

**تداول الحاصلات البستانية**

**تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد**



سلسلة تكنولوجيا وفسولوجيا الخضر

# تداول الحاصلات البستانية تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

تأليف

أ. د. أحمد عبدالمنعم حسن

أستاذ الخضر المتفرغ

كلية الزراعة - جامعة القاهرة

يطلب من الدار العربية للنشر والتوزيع

٢٢ شارع عباس العقاد - مدينة نصر

ت : ٣٣٧٥٣٣٥ فاكس : ٣٣٧٥٣٣٨

وكبى دور النشر واملكتبات بمصر والعالم العربى

الطبعة الأولى

٢٠١٠

حقوق النشر

تداول الحاصلات البستانية

تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

رقم الإيداع : ٢٠١/٢٥٢٢

I. S. B. N. : 977-258-382-8

حقوق النشر محفوظة للمؤلف

E-mail: ahmed\_a\_hassan@yahoo.com

لا يجوز نشر أى جزء من هذا الكتاب، أو اختزان مادته بطريقة الاسترجاع أو نقله على أى وجه، أو بأى طريقة، سواء أكانت إلكترونية، أو ميكانيكية، أو بالتصوير، أو بالتسجيل. أو بخلاف ذلك إلا بموافقة المؤلف على هذا كتابة. ومقدمًا.

## المقدمة

مع الاهتمام المتزايد - على المستويين العام والخاص - بتنمية صادراتنا من الحاصلات البستانية كمًا ونوعًا. ومع اهتمام جانب من المستهلكين المحليين بأمر "الجودة" فى تلك المنتجات، يأتى صدور هذا الكتاب تلبية لتلك الاحتياجات. ومع إدراكى الكامل للفارق الهائل بين الوضع المتردى الذى آلت إليه "جودة" معظم المنتجات البستانية محلياً - حالياً - وبين ما نسعى للوصول إليه، فإن تحسين الأوضاع لا يأتى إلا بالطرق على الحديد وهو ساخن، مع توفير المعلومات التقنية لمن شاء أن يتقدم، خاصة وأن موضوع تردى "الجودة" - سواء أكان ذلك بسبب التلوث الميكروبي، أم التلوث بالمبيدات، أم التلوث بالعناصر الثقيلة، أم لكثرة الإصابة بالأعفان: أم لتردى الحالة الفيزيائية والفسولوجية للمنتجات ذاتها - كل ذلك أصبح موضوعاً دائماً للصحافة؛ وأضحى يحظى باهتمام المواطن العادى؛ لما له من تأثير واسع على الصحة العامة.

يتضمن هذا الكتاب ستة عشر فصلاً. تبدأ بواحد من أكبر الفصول حجماً، وهو متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضر والفاكهة؛ وهو موضوع بالغ الأهمية، سواء أكان الإنتاج للتصدير، أم للاستهلاك المحلى. تأتى بعد ذلك تفاصيل عملية الحصاد فى الفصل الثانى، ثم بعض الجوانب الفسيولوجية الهامة فيما بعد الحصاد، وهى: صفات الجودة والتغيرات الفسيولوجية (الفصل الثالث)، والتنفس (الفصل الرابع)، والإثيلين (الفصل الخامس)، ويلى ذلك تكنولوجيا بعد الحصاد - وما قد يكتنفها من جوانب فسيولوجية - من حيث: محطات التعبئة (الفصل السادس)، والتعبئة والعبوات (الفصل السابع)، والتبريد الأولى (الفصل الثامن)، والمعاملات التى تجرى للمحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية (الفصل التاسع)، وطرق التخزين والمخازن المبردة (الفصل العاشر)، والتخزين فى الحرارة المنخفضة (الفصل الحادى عشر)، وأضرار البرودة والتجمد (الفصل الثانى عشر)، والتخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته (الفصل الثالث عشر) والتعبئة والتخزين والشحن فى الجو المعدل

(الفصل الرابع عشر). وتداول وفسولوجيا وتخزين الحاصلات المعدة للمستهلك (الفصل الخامس عشر). وأخيرًا .. موضوع التصدير والشحن البحري والجوى (الفصل السادس عشر). وقد زُودَ الكتاب بقائمتين من المراجع أولاهما مختارة وتضم نحو ثلاثين من أبرز المراجع فى شتى مواضيع الكتاب. والتى يمكن الرجوع إليها لمزيد من التفاصيل، وثانيتها لصادر الكتاب وتضم مئآت من المراجع التى استخدمت فى إعداد هذا الكتاب.

يخدم هذا الكتاب كل من له علاقة بإنتاج وتداول الحاصلات البستانية من دارسين، وباحثين، وأساتذة، ومهندسين زراعيين، ومنتجين، ومصدرين.

والله أسأل أن أكون قد وفقت فى تقديم إضافة جديدة للمكتبة العربية فى موضوع نحن فى أمس الحاجة إليه.

أ.د. أحمد عبد المنعم حسن

## محتويات الكتاب

لصفحة

الموضوع

### الفصل الأول

#### متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضر والفاكهة

٢١	..... مقدمة
٢٥	..... مسببات أمراض الإنسان التي يمكن أن تلوث المنتجات الطازجة
٢٨	..... متطلبات الأمان الصحى فى منتجات الخضر والفاكهة الطازجة
٢٩	..... ما تجب ملاحظته بشأن تاريخ استعمال الأرض
٣٠	..... ما تجب مراعاته بشأن ماء الري
٣٠	..... ما تجب مراعاته بالنسبة للأسمدة الحيوانية ومخلفات المدن من القمامة
٣١	..... ما تجب مراعاته بالنسبة لإجراءات خفض التلوث بالبراز الحيوانى
٣١	..... ما تجب مراعاته بشأن استعمال المبيدات
٣٢	..... ما تجب مراعاته بالنسبة لصحة العاملين ونظافتهم
٣٣	..... ما تجب مراعاته بالنسبة للإجراءات الصحية فى الحقل وعند الحصاد
٣٤	..... ما تجب مراعاته بشأن نقل المنتج لمحطة التعبئة
٣٤	..... ما تجب مراعاته بشأن محطات التعبئة وإجراءات الصحة العامة بعد الحصاد
٣٧	..... ما تجب مراعاته بشأن المنتجات الطازجة سابقة التجهيز
٣٨	..... ما تجب مراعاته بشأن التبت البذرى
٣٩	..... ما تجب مراعاته بشأن النقل والتخزين فى أسواق الجملة
٣٩	..... خطط الاسترجاع والسحب
٤٠	..... الجاب (الممارسات الزراعية الجيدة)
٤١	..... ماء الري
٤١	..... العاملين
٤٣	..... المراحيض الصحية

الموضوع	الصفحة
إجراءات النظافة والصحة العامة الحقلية	٤٤
إجراءات الصحة العامة في محطات التعبئة	٤٤
المنظفات والمطهرات	٤٧
الأساليب التصنيعية الجيدة (الـ جى إم بى)	٤٨
الأفراد	٤٨
المباني	٤٩
إجراءات الصحة العامة والتطهير	٥٠
إجراءات التطهير والنظافة وتعزيز الصحة العامة والبيئة الصحية	٥١
الأسس العامة	٥١
برنامج المتابعة	٥٦
استراتيجيات التخلص من الحمل الميكروبي بالمنتجات الطازجة	٥٧
الغسيل مع استعمال المطهرات	٥٧
التطهير بالكورين	٥٨
التطهير بالأوزون	٧٠
التطهير بفوق أكسيد الأيدروجين	٧١
المطهرات المسموح باستعمالها مع منتجات الزراعات العضوية	٧١
التطهير بالتعريض للأشعة	٧٤
الهاسب (تحليل المخاطر)	٧٥

## الفصل الثانى

### الحصاد

المدة من الزراعة إلى الحصاد فى الخضر	٨١
تحديد موعد الحصاد بالوحدات الحرارية المتراكمة	٨٥
مراحل نضج الثمار	٨٦
العلامات المميزة لمرحلة النضج المناسبة للحصاد	٨٩

الموضوع	لصفحة
الأمر التي تجب مراعاتها عند الحصاد	٩٤
ما تجب مراعاته عند اختيار موعد الحصاد	٩٤
ما تجب مراعاته عند إجراء عملية الحصاد	٩٥
تقسيم الخضر حسب طرق الحصاد المناسبة لها	٩٦
حصاد الخضر يدوياً	٩٧
حصاد الخضر آلياً	٩٨
الأسس التي يقوم عليها عمل آلات الحصاد	٩٨
التقدم في الحصاد الآلي للخضروات	١٠٠
تأثير الحصاد الآلي على نوعية الخضروات المنتجة لأغراض التصنيع	١٠١

### الفصل الثالث

#### صفات الجودة والتغيرات الفسيولوجية التي تحدث بعد الحصاد

المذاق	١٠٧
النكهة	١٠٩
الصلابة والقوام	١١٧
الصبغات	١١٩
التغيرات المصاحبة لنضج الثمار	١٢٠
مقارنة لخصائص بعد الحصاد بين الخضر الثمرية غير المكتملة التكوين والخضر المكتملة التكوين	١٢٦
الشدّ التأكسدي	١٢٧
العوامل المتحكمة في الشدّ التأكسدي	١٢٨
التغيرات غير المرغوبة التالية للحصاد	١٣١
التغيرات في اللون	١٣١
التغيرات في الكربوهيدرات	١٣٢
فقدان الصلابة	١٣٢

الموضوع	لصفحة
التغيرات في الطعم .....	١٣٢
فقدان حامض الأسكوربيك .....	١٣٢
النموات النباتية .....	١٣٤
الفقد في الوزن .....	١٣٤
التغيرات المرغوبة التالية للحصاد .....	١٣٧

## الفصل الرابع

### التنفس

أيض التنفس .....	١٣٩
الطاقة المنطلقة من التنفس .....	١٤٠
تفاعلات التنفس الهوائى .....	١٤١
تفاعلات التخمر أو التنفس اللاهوائى .....	١٤٣
معامل التنفس .....	١٤٤
أهمية التنفس .....	١٤٥
العوامل المؤثرة فى معدل التنفس .....	١٤٨
تأثير درجة الحرارة .....	١٤٨
تأثير مكونات هواء المخزن .....	١٥١
تأثير الشدّ الفيزيائى .....	١٥٢
تأثير مرحلة التكوين والنضج .....	١٥٣
ظاهرة الكلايمكترك .....	١٥٣
طرق قياس معدل التنفس .....	١٦٠
تقسيم الحاصلات البستانية حسب معدل التنفس بعد الحصاد .....	١٦٢
تأثير درجة حرارة التخزين على كمية الطاقة المنطلقة من مختلف الخضر .....	١٦٨
تأثير مدة التخزين على معدل انطلاق الطاقة من مختلف الخضر .....	١٧١

الفصل الخامس

الإثيلين

١٧٣	تمثيل الإثيلين
١٧٦	مصادر الإثيلين
١٧٦	معدل إنتاج الخضر والفاكهة للإثيلين
١٧٩	خصائص الإثيلين
١٨٠	فعل الإثيلين وفاعليته
١٨٢	التحكم في فعل الإثيلين
١٨٤	التأثيرات المثبطة للإثيلين
١٨٦	التأثيرات المفيدة والضارة للإثيلين
١٩٣	وسائل خفض وزيادة فاعلية الإثيلين
١٩٣	منع النسيج النباتي من التفاعل بيولوجياً مع الإثيلين
١٩٦	منع النبات من الاستجابة للإثيلين
١٩٧	العلاقة بين أضرار البرودة وإنتاج الإثيلين
١٩٨	وسائل التحكم في مستوى الإثيلين في الهواء المحيط بالمنتجات
٢٠٠	الإنضاج بالإثيلين
٢٠٢	تباين استجابة الثمار للمعاملة بالإثيلين بهدف استكمال نضجها بعد الحصاد
٢٠٤	الظروف المناسبة لإنضاج بعض الحاصلات البستانية
٢٠٦	التخلص من اللون الأخضر بثمار الموالح

الفصل السادس

محطات التعبئة ومجمل عمليات التداول

٢٠٨	وسائل المحافظة على جودة المنتجات البستانية
٢٠٩	وسائل تقليل الأضرار والفاقد من المحصول
٢١٠	ما تجب مراعاته في محطات تعبئة المنتجات السابقة التجهيز

الموضوع	لصفحة
تقسيم محاصيل الخضر حسب عمليات التداول المناسبة لها	٢١١
العلاج أو المعالجة	٢١٤
مجمل عمليات التداول	٢١٩
<b>الفصل السابع</b>	
<b>التعبئة والعبوات</b>	
أنواع العبوات حسب الغرض من استعمالها	٢٢٩
مواصفات العبوات الجيدة	٢٣٠
العبوات الشائعة الاستعمال عالمياً	٢٣١
البالتات	٢٣١
صحارات البالتات pallet bins	٢٣٣
الكراتين	٢٣٣
الأكياس الورقية والشبكية	٢٣٤
العبوات البلاستيكية	٢٣٥
العبوات الشائعة الاستعمال فى مصر	٢٣٦
الخامات التى تصنع منها العبوات	٢٣٧
الورق والكرتون	٢٣٧
البلاستيك	٢٤٠
الأغشية المغطاة coated films	٢٤٤
الأغشية المكونة من عدة رقائق laminated films	٢٤٥
تغليف الثمار المفردة	٢٤٥
الأغشية الصالحة للأكل	٢٤٦
الشروط التى تجب مراعاتها عند التعبئة	٢٤٧
وضع البالتات فى المخازن	٢٥٠

الموضوع	لمفحة
<b>الفصل الثامن</b>	
<b>التبريد الأولي</b>	
العوامل المؤثرة فى سرعة التبريد الأولي	٢٥٤
التبريد الأولي أثناء الشحن	٢٥٤
الشحن البحرى فى الحاويات المبردة	٢٥٤
التبريد أثناء النقل فى الشاحنات	٢٥٥
التبريد الأولي فى غرف التبريد	٢٥٥
التبريد الأولي بالثلج المجروش	٢٥٦
التبريد الأولي بالثلج المخلوط مع الماء المثلج	٢٥٨
التبريد المائى	٢٥٩
التبريد الأولي بطريقة السريان الجبرى للهواء	٢٦٦
التبريد الأولي بالتفريغ	٢٧١
سرعة التبريد الأولي	٢٧٤
مقارنة بين طرق التبريد الأولي	٢٧٥
تقسيم الخضروات حسب طرق التبريد الأولي التى تناسبها	٢٧٦
أولاً: الخضر الورقية والساقية الغضة والزهرية	٢٧٦
ثانياً: الخضر الدرنية والبصلية	٢٧٧
ثالثاً: الخضر الثمرية	٢٧٨

### الفصل التاسع

#### معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

مقدمة	٢٨١
المعاملات الحرارية السابقة للتخزين	٢٨٢
المعاملات الحرارية التجارية لأجل التخلص من الحشرات الحية	٢٨٦
المعاملات الحرارية التى تجرى بهدف مكافحة الإصابات المرضية	٢٩٠

الموضوع	لصفحة
العمليات الحرارية التي تهدف إلى الحد من أضرار البرودة	٢٩٦
استعراض لمختلف العمليات الحرارية بالماء الساخن	٢٩٧
المعاملة بمركبات حيوية للمحافظة على الجودة	٣٠١
الإيثانول والأسيتالدهيد	٣٠١
المثيل جاسمونيت	٣٠١
المعاملة بمركبات كيميائية للمحافظة على الجودة	٣٠٢
مركبات تمنع التزريع في المخازن	٣٠٢
مركبات الكالسيوم وكاتيونات أخرى	٣٠٢
أكسيد النيتريك	٣٠٤
السيتوكينين	٣٠٤
تغليف المنتجات الطازجة بأغشية من مواد مأكولة	٣٠٥
معاملات الهواء المعدل لأجل التخلص من الحشرات الحية	٣٠٧
التخزين تحت ضغط منخفض لأجل مكافحة الأمراض	٣١٠
المعاملة بالأشعة المؤينة	٣١٠
المعاملة بالزيوت الأساسية لأجل مكافحة الأمراض	٣١٨
المعاملة بمركبات حيوية مضادة للفطريات والبكتيريا	٣٢١
حامض الخليك	٣٢١
حامض الأوكساليك	٣٢٢
الجلوكوسينولات	٣٢٢
البروبوليس	٣٢٢
مستخلصات الفطر <i>Fusarium semitectum</i>	٣٢٢
المعاملة بمركبات كيميائية مضادة للفطريات والبكتيريا	٣٢٣
مركبات الكالسيوم	٣٢٣
أكسيد النيتروز	٣٢٣
أملاح البيكربونات	٣٢٤
حامض الجبريلليك	٣٢٤

الموضوع	الصفحة
المعاملة بمثيرات المقاومة المستحثة للأمراض	٣٢٥
المعاملة بالمركبات الكيميائية المثيرة للمقاومة الطبيعية	٣٢٧
الـ BTH	٣٢٧
الـ harpin	٣٢٧
الـ BFO	٣٢٨
الأوزون	٣٢٨
المعاملة بمركبات الأيض الثانوية كمثيرات للمقاومة	٣٢٩
المثيل سالييلات	٣٢٩
حامض الجاسمونك والمثيل جاسمونيت	٣٣٠
مركبات عطرية طبيعية أخرى تنتجها الثمار	٣٣١
الشيتوسان	٣٣٣
المعاملات الفيزيائية المثيرة للمقاومة الطبيعية	٣٣٥
الصدمة الحرارية	٣٣٥
الأشعة فوق البنفسجية	٣٣٥
المكافحة الحيوية للأمراض أثناء التخزين	٣٤٠
مكافحة الأمراض الفطرية بالبكتيريا	٣٤٠
مكافحة الأمراض الفطرية بالخميرة	٣٤١
مكافحة الأمراض الفطرية بالميكوريزا	٣٤٢
المعاملة بالمبيدات الفطرية والمطهرات للتخلص من مسببات الأمراض والوقاية منها	٣٤٢
معاملات التبخير لأجل التخلص من الحشرات الحية	٣٤٨
أمراض المخازن البكتيرية ومكافحتها	٣٤٩
الإصابات البكتيرية التي تستمر من الحقل في المخازن	٣٤٩
مقارنة بين الظروف المناسبة لكل من الإصابات الفطرية والبكتيرية	٣٥٠
الأنواع البكتيرية المسببة للأعفان الطرية	٣٥٠
طرق مكافحة أمراض المخازن البكتيرية	٣٥٠

