستهلكين (Gladon وآخرون ١٩٩٧).

سلسلة التبريد وأهميتها

يعنى بسلسلة التبريد cold chain بقاء المنتج (ثمار الفراولة المعبأة) فى حرارة منخفضة تتراوح بين صفر، و ١°م من وقت التبريد الأولى إلى حين وصوله إلى المستهلك، مروراً بمراحل التخزين المؤقت، والنقل، والشحن، والتسويق، وما يتطلبه ذلك من

تحميل المحصول فى مكان مبرد، وتبريد الشاحنة قبل تحميل المحصول فيها، والمحافظة على حرارة الشاحنة منخفضة أثناء النقل إلى الميناء الجوى، وفى الميناء الجوى ذاته، واستخدام مكان مبرد لتفريغ الشاحنات، وأثناء الشحن الجوى، وأثناء النقل البرى بعد ذلك لحين الوصول إلى أماكن التخزين المؤقت، ثم أثناء النقل إلى الأسواق. كما يجب أن يعرض المحصول للبيع فى حرارة منخفضة كذلك، ولكنها تكون – عادة – فى حدود ١٠°م.

وقد أوضحت عديد من الدراسات أن شدة تدهور ثمار الفراولة تتناسب طرديًا مع فترة تعرض الثمار للحرارة المرتفعة، مع تأثير قليل فقط للتغيرات الحرارية – بالارتفاع والانخفاض – خلال فترة التعرض للحرارة العالية؛ بمعنى أن ثمار الفراولة يجب إعادة تبريدها سريعًا فى كل مرة تكتسب فيها حرارة جديدة. وعلى الرغم من أن بخار الماء يتكثف على الثمار فى كل مرة ترتفع فيها حرارة الثمار إلا أن الإصابة بالأعفان التى قد تنجم عن ذلك – على الرغم من خطورتها – أقل من الأضرار التى يمكن أن تحدث عند عدم إعادة تبريد الثمار. وعلى الرغم من أنه يفضل – دائمًا – المحافظة على سلسلة التبريد، إلا أن أى تبريد – ولأى فترة – يعد مفيدًا، ويتبين ذلك من جدول (٧–٣).

جدول (٧–٣): تأثير التغيرات الحرارية التى تتعرض لها ثمار الفراولة خلال ٤٨ ساعة من الحصاد على جودتها (عن Mitchell وآخرين ١٩٩٦).

المعاملة	حالة الثمار (%)		
	جيدة	طرية	متعفنة
٤٨ ساعة على ٥°م	٩٥	٤	١
٢٤ ساعة على ٥°م، ثم ٢٤ ساعة على ٢٠°م	٧٦	١٠	١٤
١٢ ساعة على ٥°م، ثم ١٢ ساعة على ٢٠°م			
ثم ١٢ ساعة على ٥°م، ثم ١٢ ساعة على ٢٠°م	٧٠	٧	٢٣
٤٨ ساعة على ٢٠°م	٤٤	١	٥٥

ومع الحرارة المنخفضة التى يتعين المحافظة عليها أثناء سلسلة التبريد، فإن الرطوبة النسبية تجب المحافظة عليها – كذلك – بين ٩٠٪، و ٩٥٪، ويفضل أن تكون بين ٩٥٪، و ٩٨٪، وخاصة أثناء التخزين المؤقت للمنتج قبل النقل، وقبل التسويق.

وإذا ما أجرى الحصاد بطريقة مناسبة، وتمت عمليات التداول والتعبئة حسب الأصول الموصى بها، وتم الانتهاء من تبريد المحصول أوليًا إلى درجة صفر-١°م فى خلال ساعتين من الحصاد كحد أقصى، وحوفظ على سلسلة التبريد بصورة تامة .. فإن ثمار الفراولة يمكنها الاحتفاظ بكامل جودتها ورونقها لمدة ٧ أيام بخلاف يومين آخرين للعرض بالأسواق.

ويمكن بإبقاء المنتج فى جو هوائى معدل ترفع فيه نسب ثانى أكسيد الكربون إلى ١٠٪-٣٠٪ – مع المحافظة على سلسلة التبريد .. يمكن بذلك احتفاظ ثمار الفراولة بكامل جودتها ورونقها لمدة ١٠-١٤ يومًا بخلاف يومين آخرين للعرض بالأسواق.

