

وإذا ما كان الماء المتكثف على ملفات التبريد ينصرف على الخارج فإن الرطوبة النسبية داخل الغرفة المبردة قد تصبح شديدة الانخفاض. ويمكن الحد من ذلك التكتف المائي بدرجة كبيرة بخفض الفارق في درجة الحرارة بين الهواء الداخل فيها والخارج منها إلى $2,5^{\circ}\text{C}$ ؛ الأمر الذي يمكن تحقيقه بزيادة حجم الملفات وأعدادها. وعملياً .. يصعب تحقيق مستويات رطوبة نسبية تزيد عن ٨٠٪ أو ٨٥٪ ما لم تزود حجرات التبريد بنظام للترطيب، أو بالإدارة الجيدة جداً للمكان.

ومن بين الوسائل المتبعة لزيادة الرطوبة النسبية رش الأرضيات بالماء من وقت لآخر، إلا أن ذلك الإجراء قد لا يتفق مع متطلبات الصحة العامة، وقد لا يكون كافياً، كما أن الرطوبة العالية جداً لفترات طويلة تحفز نمو الأعفان والفطريات. ويكون من الأفضل غالباً تزويد حجرات التبريد بوحدات للترطيب (Boyette وآخرون ١٩٨٩).

التبريد الأولي بالتفريغ

يعتمد التبريد بالتفريغ Vacuum Cooling على أساس أن تعرض المنتجات الطازجة للتفريغ وهي في حيز مغلق يؤدي إلى تبخر الرطوبة منها، ويؤدي ذلك تلقائياً إلى انخفاض درجة حرارتها؛ لأن عملية تبخر الماء تلزمها طاقة يُتَحَصَّل عليها من المنتجات ذاتها. وتصلح هذه الطريقة للمنتجات ذات الأسطح التبخرية الكبيرة؛ مثل الخضر الورقية عموماً. ويلزم إجرائها على الخضروات وهي مبتلة؛ حتى لا تفقد نسبة كبيرة من رطوبتها.

وعند إجراء التبريد بهذه الطريقة توضع المنتجات معبأة في حجرات من الصلب محكمة الإغلاق، ومجهزة بوسائل لتخفيض الضغط الجوي فيها بسرعة حتى يصل إلى 4.6 مم زئبق، حيث يغلي الماء حينئذٍ في درجة حرارة الصفر المئوي. وإذا ما حوِّظ على هذا الضغط لفترة كافية فإن حرارة المنتج تنخفض إلى الصفر المئوي.

وتفقد الخضر الورقية من ١,٥٪ - ٤,٧٪ من وزنها؛ بسبب فقد الرطوبة أثناء التبريد. ويكون الفقد بمعدل ١٪ لكل انخفاض قدره 6°C في حرارة المنتج.

وتتوقف سرعة التبريد على سرعة فقد الرطوبة، ولهذا يفضل رش بعض الماء على المنتجات قبل تعريضها للتفريغ. ويساعد ذلك على سرعة تبريد بعض المنتجات؛ كالذرة السكرية، كما يقلل من الفقد في الوزن؛ حيث يكون التبخر من الماء المستخدم في بلّ المحصول. وتزود بعض المبردات التي من هذا النوع بنظام لرش الماء يمكن تنشيطه أثناء دورة التبريد.

وتختلف الحاصلات البستانية في سرعة انخفاض درجة حرارتها عند تبريدها أولياً بهذه الطريقة. فبمقارنة عدة أنواع من الخضر عند تعريضها للتفريغ لمدة ٢٥-٣٠ دقيقة مع وصول أقصى تفريغ إلى ٤-٤,٦ مم زئبق، وجد أن درجة الحرارة النهائية قد تراوحت بين ١,٠ و ١٨ م°. وتتوقف ذلك على سرعة فقد الرطوبة من الأنسجة النباتية. وكان أعلى معدل لفقد الرطوبة في محصولي الخس والبصل الأخضر؛ حيث اقتربت درجة حرارة المحصول من ١ م°، بينما كان الفقد الرطوبي قليلاً في البطاطس والكوسة، ونتج عن ذلك بطء عملية التبريد (جدول ٨-١). ولا يستغرق تبريد الخضر الورقية أولاً بهذه الطريقة سوى ٢٠-٣٠ دقيقة حتى ولو كان المنتج معبأ في أغشية من البوليثلين.

ويحدث معظم التبخر المائي والتبريد في فترة قصيرة، لكن من الضروري المحافظة على الضغط المنخفض لفترة إضافية للتخلص من الحرارة بالأنسجة اللحمية. ويعتبر ضغط ٤ مم زئبق لمدة ٢٥-٣٠ دقيقة كافياً لمعظم الخضروات (Barger ١٩٦٣). وينصح في حالة تبريد الخس المعبأ في كرتونات خفض الضغط إلى ٣,٨ مم زئبق؛ حيث تصل حرارة المنتج إلى ١ م° خلال ١٥ دقيقة فقط، دون وجود أي خطر من التعرض للتجمد. بينما يلزم مرور ٢٣ دقيقة في حالة خفض الضغط إلى ٤,٦ مم زئبق. ويعد التوفير في الوقت ذا أهمية كبيرة، خاصة في ذروة موسم الحصاد؛ حيث تشتد الحاجة إلى التبريد بالتفريغ (Barger ١٩٦٢).

يعد التبريد بالتفريغ شديد الكفاءة مع الخضر الورقية (مثل الخس الآيس برج والسبانخ)، حيث لم يتعد الوقت الذي لزم لتبريدها إلى ٥ م° ١٥٥ ثانية بالنسبة للخس

الفصل الثامن - التبريد الأولي

الآيس برج، وأقل من ذلك بالنسبة للسبانخ، هذا في الوقت الذي تتطلب فيه الخضراوات غير الورقية (مثل الفلفل والقنبيط) أكثر من ٢٠ دقيقة لتبريدها. وبالمقارنة.. فإن طريقة الدفع الجبري للهواء كانت أبطأ في التبريد بالنسبة للخضراوات الورقية عنها بالنسبة للخضراوات غير الورقية، حيث تتطلب التبريد حتى ٥ م أكثر من ست ساعات بالنسبة للخضراوات الورقية. ونحو ١٠٠ دقيقة بالنسبة للخضراوات غير الورقية. ويستفاد مما تقدم أن التبريد بالتفريغ أسرع بكثير من التبريد بطريقة الدفع الجبري للهواء حتى بالنسبة للمنتجات غير الورقية (Sun ١٩٩٩).

جدول (٨-١): حرارة المنتجات بعد ٢٥-٣٠ دقيقة من التبريد تحت تفريغ عند ٠,٤-٤,٦ ملليمتر زئبق، مع حرارة مكثف قدرها ١,٧ إلى صفر م، وحرارة ابتدائية للمنتج قدرها ٢٠-٢٢,٥ م (عن Barger ١٩٦٣).

المنتج	حرارة المنتج بعد ٢٥-٣٠ دقيقة (م)
الكوسة	١٨
البطاطس	١٨
جنور الجزر	١٤
الفاصوليا الخضراء	١٢
القنبيط	١٠,٥
الكرنب	٧
الأسبرجس	٧
الكرفس	٧
الخرشوف	٦
البسلة	٦
البروكولي	٥,٥
كرنب بروكسل	٤,٥
الذرة السكرية	٤,٥
الخبس	١
البصل الأخضر	١