الفصل العاشر

طرق التخزين والمخازن المبردة

٣٥٣	..... أهمية تخزين الحاصلات البستانية
٣٥٣	..... طرق التخزين
٣٥٤	..... التخزين في الحقل
٣٥٤	..... التخزين في الأبنية غير المبردة
٣٥٥	..... التخزين البارد مع التحكم في الرطوبة النسبية
٣٥٥	..... المخازن المبردة
٣٥٥	..... تصميم المخازن
٣٥٥	..... حركة الهواء
٣٥٦	..... القدرة التبريدية
٣٥٦	..... وسائل التبريد
٣٥٧	..... بدائل التبريد الميكانيكى
٣٥٧	..... مولدات الرطوبة
٣٥٨	..... وسائل التحكم في الإثليلين ومكونات الهواء
٣٥٨	..... أمور أساسية تتعلق بالتصميم والتشغيل
٣٦٠	..... أضرار تنشأ عن عيوب في المخازن
٣٦١	..... المصطلحات المستخدمة في مجال التبريد
٣٦٧	..... التبريد الميكانيكى
٣٦٨	..... طراز الملف البتل
٣٦٩	..... طراز الملف الجاف
٣٧٠	..... الرطوبة النسبية
٣٧١	..... المتغيرات السيكرومترية المستعملة في قياس الرطوبة النسبية
٣٧٢	..... الخصائص السيكرومترية الهامة
٣٧٣	..... اللوحة السيكرومترية

الموضوع	لصفحة
وسائل أخرى لقياس الرطوبة النسبية .....	٣٧٦
وسائل التحكم فى الرطوبة النسبية .....	٣٧٦

### الفصل الحادى عشر

#### التخزين البارد

أهمية الرطوبة النسبية والفقد الرطوبى من المنتجات الطازجة	٣٧٩
أهمية التبريد .....	٣٨٦
ظروف التخزين الملائمة للحاصلات البستانية .....	٣٩١
تقسيم محاصيل الخضر حسب درجات الحرارة والرطوبة النسبية المناسبة لتخزينها .....	٣٩١
حرارة التخزين المناسبة للخضر حسب حساسيتها للبرودة .....	٤٠٣
التخزين المختلط .....	٤٠٤

### الفصل الثانى عشر

#### أضرار البرودة والتجمد

تقسيم المحاصيل البستانية حسب حساسيتها لأضرار البرودة .....	٤٠٩
أعراض أضرار البرودة .....	٤١٠
العوامل المؤثرة فى الإصابة بأضرار البرودة .....	٤١٦
وسائل الحد من أضرار البرودة .....	٤١٧
التعريض لحرارة منخفضة .....	٤١٧
التعريض لحرارة مرتفعة .....	٤١٧
التدفئة المتقطعة .....	٤١٩
التخزين فى الجو المعدل .....	٤٢٠
المعاملات الكيميائية .....	٤٢٠
معاملات منظمات النمو .....	٤٢١
أضرار التجمد .....	٤٢٢
طبيعة أضرار التجمد .....	٤٢٢

الموضوع	الصفحة
العوامل المؤثرة في شدة أضرار التجمد	٤٢٣
تقسيم الخضر والفاكهة حسب قابليتها للإصابة بأضرار التجمد	٤٢٥
أعراض أضرار التجمد	٤٢٦

### الفصل الثالث عشر

#### التخزين في الجو المتحكم في مكوناته

مزايا وعيوب التخزين في الجو المتحكم في مكوناته	٤٣١
المزايا	٤٣١
العيوب	٤٣٢
محاذير التخزين في الجو المتحكم في مكوناته	٤٣٤
العوامل المؤثرة في تحمل الحاصلات البستانية للجو المتحكم في مكوناته	٤٣٥
الأساس البيولوجي لتأثيرات الهواء المتحكم في مكوناته	٤٣٦
تكوين الجو المتحكم في مكوناته	٤٤١
استخدامات الجو المتحكم في مكوناته	٤٤٢
التطبيقات التجارية للجو المتحكم في مكوناته	٤٤٤
نسب الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون المناسبة لتخزين الحاصلات البستانية	٤٤٥
التخزين تحت تفريغ جزئي	٤٤٨
التخزين تحت ضغط أعلى من الضغط الجوي	٤٥٠

### الفصل الرابع عشر

#### التعبئة والتخزين والشحن في جو معدل

نظريات تكوين الجو المعدل في عبوات الجو المعدل	٤٥٤
آليات تعديل الهواء في عبوات الجو المعدل	٤٥٦
أولاً: الآلية السلبية	٤٥٦

الموضوع	لصفحة
ثانياً: الآلية النشطة .....	٤٥٩
أنواع أغشية عبوات الجو المعدل وخصائصها .....	٤٦١
الشروط التي يجب أن تتوفر في الأغشية .....	٤٦١
أنواع الأغشية .....	٤٦٢
خصائص الأغشية .....	٤٦٤
مزايا وعيوب التخزين في عبوات الجو المعدل .....	٤٦٨
المزايا .....	٤٦٨
العيوب .....	٤٦٨
وسائل تجنب الآثار السلبية للارتفاع في درجة الحرارة .....	٤٧٠
مشاكل التعرض لتراكيز غير محتملة من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون .....	٤٧٠
استجابة المنتجات البستانية لعبوات الجو المعدل .....	٤٧٣
وسائل أخرى لتوفير الجو المعدل للمنتجات .....	٤٧٥

#### الفصل الخامس عشر

#### تداول وفسولوجيا وتخزين الحاصلات البستانية الطازجة المجهزة للمستهلك (المصنعة جزئياً)

مقدمة .....	٤٧٧
فسولوجيا المنتجات المصنعة جزئياً .....	٤٧٩
دور التجريح بصورة عامة .....	٤٧٩
التغيرات الحيوية في المنتجات المصنعة جزئياً .....	٤٨٣
التلوث الميكروبي للمنتجات المصنعة جزئياً .....	٤٩٢
العوامل المؤثرة في سرعة التغيرات الحيوية .....	٤٩٤
وسائل تحسين جودة المنتجات المجهزة للمستهلك .....	٤٩٥
وسائل المحافظة على المنتجات المجهزة للمستهلك من التدهور .....	٤٩٩

الفصل السادس عشر

تصدير و شحن الحاصلات البستانية

٥٠٧	الشروط اللازم توفرها لنجاح العملية التصديرية
٥٠٨	مواسم التصدير
٥١٠	الشحن
٥١٠	تحميل الشاحنات والحاويات بالمنتجات المختلطة
٥١٠	توافق وعدم توافق الحاصلات البستانية عند شحنها
٥١٢	متطلبات المحافظة على سلسلة التبريد فى الشاحنات والحاويات
٥١٣	الأمر الذى يتعين التأكد منها قبل تحميل حاويات الشحن البحرى
٥١٣	التحميل الجيد للحاويات
٥١٤	الأمر الذى يجب مراعاتها فى ميناء الشحن وأثناء الرحلة وعند ميناء الوصول
٥١٥	أنواع الحاويات
٥١٥	الحاويات المبردة
٥١٥	الحاويات "البورثول" أو "الكونير"
٥١٧	الحاويات المهباه
٥١٨	الحاويات ذات الهواء المعدل
٥١٨	الحاويات ذات الهواء المتحكم فى مكوناته
٥١٩	نظم التحكم فى حرارة الهواء فى الشاحنات والحاويات
٥١٩	حركة الهواء
٥١٩	تأمين حركة الهواء واستمرار التبريد دون إعاقة
٥٢٠	وسائل التبريد
٥٢١	الشحن الجوى
٥٢٥	مراجع مختارة
٥٢٧	المراجع

## الفصل الأول

### متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضر والفاكهة

#### مقدمة

يشعر كثير من المستهلكين أن المنتجات الغذائية يجب ألا يُصاحب تناولها أية مخاطر، ولكن - لسوء الحظ - فإن خفض تلك المخاطر إلى الصفر يعد أمراً مستحيلاً.

**إن الأنظمة المؤثرة للأمان من الخضر والفاكهة تتضمن أربعة برامج هي:**

- ١- الممارسات الزراعية الجيدة Good Agricultural Practices (اختصاراً: GAPs).
- ٢- الممارسات التصنيعية الجيدة Good Manufacturing Practices (اختصاراً: GMPs).
- ٣- إجراءات التطهير والنظافة وتعزيز الصحة العامة والبيئة الصحية Sanitation Procedures، وهي التي تعرف - كذلك - باسم Sanitation Standard Operating Procedures (اختصاراً: SSOPs).
- ٤- تحليل المخاطر Hazard Analysis Critical Control Points (اختصاراً: HACCP).

**وإن من أهم مصادر التلوث الميكروبي لمعالجة الخضر الطازجة، ما يلي:**

أولاً: المصادر السابقة للحصاد:

تتضمن تلك المصادر ما يلي:

براز الإنسان والحيوانات - التربة - ماء الري - الأسمدة الحيوانية. غير المكمورة جيداً - الأتربة - الحيوانات المستأنسة والبرية - تداول الإنسان للمنتجات.

ثانياً: المصادر التالية للحصاد:

تتضمن تلك المصادر ما يلي:

براز الإنسان والحيوانات - تداول الإنسان للمنتجات - حاويات الشحن -

الحيوانات المستأنسة والبرية - الأتربة - مياه الغسيل والشطف - معدات التشغيل - الثلج - درجة حرارة التخزين غير الملائمة - العبوات غير الملائمة - التلوث من الأغذية الأخرى - درجات حرارة العرض غير الملائمة - التداول بطريقة غير سليمة بعد شراء المستهلك للمنتج (Ryder 1999).

إن منع التلوث الميكروبي من الأساس هو الوسيلة الوحيدة للحد من مخاطر الأمان في الغذاء وتأكيد الأمان. ولا يمكن للاختبارات الميكروبية ضمان خلو الغذاء الطازج من مسببات المرضية، والحقيقة أنه لا يمكن - غالباً - اكتشاف المسببات المرضية - عن طريق تلك الاختبارات - حتى ولو كانت متواجدة. فمثلاً.. إذا احتوت خمس ثمار في مجموعة من 100 ثمرة على مسببات مرضية (5% تلوث)، فكم ثمرة يلزم فحصها؟. لكي نتأكد بنسبة 95% أن إحدى الثمار المتلوثة قد تم فحصها؟. يظهر من جدول (1-1) أنه عند نسبة تلوث 5% يلزم فحص 60 ثمرة لكي نتأكد بنسبة 95% من أننا عثرنا على المسبب المرضي. ومن المؤكد أنه ليس عملياً فحص 60 ثمرة من كل 100. كما أن فحص عدد أقل يعنى زيادة احتمال عدم اكتشاف المسببات المرضية حتى ولو كانت متواجدة. ولهذا السبب.. فإن النتائج السلبية لاختبارات تواجد المسببات المرضية تكون فائدتها محدودة، وقد تكون مضللة. وبالرغم من أن فحص عينات من المنتجات قد لا يكون عملياً، فإن فحص المصادر المحتملة للتلوث الميكروبي مثل ماء الري، ومياه التبريد والتشغيل، والأسطح التي يلامسها الغذاء، ومراقبة إجراءات الصحة العامة الخاصة بالعاملين تعد وسائل أكثر كفاءة في منع انتشار مسببات أمراض الإنسان (Gorny & Zagory 2004).

ويتحقق جانب مهم من مبادئ منع التلوث الميكروبي إذا ما روعيتم الأمور

التالية:

1- عدم إضافة سبلة مواشى أو سبلة دواجن غير متحللة إلى حقول الخضراوات التي تستهلك طازجة.

2- عدم إضافة السبلة إلى مساحة تكون مجاورة لحقل قريب من الحصاد.

## الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضر والفاكهة

- ٣- عدم استعمال معدات استخدمت في المعاملة بالسبلة في حقل آخر قريب من الحصاد دون تنظيفها جيداً.
- ٤- عدم الري من بركة تستخدم للماشية.
- ٥- عدم حصاد الثمار التي تسقط على الأرض لأجل استهلاك الثمار الكاملة أو لأجل عمل العصير غير المبستر، وخاصة إذا كان قد أضيف للأرض سماد عضوي.
- ٦- عدم تشوين المحصول في أماكن يمكن أن تتعرض لمخلفات الطيور ( Bachman & Earles ٢٠٠٠).

جدول (١-١): احتمال أن فحص عدد معين من العينات يفشل في اكتشاف التلوث الميكروبي عند وجود هذا التلوث بنسب مختلفة.

عدد العينات التي تم فحصها، واحتمالات الفشل في اكتشاف التلوث (%)						
التلوث (%)	٥	١٠	١٥	٢٠	٣٠	٦٠
١٠,٠	٤١	٦٥	٧٩	٨٨	٩٦	٩٩<
٥,٠	٣٣	٤٠	٥٤	٦٤	٧٩	٩٥
٢,٠	١٠	١٨	٢٦	٣٣	٤٥	٧٠
١,٠	٥	١٠	١٤	١٨	٢٦	٤٥
٠,١	١	١	٢	٢	٣	٦

ويعد الحمل الميكروبي الذي يتواجد بالغذاء - بصورة عامة - مقياساً لجودته. وتلك العلاقة (وهي عكسية بطبيعة الحال) صحيحة في بعض الحالات، إلا أن أرقام الحمل الميكروبي قد لا تعبر في أحيان أخرى كثيرة عن الجودة بدقة؛ فالخضر والفاكهة قد تتلوث بشدة بالتربة وبقايا النباتات؛ ومن ثم يصبح الحمل الميكروبي بها عال جداً حتى عند الحصاد مباشرة (جدول ١-٢). وعلى سبيل المثال .. فإن العدد الكلي للخلايا البكتيرية قد يتراوح بين العشرات إلى الملايين لكل جرام. كذلك فإن الحمل الميكروبي بالخضر الطازجة يتأثر بعوامل خارجية مثل الأحوال الجوية؛ وبذا .. فهو يتغير من يوم لآخر ( Shewfelt & Prussia ١٩٩٣).

تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

جدول (١-٢): الحمل الميكروبي الذي أمكن تقديره في بعض الخضرا والفاكهة الطازجة.

الحمل الميكروبي بكل جرام واحد	المنتج	الكائنات الدقيقة
31,600	أسبرجس	بكتيريا
3,200	بنجر	
132,000	فلفل أخضر	
10,000-2,500,000	بروكولي	
4-100,000	كرنب	
3,200,000-6,300,000	كولارد	
100,000-1,000,000	خس	
1-150	فاصوليا ليما	
75-28,000	بطاطس	
25,100,000	لوبيا	
2,900	فلفل أخضر	أعفان فطرية وخمائر
1,400	بلاك برى	
44,000	جزر	
50,000	كرفس	
150-45,000	عنب	
150	بسلة خضراء	
34,000	فاصوليا ليما	
1,700,000	بامية	
50	خوخ	
50-3,000	راسبرى	
10,000	لوبيا	
50-200	فراولة	

**مسببات أمراض الإنسان التي يمكن أن تلوث المنتجات الطازجة**

تعرف أربع مجموعات من مسببات أمراض الإنسان يمكن أن تتواجد في المنتجات الطازجة . وهي :

١- البكتيريا التي تتواجد في التربة . وهي :

*Clostridium botulinum*

*Listeria monocytogenes*

٢- البكتيريا التي تتواجد في براز الإنسان والحيوان ، وهي :

*Salmonella spp.*

*Shigella spp.*

*E. coli* O157:H7 and others

٣- المتطفلات ، وهي :

*Cryptosporidium*

*Cyclospora*

٤- الفيروسات ، وهي :

Hepatitis virus

Nowalk virus

إن التلوث الميكروبي يمكن أن يحدث بواسطة العمال الحقلين، وعمال التداول والتجهيز بعد الحصاد، وعند الاعتماد في الري على مياه ملوثة أو على أسمدة حيوانية ملوثة وغير مكتملة التحلل (Gorny & Zagory ٢٠٠٤).

ويحدث تلوث ببكتيريا السالمونيلا *Salmonella* (عدة أنواع، منها: *S. typhimurium*، *S. chester*، و *S. poona*، و *S. javania*، و *S. montevideo* وغيرها) في عديد من أنواع الخضار. ولقد وجد أن أعداد تلك البكتيريا تزداد حتى عشرة أضعاف في الأنسجة التي تكون مصابة - كذلك - ببكتيريا العفن البكتيري *Erwinia carotovora*، ويبدو أن لذلك علاقة بما تحدثه بكتيريا العفن البكتيري من تحلل بالأنسجة وانطلاق إفرازات تعيش وتتكاثر عليها بكتيريا السالمونيلا (Wells & Butterfield ١٩٩٧).

## تداول الحاصلات البستانية - تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

ونعرض في جدول (٣-١) قائمة بعدد من الأنواع البكتيرية الممرضة والفطرية (المسببة للأعفان molds) التي عزلت بالفعل من بعض أنواع الخضر الطازجة (عن Shewfeldt & Prussia ١٩٩٣).

جدول (٣-١): بعض الأنواع البكتيرية (Bacteria) و الفطرية (Mold) التي عزلت بالفعل من بعض أنواع الخضر الطازجة.

الكائنات الدقيقة التي تم عزلها	الخضر
Bacteria: <i>Aeromonas hydrophila</i>	أسبرجس
Molds: <i>Aspergillus</i> sp., <i>Fusarium</i> sp.	فلفل حلو
Bacteria: <i>A. hydrophila</i>	بروكول
Bacteria: <i>Pseudomonas</i> sp.	كرنب
Molds: <i>Alternaria</i> sp., <i>Aureobasicium pullulans</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp.	
Bacteria: <i>Bacillus</i> sp., <i>Erwinia</i> sp., <i>Pseudomonas</i> sp.	جزر
Bacteria: <i>A. hydrophila</i>	قنبيط
Bacteria: <i>Citrobacter freundii</i> , <i>Enterobacter agglomerans</i> , <i>E. cloacae</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Hafnia alvei</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i> , <i>Serratia rubidea</i>	كولارد
Bacteria: <i>Enterobacter</i> sp., <i>E. agglomerans</i> , <i>E. cloacae</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>E. faecium</i> , <i>Flavobacterium</i> sp., <i>Pseudomonas</i> sp., <i>Serratia</i> sp., <i>Xanthomonas</i> sp.	أذرة سكرية
Molds: <i>Aspergillus niger</i> , <i>Cladosporium cladosporioides</i> , <i>Penicillium oxalicum</i> , <i>P. expansum</i> , <i>P. funiculosum</i> .	
Bacteria: <i>Citrobacter</i> sp., <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Erwinia</i> sp.	خيار
Molds: <i>Aspergillus pullans</i> , <i>A. tenuis</i> , <i>Cladosporium fimeii</i> , <i>E. nigrum</i> , <i>Fusarium</i> sp., <i>Mucor</i> sp., <i>Phoma</i> sp., <i>Rhizopus nigricans</i>	فاصوليا خضراء
Bacteria: <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Citrobacter amalonticus</i> , <i>C. freundii</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i> , <i>E. agglomerans</i> , <i>E. cloacae</i> , <i>Proteus morgani</i> , <i>P. rettgeri</i> , <i>P. stuartii</i> , <i>P. vulgaris</i>	خس

## الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضر والفاكهة

تابع جدول (١-٣).