وتنخفض فترة احتفاظ الفراولة بجودتها بالانحراف عن شروط الحصاد والتداول الموصى بها، وتزداد سرعة تدهور الثمار بزيادة الانحراف عن الظروف المثلى.

وعمومًا .. فإن فترة احتفاظ الفراولة بجودتها أثناء الشحن والتخزين تتراوح – تحت الظروف الجيدة – ما بين أسبوع واحد وأسبوعين، ويتوقف ذلك على درجة نضج الثمار عند الحصاد، وطريقة التداول. ويجب دائمًا ضبط درجة حرارة مبردات الفراولة ومخازنها على الصفر المئوى قدر المستطاع مع توخى أن تكون التقلبات الحرارية فى أضيق الحدود.

وتتوقف درجة تجمد ثمار الفراولة على تركيز المواد الصلبة الذائبة بالثمار، حيث تزداد درجة التجمد انخفاضًا كلما ازداد تركيز المواد الذائبة. وتعد -٠,٨°م هى أعلى حرارة يمكن أن تتجمد عندها ثمار الفراولة (Mitchell وآخرون ١٩٩٦).

ونستعرض – فيما يلى – الطرق والوسائل المثلى للمحافظة على سلسلة التبريد، وعلى جودة الثمار لأطول فترة ممكنة.

التبريد الأولى

يعد التبريد الأولى pre-cooling أفضل وسيلة لحفظ جودة الثمار، لأنه يؤدى إلى إبطاء التنفس، والتحلل الإنزيمى، والنمو الفطرى. وتجب إزالة حرارة الحقل بعد الحصاد مباشرة، وقبل تخزين الثمار، أو شحنها، أو تصنيعها.

يجب أن يبدأ التبريد الأولى فى خلال ساعة واحدة من الحصاد، ويؤدى التأخير عن ذلك، أو إجراء التبريد الأولى بطريقة غير مناسبة إلى حدوث فقد كبير فى كل من صلابة الثمار، وحلاوتها، وبريقها، مع زيادة فى إصابتها بالأعفان.

كذلك يعد خفض حرارة الثمار سريعًا بعد الحصاد مع استمرار التخزين البارد بعد ذلك عاملاً أساسيًا فى المحافظة على مستوى الثمار المرتفع من حامض الأسكوربيك (فيتامين جـ)، وبغير ذلك يمكن أن يتدهور محتوى الثمار من الفيتامين إلى أقل من نصف محتواه الأصلى فى أقل من أسبوع (Nunes وآخرون ١٩٩٦).

وكقاعدة عامة .. تفقد ثمار الفراولة يومًا كاملاً من قدرتها التخزينية مقابل كل ساعة تأخير فى عملية التبريد الأولى بعد مرور ساعتين من الحصاد. ويتطلب الحصول على أكبر قدرة تخزينية إجراء التبريد الأولى بحيث تنخفض درجة الحرارة فى مركز الثمرة إلى صفر إلى ١°م فى خلال ساعتين من الحصاد كحد أقصى.

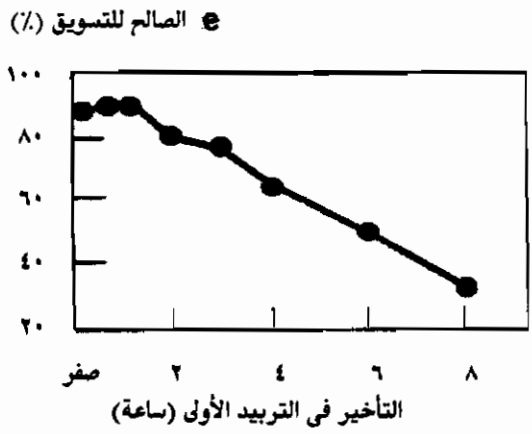
كذلك تتأثر الصلاحية للتسويق سلبًا بالتأخير فى عملية التبريد الأولى (شكل ٧-١).

