الفصل الحادى عشر

التخزين البارد

نتناول بالشرح فى هذا الفصل التخزين البارد العادى للمنتجات البستانية الطازجة؛ أى فى الهواء العادى غير المعدل (modified atmosphere)، وغير المتحكم فى مكوناته (controlled atmosphere)، وتحت الضغط الجوى العادى.

وابتداءً .. يجب أن تخزن معظم الحاصلات البستانية فى الظلام، أو على الأقل فى إضاءة منخفضة جدًّا، ولكن القليل من الضوء لا يضر البطاطا، أو القرع العسلى. ولضوء الشمس المباشر تأثير ضار على الخضروات المخزنة بصورة عامة.

يتبقى بعد ذلك أهم عاملين فى التخزين البارد، وهما: درجة الحرارة، والرطوبة النسبية، بالإضافة إلى عامل التهوية الذى يؤثر فى كل منهما، وتلك هى مواضيع هذا الفصل.

أهمية الرطوبة النسبية والفقد الرطوبى من المنتجات الطازجة

للرطوبة النسبية أهمية كبيرة بالنسبة للمنتجات الطازجة المخزنة؛ لأن نقص الرطوبة يسرع من ذبول الخضروات. وزيادتها عن اللازم — أى عندما تكون قريبة من ١٠٠٪ – تؤدى إلى نمو العفن على الجدران والأرضيات والعبوات، وعلى المنتجات ذاتها. وينصح غالبًا برطوبة نسبية تتراوح بين ٩٠٪ و ٩٥٪ فى معظم المنتجات مع بعض الاستثناءات، كما فى البصل، والثوم، والبطاطس.

ويتوقف توفير الرطوبة النسبية المناسبة على إحكام عزل المخازن عن الجو الخارجى، وتوفير أجهزة تبريد قوية، حتى تصل البرودة بسرعة إلى كل المنتج.

إن الفقد الرطوبى من المنتجات البستانية الطازجة ليس فقط فقدًا فى الوزن، ولكنه

يعد – كذلك – فقدًا أكبر فى الطزاجة، وأحد الأسباب الرئيسية لتدهور المنتجات وفقدان صلاحيتها للتسوق.

فيؤدى فقد الرطوبة إلى انكماش عديد من المنتجات البستانية، وذبول الأوراق مما يتطلب تقليمها تقليمًا جائرًا لأجل المحافظة على صلاحيتها للتسويق.

ونجد – بصورة عامة – أن سرعة فقد المنتج الطازج للرطوبة تكون على حرارة ٢٥ °م ورطوبة نسبية ٣٠٪ أسرع بمقدار ٣٦ مرة عن فقده للرطوبة على حرارة صفر° م و ٩٠٪ رطوبة نسبية.

ويبين جدول (١١–١) الحد الأقصى للفقد الرطوبى فى محاصيل الخضر. والتى يصبح بعدها المنتج غير صالح للتسويق.

جدول (١١–١): الحد الأقصى الممكن للفقد الرطوبى من محاصيل الخضر، والتى يصبح بعدها المنتج غير صالح للتسويق (Ben-Yehoshua & Radov ٢٠٠٣).

المحصول	الحد الأقصى الممكن للفقد الرطوبى (%)
الأسبرجس	٨
الفول الرومى	٦
فاصوليا ملتى فلورا (المدادة)	٥
البنجر (جذور)	٧
البنجر (بالأوراق)	٥
كرنب بروكسل	٨
الكرنب	٧
الجزر (جذور)	٨
الجزر (بالأوراق)	٤
القنبيط	٧
الكرفس	١٠
الخيار	٥
الكرات أبو شوشة	٧

تابع جدول (١١-١).

المحصول	الحد الأقصى الممكن للفقد الرطوبى (%)
الخس	٣
البصل (الأبصال)	١٠
الجزر الأبيض	٧
البطاطس	٧
البسلة	٥
الفلفل الأخضر	٧
السبانخ	٣
البروكولى	٤
الفراولة	٦
الذرة السكرية	٧
الطماطم	٧

إن التباين فى معدل فقد الماء بالنتح من مختلف المنتجات كبير للغاية وقد يبلغ الألف ضعف بين أقلها وأكثرها نتحًا. ويمكن إرجاع ذلك التباين إلى عدة عوامل مثل التباين الواسع فى نسبة المساحة السطحية إلى الحجم فى مختلف المنتجات (جدول ١١-٢)، فمثلاً .. تكون النسبة (السطح/الحجم) حوالى ٥٠-١٠٠/سم^{٣} لكل سم^{٣} فى الخضر الورقية. بينما تكون حوالى ٠,٢سم^{٢} لكل سم^{٣} فى رأس كرنب شديدة الإندماج أو فى جذر كبير من اللفت. ويؤثر حجم المنتج جوهريًا على معدل نتحه. فالمنتجات الكبيرة الحجم تكون فيها نسبة مساحة السطح/الحجم أقل مما فى المنتجات الصغيرة الحجم، وهى التى يكون فقدها للماء أكثر لكل وحدة وزن. كذلك فإن شكل الخضر يؤثر فى مساحة السطح إلى الحجم. فالخضر الطويلة الرفيعة المستدقة كالجزر تفقد الرطوبة أكثر من الخضر الأسمك منها حتى ولو كانت أسطوانية. ويزداد فقد الرطوبة فى أطراف جذور الجزر المستدقة للسبب ذاته (Ben-Yehoshua & Rodov ٢٠٠٣).