الكائنات الدقيقة التي تم عزلها	الخضر
Bacteria: <i>Enterobacter agglomerans</i> , <i>E. cloacae</i> , <i>Serratia marcescens</i>	بصلة خضراء
Bacteria: <i>Bacillus cereus</i> , <i>B. lichenformis</i> , <i>Enterobacter caratovora</i>	بطاطس
Molds: <i>Alternaria</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Phoma</i> sp.	لوبيا
Bacteria: <i>Acinetobacter</i> sp., <i>Corynebacteria</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Escherichia intermedia</i> , <i>Flavobacterium</i> , <i>Klebsiella</i> sp., <i>Lactobacillus</i> sp., <i>Micrococcus luteus</i> , <i>Pseudomonas</i> sp., <i>Xanthomonas</i> sp.	طماطم
Molds: <i>Alternaria</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp.	

ويبين جدول (١-٤) بعض حالات الإصابة بمختلف مسببات الأمراض التي حدثت بالفعل في شتى أنحاء العالم جراء استهلاك أغذية طازجة ملوثة (عن Hammond وآخرين ٢٠٠١).

جدول (١-٤): بعض حالات الإصابة المرضية الموثقة جراء استهلاك منتجات طازجة.

مكان حدوث الإصابة	المنتج الطازج الملوث	المسبب المرضي
<b>Shigella species</b>		
تكساس	خس	<i>S. sonnei</i>
تكساس	خس مقطع	<i>S. sonnei</i>
النرويج والسويد والمملكة المتحدة		<i>S. sonnei</i>
<b>Salmonella species</b>		
وسط غرب الولايات المتحدة	بصل أخضر	<i>S. flexneri</i>
عدة ولايات أمريكية	طماطم	<i>S. javiana</i>
عدة ولايات أمريكية	طماطم	<i>S. montivideo</i>
المملكة المتحدة	نبث فاصوليا	<i>S. saint-paul</i>

## تداول الحاصلات البستانية - تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

تابع جدول (١-٤).

مكان حدوث الإصابة	المنتج الطازج الملوث	المسبب المرضي
السويد	نبت فاصوليا	<i>S. saint-paul, S. havana, S. muenchen</i>
الولايات المتحدة	كرسون	<i>S. gold-coast</i>
	بطيخ مجهز للمستهلك	<i>S. miami, S. bareilly</i>
عدة ولايات أمريكية	بطيخ	<i>S. oranienburg, S. javiana</i>
عدة ولايات أمريكية	كنتالوب مجهز	<i>S. chester</i>
عدة ولايات أمريكية وكندية	كنتالوب مجهز	<i>S. poona</i>
<b>Escherichia species</b>		
	سلطات من خضار ركاب طائرات بالولايات المتحدة	<i>E. coli</i> (Enterotoxigenic)
	طازجة	
	سلطات من خضار الولايات المتحدة	
	طازجة	
أدريجون	عصير تفاح وكنتالوب	<i>E. coli</i> 0157:H7 (Enterohemorrhagic)
تكساس	بروكولي	
مسببات مرضية أخرى		
بوسطن	كرفس وطماطم وخس	<i>Listeria monocytogenes</i>
كندا	كول سلو	
عدة ولايات أمريكية	نبت بذور خضار	<i>Bacillus cereus</i>
اسكتلندا	سلطات	Viral gastroenteritis
عدة ولايات أمريكية	راسبري مجمد	Hepatitis A
	فراولة مجمدة	
	طماطم مجهزة بالتقطيع أركنسا	

### متطلبات الأمان الصحي في منتجات الخضار والفاكهة الطازجة

إن أهم ما يجب ملاحظته بالنسبة للأمان الميكروبي في منتجات الخضار والفاكهة التي تؤكل طازجة ما يلي:

١- ما أن يحدث تلوث ميكروبي في المنتج، فإن التخلص من المسببات المرضية يصبح أمراً شديداً الصعوبة.

## الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضر والفاكهة

٢- يعد منع التلوث الميكروبي فى كل المراحل من الإنتاج إلى التوزيع أمراً مفضلاً عن محاولة التخلص من التلوث الذى قد يحدث.

٣- إن برنامج الأمان الغذائى الواضح المفصل والمسجل تطبيقه فى مراحل الإنتاج والتداول والتعبئة ... إلخ، مع التدريب الدقيق للعاملين، لهو مفتاح النجاح فى تحقيق الأمان الغذائى المنشود.

ولا يقتصر الأمان الصحى على الأمان من التلوث الميكروبي فقط، وإنما يتعداه - كذلك - إلى الأمان من التلوث بالمبيدات، ومختلف الملوثات من عناصر ثقيلة، ومركبات كيميائية غير مرغوب فيها، وسموم فطرية ... إلخ.

**ويعتبر - فيما يلى - مختلص الأمور التى يتعين مراعاتها فى ختى جوانب العملية الإنتاجية والحصاد والتداول والتسويق وحولاً بالمنتج إلى الممتلك.**

### ما تجب ملاحظته بشأن تاريخ استعمال الأرض

إن أمان أى منتج لا يعتمد فقط على الممارسات الزراعية التى خضع لها، ولكن كذلك على الاستعمالات السابقة لحقل الزراعة وما مورست فيه من معاملات؛ ذلك لأن العناصر الثقيلة ومتبقيات بعض المبيدات يمكن أن تبقى فى التربة لفترات طويلة. ولذا .. يجب اختبار التربة للتأكد من خلوها من التركيزات الخطرة من تلك المركبات. ويجب - كذلك - التعرف على الاستعمالات السابقة لحقل الزراعة وتوثيق ذلك للتأكيد على أن الأرض لم تستعمل فى السابق كمستودع للتخلص من النفايات الخطرة، أو فى أغراض صناعية ربما تخلف عنها متبقيات سامة. وإذا ما كان حقل الزراعة قد استعمل سابقاً فى أغراض زراعية، فإنه يتعين مراجعة معاملات المبيدات التى استخدمت فيه. للتأكد من أنها كانت سليمة. كذلك يجب ألا يكون الحقل قد استخدم فى الماضى القريب كموقع لتغذية الحيوانات الزراعية أو رعيها نظراً لأن تلوث التربة بمخلفاتها قد يدوم لفترة طويلة.

## ما تجب مراعاته بشأن ماء الري

يُعد ماء الري أحد المصادر المحتملة للتلوث الميكروبي في الخضر والفاكهة، كما تعد مياه الآبار العميقة أقل تعرضاً للتلوث الميكروبي عن المياه السطحية. ويتعين اختبار مياه الري على فترات للتأكد من خلوها من أى تلوث. ويستدل من وجود *E. coli* على حدوث تلوث برازى واحتمال لتواجد مسببات الإنسان المرضية. ويعطى الري بالرش فرصة أكبر لحدوث التلوث الميكروبي عن الري السطحى أو بالتنقيط. ويجب الاهتمام كذلك بالماء المستخدم فى رش المبيدات والأسمدة وغيرها والتأكد من خلوه من التلوث الميكروبي.

**إن علامة مياه الري للمنتج فى أى وقت قد تكون هى العامل المحدد لتلوثه الميكروبي، ولذا .. يجب أن يراعى فى هذا الشأن ما يلى:**

- ١- التعرف على مسار جريان الماء السطحى، ومصادره، ومصادر التلوث الميكروبي التى قد يتعرض لها.
- ٢- تحديد المصادر المحتملة للتلوث الميكروبي لمياه الري، وخاصة تلك التى يكون من الممكن التحكم فيها.
- ٣- تصميم الآبار بطريقة تؤمن عدم تلوثها بأى مياه سطحية، أو من رشح مياه الصرف.
- ٤- يجب أن يكون الماء المستعمل فى الري بالرش خالٍ تماماً من أى تلوث ميكروبي.
- ٥- يفضل أن يكون الماء المستعمل فى الري بالرش خلال الأسبوعين الأخيرين قبل الحصاد من مصدر تصلح مياهه للشرب.

**ما تجب مراعاته بالنسبة للأسمدة الحيوانية ومخلفات المدن من القمامة**

إن الأسمدة الحيوانية الطازجة وتلك التى لم تكمر جيداً تشكل مصدراً محتملاً للتلوث بمسببات أمراض الإنسان، وهى التى يمكن تبقى فى الأسمدة الحيوانية لأسابيع وشهور.

## الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضر والفاكهة

ولقد وجد أن البكتيريا *E. coli* O157:H7 يمكن أن تعيش في السماد الحيواني - غير المكمور - المضاف للتربة لمدة تصل إلى ٢٥٠ يوماً. هذا بينما يؤدي الكمر المناسب وما ينشأ عنه من ارتفاع في درجة الحرارة إلى تقليل أخطار تلك المسببات المرضية.

إن الأسمدة الحيوانية ومخلفات المذن (القمامة) التي كمرت جيداً لا تشكل مصدرًا للمسببات المرضية الميكروبية بالمنتجات الطازجة، ولكن تجب مراعاة ما يلي:

١- ضرورة الإلمام بالإدارة الجيدة لعملية الكمر لأجل خفض أعداد الميكروبات المرضية، مع توثيق إجراءات كمر كل لوط من الكومبوست.

٢- إطالة الفترة ما بين إضافة السماد العضوي للحقل الإنتاجي والحصاد.

### ما تجب مراعاته بالنسبة لإجراءات خفض التلوث بالبراز الحيواني

قد يكون من الصعب - وربما من المستحيل - التجنب الكامل للتلوث بالبراز الحيواني، ولكن تجب مراعاة الإجراءات التي تحد من التلوث، كما يلي:

١- استبعاد جميع الحيوانات المستأنسة من الحقل الإنتاجي أثناء النمو المحصولي والحصاد.

٢- تقييم مدى الحاجة إلى حزام غير مزروع من الأرض بالقرب من المزارع المحيطة؛ الأمر الذي قد يشجع تواجد أعداد كبيرة من الزواحف والبرمائيات والقوارض والطيور أو أي مصادر أخرى للتلوث.

٣- تقليل تواجد كل ما يجذب إليه مصادر التلوث داخل الحقل الإنتاجي - مثل أكوام المخلفات وبقايا المحصول غير الصالح للتسويق.

### ما تجب مراعاته بشأن استعمال المبيدات

يجب استعمال المبيدات تبعاً لتعليمات الشركات المنتجة لها والقوانين المحلية التي تحكم استعمالها. وكذلك قوانين الدول المصدر لها المنتج في حالة التصدير. ويجب توثيق جميع معاملات المبيدات من حيث اسم المنتج التجاري، والشركة المنتجة له،

ومحتواه من المادة أو المواد الفعالة، وتركيزها، وجرعة المعاملة، وكمية الماء التي استخدمت فى المعاملة، ونوع الرشاشة التى استعملت. ويجب أن يقوم بمعاملات المبيدات أشخاص مدربون ومرخصون لهذا الغرض.

### ما تجب مراعاته بالنسبة لصحة العاملين ونظافتهم

لا يوجد بديل للتوعية بأهمية النظافة الشخصية للعاملين وإجراءات الصحة العامة. وتدريب العاملين على ذلك، والإصرار على الالتزام الدائم بتلك الإجراءات .. لا بديل عن ذلك لاستدامة العمل بوحدات الإنتاج، وتجب مراعاة ما يلى:

١- توفير كافة إمكانيات المحافظة على الصحة العامة.

٢- عمل برنامج تدريب يتضمن كيفية الغسيل الجيد للأيدى وأهمية استعمال

المراحيض.

٣- عمل سياسة واضحة بخصوص السماح للعاملين الذين تظهر عليهم أعراض

مرضية أو إسهال. للعمل بأنشطة لا تتطلب ملامسة الأغذية، مع شرح تلك السياسة

للعاملين. وفى حالة غياب مثل هذه السياسة قد يحدث ألا يقر العامل بمرضه حتى لا

يفقد أجره.

٤- فحص الإجراءات بالأمكان التى لا تراقب بدقة، مثل ورديات الرى الليلية.

٥- توفير بلاسترات أو أربطة للعاملين الذين قد يكون بأجسامهم جروح أو التهابات

قد تتلامس مع المنتج الطازج.

٦- إذا استعملت القفازات يجب أن يكون استعمالها بطريقة لا تسمح بانتقال

مسببات الأمراض إلى المنتج.

٧- استعمال المراحيض المتنقلة بطريقة لا تسمح بأي تسرب منها إلى الحقل.

٨- فى حالة حدوث تناثر لأى مخلفات يجب أن تكون هناك خطة لكيفية

محاصرتها وعزل المنتج عنها.

ما تجب مراعاته بالنسبة للإجراءات الصحية فى الحقل وعند الحصاد

يجب الاهتمام بنظافة جميع الأسطح التى تتلامس مع الغذاء المنتج- فيراعى ما يلى :  
١- تنظيف جميع الأسطح التى تتلامس مع المحصول وعبوات الحصاد وعبوات نقل المحصول قبل استعمالها.

٢- التأكيد على أن جميع القائمين بعملية الحصاد والمشرفين عليهم على دراية بمبادئ خفض التلوث الميكروبي وأهمية الأمان الغذائى وتقليل أخطاره، مع تطبيق كافة الممارسات الموضوعية لذلك.

٣- تطوير وتوثيق نظام لتنظيف وتطهير كل الأسطح التى تلامس المنتج.

٤- الحد من فرصة تواجد أى كائنات حية يمكن أن تتسبب فى تلوث أسطح ومواد التعبئة.

٥- الحد من فرصة وصول أو انجذاب الكائنات الحية التى يمكن أن تتسبب فى تلوث آلات الحصاد التى تبقى فى الحقل- فلا يترك بها أى متبقيات من المحصول بعد الحصاد.

إن التلوث الميكروبي يمكن أن يحدث أثناء الحصاد إذا ما كانت أيدي العاملين أو أدوات الحصاد المستعملة ملوثة. ولذا .. يجب توفير مراحيض متنقلة فى الحقل لاستعمال العاملين تكون مزودة بأحواض لغسيل الأيدي. ومن الضروري تدريب العمال الحقلين على إجراءات الصحة العامة. مثل غسيل الأيدي بعد استعمال المراحيض، ومراقبتهم لأجل الحد من التلوث بمسببات أمراض الإنسان. وبعد الحصاد لا يجب ترك المنتج على التربة فى الحقل وإنما يوضع مباشرة فى عبوات حقلية نظيفة. كذلك يجب أن تكون أدوات الحصاد نظيفة. كما تجب المحافظة على نظافة عبوات الحقل على فترات منتظمة مع مراعاة عدم تلوثها بالطين، والشحوم، وأى أدوات معدنية. ويفضل استعمال العبوات البلاستيكية عن الخشبية لسهولة تنظيفها.

## ما تجب مراعاته بشأن نقل المنتج لمحطة التعبئة

يراعى فى هذا الأمر ما يلى .

١- التأكد من نظافة وسائل النقل وخلوها من الروائح والمخلفات وبقايا الشحنات السابقة.

٢- التأكيد على جميع أطراف عملية النقل والتوزيع على الاحتفاظ بالسجلات التى يمكن بها الرجوع إلى أى لوط من المنتج.

## ما تجب مراعاته بشأن محطات التعبئة وإجراءات الصحة العامة بعد الحصاد

قد تتم تعبئة المنتج فى الحقل مباشرة ليصل إلى الأسواق دون التعرض لأى معاملات تداول إضافية، وقد ينقل إلى محطة التعبئة حيث يمكن أن يتعرض للتلوث الميكروبي من العاملين، والمعدات، وغرف التخزين المبرد، ومواد التغليف، والماء الذى يُعامل به المنتج؛ مما يتطلب تطبيق إجراءات الصحة العامة فى كافة المراحل التى يتعرض لها المنتج بعد الحصاد لمنع تلوثه ميكروبياً.

إن محطات التعبئة المصممة جيداً تكون فيها العمل بإدارة مركزية تقلل معها فرصة حدوث التلوث الميكروبي، ومما تجب مراعاته فى هذا الشأن ما يلى،

١ - تصميم جميع الأسطح التى يتم تداول المحصول عليها، وكذلك الأجهزة بطريقة تسمح بتقليل الأضرار على المحصول إلى حددها الأدنى، وتسهيل الوصول إليها فى عمليات التنظيف والتطهير.

٢- وضع برنامج تنظيف وتطهير لجميع الأسطح التى يتلامس معها المنتج.

٣- التخلص من الأتربة ومخلفات المحصول من عبوات الحصاد وعبوات الشحن والشاحنات بعد كل استعمال. على أن يتم ذلك خارج محطة التعبئة وبعيداً عن أى مصدر للمياه.

- ٤- تنظيف البالتات والحاويات والعبوات الكبيرة bins قبل استعمالها.
- ٥- وضع وتنفيذ برنامج لمكافحة الآفات.
- ٦- منع الطيور وغيرها من الكائنات التي قد تحدث تلوثاً من تلوين أجهزة التعبئة وأماكن العمل والتخزين.
- ٧- تخزين العبوات الفارغة غير ملائمة للأرضيات أو للتربة وبأى طريقة تحميها من التلوث الميكروبي.

### ويعرض - فيما يلي - لأهم إجراءات الصحة العامة التي يتعين مراعاتها داخل محطات التعبئة.

#### إجراءات الصحة العامة للعاملين:

يتعين على جميع العاملين ارتداء قفازات وغطاء شبكي لشعر الرأس وبلاطى (سَمَق أو smock)، مع مراعاة ومراقبة كافة إجراءات النظافة والصحة العامة عليهم. ويجب توفير مراحيض قياسية وأماكن لغسيل الأيدي. كذلك توفير أماكن لتنظيف الأحذية لتقليل كمية الأتربة والتلوث. ويجب تدريب العمال على إجراءات النظافة والصحة العامة قبل تشغيلهم، مع استمرار ذلك بانتظام بعد ذلك، مع توثيق كافة دورات التدريب.

#### الماء المستعمل في محطات التعبئة:

يجب أن يكون كل الماء الذى يتلامس مع المنتج - سواء فى الغسيل، أم فى التبريد المائى hydrocooling، أم فى التبريد بالتفريغ vacuum cooling - صالحاً للشرب. ولتحقيق ذلك يجب أن يحتوى الماء المستعمل على ٢-٧ أجزاء فى المليون من الكلورين وأن يتراوح رقمه الأيدروجينى (الـ pH) بين ٦، و ٧. ويُسمح بزيادة تركيز الكلورين الكلى إلى ٢٠٠ جزء فى المليون، إلا أن تركيز ٥٠-١٠٠ جزء فى المليون يعد كافياً إذ يتراوح الـ pH بين ٦، و ٧. وعلى الرغم من أن الكلورين يمنع تلوث المنتج عند ملامسته للماء، إلا أنه لا يعقمه. كذلك فإن غسيل المنتج بماء صالح للشرب يخفض أعداد الكائنات الدقيقة المتواجدة عليه إلا أنه لا يُزيل كل البكتيريا.