وقد أدى التبريد الأولى السريع للفراولة (فى خلال ساعة واحدة من الحصاد) إلى الصفر المئوى – مقارنة بالتبريد الأولى المتأخر (بعد ٦ ساعات من الحصاد) إلى انخفاض الإصابة بكل من الفطرين *Botrytis cinerea*، و *Rhizopus stolonifer* إلى ٦٠٪ فقط فى التبريد الأولى المبكر، مقارنة بـ ٨٥٪ إصابة فى التبريد المتأخر (Nunes وآخرون ٢٠٠٥).

وتجدر الإشارة إلى أن فطر البوتريتس *Botrytis cinerea* يستمر فى النمو حتى على درجة الصفر المئوى، وإن كان ذلك يحدث ببطء شديد على تلك الدرجة، هذا بينما لا

ينمو الفطر *Rhizopus stolonifer* (الذى تتواجد جراثيمه فى الهواء) على حرارة تقل عن ٥°م (Mitcham وآخرون ٢٠٠٧).

هذا .. علمًا بأن تخزين الفراولة يكون على درجة صفر إلى ٠,٥°م، مع ٩٠٪–٩٥٪ رطوبة نسبية.



شكل (٧–١): العلاقة بين مدى التأخير فى التبريد الأولى للفراولة وصلاحية الثمار للتسويق (Mitcham وآخرون ٢٠٠٧).

تبريد الغرفة

لا يجوز تبريد الفراولة أوليًا بتركها فى الغرف المبردة، فيما يعرف باسم تبريد الغرفة room cooling، ذلك لأن تبريدها بهذه الطريقة بشكل كامل – أى لحين وصول حرارة مركز الثمرة إلى صفر أو ١°م – يتطلب حوالى تسع ساعات، تكون الثمار قد فقدت بالفعل خلالها كثيرًا من قدرتها التخزينية.

التبريد الأولى بطريقة الدفع الجبرى للهواء

يعد التبريد بنظام الدفع الجبرى للهواء farced-air cooling أسرع بمقدار ٥–١٠ مرات عن طريقة التبريد بوضع المحصول فى الحجرات الباردة room cooling.

ويسمح التبريد الأولى بطريقة الدفع الجبرى للهواء بالتخلص من حرارة الحقل من الثمار بسرعة وكفاءة عاليتين دون تعريض الثمار للابتلال، وهو أمر لا تتحمله ثمار الفراولة. ويجب أن تسمح قوة تبريد الأجهزة المستخدمة بتحقيق ٧/٨ تبريد خلال مدة ساعة ونصف الساعة إلى ساعتين ونصف كحدٍ أقصى.

ويجب أن يسمح تصميم وحدة التبريد الأولى بمرور الكراتين فى اتجاه واحد من مكان التعبئة إلى وحدة التبريد الأولى، ثم إلى التخزين المؤقت، ثم إلى الحاويات.

يجرى التبريد الأولى بطريقة الدفع الجبرى للهواء بوضع صف من البالتات (أو صفين من الكراتين المرصوصة فوق بعضها البعض) على كل جانب من جانبى مروحة ساحبة للهواء، ويفصل بين صفى البالتات مسافة تعادل – عادة – قطر المروحة. تستخدم شريحة بلاستيكية ثقيلة فى تغطية الصف العلوى للكراتين جزئيًا بالقرب من حافة النفق (وهو الجزء الذى يفصل بين صفى البالتات)، وكذلك تغطية النفق من أعلى ومن الجانب الأمامى (المقابل للمروحة)، وجانب الكراتين الأمامى. وبذا .. فإن هذا الغطاء لا يسمح بأى حركة للهواء إلا من خلال الجانبين الخارجيين لصفى البالتات؛ فعند تشغيل المروحة الساحبة للهواء، يتولد تفريغ داخل النفق المغطى بشريحة البلاستيك بين صفى الكراتين؛ مما يؤدى إلى سحب الهواء البارد (هواء المخزن المبرد) من خلال فتحات التهوية بالكراتين، ثم من خلال فتحات التهوية بالبنتس – والتى تكون مقابلة لفتحات التهوية بالكراتين – مرورًا بالثمار – ثم ليخرج من الكراتين – بعد حمله لحرارة الثمار – إلى داخل النفق، ليسحب بواسطة مروحة الشفط، التى توجه الهواء المسحوب – الدافئ نسبيًا – على ملفات وحدة التبريد، ليعود – بعد تبريده – إلى داخل الغرفة المبردة. ويتعين إيقاف المروحة بمجرد انتهاء عملية التبريد الأولى لأجل توفير الطاقة، ولمنع فقد الثمار لرطوبتها، وهو ما يمكن أن يحدث نتيجة لاستمرار تعرضها لتيار الهواء السريع الذى يمر حولها.