ويبين جدول (١١-٣) معامل النتح لبعض الخضر والفاكهة.

كما يعطى جدولا (١١–٤)، و (١١–٥) معدل الفقد المائى من كل من الخضر الورقية، والثمرية – على التوالى – تحت ظروف معينة من الحرارة والرطوبة.

جدول (١١–٢): مساحة السطح الخارجى إلى الحجم فى عدد من الحاصلات البستانية.

نسبة المساحة/ الحجم (سم^2/سم^3)	المنتجات
٥٠٠–١٠٠٠	الأوراق المفردة المأكولة (المساحات لما بين الخلايا)
٥٠–١٠٠	الأوراق المفردة المأكولة (المساحات الخارجية)
١٠–١٥	معظم محاصيل الحبوب
٥–١٠	بذور البقوليات
٢–٥	قرون البقوليات – جوز الهند – الفراولة – الروبارب – الشالوت
٠,٥–١,٥	الدرنات – الجذور المتدرنة (مثل اليام الكبير الحجم) – الجذور الوتدية الكبيرة – التفاحيات – الفاكهة ذات النواة الحجرية – الموالح – ثمار القرعيات عدا الكوسة – الموز – البصل
٠,٢–٠,٥	الكرنب شديد الإندماج

جدول (١١–٣): معامل النتح لبعض الخضر والفاكهة (عن Ben-Yehoshua & Rodov ٢٠٠٣).

المحصول	معامل النتح ($mg\ kg^{-1}s^{-1}mPa^{-1}$)	مدى معامل النتح كما وجد فى دراسات متنوعة
التفاح	٤٢	١٦–١٠٠
كرنب بروكسل	٦١٥٠	٣٢٥٠–٩٧٧٠
الكرنب	٢٢٣	٤٠–٦٦٧
الجزر	١٢٠٧	١٠٦–٣٢٥٠
الكرفس	١٧٦٠	١٠٤–٣٣١٣
الجريب فروت	٨١	٢٩–١٦٧

تابع جدول (١١–٣).

الحصول	معامل النتح ($mg\ kg^{-1}s^{-1}mPa^{-1}$)	مدى معامل النتح كما وجد في دراسات متنوعة
العنب	١٢٣	٢١–٢٥٤
الكرات أبو شوشة	٧٩٠	٥٣٠–١٠٤٢
الليمون الأضاليا	١٨٦	١٣٩–٢٢٩
الخس	٧٤٠٠	٦٨٠–٨٧٥٠
البصل (الأبصال)	٦٠	١٣–١٢٣
البرتقال	١١٧	٢٥–٢٢٧
الجزر الأبيض	١٩٣٠	١٠٩٤–٢٧٧١
الخوخ	٥٧٢	١٤٢–٢٠٨٩
الكمثرى	٦٩	١٠–١٤٤
البرقوق	١٣٦	١١٠–٢٢١
البطاطس	٢٥	١٥–٤٠
الروتاباجا	٤٦٩	—
الطماطم	١٤٠	٧١–٣٦٥

جدول (١١–٤): معدل الفقد الرطوبي بعد الحصاد من بعض الخضر الورقية والساقية والزهرية.

الحصول	ظروف التقدير		الفقد المائي
	الحرارة (°م)	الرطوبة النسبية (٪)	(على أساس الوزن الطازج)
الخس	١٥	٤٥–٦٥	٧٥٠
السبانخ	١٥	٤٥–٦٥	١١٠٠
الكرسون المائي	١٥	٤٥–٦٥	٣٥٠٠
كرنب بروكسل	١٥	٤٥–٦٥	٢٨٠
الكرنب	٠–٢	٨٥	٥٠

تابع جدول (١١–٤).

المحصول	ظروف التقدير		الفقد المائى
	الحرارة (م)	الرطوبة النسبية (٪)	(على أساس الوزن الطازج)
كرنب شديد الإندماج	١٠	٦٠–٧٥	١٠
الكرات أبو شوشة	١٥	٤٥–٦٥	٩٠
بصل (الأبصال)	١٠	٦٠–٧٥	٢
الأسبرجس	١٠	٦٠–٧٥	٣٦٠
الكرفس	١٥	٤٥–٦٥	٢٨٠
الروبارب	١٠	٦٠–٧٥	٢٣٠
البروكولى	١٥	٤٥–٦٥	٢٤٠
القنبيط	١٥	٤٥–٦٥	١٩٠

جدول (١١–٥): معدل الفقد الرطوبى بعد الحصاد من عدد من الخضر الثمرية والفاكهة (Ben-Yehoshua & Rodov ٢٠٠٣).