إن جودة الماء المستعمل في جميع مراحل تداول المنتج بعد الحصاد هي العامل الأهم لجودة المنتج، ولذا .. يجب مراعاة ما يلي:

- ١- اتباع برنامج ال GMP لتأكد من جودة الماء المستعمل في كل المراحل.
- ٢- استعمال المركبات الكيميائية المضادة للميكروبات في الحدود المسموح بها.
- ٣- يُعطى اهتماماً خاصاً للمياه التي تخزن في تانكات وتلك التي يعاد استعمالها.
- ٤- التأكد من نظافة وتطهير معدات التبريد.
- ٥- نقل وتخزين واستعمال الثلج بصورة صحية.

#### المعدات:

يجب تنظيف كافة الأسطح التي يلامسها المنتج (مثل السيور المتحركة وتانكات الغمر ... إلخ) وتطهيرها على فترات منتظمة بمركبات معتمدة. ويمكن لهذا الغرض استخدام محلول كلورين بتركيز ٢٠٠ جزء في المليون. ويتعين تنظيف الأجزاء المراد تطهيرها - قبل تطهيرها - بصورة جيدة للتخلص من أي مواد عضوية أو أتربة.

#### مواد التغليف:

يجب أن تكون جميع مواد التغليف مصنعة من مواد معتمدة للاستعمال مع الأغذية لضمان خلوها من المركبات السامة التي يمكن أن تتسرب منها إلى المنتج المغلف. وقد تتواجد المركبات السامة في مواد التغليف التي حُصل عليها بإعادة تدوير مواد سابقة. ويجب تخزين العبوات مثل الكراتين والأكياس البلاستيكية في مخازن مغلقة لحمايتها من الحشرات والقوارض، والأتربة، والقاذورات، ويفضل استعمال الأوعية البلاستيكية لسهولة تنظيفها، بينما يستحيل - مثلاً - تنظيف الأوعية الخشبية.

#### المخازن الباردة:

يجب تنظيف وتطهير المخازن المبردة وكافة الأجزاء الخاصة بها، مثل ملفات التبريد، وأواني تجميع قطرات التبريد refrigeration drip pans، ومراوح الدفع الجبرى للهواء، وقنوات الصرف، والأرضيات والحوائط، على أن يتم ذلك على أساس منتظم.

## الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضر والفاكهة

هذا علماً بأن البكتيريا *Listeria monocytogenes* يمكنها التكاثر فى المخازن المبردة، ويمكن أن تلوث المنتج إذا ما حدث تكثف من وحدات التبريد، أو إذا ما تساقطت قطرات الماء من الأسقف على المنتج. ويمكن لهذه البكتيريا الممرضة للإنسان أن تصل بسهولة إلى الحوائط وقنوات الصرف وإلى جهاز التبريد، ولذا .. يتعين استهداف تلك الأماكن - خاصة - بإجراءات التطهير.

### ما تجب مراعاته بشأن المنتجات الطازجة سابقة التجهيز

إن المستهلك يتوقع أن تكون الخضر والفاكهة الطازجة السابقة التجهيز fresh-cut آمنة تماماً للاستهلاك، وأى ضرر قد يحدث لأى مستهلك يمكن أن يؤدي إلى وقف نشاط الشركة، سواء أكان ذلك من خلال توقف الجمهور عن شراء منتجاتها، أم بسبب التعويضات التى قد تكون الشركة مطالبة بسدادها بأوامر قضائية. ومن الطبيعى أن إنتاج منتج آمن تماماً يعنى زيادة كبيرة فى تكلفة إنتاجه. ويتطلب الأمر البدء بإجراءات الجاب فى العملية الإنتاجية من قبل وصول المنتج إلى المصنع.

وتتعرض المنتجات الطازجة السابقة التجهيز لأضرار كبيرة فى أنسجتها من جراء عمليات التقشير والتقطيع والبشر وعمل الشرائح ... إلخ. كما أن نفس هذه العمليات يمكن أن تنقل مسببات أمراض الإنسان من سطح المنتج إلى أنسجته الداخلية. وتوفر الخلايا المضارة والسوائل الخلوية التى تنطلق منها بيئة مغذية جيدة للنمو الميكروبي. ويعد إبقاء تلك المنتجات فى حرارة منخفضة حتى توزيعها أمراً ضرورياً للمحافظة على جودتها؛ ذلك لأن الحرارة المنخفضة تقلل التفاعلات الإنزيمية وتبطئ بشدة تكاثر الكائنات الدقيقة التى تفسد المنتج. كذلك تبطئ الحرارة المنخفضة تكاثر معظم مسببات أمراض الإنسان ما عدا *Listeria monocytogenes*، وأنواع أخرى قليلة يمكنها النمو فى الحرارة المنخفضة ولو ببطء.

يجب أن يكون التركيز فى تلك المنتجات على منع التلوث بمسببات أمراض الإنسان، وأفضل طريقة لذلك هى تطبيق برامج الجاب GAP، والـ GMP، والـ SSOP

(والأخير هو برنامج Sanitation Standard Operating Procedures). وأحياناً الهاسب HACCP. علماً بأن الهاسب يحدد النقاط المحتملة للتلوث الميكروبي ويضمن التحكم فى تلك المخاطر ومراقبتها.

إن التنظيم والإدارة الجيدين لمواقع تجهيز الخضار والفاكهة الطازجة للمستهلك يسهمان فى الحد من التلوث الميكروبي، ويمكن أن يؤدى التأخير أو التوقف – ولو لفترة قصيرة – فى عمليات النظافة العامة والتطهير إلى انتشار مسببات الأمراض إلى الجزء المأكول من المنتجات.

### **وبرأى بالنسبة لتلك المنتجات ما يلى،**

- ١- لا تستعمل سوى الثمار عالية الجودة التى لا توجد بها جروح مفتوحة أو عيوب ربما تكون قد سمحت للبكتيريا بالنفاذ إلى داخلها، كما يجب تجنب الثمار التى توجد بها بقع غائرة أو متحللة.
- ٢- يجب أن يكون مسار المنتج أثناء تجهيزه فى خط مستقيم، فلا يجب أن يمر المنتج الداخل للمصنع على منتج سبق غسيله أو تجهيزه. ومن الأفضل أن تكون أماكن التعبئة معزولة فيزيائياً عن أماكن الاستعمال والتشغيل.
- ٣- يجب ألا يكون مسار حركة العاملين ونشاطهم بين مكان الاستقبال ومكان التعبئة.
- ٤- لا يجب أبداً تداول الثمار غير النظيفة والثمار المقطعة بنفس اليد العاملة سواء أكانت بقفازات أم بدونها.
- ٥- الاهتمام باستعمال المطهرات الكيميائية المسموح بها بالتركيزات الموصى بها. مع مراقبة التركيز بصورة دائمة.
- ٦- الاهتمام بمصادر المياه المستخدمة وجودتها.

### **ما تجب مراعاته بشأن النبت البذرى**

يعد النبت البذرى seed sprouts الذى يؤكل طازجاً أحد مصادر الأمراض للإنسان؛ ذلك لأن مسببات أمراض الإنسان البكتيرية التى قد تتواجد بأعداد منخفضة

## الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضار والفاكهة

جداً على البذور قبل تنبيتها قد تتضاعف إلى مستويات عالية جداً فى خلال 3-5 أيام من عملية التنبيت. هذا مع العلم بأن المسببات المرضية يمكن أن تبقى على سطح البذور لعدة شهور. ولقد حدثت حالات مرضية كثيرة جراء استهلاك النبت البذرى لكل من البرسيم الحجازى، والفجل. والفاصوليا. ويمكن الحد من احتمالات تلك الإصابات المرضية بنقع البذور فى محلول كلورين بتركيز 20 ألف جزء فى المليون وهو تركيز مسموح به للبذور قبل استنباتها. كذلك يمكن اختبار ماء التنبيت - قبل حصاد النبت - لكل من الـ *Salmonella*، والـ *E. coli* O157:H7، والـ *L. monocytogenes*.

### ما تجب مراعاته بشأن النقل والتخزين فى أسواق الجملة

يفضل دائماً نقل المنتج فى شاحنات مبردة، مع خفض الحرارة إلى أدنى مستوى يمكن أن يتحملة المنتج. ويجب تنظيف وسائل النقل جيداً وتطهيرها بانتظام. كما يجب عدم استخدام أى وسائل نقل سبق استخدامها فى نقل حيوانات حية أو منتجات حيوانية أو مواد سامة فى شحن المنتجات الطازجة.

أن التصميم الجيد للمخازن ومراكز التوزيع بأسواق الجملة وإدارتها الجيدة يفيد كثيراً فى المحافظة على جودة المنتج وسلامته من التلوث الميكروبي، وإن مجرد الإهمال - ولو لفترة وجيزة - فى أعمال النظافة العامة والتطهير يؤدي إلى سرعة انتشار أى تلوث فى كل المكان، كما أن التخزين المختلط للمنتجات قد يؤدي - كذلك - إلى انتشار التلوث من منتج واحد إلى العديد منها، خاصة عندما يستعمل الثلج فى التبريد؛ الأمر الذى يتطلب فصل المنتجات التى تتعرض للبلل عن تلك التى تبقى جافة واستعمال حواجز طاردة للرطوبة بين مختلف المنتجات المتواجدة معاً.

### خطط الاسترجاع والسحب

تعد خطط الاسترجاع traceback والسحب من الأسواق recall خط الدفاع الأخير فى حالات الطوارئ لأمان الغذاء؛ حيث يمكن عن طريقها التعرف على التاريخ الكامل لأى شحنة أو جزء من شحنة من المنتج وإمكان سحبها من الأسواق - عند الضرورة -

بسرعة وسهولة (عن Gorny & Zagory ٢٠٠٤، و T.V. Suslow – جامعة كاليفورنيا – ديفز ٢٠٠٧ – الإنترنت).

### الجاب (الممارسات الزراعية الجيدة)

تتضمن متطلبات الممارسات الزراعية الجيدة Good Agricultural Practices (اختصاراً: جاب GAP) ثمانى مبادئ لأجل أمان الغذاء تُراعى أثناء الإنتاج. والحصاد، والتداول، والنقل للمنتجات الطازجة، وتهدف تلك المبادئ إلى منع تلوث المنتجات بمسببات أمراض الإنسان.

#### والمبادئ الأساسية للجاب هي كما يلي،

- ١- يُفضل اتخاذ الإجراءات التى تمنع التلوث الميكروبي عن الاعتماد على المعاملات التى قد يمكن اتخاذها لمعالجة الأمر إذا ما حدث التلوث.
- ٢- لأجل تقليل مخاطر التلوث الميكروبي للمنتجات الطازجة، يجب على المنتجين والقائمين على تداول المحصول وتعبئته اتباع مبادئ الجاب فى الجوانب التى يمكنهم التحكم فيها دون زيادة الأخطار الأخرى للغذاء والبيئة.
- ٣- إن كل شئ يلامس المنتج الطازج يمكن أن يلوثه، وأكبر مصادر التلوث تأتي من مخلفات الإنسان والحيوان.
- ٤- إذا ما لامس الماء المنتج الطازج، فإن مصدره وجودته يُمليان احتمالات تلوث المنتج.
- ٥- تتعين إدارة ممارسات استعمال الأسمدة العضوية الحيوانية، وتلك التى تحضر من مخلفات المدن بعناية؛ لأجل تحجيم احتمالات التلوث الميكروبي للمنتج الطازج.
- ٦- اتباع الإجراءات الصحية مع العاملين فى الإنتاج، والحصاد، والتداول، والنقل.
- ٧- الالتزام بكافة القوانين وإجراءات الجاب فى الدول التى يُصدّر إليها المحصول.

## الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضر والفاكهة

٨- مراعاة كافة الإجراءات التي تكفل تتبع مسار أى منتج أو أى شحنة منه فى جميع الخطوات التى مر بها سابقاً. وصولاً إلى الحقل والمعاملات الحقلية التى خضع لها، وهو ما يعرف باسم traceability (Gorny & Zagory ٢٠٠٤).

ومن بين متطلباته الجاهز - والتي أسلفنا الإشارة إلى بعضها ضمن تناولنا لموضوع متطلبات الأمان الصحي، فى منتجاته الخضر والفاكهة الملائمة - متطلبات تتعلق بمختلف جوانبه إنتاج وتداول المحاصيل، نمتعرضها فيما يلى (GAP ٢٠٠٨).

### ماء الري

إذا كان الري بطريقة الرش فإن الماء المستعمل فى الري يجب ألا تزيد فيه أعداد خلايا البكتيريا *E. coli* عن ٢,٢ لكل مليلتر، علماً بأن التوقف عن الري السطحي لمدة خمسة أيام - على الأقل - قبل الحصاد يساعد فى التقليل كثيراً من أعداد المسببات المرضية على الأسطح النباتية.

### العاملين

هناك أمور كثيرة تتعلق بالعاملين ضمن متطلبات الممارسات الزراعية الجيدة، منها ما يلى:

١- تدريب العاملين الجدد باستمرار على إجراءات الصحة العامة، وكيفية منع التلوث الميكروبي للمنتجات التى يعملون عليها، وكذلك تذكير قدامى العاملين - على فترات - بتلك الإجراءات، وعلى أن يكون التدريب عملياً وبلغة واضحة ومفهومة للجميع. وكذلك توفير لافتات بالتعليمات فى مختلف الأماكن التى تتطلب ذلك.

٢- يجب أن ينمى فى العاملين صفة تحمل المسؤولية فيما يتعلق بالأمان الغذائى.

٣- توثيق كافة برامج التدريب. وسياسات التطهير، وإجراءات الصحة العامة، وجعلها متاحة للعاملين.

٤- منع العاملين المرضى من العمل لحين شفائهم، ونقل المجروحين للعمل فى مواقع لا تتطلب ملامستهم للمنتج لحين التئام جروحهم.

٥- تدريب العاملين على كيفية غسيل أيديهم ومتى يتعين غسلها. فغسيل الأيدي يجب أن يتم باستعمال الماء الدافئ والصابون الخالي من الروائح العطرية. فتدعك الأيدي بالصابون لمدة ١٥ ثانية مع الاهتمام بالأظافر وما تحتها، ثم تشطف الأيدي باستعمال ماء جارٍ دافئ. ثم تجفف باستعمال مناشف ورقية لا يُعاد استخدامها. ويجب غسيل الأيدي قبل بدء العمل، وبعد أى فترة غياب عن موقع العمل، وبعد التمشط أو لمس الوجه. وبعد استعمال دورة المياه، وبعد فترات الراحة. وكذلك بعد التعامل مع منتجات لم تنظف بعد، وبعد صيانة أى معدات أو بعد الإمساك بأى شئ من على الأرض.

٦- توفير عدد كافٍ من دورات المياه الصالحة للاستعمال فى كل من الحقل ومحطات التعبئة.

٧- توفير أغطية للرأس وللذقون الطويلة، وهو أمر مناسب لمحطات التعبئة ولكنه إجبارى فى مصانع المنتجات الطازجة المجهزة للاستعمال.

٨- ضرورة ارتداء العاملين لباس نظيف يوميةً، يكون خاليًا من العرق والأتربة، أو على الأقل توفير بلاطى نظيفة لاستعمال العاملين فوق ملابسهم. ويلزم وضع تلك البلاطى فى مكان نظيف خارج دورات المياه عند استعمال العاملين لها.

٩- إذا ارتدى العاملين قفازات فإنها يجب أن تغير فى نفس الأوقات التى تتطلب غسيل الأيدي حتى لا تصبح مصدرًا للتلوث الميكروبي.

١٠- وضع إجراءات للنظافة والصحة العامة للعاملين بالحقل، ومن بين ما يجب أخذه فى الاعتبار منع تناول الأطعمة والتدخين، ومنع التخزين المؤقت للأغذية فى الحقل، وعدم وقوف العمال داخل عبوات الحقل الكبيرة bins، وعدم استخدام الأظافر فى تنظيف المنتجات.

١١- توفير أماكن مناسبة للعاملين لأجل الراحة وتناول الطعام.

### المراحيض الصحية

من بين ما تتطلبه الممارسات الزراعية الجيدة بشأن المراحيض الصحية . ما يلي :

١- ضرورة توفير مرحاض واحد - على الأقل - لكل ٢٠ عامل من كل جنس أو لكل عدد أقل من العشرين، وأن تكون هذه المراحيض ثابتة أو يمكن نقلها حسب الحاجة والظروف.

٢- ضرورة توفير أماكن لغسيل الأيدي بنفس عدد المراحيض يتوفر فيها ماء صالح للشرب، وصابون بدون رائحة، ومناشف ورقية لا يُعاد استخدامها. ويجب أن يكون الصابون سائلاً لكي لا يحدث انتشار لأي تلوث جراء تداول الصابونة الواحدة بواسطة عدة عاملين. كذلك يجب أن تتوفر المناشف الورقية فى وعاء خاص dispenser يسمح بجذبها واحدة بعد أخرى. ويجب أن يوضع نظام لتزويد المراحيض وأماكن غسيل الأيدي بالماء النظيف بصورة مستمرة، وللتخلص من المخلفات بطريقة آمنة، مع عمل اللازم لتمكين سيارات تجميع مياه المجارى من الوصول إلى أماكن المخلفات.

٣- يجب أن تكون المراحيض مزودة بوسيلة لغلقتها من الداخل ضماناً للخصوصية.

٤- يجب أن تتوفر المراحيض فى أماكن قريبة من العاملين فلا تبعد عنهم بأكثر من ٤٠٠ متر. وأن يمكنهم استخدامها فى أى وقت أثناء العمل حتى لا يضطرون لقضاء حاجتهم فى الحقل أو قريباً منه.

٥- ضرورة تنظيف المراحيض بصورة دورية، مع ارتداء العمال القائمين بتنظيفها ملابس تقيهم من التلوث الميكروبي. ويجب أن يتضمن التنظيف إزالة المخلفات ودعك وغسيل الأرضيات والحوائط والمراحيض بالماء والصابون مع استعمال المطهرات، ثم التجفيف. وعلى أن تستعمل فى التنظيف معدات تخصص لهذا الغرض لا تستعمل فى أى غرض آخر.

٦- ضرورة توفير ماء الشرب بالقدر الكافى وفى درجة الحرارة المناسبة لجميع العاملين حتى لا يضطرون إلى جلب المشروبات إلى الحقل أو محطة التعبئة. كما يجب أن يتوفر الماء من مبردة أو فى أكواب لا يُعاد استخدامها.