ونظرًا لأن الهواء المسحوب يُجبر على المرور فى مسار يتخلل الثمار؛ لذا .. يتعين رصّ البنتس فى الكراتين، ورصّ الكراتين فى الصفوف قائمة تمامًا دون ترك أية فراغات

بينها، لأن الهواء يسلك دائمًا فى مساره أقل الطرق مقاومة، وهو أمر يؤدى – إن حدث – إلى تقليل كفاءة التبريد.

يجب كذلك سد جميع الفتحات التى توجد تحت البالتات إذا ما كانت الكراتين مرصوصة فى بالتات، لأن عدم سدها يمكن أن يؤدى إلى زيادة الوقت – الذى يلزم لإجراء التبريد – بنسبة حوالى ٤٠٪. ويمكن سد هذه الفتحات بسهولة بوضع حشو فيها بسمك ١٥ سم، أو بلصق شريط بلاستيكى حول قاعدة البالتة من الخارج.

يتعين كذلك التحكم فى الرطوبة النسبية؛ ذلك لأن الهواء المتحرك يعمل على تبخير الرطوبة من الثمار؛ مما يؤدى إلى ذبولها، وانكماشها، وفقدها لجودتها. ويؤدى رفع رطوبة الهواء إلى ٩٥٪–٩٨٪ إلى تقليل قدرته على تبخير الماء من الثمار. وتلك هى الرطوبة النسبية المطلوبة كذلك أثناء تخزين المحصول قبل شحنه.

وإذا ما تم صرف الماء المتكثف على ملفات التبريد خارج حجرة التبريد أو خارج المخزن المبرد، فإن ذلك قد يؤدى إلى خفض الرطوبة النسبية فى هواء المخزن بدرجة كبيرة. ويمكن الحد من عملية التكثف تلك – إلى درجة كبيرة – بالمحافظة على فرق فى درجة الحرارة – بين الهواء المسحوب الذى يمر على ملفات التبريد والهواء الخارج منها – لا يزيد عن ٢,٥°م. ويتحقق ذلك بزيادة أعداد الملفات أو أحجامها.

ويجب دائمًا استعمال نظام ملفات التبريد الجافة dry coil system لأنه النظام الوحيد الذى يسمح بخفض درجة الحرارة إلى الصفر المئوى مع المحافظة على رطوبة عالية للهواء، وتجدر الإشارة إلى أن نظام الملفات المبتلة wet coil system لا يسمح أبدًا بالتبريد إلى الصفر المئوى. هذا .. ولا يمكن رفع رطوبة الهواء فوق ٨٠٪–٨٥٪ بأى وسيلة غير إجراء التبريد بنظام ملفات التبريد الجافة مع استخدام أجهزة لرفع الرطوبة النسبية.

هذا .. ويمكن رفع رطوبة الهواء حتى ٩٥٪ باستعمال أجهزة للتضبيب الدقيق aerosol misting تثبت بالجدران قريبًا من سقف المخزن، وتتصل بجهاز لقياس الرطوبة

humidistat. ولا يفيد كثيرًا وضع أوانٍ أو جرادل مملوءة بالماء فى المخزن بهدف زيادة الرطوبة. كذلك فإن رش الأرضيات بالماء يعد طريقة غير عملية ولا تتفق مع مقتضيات الصحة العامة.

ويجب عدم إيقاف التبريد الأولى إلا بعد قياس درجة الحرارة فى مركز الثمرة باستعمال ترمومتر خاص ذات مجس معدنى طويل. ويجب أن يكون القياس فى جوانب الكراتين المواجهة للنفق الذى يفصل بين صفى الكراتين؛ ذلك لأن تلك الجوانب تكون هى الأبطأ فى فقد الحرارة.

ولكى تتم عملية التبريد الأولى وتصل الحرارة فى وسط الثمار إلى صفر أو ١°م فى خلال ساعتين من الحصاد – كحد أقصى – يتعين استخدام مراوح شفط ذات قدرة محددة، ووحدات تبريد ذات كفاءة مناسبة.