المحصول	ظروف التقدير		الفقد المائى (على أساس الوزن الرطب)
	الحرارة (م)	الرطوبة النسبية (٪)	(% loss day^{-1} Pa wvpd^{-1})
الفول الرومى	١٥	٤٥–٦٥	٢١٠
فاصوليا ملتى فلورا	١٥	٤٥–٦٦	١٨٠
البسلة	١٥	٤٥–٦٥	١٣٠
بذور البسلة	١٥	٨٠	٢٧٠
ذرة سكرية بدون أغلفة	١٥	٤٥–٦٥	١٤٠
بلاكبرى	١٠	٦٠–٧٥	٥٠
راسبرى	١٠	٦٠–٧٥	٢٥٠
فراولة	١٥	٤٥–٦٥	٧٠
التفاح	صفر	٨٥–٩٠	٧

جدول (١١–٥): معدل الفقد الرطوبى بعد الحصاد من عدد من الخضر الثمرية والفاكهة (Ben-Yehoshua & Rodov ٢٠٠٣).

المحصول	ظروف التقدير		الفقد المائى (على أساس الوزن الرطب)
	الحرارة (م)	الرطوبة النسبية (٪)	(% loss day^{-1} Pa wvpd^{-1})
الموز	١٢,٥	٩٠	٦
الخيار	١٥	٦٥–٤٥	٤٠
الباذنجان	١٣–١١	٩٠–٨٧	٦٠
الجوافة	١٠–٨	٩٠–٨٥	٣٠
المانجو	٧–٦	٩٠–٨٥	١٠
البرتقال	٣,٣	٩٢–٨٢	٦
الكمثرى	صفر	٩٢–٨٥	٥
الفلفل الأخضر	١٠	٧٥–٦٠	٦
البرقوق	٥	٨٠	١٠
الطماطم	١٠	٧٥–٦٠	١٠

ويمكن خفض الفقد الرطوبى من المنتج أثناء شحنه أو نقله بمراعاة ما يلى:

١– المحافظة على رطوبة نسبية عالية حول المنتج، ويتم ذلك بعدة وسائل كما يلى:

أ– المحافظة على فرق صغير فى درجة الحرارة بين ملفات التبريد والهواء الدوَّار؛ علمًا بأن الفرق الحرارى الكبير يؤدى إلى تكثف بخار الماء الذى يحمله الهواء على الملفات؛ فيصبح الهواء جافًا.

ب– تركيب نظام للتحكم فى الرطوبة.

جـ– إضافة الثلج على قمة المنتج أو بين عبواته إذا كان المنتج متحملاً لذلك.

د– تغطية المنتج كله بغطاء نصف منفذ semipermeable للرطوبة.

٢– تقليل نفاذية المنتج للفقد الرطوبى بتغليفه بغطاء شمعى.

٣- خفض حركة الهواء حول المنتج إلى الحد الذى يكفى – فقط – للتخلص من حرارة التنفس دون زيادة.

٤- تقليل الفقد الرطوبى الذى ينتج عن تنفس المنتج، وذلك بسرعة تبريد المنتج أوليًا وبصورة تامة قبل وضعه فى الحاوية؛ لأجل تقليل الفرق الحرارى بين المنتج والهواء المحيط به.

٥- تقليل قدرة الهواء المحيط على حمل الرطوبة، وذلك بالمحافظة على الحرارة منخفضة بصورة دائمة داخل الحاوية أو الشاحنة؛ فالهواء الدافئ يمكن أن يستوعب قدرًا أكبر من الرطوبة التى تصله من المنتج (Hui وآخرون ٢٠٠٣).

أهمية التبريد

تعد درجة الحرارة أهم عامل مؤثر فى بقاء الخضر والفاكهة بحالة جيدة بعد الحصاد؛ ونعنى بذلك درجة حرارة مركز المنتج أو لب الثمار. وبمجرد حصاد المنتج يتعين تبريده أوليًا بأسرع ما يمكن ثم حفظه فى أقل حرارة يمكن أن يتحملها، وهى تكون – غالبًا – حرارة أعلى قليلاً من حرارة التجمد بالنسبة للمنتجات غير الحساسة لأضرار البرودة، وحرارة أعلى قليلاً من تلك التى تحدث عندها أضرار البرودة بالنسبة للمنتجات الحساسة لها.

وعلينا أن نتذكر أن تأثير التعرض للحرارة العالية هو تأثير متجمع، وتتناسب شدة الأضرار التى تحدثها الحرارة العالية طرديًا مع مجموع الساعات الحرارية التى تعرض لها المنتج فى حرارة أعلى من تلك التى تناسب تخزينه، سواء أتم ذلك التعرض مرة واحدة بعد الحصاد مباشرة، أم على فترات متقطعة بعد ذلك (Hui وآخرون ٢٠٠٣).

ومن أهم مظاهر أضرار الحرارة العالية فقدان اللون المميز؛ واحتراق الأسطح، وعدم تجانس النضج، والطراوة الزائدة، والفقد الرطوبى.

وتعد البرودة بمثابة درجة منخفضة من الحرارة، والتبريد هو طرد الحرارة من المنتج ولا يكون بدفع البرودة فيه.