٧- ضرورة توثيق كل ما يتعلق بالمراحيض وأماكن غسيل الأيدي وتوفير الماء المستخدم فيها واختبارات جودته. وإجراءات تنظيفها ... إلخ.

### إجراءات النظافة والصحة العامة الحقلية

من بين إجراءات النظافة والصحة العامة الحقلية التي تتطلبها الممارسات الزراعية الجيدة، ما يلي:

١- استخدام أوعية يمكن غسلها وتنظيفها بسهولة مثل الأوعية البلاستيكية، مع التخلص التدريجي من كل ماعدا ذلك من الأوعية الخشبية، ومختلف المنسوجات التي يصعب تنظيفها. يجب أن تكون الأوعية مصنوعة من مواد غير سامة وأن تكون خالية من مواد مثل المسامير والدبابيس.

٢- ضرورة فحص العبوات واستبدال التالف منها بصورة منتظمة.

٣- تنظيف العبوات وتطهيرها بإجراءات قياسية تتضمن الغسيل بالمنظفات الصناعية، ثم الشطف بالماء، ثم التطهير بهيبوكلوريت الصوديوم، ويفضل أن يتم ذلك باستعمال خرطوم تحت ضغط. ويجب ترك الأوعية لتجف في الشمس.

٤- وضع نظام ثابت لتنظيف المعدات والأدوات المزرعية وتوثيق ذلك حتى لا تصبح مصدراً لانتشار التلوث. ويتضمن ذلك كل المعدات الكبيرة، والمناضد، والسلال، ومواد التعبئة، والدلاء، والفرش ... إلخ. ونظراً لأن الشحوم التي تستخدم في تشحيم المعدات يمكن أن تشكل مصدراً للتلوث الميكروبي فإنه يفضل استعمال الشحوم التي تحتوى على مضادات ميكروبية مثل بنزوات الصوديوم.

٥- ضرورة تنظيف وتطهير مخازن المنتجات الزراعية قبل استعمالها، مع التأكد من خلوها من القارضات والحشرات وعدم وصول الطيور إليها، ويلزم وضع مصاد لهذا الغرض.

### إجراءات الصحة العامة فى محطات التعبئة

من بين إجراءات الصحة العامة التي تتطلبها الممارسات الزراعية الجيدة فى محطات التعبئة، ما يلي:

## الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضّر والفاكهة

١- يجب أن تصمم المحطة بطريقة لا تسمح بحدوث تلوث داخلي فيها؛ فيلزم أن يمر المنتج فيها في خط مستقيم يبدأ من أحد جانبيها بوصول المنتج غير المغسول إلى أن نصل إلى المنتج المجهز النهائي في الجانب الآخر، وبذا يبقى المنتج المجهز وغير المجهز منعزلين عن بعضهما البعض، فلا يلامسان - أبداً - نفس الأسطح ولا يتلامسا مع بعضهما البعض.

ويجب أن تكون الأرضيات منحدرّة قليلاً لتسمح بصرف الماء السطحي، وأن تزود بالوعات الصرف بأغطية يمكن رفعها لغرض غسلها وتطهيرها. كما يجب إصلاح أى شقوق أو انخفاضات في الأرضيات في الحال لمنع تجمع الكائنات الدقيقة والمخلفات فيها.

أما مواسير الصرف فيجب أن تكون من مواد غير قابلة للصدأ.

ويجب فصل أماكن الصيانة عن أماكن تجهيز المنتجات.

٢- ضرورة وضع برنامج لفحص العبوات الحقلية بمختلف أحجامها بصورة دورية، مع إعطاء أهمية خاصة للخشبية منها. مع العمل على استبدالها تدريجياً بأخرى بلاستيكية.

٣- ضرورة توثيق برنامج فحص العبوات الحقلية واستبدال الخشبية منها حسب الضرورة.

٤- ضرورة غسل العبوات الحقلية وتطهيرها بصورة دورية.

٥- ضرورة تدريب العاملين في محطة التعبئة على كيفية خفض مخاطر التلوث الميكروبي.

٦- ضرورة أن يكون الماء المستعمل في محطة التعبئة نظيفاً وخالياً من الميكروبات الضارة. ويجب التخلص من كل الشوائب التي توجد في الماء الذي يُعاد استعماله لأن استخدام المطهرات لا يكون مجدداً معه إن كان به بعض المخلفات العضوية.

٧- ضرورة حماية المنتج من التلامس مع الأجهزة تجنباً لحدوث أى تلوث ميكروبي.

٨- ضرورة تصميم الأجهزة بحيث يكون من السهل تنظيفها؛ فلا يوجد بها أماكن يمكن أن تتجمع فيها المخلفات الدقيقة أو يصعب الوصول إليها لتنظيفها وتطهيرها، وأن يكون من السهل فك بعض أجزائها لتنظيفها ثم إعادة تركيبها.

٩- ضرورة بقاء الرفاعات الشوكية وحاملات البالطات نظيفة لأنها قد تتلامس مع المنتجات.

١٠- ضرورة بقاء أوعية القمامة مغطاة.

١١- توفير مسافة لا تقل عن ٤٥ سم بين البالطات أو حوافها والحوائط، ليتمكن فحص المكان.

١٢- ضرورة تنظيف الأجهزة وفحصها تبعاً لبرنامج وإجراءات توضع لهذا الغرض.

١٣- ضرورة إجراء التنظيف - دائماً - قبل أى عملية تطهير.

١٤- ضرورة تنظيف وتطهير معدات النظافة ذاتها، ويستخدم في تطهيرها تركيزات عالية من المطهرات مثل ٦٠٠-١٠٠٠ جزء في المليون من الكلورين، مع تخزينها جافة.

١٥- استعمال شحومات للأجهزة من تلك التى تستخدم مع الأغذية food-grade، مع إضافة مطهر لها. ويراعى عدم الإفراط فى تشحيم المعدات، وخاصة تلك التى تقع فوق خط التعبئة.

١٦- ضرورة مكافحة الآفات (مثل القوارض والطيور والحشرات) تبعاً لبرنامج محدد وموثق يتضمن جدولاً للفحص الدورى وكيفية تسجيل نتائج الفحص، مع ضرورة بقاء محطة التعبئة مغلقة معظم الوقت وأن تكون أبوابها ونوافذها محكمة الإغلاق وعليها سلك ذا شبكية دقيقة، وأن يتم إصلاح أى شقوق فى الحال.

١٧- إجراء ما يعرف بالتطهير البيئى environmental sanitation تبعاً لبرنامج موثق، وهو يتضمن خطة النظافة العامة للحجرات وما بالمحطة من أشياء ثابتة، وأجهزة، وعلى أن يشتمل التنظيف والتطهير الأرضيات والحوائط والأسقف.

١٨- ضرورة أخذ عينات من المنتج للفحص الميكروبى بصورة دورية، على أن يتم

## الفصل الأول متطلبات الإنتاج الآمن صحيًا من الخضر والفاكهة

ذلك بطريقة ملائمة - فيقوم بجمع العينة عاملاً يرتدى ملابس نظيفة وقفازات معقمة لا يُعاد استخدامها. وعلى أن تؤخذ العينات بطريقة لا تسمح بحدوث أى تلوث، وأن ترسل العينات للفحص سريعاً قبل أن تتكاثر فيها الميكروبات.

١٩- ضرورة تخزين مواد التعبئة بطريقة لا تعرضها للتلوث الميكروبي.

٢٠- ضرورة تنظيف وتطهير أجهزة التبريد وحجرات التبريد بصورة دورية، مع الاهتمام بمكافحة البكتيريا *L. monocytogenes* التى تتكاثر - خاصة - فى البيئة المبردة.

٢١- ضرورة المحافظة على النظافة العامة فى الحوائط الخارجية لمحطة التعبئة والمساحة المحيطة بها.

٢٢- ضرورة توفير إجراءات النظافة والتطهير فى مكان تحميل البالتات حتى لا يحدث تلوث جراء ملامستها لأرضية غير نظيفة.

٢٣- ضرورة نظافة وتطهير الشاحنات والحاويات من الداخل لمنع التلوث الميكروبي أثناء الشحن.

### المنظفات والمطهرات

يراعى بشأن استخدام المطهرات والمعقمات ما يلى:

١- أن تكون حرارة الماء المستخدم فى حدود ٦٠-٧٠°م؛ فتلك الحرارة تكون أكثر فاعلية. علماً بأن الحرارة الأعلى ترسب معها الأملاح فى الماء العسر ولا تكون مأمونة العواقب بالنسبة للعاملين.

٢- ضرورة التنظيف السطحى - دائماً - قبل استعمال أى مطهر.

٣- ضرورة توفر وسيلة لتحديد تركيز المطهرات.

٤- ضرورة تدريب العاملين على كيفية استعمال المطهرات والمعقمات.

٥- ضرورة تعريف العاملين بأخطار المواد الكيميائية المستعملة فى التطهير.

٦- ضرورة تخزين كل المركبات الكيميائية في مكان آمن يمكن إحكام غلقه، وأن يكون وضعها على حوامل وليس على الأرض أو على رفوف (GAP ٢٠٠٨).

### الأساليب التصنيعية الجيدة (الجي إم بي)

إن اتباع الأساليب التصنيعية الجيدة Good Manufacturing Practices (اختصاراً: GMP) يعطى للمستهلك تأكيداً بأن الغذاء المعد للاستهلاك الآدمي آمن وأنه تم تحضيره، وتعبئته، وحفظه بطرق وفي ظروف صحية. وتعد قواعد الـ GMP إجبارية بالنسبة لصناعات المنتجات الطازجة السابقة التجهيز fresh-cut produce، ولكنها اختيارية بالنسبة لمحطات التعبئة والعمليات الحقلية التي تتعامل مع المنتج الكامل غير المجهز. ومع ذلك فإن تطبيقها حتى في محطات التعبئة يفيد كثيراً في زيادة الأمان الغذائي.

### ونقدم - فيما يلي - بياناً ببعض جوانبه ومتطلباته الأساسية التصنيعية الجيدة

#### الأفراد

إن الأفراد العاملين في مصانع الأغذية يمكن أن يكونوا مصدراً هاماً للتلوث الميكروبي، ويدخل ضمن ذلك العاملين في مجالات الإنتاج والصيانة والإشراف والإدارة. ومن مسؤوليات إدارة المصنع توعية وتعليم وتدريب جميع العاملين فيه بكيفية التداول الصحي للأغذية. ويجب على جميع العاملين المصابين بالإسهال أو التقيؤ أو التقرحات الجلدية أو الحمى أو أى مرض إخبار رؤسيتهم بذلك وأن لا يسمح لهم بالعمل إلى حين شفائهم. ويجب أن يرتدى جميع العاملين بلاطى نظيفة وأن يقوموا بغسل أيديهم جيداً قبل دخولهم مكان تصنيع الغذاء، وخاصة بعد دخول المراحيض. ولا يسمح باستعمال أى مجوهرات (أقراط وخواتم وسلاسل) أو أقلام أو ساعات يد في مكان تصنيع الغذاء، نظراً لأنها قد تسقط من العامل في الغذاء دون أن يدري، كما يجب على الجميع ارتداء طواقى للشعر hair restraints.

### المباني

يجب إنشاء مصانع تجهيز الأغذية ومحطات التعبئة بطريقة تسمح بانفصال الأنشطة التي تتداول فيها الأغذية عن البيئة الخارجية. فيجب أن لا يحتوى المبنى نفسه على أى فتحات أو ثغرات يمكن أن تسمح بدخول القوارض أو الحشرات أو الطيور. كما يجب أن تكون الأرضيات المحيطة بالمبنى خالية من الركام المتروك مثل الأجهزة والبقايا النباتية والمخلفات الحيوانية. ويجب أن تكون تلك الأرضيات مبلطة وتتوفر بها وسائل صرف المياه حتى لا تتراكم فيها. كذلك يجب ألا يمر بالمبنى أى طرق ترابية أو غير أسفلتية. ويراعى الحد من النمو النباتى الكثيف بالقرب من المبنى حتى لا يكون مرتعاً لتكاثر القوارض. كما يجب وضع مصائد للقوارض فى محيط الأرض المحيطة بالمبنى مع فحصها بانتظام.

إن أهم عامل يجب أن يتوفر فى تصميم مصانع تجهيز الأغذية ومحطات الأغذية ومحطات التعبئة هو توفر مساحات كافية لعمليات الصحة العامة؛ فهى يجب أن تصمم بطريقة تسمح بسهولة تنظيفها وتطهيرها. يجب أن تكون الأرضيات والحوائط والسقف من مواد يسهل تنظيفها وغير قابلة للصدأ؛ وأن تخضع لصيانة مستمرة. يجب أن تكون أركان الأرضيات عند تقابلها مع الحوائط مستديرة قليلاً ليسهل تنظيفها. كما يجب أن تكون الأرضيات من الخرسانة أو القرميد ليتمكنها تحمل مرور الآليات عليها، وتحمل مواد التنظيف المستعملة معها. ويجب أن تكون كل الأجهزة المستعملة مصنوعة من صلب لا يصدأ. كما يجب ألا تكون أى تجهيزات مثل المواسير والمصابيح الكهربائية... إلخ معلقة فوق أماكن العمل وأن تقل الأسطح الأفقية لتلك التجهيزات لخفض تراكم الأتربة وتكثف الماء عليها.

ويفضل دائماً أن تكون تلك التجهيزات خافية عن العين تحت سقف منخفض. كما يجب أن تُمدَّ كل الخراطيم والمواسير والتوصيلات الكهربائية رأسياً من السقف حتى لا توفر أسطحاً أفقية كثيرة يمكن أن تتراكم عليها الأتربة. يلزم توفير إضاءة مناسبة

مع تغطية كل اللبمبات الكهربائية لضمان عدم تلوث الغذاء باللبمبات التي قد تتعرض للكسر.

ويجب أن يكون كل الماء المستعمل في المكان عالي الجودة، وأن تكون كل توصيلات السباكة بحجم وتصميم مناسبين لإمكان تداول الكميات المرغوب فيها من المنتجات. ولتجنب تراكم الماء في الأرضيات فإنها يجب أن تكون منحدره قليلاً ومزودة بوسائل صرف للتخلص من الماء الزائد في أماكن العمل. ويجب أن تكون خطوط الصرف الصحي منعزلة عن تلك المستعملة في صرف الماء لضمان عدم تلوث مكان العمل بمخلفات الصرف الصحي في حالة حدوث أي انسدادات.

ويجب توفر عدد كافٍ من المراحيض وأحواض غسيل الأيدي لاستعمال كافة العاملين، وأن لا تفتح دورات المياه على أماكن العمل.

كذلك يجب توفر ماء ساخن صالح للشرب، وصابون بدون رائحة، ومناشف بصورة دائمة. ويتعين تعليق لافتات بتعليمات للعاملين بحتمية غسل أيديهم بعد استعمال دورات المياه. ويتعين عدم دخول العاملين دورات المياه بالقفازات أو السكاكين أو البلاطى أو غيرها من الأدوات التي تستعمل أثناء العمل، مع توفير مكان تخزين مناسب خارج دورات المياه للتخزين المؤقت لتلك الأشياء.

يتعين كذلك مرور أى هواء مستخدم فى التهوية أو التدفئة أو التبريد خلال مرشحات وأن يُدفع الهواء بامتداد الأسقف والحوائط لتبقى جافة وخالية من التكثف المائى.

### إجراءات الصحة العامة والتطهير

يعد التنظيف وإجراءات الصحة العامة من أهم العمليات فى مصانع تجهيز الغذاء ومحطات التعبئة. إن التنظيف هو التخلص من كل المخلفات والقاذورات، وإجراءات الصحة العامة هى المعاملات التى تُستخدم فيها المطهرات. ولا يمكن أن يكون التطهير

## **الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضرا والفاكهة**

فعالاً إلا إذا كانت الأسطح نظيفة. يجب تنظيف وتطهير كل الأجهزة المستخدمة بصورة دورية بواسطة أفراد مدربين ومتخصصين.

ويتكون أى برنامج للصحة العامة والتطهير من عنصرين أساسيين، هما: برنامج أساسى، وبرنامج متابعة (عن Gorny & Zagory ٢٠٠٤).

### **إجراءات التطهير والنظافة وتعزيز الصحة العامة والبيئة الصحية**

تعرف إجراءات التطهير والنظافة القياسية لتعزيز الصحة العامة والبيئة الصحية باسم Sanitation Standard Operating Procedures (اختصاراً: SSOPs)، وهى إجراءات أساسية وحتمية بالنسبة لأى عمليات يتم فيها تداول منتجات الخضرا والفاكهة الطازجة؛ لأجل تحقيق الأمان الصحى فيها من التلوث الميكروبي، وخاصة تلك التى تسبب أمراضاً للإنسان.

### **الأسس العامة**

يجب أن يكون هناك برنامجاً مكتوباً بإجراءات الصحة العامة لضمان تنظيف وتطهير كافة أماكن تداول المنتجات بانتظام. ويجب أن تتضمن الخطة أو البرنامج الأساسى الأماكن المعنية بالإجراءات. وطريقة التطهير، والأدوات والمواد التى تستخدم، ومعدل تكرار التنظيف.

**ويتضمن التنظيم والتطهير خمس خطوات، هى:**

- ١- إزالة المخلفات.
- ٢- الشطف بالماء.
- ٣- الغسيل بمسحوق للتنظيف.
- ٤- شطف ثانٍ.
- ٥- التطهير.

ومن الأهمية بمكان إجراء كافة عمليات التنظيف وإزالة المتبقيات وأجزاء الأغذية قبل أى تطهير؛ ذلك لأن المواد العضوية تثبط فعل العديد من المطهرات. فما أن تزال أجزاء المنتج الكبيرة من أى مُعدّة، فإنه يتعين غسلها بماء صالح للشرب للتخلص من الأجزاء الصغيرة، ويلى ذلك استعمال الصابون والمنظفات. كما يجب حك الأجهزة حكاً خفيفاً للتخلص من أى بقايا نباتية متصلبة عليها أو أى أغشية بكتيرية (طبقات من البكتيريا أو biofilms) قد تتواجد بها. ويجب أن تكون أنواع الصابون والمنظفات المستخدمة من تلك المسموح بها للاستعمال على الأسطح التى تلامس الأغذية. ويلى التنظيف إزالة الصابون والمنظفات بالشطف بماء صالح للشرب. ويلى ذلك تطهير الأجهزة لقتل الميكروبات، وذلك بشطف كافة الأسطح التى تلامس الغذاء بمواد قاتلة للبكتيريا، مثل الكلورين، والأيودين iodine، وال quaternary ammonia.