وتجدر الإشارة إلى أن سرعة الهواء الدائر فى عملية التبريد الأولى يجب ألا تزيد عن ٤٢م^{٣} فى الدقيقة؛ وإلا أدى إلى عدم تجانس الضغط وحركة الهواء وسرعة التبريد بين أول النفق وآخره (Picha ١٩٩٧).

يجب حساب كمية الطاقة المتولدة (فى صورة وحدات حرارية بريطانية British Thermal Units، أو BTU) من كل من المصادر التالية، ليمكن حساب قدرة التبريد المطلوبة:

١ – حرارة الحقل .. وهى الحرارة الداخلية للثمار عند بداية التبريد.

٢ – حرارة التنفس .. وهى الحرارة التى تنشأ عن تنفس ثمار الفراولة والتى تتراوح – باختلاف درجة الحرارة – بين ٣٣٣ وحدة حرارية بريطانية عند الصفر المئوى، و ٤٦٤٠٠ وحدة حرارية بريطانية عند ٢٧°م، وذلك لكل طن من الثمار يوميًا.

٣ – حرارة العبوات والبالتات.

٤ – الحرارة المتسربة.

٥ – الحرارة الناشئة عن الإضاءة، والمراوح، والعمل، والرافعات الشوكية ... إلخ.

ويقدر عدد الوحدات الحرارية البريطانية التى تلزم لخفض حرارة طن واحد من ثمار الفراولة من ٢٧°م إلى صفر°م بحوالى ٩٨١٣٠ (أو حوالى ١٠٣٥٣٠ كيلو جول kJ) فى الساعة؛ فإذا ما كان المطلوب خفض حرارة الثمار إلى هذا المستوى فى خلال ساعة واحدة فإن كفاءة التبريد يجب أن تكون ٨,٢ طن تبريد (طن التبريد يمتص ١٢٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية من الحرارة فى الساعة (أو حوالى ١٢٦٦٠ كيلو جول/ساعة). وإذا ما أضفنا إلى ذلك حوالى ٢٥٪ من احتياجات التبريد لمعادلة مصادر الطاقة الأخرى، فإن كفاءة التبريد اللازمة تصبح حوالى ١٠,٦ طن تبريد لإزالة حرارة الحقل من كل طن من الثمار فى ساعة. ومن الطبيعى أن احتياجات التبريد تزداد بزيادة كمية المحصول التى يتعين تبريدها فى وقت واحد، أو إذا كانت غرفة التبريد مستخدمة كذلك فى التخزين المؤقت للمحصول. ويجب أن يخطط لكفاءة التبريد اللازمة بحيث تكفى احتياجات التبريد فى ذروة موسم الحصاد.

يتم اختيار المراوح على أساس كلا من قدرتها على سحب الهواء وعلى الضغط الاستاتيكى static pressure (عدد سنتيمترات الماء) المتوقع. ويكون الضغط الاستاتيكى فى هذه الحالة هو المقاومة التى تلقاها حركة الهواء بواسطة الكراتين والبنتس. ويجب استعمال مروحة قادرة على سحب ما لا يقل عن ٣,٤م^{٣} من الهواء لكل كيلو جرام من الثمار فى الساعة مقابل ضغط استاتيكى مقداره ١,٢٥ سم من الماء.

ولتحديد القدرة التى تلزم للمروحة فإن الحسابات يجب أن تبنى على أساس أكبر كمية من الثمار يلزم تبريدها فى وقت واحد، والتى تكون فى ذروة الحصاد. وكقاعدة عامة .. فإن موتورات المراوح التى تكون بقوة ١/٨ حصان (١٥٠ وات) توفر ٤٠٠–٦٠٠ قدم مكعب/دقيقة أو حوالى ١١,٣–١٧,٠م^{٣}/دقيقة. ويمكن أن يختلف الضغط الاستاتيكى كثيرًا على امتداد نفق التبريد حيث يزداد إلى أقصى معدل له بالقرب من المروحة؛ وبذا .. تأخذ الكراتين البعيدة عن المروحة وقتًا أطول لكى تبرد.

يعرف سبعة أثمان (٧/٨) وقت التبريد بالوقت الذى يلزم لتبريد الثمار بمقدار ٧/٨ الفرق بين حرارتها الابتدائية وحرارة الهواء البارد المستخدم فى التبريد الأولى. فمثلاً ..