ويتوفر العديد من مرخمبات التنظيف والتطهير للاستخدام فى مساح تجمير الأغذية ومخاطم التعبئة، وهى تقع فى خمس فئات، كما يلى:

- ١- المواد المخيلية chelators. وهى تربط الكاتيونات والأملاح، مثل EDTA.
- ٢- القواعد alkalines، وهى منظفات ممتازة مثل أيدروكسيد الصوديوم.
- ٣- الأحماض acids، وهى تُزيل الترسبات المعدنية مثل حامض الفوسفوريك.
- ٤- المواد المبللة wetting agents، وهى مواد مستحلبة وتخترق التربة مثل alkyl sulfates.
- ٥- مطهرات sanitizers؛ وهى تقتل الميكروبات مثل هيبوكلوريت الصوديوم.

ومن أهم المطهرات الكلورين والأيودين وال quaternary ammonia compounds، وبعضها مثل ال quaternary ammonia compounds تعد أكثر فاعلية ضد بعض البكتيريا مثل *Listeria monocytogenes*، ولكنها أقل كفاءة ضد أنواع بكتيرية أخرى مثل ال *Salmonella*.

يُعد الكلورين أكثر المطهرات استخداماً علماً بأنه يُستعمل بتركيز ١٠٠-٢٠٠ جزء فى

## الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضار والفاكهة

المليون. ومن الأهمية بمكان أن يكون الماء المحتوى على الكلورين ذو pH 6-7. وأن لا يكون محتويًا على أى مادة عضوية وإلا فقد فاعليته.

### **وذلك - فيما يلي مقارنة بين بعض المطهرات الشائعة الاستخدام الكلورين:**

- جيد الفاعلية ضد البكتيريا الموجبة لصبغة جرام. مثل: الـ *lactics*، والـ *clostridia*، والـ *Bacillus*، والـ *Stephylococci*.
- من أفضل المطهرات ضد البكتيريا السالبة لصبغة جرام، مثل: الـ *E. coli*، والـ *Salmonella*، والـ *psychrotrophs*.
- من أفضل المطهرات ضد كل من الخمائر والجراثيم الفطرية والفيروسات.
- يسبب تآكل الأجهزة والمعدات.
- لا يتأثر بالماء العسر.
- يسبب التهابات للجلد عند تركيزات تزيد عن 100 جزء في المليون.
- الحد الأقصى الذى يُسمح باستعماله دون الحاجة لشطف المنتج بالماء: 200 جزء في المليون.

- تتأثر فاعليته بشدة بالمادة العضوية.
- من أرخص المطهرات.
- من السهل اختبار تواجد المادة الفعالة.
- لا يكون ثابتًا فى حرارة تزيد عن 65°م.
- لا يترك متبقيات نشطة.
- غير متوافق مع كل من الفينولات والأمينات والمعادن الطرية *soft metals*.
- فعال عند pH: 6,5، وتنخفض نسبة الكلورين النشط من 90% عند pH = 6,5، ليصبح 73% عند 7,0، و 66% عند 7,2، و 45% عند 7,6، و 21% عند 8,0، و 10% عند 8,5.

### الأيودين:

- من أفضل المطهرات فاعلية ضد البكتيريا الموجبة لصبغة جرام.
- جيد الفاعلية ضد البكتيريا السالبة لصبغة جرام.
- جيد الفاعلية ضد الخمائر والفيروسات.
- ضعيف الفاعلية ضد الجراثيم الفطرية.
- ضعيف التأثير كعامل مسبب لتآكل المعدات.
- يتأثر قليلاً بالماء العسر.
- لا يسبب التهابات للجلد عند التركيزات المستخدمة منه.
- الحد الأقصى الذي يسمح باستعماله دون الحاجة لشطف المنتج بالماء: ٢٥ جزءاً في المليون.

- يتأثر قليلاً بالمادة العضوية.
- رخيص نسبياً.
- من السهل اختبار تواجد المادة الفعالة.
- غير ثابت على حرارة تزيد عن ٦٥م.
- يترك متبقيات نشطة.
- غير متوافق مع النشا والفضة.
- لا يكون فعالاً عند  $pH = ٧.٠$ .

### ال QACs (ال Quaternary Ammonium Compounds):

- جيدة الفاعلية ضد البكتيريا الموجبة لصبغة جرام.
- ضعيفة الفاعلية ضد البكتيريا السالبة لصبغة جرام.
- جيدة الفاعلية ضد الخمائر. ومتوسطة الفاعلية ضد الجراثيم الفطرية، وضعيفة الفاعلية ضد الفيروسات.
- لا تسبب تآكل للمعدات.

## الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضر والفاكهة

- طراز A (alkyl dimethyl ammonium chloride) لا يتأثر بالماء العسر. وطراز B (methy dodecyl benzy trimethyl ammonium chloride) يتأثر بالماء العسر.
- لا نحدث التهابات بالجلد.
- الحد الأقصى الذى يسمح باستعماله دون الحاجة لشطف المنتج بالماء: ٢٠٠ جزء فى المليون.
- أقل المطهرات تأثيراً بالمادة العضوية.
- مكلفة.
- من الصعب اختبار تواجد المادة الفعالة.
- ثابتة فى حرارة تزيد عن ٦٥ م.
- تترك متبقيات نشطة.
- غير متوافقة مع المواد الناشرة الأنيونية والصابون والخشب والملابس والسليبيوز والنيلون.
- فعالة فى pH = ٧,٠.

### المواد الناشرة الأنيونية (Acid Anionic):

- جيدة الفاعلية ضد كل من البكتيريا الموجبة والسالبة لصبغة جرام والخمائر، ومتوسطة الفاعلية ضد الجراثيم الفطرية: وضعيفة التأثير ضد الفيروسات.
- ضعيفة التأثير كعامل مسبب لتآكل المعدات.
- قليلة التأثير بالماء العسر.
- تسبب التهابات بالجلد.
- الحد الأقصى الذى يُسمح باستعماله دون الحاجة لشطف المنتج بالماء: ٢٠٠-٤٠٠ جزء فى المليون حسب المادة الناشرة.
- تتأثر بعض الشئ بالمادة العضوية.
- مكلفة.
- من الصعب اختبار تواجد المادة الفعالة.

● ثابتة في حرارة تزيد عن ٦٥م.

● تترك متبقيات فعالة.

● غير متوافقة مع المواد الناشرة الكاتيونية والمنظفات القلوية.

● غير فعالة عند  $\text{pH} = ٧,٠$ .

حامض بيروكسي الخليك Peroxyacetic Acid :

● ضعيف التأثير كعامل للتآكل.

● لا يلهب الجلد.

● فعال في كل من المجالين الحامضي والمتعادل.

● يتأثر جزئياً بتواجد المادة العضوية.

● يتأثر قليلاً بعسر الماء.

● لا يترك متبقيات.

● متوسط التكلفة.

● غير متوافق مع المواد المختزلة: وأيونات المعادن، والقلويات القوية.

● الحد الأقصى للتركيز المسموح به دونما حاجة إلى الشطف بالماء: ١٠٠-٢٠٠ جزء في المليون.

● غير حساس لحرارة الماء (Edmunds وآخرون ٢٠٠٨).

### برنامج المتابعة

تجب متابعة كفاءة العاملين في مجال الصحة العامة والتطهير بصورة دورية قبل التشغيل يومياً للتأكد من أن كل الظروف صحية تماماً. وأول خطوات المتابعة هي بالفحص العيني للكشف عن بقايا الأغذية أو المواد الغريبة في معدات التشغيل. وبخاصة في الأماكن التي يصعب تنظيفها، مثل الأسطح السفلية للسيور المتحركة وآلات التقشير. هذا .. إلا أن الفحص العيني ليس كافياً.

## الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضار والفاكهة

ويتعين تقدير المحاد الميكروبيات المتبقية على الأجهزة - بصورة منتظمة -  
بأحد ثلاث طرق كما يلي،

١- طريقة لمس السطح بطبق بترى :

يستخدم لهذا الاختبار أطباق بترى أو أغشية تحتوى على بيئة آجار خاصة لنمو  
نوعيات معينة من الميكروبات. يضغط طبق بترى أو الغشاء على السطح الذى يمكن أن  
يلامسه الغذاء. ويسجل المكان. ويلى ذلك تحضين الطبق فى المختبر، حيث يظهر النمو  
البكتيرى على الآجار إن كان هناك تلوث على السطح المختبر. ويستدل على جودة عملية  
التنظيف من قلة أعداد المستعمرات البكتيرية النامية بكل سنتيمتر مربع من سطح الآجار.

٢- طريقة مسح الأسطح:

يستخدم فى هذا الاختبار مسحة صغيرة معقمة ومبللة (تتوفر تجارياً) فى مسح  
مساحات محددة من الأسطح التى يمكن أن يلامسها الغذاء، ثم توضع المسحة فى بيئة  
مغذية سائلة وتحضناً معاً، ثم تقدر أعداد البكتيريا فى أطباق بترى.

طريقة الاستشعاع البيولوجى:

يُستفاد من طريقة الاستشعاع البيولوجى biolumescence فى الحصول على نتائج  
الفحص الميكروبي فى الحال. تعتمد هذه الطريقة على تقدير كمية الـ ATP التى تتواجد  
على الأسطح التى يمكن أن يلامسها الغذاء. يتواجد الـ ATP فى جميع الخلايا الحية؛  
ولذا .. فهو دليل جيد على تواجد المادة العضوية. يتم مسح الجهاز بالمسحة المعقمة  
المبللة كما فى الاختبار السابق، ثم تقدر كمية الـ ATP فيها باختبار كيميائى تستخدم  
فيه عدة اختبار test kit تتوفر تجارياً (عن Gorny & Zagory ٢٠٠٤).

## استراتيجيات التخلص من الحمل الميكروبي بالمنتجات الطازجة

### الغسيل مع استعمال المطهرات

إن غسيل المنتج قبل تجهيزه أمر مرغوب فيه، ولكنه لا يضمن أن يصبح المنتج خالٍ  
من التلوث الميكروبي. ولقد أظهرت الدراسات أن غسيل المنتج فى ماء بارد مكلور

يخفض أعداد الميكروبات بمقدار ١٠٠ إلى ١٠٠٠ مرة (٢ إلى ٣ log). إلا أن التخلص التام منها لا يتحقق لأن الكائنات الدقيقة تلتصق بأسطح المنتجات، وقد تتواجد في زوايا وشقوق ميكروسكوبية منعزلة على سطح المنتج.

وبعد ذلك الأمر مشكلة نظراً لأن السلالة البكتيرية *E. coli* O157:H7 يمكنها إصابة الإنسان إذا توفر منها من ١٠-١٠٠ خلية حية فقط. وإلى الآن لا توجد معاملات غسيل يمكنها التخلص التام من مسببات أمراض الإنسان من المنتجات الطازجة. كذلك فإن مياه الغسيل يمكنها – إن لم تكن كاملة النظافة – أن تكون مصدراً للتلوث الميكروبي في كل جزء من المنتج الطازج يمر على هذا الماء (عن Gorny & Zagory ٢٠٠٤).

وتؤثر خشونة سطح المنتج على معدل خفض العد الميكروبي بالغسيل؛ فنجد – مثلاً – أن الكنتالوب – ذات السطح الخشن – يكون أقل كثيراً في معدل الانخفاض في العد الميكروبي بالغسيل مقارنة بالانخفاض في العد الميكروبي في التفاح ذي السطح الناعم (Wang وآخرون ٢٠٠٧).

### التطهير بالكلورين

#### (الكلورين)

إن الاستعمال الرئيسي للكلورين هو لأجل تثبيط أو تدمير مسببات الأمراض من البكتيريا والفطريات والفيروسات التي قد تتواجد على البذور والعقل وفي ماء الري وعلى معدات الزراعة والأسطح التي تتلامس مع المحصول. كما يستخدم الكلورين على نطاق واسع في شتى معاملات ما بعد الحصاد لمنتجات الخضار (جدول ١-٥)، وهو فعال ومُتاح وليس مكلفاً.

## الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضر والفاكهة

جدول (٥-١): استعمال الكلورين كمطهر أثناء الإنتاج وحتى تسويق الخضر والفاكهة  
الطازحة (عـي Suslow ٢٠٠٨).

المستهدف بالتطهير	الطريقة	التركيز (جزء في المليون)	الكائنات الدقيقة المستهدفة	شروع المعاملة
البذور	النفق	٢٠٠-٢٠٠٠	فيروسات - بكتيريا - شائعة فطريات	
العقل	الرش - النفق	٢٠-٤٠	بكتيريا - جراثيم فطرية	محدودة
أدوات عمل العقل	الغمس - الرش	٢٥-١٠٠	بكتيريا - جراثيم فطرية - شائعة فيروسات	
أدوات التطعيم	الغمس - الرش	٢٥-١٠٠	بكتيريا - جراثيم فطرية - شائعة فيروسات	
الإكثار الآلي	شفرات تقطيع تقاوى البطاطس	٥٠-١٠٠	بكتيريا	محدودة
إنتاج الشتلات	ماء الري	١,٠-٢,٥	بكتيريا - فطريات <i>Pythium</i> وإل <i>Phytophthora</i> وإل <i>Colletotrichum</i>	محدودة
الأحذية	الغمس			
المزارع المائية	الرى - ماء الرسمة - ماء المحاليل المغذية	٢٥-٥٠	فطريات التربة	لم تعد شائعة
		٥-١٠	بكتيريا - فطريات <i>Pythium</i> وإل <i>Phytophthora</i> وإل <i>Colletotrichum</i>	محدودة
إدامة خراطيم التنقيط	الحقن	٥٠-١٥٠	إزالة أغشية النوات البكتيرية شائعة ومنع تكوينها	
تانكات الرش	الغسيل	٥٠-١٥٠	إزالة أغشية نوات الكائنات الدقيقة ومنع تكوينها	محدودة
المعدات الحقلية	الغسيل	٥٠-١٠٠	مسببات الأمراض التى تعيش رشاشات تحت ضغط فى التربة عال	محدودة

تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

تابع جدول (١-٥).

المستهدف بالتطهير	الطريقة	التركيز (جزء في المليون)	الكائنات الدقيقة	شروع المعاملة
معدات الحصاد	الغسيل	١٥٠-٥٠	البكتيريا - الجراثيم الفطرية	شائعة
ماء غسيل المنتجات	—	٤٠٠-٥٠	البكتيريا - الجراثيم الفطرية	شائعة
ماء تفريغ شحنات	—	٤٠٠-٥٠	البكتيريا - الفطريات	شائعة
المنتجات			الحمل الميكروبي السطحي	
ماء الغسيل بالرش	—	١٥٠-٧٥	البكتيريا - الحمل الميكروبي السطحي	شائعة
القفازات	الغمس	٧٥-٢٥	الميكروبات	حلت محلها محاليل الأيونين غالبًا
ثلج التبريد	معاملة مصدر ماء الثلج	٥٠-٢٥	البكتيريا الـ coliform - الفيروسات	محدودة
ماء التبريد	—	٣٠٠-٥٠	البكتيريا - الحمل الميكروبي السطحي	شائعة
أدوات التقشير	الغسيل	٢٠٠-٥٠	البكتيريا - الحمل الميكروبي السطحي	شائعة
بالحك				
الخضروات المجهزة للمستهلك	ماء الغسيل والتبريد	٢٠٠-٥٠	البكتيريا - الحمل الميكروبي السطحي	شائعة
خطوط التعبئة (السيور الناقلية - الحاشيات - الموجيات ... إلخ)	الغسيل - الرش	فوم مكلور أو ماء مكلور	منع تكوين أغشية الكائنات الدقيقة - الحد من الحمل الميكروبي	محدودة
خطوط وبشابير المست فى مراكز التوزيع والعرض بأسواق التجزئة	الحقن	١٠-٥	منع تكون أغشية الكائنات الدقيقة ومنع البكتيريا الـ coliform	شائعة
التقليم والغسيل بأسواق التجزئة	الغسيل	٥٠-٢٥	البكتيريا - الحمل الميكروبي السطحي	ليست شائعة

## الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضار والفاكهة

ودفعه - فيما يلي - بيانياً بالمسمى الموحد به لتركيبة الحنورين الطهي  
يستخدمه في تطهير مختلفات الخضار والفاكهة الطازجة (Suslow ٢٠٠٨).

التركيز (جزء في المليون)	الحصول	التركيز (جزء في المليون)	الحصول
			الخضار
٢٥٠-١٢٥	أسبرجس	١٥٠-١٠٠	خرشوف
١٥٠-١٠٠	بروكولي	٤٠٠-١٥٠	فلفل حلو
١٥٠-١٠٠	كرنب (مقطع)	١٥٠-١٠٠	كرنب بروكسل
١٥٠-١٠٠	قنبيط	٢٠٠-١٠٠	جزر
١٠٠-٧٥	أنثرة سكرية	١٥٠-١٠٠	كرفس
١٥٠-١٠٠	خيار	١٥٠-١٠٠	خضار ورقية مقطعة
١٥٠-١٠٠	خس آيس برج (مقطع)	١٠٠-٧٥	ثوم مقشر
١٥٠-١٠٠	خس (رومين)	١٥٠-١٠٠	خس (مظهر دهتي)
١٥٠-١٠٠	عيش غراب	١٥٠-١٠٠	كنتالوب
١٠٠-٥٠	البسلة السكرية	١٥٠-١٠٠	بصل أخضر
٣٠٠-٢٠٠	البطاطس (الحمراء والبنية)	٤٠٠-٢٥٠	الفلفل الحار
٢٠٠-١٠٠	القرع العسلي	٢٥٠-١٠٠	البطاطس (البيضاء)
١٥٠-٧٥	السيانخ	١٥٠-٥٠	الفجل
١٠٠-٧٥	الكوسة	١٥٠-١٠٠	البطاطا
٢٠٠-١٠٠	اللفت	٣٥٠-٢٠٠	الطماطم
		٢٠٠-١٠٠	البيام
			الفاكهة
١٠٠-٧٥	الكريز	١٥٠-١٠٠	التفاح
١٠٠-٧٥	الكوي	١٥٠-١٠٠	الجريب فروت
٢٠٠-١٠٠	البرتقال	٧٥-٤٠	الليمون الأضاليا
٣٠٠-٢٠٠	الكمثرى	١٥٠-٧٥	الخوخ - النكتارين - البرقوق

وتُطهر البذور التي تستخدم فى إنتاج النبت المأكول sprouts بالنقع فى محلول الكلورين (غالباً مع الحرارة): بهدف وقف النموات البكتيرية والفطرية عند الاستنبات. ويُسمح فى الولايات المتحدة بتطهير بذور البرسيم الججازى لهذا الغرض بالنقع فى محلول من هيبوكلوريت الكالسيوم بتركيز ٢٠٠٠٠ جزء فى المليون. وقد وجد أن هذا التركيز يؤدى فى أنواع كثيرة متباينة من البذور إلى خفض الحمل البكتيرى بمقدار ٦ لوغاريتم مقارنة بالتلوث فى البذور غير المعاملة.

وتعد بعض مسببات أمراض الإنسان - مثل الـ *Chytrsporidium* - شديدة المقاومة للكلورين، ولكن مسببات مرضية أخرى - مثل الـ *Salmonella*، والـ *E. coli*، - تعد حساسة له، ولكنها قد تتواجد فى أماكن يصعب الوصول إليها كالتشققات السطحية فى أديم الثمار. وعموماً تجب المحافظة على تركيز ٧٥-١٥٠ جزء فى المليون من الكلورين فى ماء الغسيل الذى يجب أن يكون قريباً من التعادل (pH من ٦.٥ إلى ٧.٥).

وقد كان الكلورين يستعمل فى الماضى بتركيزات عالية لاعتقاد كان سائداً بأنه لا يترك أى متبقيات فى المنتجات المعاملة به، إلا إنه تبين أنه قد يحدث أكسدة غير كاملة لبعض المواد العضوية تؤدى إلى تكوين مركبات غير مرغوب فيها مثل الكلوروفورم ( $CHCl_3$ ) أو trihalomethanes أخرى، وهى التى قد تكون مسرطنة عند تواجدها بتركيزات عالية.

ولقد أدى غمر الخس المجهز للمستهلك fresh-cut فى محلول هيبوكلوريت كالسيوم يحتوى على ٥٠ جزءاً فى المليون من الكلورين الحر إلى خفض أعداد الـ *E. coli* (٦.٨ لو وحدة مكونة للمستعمرات/جم) بمقدار ١.٩-٢.٨ لو وحدة مكونة للمستعمرات/جم. كذلك حدث تأثير مقارب لذلك التأثير عند معاملة البروكولى (Behrsing) وآخرون (٢٠٠٠).

وإنه لن الفهم الخاطئ الواسع الانتشار أن ماء الغسيل المكلور ينظف أو يعقم المنتج عند استعماله. فالـ المكلور لا يزيد تنظيفه للمنتج عن ماء الشرب العادى، ولكن

## الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضار والفاكهة

الكلورين يطهر ماء الغسيل ويحافظ على بقاء العد الميكروبي منخفضاً فيه ؛ بما يعنى أن هذا الماء لا يصبح مستودعا لجراثيم الأعفان والبكتيريا التى يمكن أن تلوث المنتج. وأكثر المركبات استخداما كمصدر للكلورين فى مياه الغسيل هيبيوكلوريت الصوديوم وهيبيوكلوريت الكالسيوم. ويتوقف النشاط المضاد للميكروبات لهذين المركبين على كمية حامض الهيبيوكلوريس hypochlorous acid (HOCl) التى تتواجد فى الماء؛ الأمر الذى يعتمد على pH الماء، ومحتواه من المواد العضوية، ودرجة حرارته. فعند زيادة الـ pH عن ٧,٥ لا يتواجد سوى القليل جداً من الكلورين كحامض هيبيوكلوريس نشط، ولكنه يتواجد كهيبيوكلوريت hypochlorite (OCI<sup>-</sup>) غير نشط. ولذا .. تجب المحافظة على pH ماء الغسيل بين ٦,٠ ، و ٧,٥ لضمان تواجد نشاط للكلورين. وإذا ما انخفض الـ pH إلى أقل من ٦,٠ فإنه قد يتكون غاز الكلور الذى يكون مُلهباً للعاملين. أما المادة العضوية التى قد تتواجد فى ماء الغسيل فإنها تقلل من نشاط الكلورين؛ ولذا .. يتعين تغيير الماء أو ترشيحه على فترات.

ونعرض فى جدول (١-٦) مقارنة بين الكلورين وبعض المطهرات الأخرى لماء الغسيل، والـ pH المناسب لنشاطها؛ ومدى تأثيرها بتواجد المواد العضوية فى الماء المراد تطهيره (عن Gorney & Zagory ٢٠٠٤).

جدول (١-٦): نشاط مختلف مطهرات ماء الغسيل، والـ pH المناسب لنشاطها، ومدى تأثيرها بتواجد المواد العضوية.

المادة المطهرة	الـ pH المناسب	مدى الحساسية للمادة العضوية	النشاط البيولوجي
Hypochlorites	٦,٠-٧,٥	حساسة جداً	مؤكسدة
Chlorine dioxide	٦,٠-١٠,٠	حساسة	مؤكسدة
Ozone	٦,٠-١٠,٠	حساسة نوعاً ما	مؤكسدة
Peroxyacetic acid	١,٠-٨,٠	حساسة نوعاً ما	مؤكسدة
UV light	لا يؤثر	حساسة نوعاً ما	تمتلد الدنا

وبينما لم تكن للمعاملة بهيبوكلوريت الصوديوم تأثير جوهري على معدل تنفس الجزر والكرات والكرنب. إلا أنها رفعت معدل التنفس في الخس الآيس بـ ٠.٣٠ إلى ٠.٤٦ مللى مول أكسجين/كجم فى الساعة. هذا بينما لم يغير غسيل الكرات والخس الآيس بـ ٠.٣٠ من معدل تنفسها، ولكنه أدى إلى خفض المعدل فى الجزر والكرنب إلى أقل من نصف ما كان عليه قبل بدء المعاملة. وبالمقارنة .. فقد أنقصت معاملة الكرات والكرنب بالماء المعامل ( neutral electrolysed oxidising water) المحتوى على ٣٠ جزءاً فى المليون من الكلورين الحر .. أنقصت معدل التنفس فيهما (Vandekinderen وآخرون ٢٠٠٨).

### مصادر الكلورين

يتوفر الكلورين تجارياً فى ثلاثة مصادر يُسمح باستخدامها، وهى:

#### ١- غاز الكلورين:

يعد الغاز المضغوط أقل مصادر الكلورين تكلفة، ولكن يقتصر استعماله على العمليات الكبيرة لاحتياجه لمعدات خاصة فى الحقن ومراقبة الـ pH، نظراً لأنه يخفض الـ pH الماء إلى أقل من ٦.٥. يستخدم غاز الكلورين فى الحالات التى تزيد فيها احتمالات تواجد التربة والمتبقيات النباتية والثمار المتعفنة كما فى المراحل الأولى للغسيل والتدرج، حيث يحقن غاز الكلورين فى أكثر من مرحلة للمحافظة على تركيز مناسب منه.

#### ٢- هيبوكلوريت الكالسيوم ( $CaCl_2O_2$ ):

يعد هيبوكلوريت الكالسيوم أكثر مصادر الكلورين شيوعاً فى الاستعمال لتطهير المنتج والماء المستعمل معه، وهو يتواجد عادة بتركيز ٦٥٪ أو ٦٨٪ مادة فعالة، وعلى صورة مسحوق محبب أو حبوب مضغوطة أو حبوب بطيئة التيسر. يفضل دائماً إذابة الكمية المرغوب فيها من هيبوكلوريت الكالسيوم فى ماء دافئ قبل المعاملة بها للتأكد من اكتمال ذوبانها، لأن عدم ذوبانها قد ينشأ عنه حالات سمية للمنتج على صورة فقدان للون واحترق. وتجدر الإشارة إلى أن هيبوكلوريت الكالسيوم يفيد - كذلك - فى تحسين القدرة التخزينية والمقاومة للأمراض بدخول الكالسيوم فى تركيب الجدر الخلوية.

## **الفصل الأول: متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضر والفاكهة**

٣- هيبوكلوريت الصوديوم (NaOCl):

يستخدم هيبوكلوريت الصوديوم - عادة - في العمليات المحدودة، وهو يوجد بتركيز ٥,٢٥% أو ١٢,٧٥% مادة فعالة في صورة سائلة، ذلك لأن الصورة الصلبة تمتص الرطوبة سريعاً من الهواء؛ لينطلق منها غاز الكلورين. ورغم توفر هيبوكلوريت الصوديوم في سوائل التنظيف المنزلية (مثل الكلوراكس) فإنه لا يُسمح باستعمالها.

وبالإضافة إلى المصادر التي تقدم بيانها يستخدم - كذلك - ثنائي أكسيد الكلورين ( $ClO_2$ ) في التعقيم بتركيز ٣-٥ أجزاء في المليون. يوجد المركب على صورة غاز أصفر إلى أحمر اللون، وهو ذا قدرة عالية على الأكسدة وقابل للانفجار عند تركيز ١٠% أو أعلى من ذلك؛ لذا فإنه يحتاج إلى ختمة كبيرة في طريقة استعماله والتعامل معه (T. Suslow - جامعة كاليفورنيا - ديفز - الإنترنت - ٢٠٠٧).

وكما أسلفنا .. فإن الصور الرئيسية للكلورين تتضمن هيبوكلوريت الصوديوم (NaOCl)، وهيبوكلوريت الكالسيوم  $[Ca(OCl)_2]$ ، وغاز الكلورين  $Cl_2$ . يباع هيبوكلوريت الصوديوم - عادة - كمحلول بتركيز ١٢% إلى ١٥%. أما هيبوكلوريت الكالسيوم فإنه يباع - عادة - كمسحوق أو أقراص بتركيز ٦٥%، إلا أنه لا يذوب بسرعة - خاصة في الماء البارد - علماً بأن الحبيبات غير الذائبة يمكن أن تضر بالخضر والفاكهة. ولتجنب حدوث ذلك يذاب المسحوق أولاً في كمية صغيرة من الماء الدافئ قبل إضافتها إلى تانك الماء. وإذا ما استعملت الأقراص كمصدر مستمر بطيء التيسر من الكلورين، يجب التأكد من وضع الأقراص في مكان يتحرك فيه الماء جيداً. ويتوفر غاز الكلورين مضغوطاً في أسطوانات. ويجب التعامل معه بحرص وتبعاً للتعليمات (Ritenour وآخرون ٢٠٠٢).

### **تخصير (التركيبة المناسبة من) الكلورين ومتابعة (التركيبة)**

للحصول على تركيز معين من الكلورين باستعمال هيبوكلوريت الصوديوم، فإنه تستعمل الكميات التالية بالمليتر (سم<sup>٣</sup>) لكل لتر من المحلول النهائي.

## تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

ملليترات هيبوكلوريت الصوديوم %١٢,٧٥	ملليترات هيبوكلوريت الصوديوم %٥,٢٥	التركيز المستهدف (جزء في المليون)
٠,٤	١,٠	٥٠
٠,٦	١,٤	٧٥
٠,٨	١,٩	١٠٠
١,٠	٢,٤	١٢٥
١,٢	٢,٩	١٥٠

وللمحافظة على تركيز مناسب من الكلورين يجب إضافة الكلورين لماء التطهير بصورة مستمرة لتعويض الفاقد في التفاعلات مع المادة العضوية، والمركبات الكيميائية، والكائنات الدقيقة، وأسطح منتجات الخضر والفاكهة. وتوجد عدة طرق للمحافظة على التركيز المناسب. ف تتوفر أجهزة لقياس تركيز الكلورين آلياً وإضافة الكلورين للماء عند الحاجة لذلك. كما أن أجهزة أخرى تستعمل للمحافظة على الـ pH في المدى المناسب. وفي كل الحالات تكون الإضافات حسب الحاجة وليس بجرعات منتظمة. ويمكن – كذلك – إجراء تلك العمليات بدقة يدوياً شريطة إجراء القياسات اللازمة مرة واحدة على الأقل كل ساعة.

وتجدر الإشارة إلى أن معدات قياس الكلورين في حمامات السباحة تقتصر قياساتها على التركيزات التي تكون في حدود ١-٥ أجزاء في المليون، وإذا ما استعملت تلك المعدات فإنه يتعين تخفيف الماء الكلور – بالماء المقطر – ليصبح تركيز الكلورين في حدود المجال الذي يمكن قياسه بها (Ritenour وآخرون ٢٠٠٢).

وتعتمد كثير من محطات تعبئة وتجهيز الخضر على ما يعرف بالـ Oxidation-Reduction Potential (اختصاراً: ORP) – الذي يقاس بالمللي فولت – كوسيلة أساسية لقياس قدرة التطهير في الماء الكلور، ومدى الحاجة إلى إضافات جديدة من الكلور. يعطى الـ ORP قراءة رقمية تسمح بمراقبة مستوى قدرة التطهير في الماء المستعمل.

## الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن حديثًا من الخضر والفاكهة

ويستدل من الدراسات أن قراءة لك ORP قيمتها ٦٥٠-٧٠٠ مللي فولت تعنى إمكان قتل البكتيريا الممرضة للمنتجات . والبكتيريا الممرضة للإنسان مثل الـ *E. coli* ، والـ *Solmonella* فى ثوان قليلة (جدول ١-٧). وكذلك تُقتل الخميرة المتلفة للمنتجات ، والفطريات الأكثر حساسيةً للكلور المنتجة للجراثيم فى نفس مستوى الـ ORP ولكن فى خلال دقائق قليلة. هذا .. إلا أن الفطريات المسببة للأعفان الأقل حساسية للكلور، وكذلك بعض مسببات الأمراض للإنسان مثل *Cryptosporidium* تعد شديدة التحمل للكلورين، وكذلك البرومين والأيودين وغيرهم من المؤكسدات الضعيفة. وإذا ما أثبت التحليل تواجد مثل هذه المسببات الممرضة للإنسان فإنه يحسن معاملة الماء بالـ peroxyacetic acid أو بالأوزون. ويلزم فى حالة استعمال الأوزون الجمع بين الـ ORP ودليل كيميائى لمراقبة تركيز الأوزون (T. V. Suslow - ٢٠٠٧ - الإنترنت).

جدول (١-٧): المدة التى تكفى للقضاء على مختلف الأنواع البكتيرية الممرضة للإنسان فى الماء المكلور عند مستويات مختلفة من الـ Oxidation Reduction Potential (اختصاراً: ORP)

المدة التى تلزم للقضاء على البكتيريا عند مستويات مختلفة من

الـ ORP بالمللي فولت

الـ ORP بالمللي فولت	الـ ORP بالمللي فولت	الـ ORP بالمللي فولت	النوع البكتيرى
< ٦٦٥	٥٥٠-٦٢٠	> ٤٨٥	
> ١٠ ثوان	> ٦٠ ثانية	< ٣٠٠ ثانية	<i>E. coli</i> O157:H7
> ٢٠ ثانية	< ٣٠٠ ثانية	< ٣٠٠ ثانية	<i>Solmonella</i> spp.
> ٢٠ ثانية	< ٣٠٠ ثانية	< ٣٠٠ ثانية	<i>L. monocytogenes</i>
> ٣٠ ثانية	< ٤٨ ساعة	< ٤٨ ساعة	بكتيريا الـ coliform المتحملة للحرارة

### العوامل المؤثرة فى نشاط الكلورين

يتأثر مدى نشاط الكلورين بالعوامل التالية:

١- الرقم الأيدروجينى (الـ pH) للماء:

عند إضافة هيبوكلوريت الصوديوم للماء فإنه يكوّن أيدروكسيد الصوديوم ( $N_2OH$ )

وحامض الهيبيوكلوريس (HOCl) hypochlorous acid) وجميع هذه الصور للكلورين تنتج حامض هيبيوكلوريس (الذى يعرف – كذلك – بالكلورين الميسر أو النشط)، وهو الذى يقتل الكائنات المرضية. وعندما يكون الـ pH مرتفعاً يتحلل حامض الهيبيوكلوريس لتكوين أيون الهيبيوكلوريس (OCI) الذى لا يعد فعالاً كمطهر. وتقيس وسائل تقدير الكلورين الحر كلا من حامض الهيبيوكلورين وأيون الهيبيوكلوريت، بما يعنى أنها لا تعطى مقياساً للكلورين الميسر النشط فى قتل الكائنات المرضية. أما محاليل الكلورين التى يزيد الـ pH فيها عن ٨.٠ فإنها لا تكون فعالة نسبياً ضد مسببات الأمراض. وتحت pH ٦.٠ فإن الكلورين يتسبب فى تآكل الأجهزة بسرعة، وتفقد فاعليته بسرعة. هذا بينما يحافظ pH فى حدود ٧.٠ على نحو ٨٠٪ من الكلورين فى الصورة الميسرة (حامض هيبيوكلوريس) مع تكوين القليل جداً من الغاز. ولذا .. فإنه لأجل التعرف على قدرة محلول الكلورين على التطهير يتعين قياس كلا من الـ pH والكلورين الحر.

ويجب تذكر أن إضافة أى من هيبيوكلوريت الصوديوم أو هيبيوكلوريت الكالسيوم للماء يرفع الـ pH، بينما إضافة غاز الكلور يؤدى إلى انخفاضه، ولذا .. يتعين تعديل pH محلول الكلورين بعد إضافة مصدر الكلور. ويستخدم – عادة – حامض الأيدروكلوريك أو حامض الستريك لخفض الـ pH. بينما يستعمل أيدروكسيد الصوديوم لرفعه.

#### ٢- تركيز الكلورين :

على الرغم من أن تركيز لحامض الهيبيوكلوريس لا يزيد عن ٤٠ جزءاً فى المليون يقتل مسببات الأمراض فى خلال دقيقة واحدة، فإنه تستعمل – عادة – وتركيزات أعلى تتراوح بين ١٠٠، و ١٥٠ جزءاً فى المليون لتعويض الفقد الذى يمكن أن يحدث فى الكلورين الميسر.

#### ٣- مدة التعرض للكلورين :

يقتل الكلورين الميسر بتركيزات عالية مسببات الأمراض فى أقل من دقيقة، بينما يحتاج الأمر لمدة أطول من التعرض للكلورين عندما ينخفض تركيزه.

## الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضر والفاكهة

٤- كمية المادة العضوية في الماء:

إن تواجد المواد العضوية في الماء - كالبقايا النباتية - توقف فاعلية حامض الهيبيوكلوريس، ويمكن أن تخفض بسرعة من الكلورين الميسر؛ ذلك لأن الكلورين الذى يتحد بالمادة العضوية لا يكون ميسراً ولكنه يدخل ضمن الكمية المقيسة عند تقدير الكلورين.

٥- حرارة الماء:

يقتل حامض الهيبيوكلوريس مسببات الأمراض بسرعة أكبر كلما ارتفعت حرارة الماء، ولكنه يفقد أيضاً بسرعة أكبر فى الحرارة العالية بسبب تفاعله مع المادة العضوية.

٦- أنواع المسببات المرضية والحالة التى توجد عليها:

يكون من السهل قتل الغزل الفطرى والجراثيم النباتية بالكلورين، إلا أن الجراثيم يكون من الصعب قتلها. كذلك فإن المسببات المرضية التى قد تتواجد داخل الأنسجة النباتية أو داخل الجروح تكون بمعزل عن الكلورين ولا تقتل (Ritenour وآخرون ٢٠٠٢).