إذا كانت حرارة المحصول ٢٤°م وحرارة هواء التبريد -١°م، فإن ٧/٨ التبريد يعنى خفض حرارة المنتج إلى ٢°م. وفى هذه الظروف يلزم التبريد لأكثر من الـ ٧/٨ للوصول بالمنتج إلى درجة التبريد المرغوب فيها، وهى صفر إلى ١°م.

وإذا ما تطلب خفض حرارة المنتج بمقدار الـ ٧/٨ للوصول بها إلى ٢°م (كما فى المثال السابق) .. إذا تطلب ذلك ساعتين من التبريد، فإن حرارة المُنتج تصبح ٠,٥°م بعد ساعة أخرى إضافية من التبريد الأولى.

وتبنى هذه الحسابات على أساس الوقت الذى يتطلبه تبريد أدفأ ثمرة فى البالتة، وهى التى توجد فى نهاية النفق (بعيدًا عن المروحة) من جهة الداخل.

ويمكن أن يختلف الضغط الاستاتيكى معنويًا على امتداد النفق، علمًا بأن أعلى ضغط يكون قريبًا من المروحة؛ ولذا .. فإن أدفأ الثمار تكون هى الأبعد عن المروحة.

ويجب دائمًا قياس درجة الحرارة فى أجزاء مختلفة من المُنتج المراد تبريده أوليًا للتعرف على أقل الأماكن كفاءة فى عملية التبريد (عن Picha ١٩٩٧).

ويتحدد الوقت الذى يلزم لتبريد أدفأ الثمار بمقدار ٧/٨ بكل من سرعة حركة الهواء والضغط الاستاتيكى على جانبى النباتات، كما يلى (عن Mitchell وآخرين ١٩٩٦).

الوقت اللازم لـ ٧/٨ تبريد بالساعة:

	١,٥	٢	٣	٤
سرعة تدفق الهواء (بالقدم مكعب فى الدقيقة لكل رطل من الفراولة)[أ]	٢,٠	١,٤	٠,٠٨	٠,٠٤
الضغط الاستاتيكى للهواء على جانبى البالتات (أى ما بين داخل النفق وخارجه) بالبوصة[ب]:	٠,٤٠	٠,٢٠	٠,٠٨	٠,٠٤

أ- ١ قدم مكعب= ٠,٠٢٨٣م^{٣} ١ رطل= ٠,٤٥٤ كجم ب- ١ بوصة= ٢٥,٤ مم.

التبريد الأولى تحت التفريغ

أمكن تبريد ثمار الفراولة أوليًا بطريقة التعريض للتفريغ vacuum cooling. وفى هذه الطريقة تمت تعبئة الفراولة أولاً ثم وضعت فى حجرة التبريد بالتفريغ وخفض الضغط تدريجيًا من ١١ إلى ٢ كيلو باسكال kPa خلال الدقيقة الأولى، ثم إلى ٠,٤ كيلو باسكال خلال الدقيقة الثانية، وبعد ذلك استمر الضغط عند حوالى ٠,٥٥ كيلو باسكال. وفى خلال ٣٠ دقيقة انخفضت حرارة سطح الثمار من ٢٠,٤°م إلى ٣,١°م، وحرارتها الداخلية من ٢١,٢°م إلى ٣°م. ولم يكن للتبريد بهذه الطريقة أية تأثيرات ضارة على خصائص الثمار. وبينما أدى التبريد بالتفريغ إلى فقد الثمار لحوالى ٢,٣١٪ من وزنها، فإن الفقد فى الوزن الذى تلى ذلك عند التخزين على ٥°م، و ٧٥٪–٨٠٪ رطوبة نسبية لمدة ٨–١٠ أيام كان أقل مما فى ثمار الكنترول التى وضعت مباشرة فى المخزن البارد دونما تبريد أولى (Amigo Martin & Mingot Marcilla ١٩٩٦).

التبريد الأولى بالماء البارد

قارن Ferreira وآخرون (١٩٩٤) تبريد الفراولة أوليًا بالماء البارد hydrocooling مع تبريدها أوليًا بطريقة الدفع الجبرى للهواء البارد، وبطريقة الترك فى المخزن البارد room cooling، وذلك على ثمار الفراولة المكتملة النضج – عند الحصاد – من صنفى سلفا وسويت تشارلى. خزنت الثمار بعد تبريدها أوليًا – وبعد تغليف العبوات بغشاء من البولى فينيل كلوريد PVC أو عدم تغليفها – لمدة ٧–١٢ يومًا على حرارة ١°م أو ٧,٥°م، ثم تركت لمدة يوم واحد على حرارة ٢٠°م لمحاكاة ظروف التسويق. وقد أوضحت الدراسة أن التبريد الأولى بالماء البارد – وسواء أكان مزودًا بالكلورين أو غير مزود – لم تكن له تأثيرات ضارة على الثمار، ولم يؤد إلى زيادة إصابتها بالأعفان. ليس هذا فقط .. بل إن التبريد بالماء البارد أدى إلى احتفاظ الثمار بلونها بعد التخزين بصورة أفضل عما فى حالة التبريد الأولى بطريقة الدفع الجبرى للهواء، كما جعل الثمار أكثر صلابة وأقل فقدًا للوزن سواء أغلفت العبوات بالـ PVC، أم لم تغلف. وكانت الثمار فى العبوات

المغلفة أكثر صلابة، وأقل محتوى من المواد الصلبة الذائبة الكلية، ولكن لم تتغير فيها الحموضة المعايرة أو الـ pH، وذلك مقارنة بعدم التغليف. وقد تراوحت نسبة الإصابة بالأعفان فى هذه الدراسة (والتى كانت أساسًا بسبب الإصابة بالفطرين *Rhizopus stolonifer*، و *Botrytis cinerea*) بين صفر٪، و ٥٪ فى حالة التبريد الأولى بالماء البارد، وبين ٢,٥٪، و ٧,٥٪ فى حالة التبريد بطريقة الدفع الجبرى للهواء.

وتبعًا لدراسات Sargent وآخرين (١٩٩٦) .. فقد أمكن تبريد الفراولة أوليًا بالماء البارد بسرعة أكبر بكثير من سرعة التبريد بطريقة الدفع الجبرى للهواء، حيث لم يستغرق تحقيق ٧/٨ تبريد سوى دقائق معدودة بالماء البارد، بينما استغرق ذلك ساعة كاملة أو أكثر من ذلك بطريقة الدفع الجبرى للهواء. كذلك حافظت الثمار المبردة بهذه الكيفية والمعبأة فى عبوات المستهلك (سلال سعة حوالى ١/٤ كيلو جرام) على جودتها دون اختلاف عن تلك التى بُردت بطريقة الدفع الجبرى للهواء. ليس هذا فقط، بل إنه بعد التبريد بالماء البارد والتخزين لمدة أسبوعين على ١°م كانت نسبة الفقد فى الوزن أقل مما فى الثمار التى بردت بطريقة الدفع الجبرى للهواء، كما أمكن مكافحة الفطرين الرئيسيين المسببين لأعفان الثمار بعد الحصاد (وهما: *Botrytis cinerea*، و *Rhizopus stolonifer*) بإضافة الكلور الحر إلى ماء التبريد بتركيز ١٢٠ جزء فى المليون، مع ضبط pH الماء عند ٦–٧.

كذلك أدى تبريد الفراولة أوليًا بالماء المثلج حتى ٤°م إلى احتفاظها بجودتها أثناء التخزين فى حرارة مختلفة لمدة ٨ أو ١٥ يوما عما كان عليه الحال فى الثمار التى برّدت أوليا بطريقة الدفع الجبرى للهواء، حيث كانت أفضل فى لونها الخارجى، وأقل فقدًا للرطوبة، وأقل فى شدة الإصابة بالأعفان (Ferreira وآخرون ٢٠٠٦).

وعلى الرغم مما تقدم بيانه من مميزات للتبريد الأولى بتلك الطريقة، فإنه لا يوصى أبدًا فى الوقت الحاضر بتبريد ثمار الفراولة أوليًا بالماء البارد أو باستعمال الثلج لأن الثمار المبتلة تكون شديدة الحساسية للإصابة بالأعفان، كما أن الأسواق الأوروبية لا تقبل الثمار المبتلة.