### **توصيات طريقة استعمال الكلورين**

يوصى عند استعمال الكلورين فى التطهير ملاحظة ومراعاة ما يلى:

- ١- لا يستعمل الكلورين إلا إذا كان الماء ضرورياً لعمليات تداول المنتج.
- ٢- مراعاة عدم زيادة تركيز الكلورين عما ينبغى لأن ذلك يضر بكل من المنتج والعاملين.
- ٣- يغير الماء المستعمل على فترات متقاربة كلما ازدادت فيه الشوائب من المادة العضوية. ويفضل غسيل المنتج أولاً بالماء غير المكلور إن كان مليئاً بالأتربة والبقايا العضوية قبل استعمال الماء المكلور.
- ٤- يجب تذكر أن المعاملة بالكلورين لا تفيد فى التخلص التام من كل المشاكل الميكروبية (عن Boyette وآخرين ١٩٩٣).

- ٥- المحافظة على تركيز الكلورين الحر يتراوح بين ١٠٠، و ١٥٠ جزءاً في المليون.
- ٦- المحافظة على الـ pH بين ٦,٥، و ٧,٥.
- ٧- مراقبة تركيز الكلورين الحر و pH المحلول على فترات قصيرة، ويفضل أن يتم ذلك آلياً، ولكن مع ضرورة معايرة الأجهزة وصيانتها بصورة دائمة.
- ٨- تصريف المحلول من التانك في نهاية كل يوم عمل وإعادة ملأه بماء نظيف.
- ٩- تستعمل كل المركبات الكيميائية تبعاً لتعليمات المنتج.
- ١٠- تستعمل مناخل في التانكات للتخلص من البقايا النباتية الكبيرة (Ritenour وآخرون ٢٠٠٢).

### مسائئ استعمال الكلورين في التطهير

إن من أهم مسائئ استعمال غاز الكلورين في التطهير أنه يتفاعل مع ما قد يتواجد في الوسط من مواد عضوية ليكون trihalomethanes، وهي مركبات مسرطنة (عن Edmunds وآخرين ٢٠٠٨).

### برئائل (الكلورين) مع (الخضر) المجهزة للمستهلك

إن المعاملة بالكلورين الحر تفيد كثيراً في بقاء منتجات الخضر المجهزة للمستهلك بأقل حمل ميكروبي ممكن، إلا أن تفاعل الكلورين مع المواد العضوية واحتمال إنتاج مواد غير مرغوب فيها قد يجعل من الضروري البحث عن بدائل لمعاملة الكلورين. ومن بين البدائل التي ينظر في أمر الاستفادة منها حالياً: الأوزون  $O_3$ ، والأشعة فوق البنفسجية-سى UV-C، والومضات الضوئية القوية intense light pulses، والتركيز العالي جداً من الأكسجين والـ  $N_2O$ ، والغازات النبيلة منفردة أو في توافيق مختلفة (Artés وآخرون ٢٠٠٩).

### التطهير بالأوزون

يعد الأوزون من المطهرات القوية. ولطالما استعمل في تطهير ماء الشرب وحمامات

## الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضر والفاكهة

السباحة، والماء المتخلف عن الصناعة. وقد بدأ منتجي الخضر والفاكهة فى استعماله فى تانكات تفرغ حمولة المنتج (dump tanks) والتي يمكن أن تكون كفاءته فيها آلاف أضعاف كفاءة الكلورين. يعمل الأوزون على التخلص من جميع الكائنات الدقيقة سواء أكانت مسببات مرضية للإنسان أم للمنتج.

ويعد الأوزون مطهراً مناسباً بعد الحصاد. علماً بأنه يُسمح به للمنتجات العضوية، وهو مركب مؤكسد قوى فعال ضد الميكروبات المقاومة للكلورين، وأسرع فاعلية من التركيزات المسموح بها من الكلورين. ولذا.. فإن المعاملة بالأوزون تعد مناسبة - خاصة - لمعاملات التبريد أو الغسيل التي لا تدوم لفترة طويلة. كذلك فإن تفاعلات الأوكسدة التي يدخل فيها الأوزون ينتج عنها عدداً أقل من نواتج التفاعلات عما ينتج فى حالة الكلورة.

يجب أن يولد الأوزون فى موقع العمل وقت الاستعمال، مع توفير وسيلة لمراقبة تركيزه، علماً بأنه لا يبقى ثابتاً فى الماء الصافى لأكثر من ٢٠ دقيقة (Suslow ٢٠٠٠).

### التطهير بفوق أكسيد الأيدروجين

يمكن استخدام فوق أكسيد الأيدروجين hydrogen peroxide كمطهر، وذلك بتركيز لا يزيد عن ٠,٥٪ (Bachmann & Earles ٢٠٠٠).

ولقد أمكن خفض العدّ الميكروبي فى الكرب الطازج المجهز fresh-cut بمقدار ٢,٣ لوغاريتم، و ١,٧ لوغاريتم وحدة مكونة للمستعمرات (cfu) لكل جرام بالمعاملة بتركيز ٢ جزء فى المليون من ثانى أكسيد الكلورين الغازى، أو بتركيز ٨٠ جزءاً فى المليون من peroxyacetic acid على التوالي (Vandekinderen وآخرون ٢٠٠٧).

### المطهرات المسموح باستعمالها مع منتجات الزراعات العضوية

من بين المنظفات ومواد التطهير المسموح بها فى معاملات بعد الحصاد للمنتجات العضوية ما يلى:

١- حامض الخليك :

يُسمح باستعمال حامض الخليك كمنظف أو مطهر، ويجب أن يكون الخل المستعمل من مصدر عضوى.

٢- الكحول الإيثيلي :

يُسمح باستعمال الكحول الإيثيلي كمعقم، ويجب أن يُحصل عليه من مصادر عضوية.

٣- كحول الأيزوبروبيل :

يُسمح باستعمال كحول الأيزوبروبيل isopropyl alcohol بصورة مفيدة فى بعض الظروف.

٤- مطهرات الأمونيوم :

من أبرز مطهرات الأمونيوم أملاح رباعى الأمونيوم quaternary ammonium salts ، ويسمح باستعمالها فى الأسطح التى تلامس الأغذية وليس مع الأغذية ذاتها، ومع الأجهزة التى تُحدث بها المطهرات الأخرى تآكلاً شديداً. ويجب أن يتبع التطهير بمركبات الأمونيوم الغسيل بالمنظفات ثم الشطف بالماء. ويجب ألا تُظهر عمليات المتابعة أى أثر للأمونيوم قبل بدء تداول المنتجات سابقة التجهيز.

٥- الهيبوكلوريت :

يسمح باستعمال هيبوكلوريت الصوديوم وهيبوكلوريت الكالسيوم وثانى أكسيد الكلورين فى تطهير المنتجات العضوية شريطة ألا يزيد تركيز الكلورين عن ٤-١٠ أجزاء فى المليون حسب الجهة المعتمدة.

٦- المنظفات :

يُسمح باستخدام المنظفات للأجهزة، ويدخل ضمنها - كذلك - الناشرات wetting agents و surfactants والمواد المبللة .

٧- فوق أكسيد الأيدروجين :

يُسمح باستعمال فوق أكسيد الأيدروجين كمعقم للماء ومعقم للأسطح.

## الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضر والفاكهة

٨- الأوزون:

يعد الأوزون آمن الاستخدام للتعقيم السطحي للمنتجات والأجهزة.

٩- حامض بيروكسى الخليك:

يعد حامض بيروكسى الخليك peroxyacetic acid معقماً للماء ومعقماً سطحياً للخضر والفاكهة (Suslow ٢٠٠٠).

### **ونلقى - فيما يلى - مزيداً من الضوء على استخدام الكلورين مع المنتجات العضوية**

إن كل صور الكلورين (مثلاً .. هيبوكلوريت الصوديوم، وهيبوكلوريت الكالسيوم المحبب، وثانى أكسيد الكلورين) هى مواد يفيد استعمالها مع منتجات الزراعة العضوية، ويجب أن يزيد تركيز الكلورين المستخدم عما فى ماء الشرب العادى الآمن، وهو ٤ أجزاء فى المليون من  $Cl_2$  للماء الخارج من عملية الغسيل. ولكن لأسباب تتعلق بالصحة العامة فإن بعض الجهات التى تضع قوانين الإنتاج العضوى سمحت بزيادة التركيز إلى ١٠ أجزاء فى المليون من الكلورين للماء الخارج من عملية التنظيف.

ولأجل أمثل نشاط مضاد للميكروبات مع أقل تركيز من الهيبوكلوريت، فإن pH الماء المستعمل يجب أن يتراوح بين ٦,٥ و ٧,٥. ففى هذا المدى - يتواجد معظم الكلورين على صورة حامض هيبوكلوريس hypochlorous acid (أى HOCl) الذى يعطى أفضل النتائج بالنسبة لقتل الميكروبات فى الوقت الذى يحد فيه من انطلاق غاز الكلورين الخطر والسبب للاتهابات. ويزيد مستوى غاز الكلورين عن الحدود الآمنة إذا كان المحلول شديد الحمضية.

ويجب أن يستخدم فى تعديل pH الماء مواد طبيعية مثل حامض الستريك، وبيكربونات الصوديوم، والخل.

هذا .. وللحصول على تركيز قدره ١٠٠ جزء فى المليون من الكلورين يضاف ١٦٠ مل (سم<sup>٣</sup>) من الكلوراكس التجارى لكل ١٠٠ لتر ماء.

وإذا ما استعمل هيبوكلوريت الكالسيوم فإن ذلك يفيد في تجنب أضرار الصوديوم للمحاصيل الحساسة له (مثل بعض أصناف التفاح)، كما تتوفر أدلة محدودة على أن الطماطم والفلفل الحلو يستفيدان من امتصاصهما للكالسيوم (Suslow 2000).

### التطهير بالتعريض للأشعة

يعرف التطهير بالتعريض للأشعة غير الحرارية باسم البسترة الباردة cold pasturization، وهي وسيلة غير عملية وغير مرغوب فيها لعدة أسباب، منها: التكلفة العالية للمعاملة، وعدم توفر الإمكانيات لإجرائها، والأضرار التي تحدثها في عديد من المنتجات الحساسة لها (فقدان الصلابة)، ورفض المستهلكين لها على الرغم من عدم وجود أى أضرار لها على صحة الإنسان.

ولقد حظيت معاملة الإشعاع بأشعة جاما من مصدر مشع مثل كوبالت 60 باهتمام واسع، ولكن تلك المعاملة – التي قد تؤدي إلى التطهير السطحي للخضر والفاكهة – ليست حلاً لكل المشاكل الميكروبية. نظراً لأن بعض الميكروبات لا تؤثر فيها حتى أكبر جرعة مسموح بها، وهي كيلوجراى kGy واحد.

تُقتل الميكروبات بالإشعاع حينما تتفاعل الطاقة الإشعاعية مع الماء المتواجد في الخلايا الميكروبية، لتنتج مركبات ذات قدرة كبيرة على التفاعل تضر بالمادة الوراثية (الدنا) بالخلية. وتقدر قدرة الإشعاع على قتل ميكروب معين بالقيمة D (D-value)، وهي كمية الطاقة التي تلزم لقتل 90٪ من خلايا الميكروب. وبذا .. فإن جرعة مقدارها 2D تقتل 99٪ من خلايا الميكروب ... وهكذا. وطبيعي أن قيمة D تختلف باختلاف الميكروبات.

تتميز بعض الحشرات والمتطفلات (مثل *Cyclospora*، و *Cryptosporidium*) باحتواء خلاياها على كميات كبيرة من الماء والدنا؛ ولذا .. فإنها تُقتل بسهولة بالإشعاع، حيث تبلغ قيمة D بالنسبة لها حوالى 0.1 kGy. ويعنى ذلك أن جرعة مقدارها 0.5 kGy تعطى خفضاً قدره 5 لو. وفى المقابل .. فإن البكتيريا (مثل الـ *E. coli*، والـ *Salmonella*، والـ *Listeria* وغيرها) يقل محتواها من الدنا وتعد أكثر مقاومة للإشعاع، وتتسراوح

## الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضر والفاكهة

قيمة D بالنسبة لها بين ٠,٣ و ٠,٧ حسب البكتيريا. ولذا .. فإنها تتطلب جرعة مقدارها ١,٥ إلى ٣,٥ kGy للوصول إلى خفض قدره ٥ لوفى أعدادها، علماً بأن الحد الأقصى المسموح به لجرعات الإشعاع فى الخضر والفاكهة هو كيلوجراى واحد. ويعنى ذلك أنه لا يُسمح باستخدام جرعات إشعاع للخضر والفاكهة الطازجة تكون فعالة فى التخلص من مسببات الأمراض. هذا .. فى الوقت الذى يُسمح فيه بجرعات إشعاع تصل إلى ٤,٥ كيلوجراى مع اللحوم الحمراء.

وتُعد البكتيريا المكونة للجراثيم (مثل *Clostridium*، و *Bacillus* وغيرهما) أكثر مقاومة للإشعاع، كما أن الفيروسات (مثل Hepatits، و Norwalk) يستحيل التخلص منها حتى ولو بالجرعات المسموح بها مع اللحوم.

وإذا أضفنا إلى ما تقدم بيانه احتمال تلوث منتجات الخضر والفاكهة بمسببات أمراض الإنسان بعد تعريضها للإشعاع، فإن تلك المعاملة – بالحد الأقصى للجرعة المسموح بها – لا يمكن أن تكون بديلاً للإجراءات الصحية المناسبة لمنع التلوث الميكروبي ابتداءً (Gorny & Zagory ٢٠٠٠).

### الهاسب (تحليل المخاطر)

إن الهاسب – أو تحليل المخاطر – HACCP (أو Hazard Analysis Critical Control Points) هو نظام للأمان الغذائى طُوّر بواسطة شركة Pillsbury فى ستينيات القرن الماضى لتقليل المخاطر المرتبطة بالغذاء الذى يتناوله رواد الفضاء فى السفن الفضائية إلى الصفر (zero tolerance). وهو نظام يستفاد منه فى منع التلوث الفيزيائى والكيميائى والميكروبي للأغذية.

ويعد الهاسب المرحلة النهائية لبرنامج أمان غذائى متكامل يتضمن الـ GAP، والـ GMP، والـ SSOPs (وهو الـ Sanitation Standard Operating Procedures)، والأخير برنامج خاص بالتفاصيل الدقيقة لعمليات التطهير ضمن إجراءات الصحة العامة. ولا يمكن أن يكون الهاسب فعالاً إلا إذا كانت تلك البرامج الثلاثة مطبقة تماماً.

هذا .. ولا يوجد حد أدنى أو أقصى لنقاط التحكم الحرجة critical control points (اختصاراً: CCPs) فى أى عملية؛ فالمهم هو التعامل مع كل المخاطر المحتملة. ويمكن تعريف الـ CCP بأنها المخاطر التى يمكن التحكم فيها ضمن برنامج للهاسب. إن الأمر يتطلب فهماً كاملاً لجميع الخطوات التى يمر بها إنتاج الغذاء – بدءاً من زراعته لحين وصوله إلى المستهلك – لأجل التعرف على أفضل الوسائل لمراقبة نقاط التحكم الحرجة.

إن أمان الغذاء هو الهدف الرئيسى من تطبيق نظام الهاسب على عملية ما. ولقد طبقت التقنية ابتداءً للتحكم فى الأخطار الميكروبيولوجية، ولكنها يمكن أن تطبق بنفس السهولة على أى مخاطر أخرى، مثل التلوث الكيمى، والأجسام الغريبة. وأعقب ذلك تضمين تقنية الهاسب نقاط التحكم فى الجودة Quality Control Points (اختصاراً: QCP)، وهى نقاط التحكم التى تهدف إلى حماية وضمان صفات جودة المنتج، وإلى الحماية من الخداع أو الاحتيال الاقتصادى. ومن الطبيعى أنه يتعين التعرف على جميع نقاط التحكم الحرجة الخاصة بالأمان وأخذها فى الحسبان قبل تضمين الـ QCPS برنامج الهاسب.

يوجد – بطبيعة الحال – عديد من العوامل التى تخرج عن دائرة تحكم محطات التعبئة، بينما هى تؤثر فى جودة الغذاء. ومن أمثلة ذلك أن إنتاج الخضار قد يكون فى مزارع صغيرة تجرى فيها العمليات يدوياً أو فى مزارع كبيرة تجرى فيها معظم العمليات آلياً، الأمر الذى يتباين معه – بشدة – نوعيات المخاطر، مثل استعمال المخلفات الحيوانية فى التسميد، والسماح برعى الحيوانات فيها، ونوعية مياه الرى ... إلخ.

### ويمكن تجزئ تحليل المخاطر إلى ثلاثة مكونات. كما يلي:

#### ١- تقييم المخاطر risk assessment:

يُمنى بذلك التقييم العلمى للتأثيرات الصحية السيئة التى قد تنتج عن تعرض الإنسان لمخاطر معروفة أو محتملة. وتتضمن تلك العملية تحديد المخاطر، ووصفها،

## **الفصل الأول- متطلبات الإنتاج الآمن صحياً من الخضر والفاكهة**

وتقييم عملية التعرض لها، وتوصيف المخاطر. تتم عملية التقييم على أسس كمية ونوعية مع تحديد المخاطر المرافقة غير المؤكدة.

٢- إدارة المخاطر risk management :

يُعنى بذلك عملية مقارنة لمختلف البدائل التى يمكن اتباعها، بهدف قبول أو تحجيم، أو تقليل مختلف البدائل لمختلف المخاطر لأجل اختبار وتطبيق الفعل المناسب.

٣- تبادل معلومات المخاطر risk communication :

يُعنى بذلك تبادل المعلومات التى تم التوصل إليها بشأن المخاطر بين القائمين بالتقييم والقائمين بالإدارة والشركاء الآخرين المهتمين بالأمر.

إن الهاسب نظام لتأكيد أمان الغذاء. وليس وسيلة لتأكيد جودته. ويعد منع التلوث الفيزيائى (المادى)، والكيميائى، والميكروبى للمنتج أثناء التعبئة والتجهيز ضرورياً لتأكيد إنتاج منتج آمن. ويوصى بتخصيص فرد لكل عملية يتم فيها تداول المنتج؛ لأجل تدريب القائمين بالعمل على نظام الهاسب والإشراف الكامل على تنفيذه. ويجب أن يكون برنامج الهاسب بسيطاً قدر الإمكان وألا يتضمن عدداً كبيراً من CCPs. هذا مع العلم بأن كل برنامج هاسب يعد فريداً. ويجب أن يكون مفصلاً على عملية بعينها .

**والخطوات السبع الأساسية للهاسب هى كما يلى:**

- ١- عمل تحليل مخاطر.
- ٢- تحديد الـ CCPs للتحكم فى المخاطر التى تحديدها.
- ٣- وضع حدود حرجة لكل CCP.
- ٤- وضع متطلبات مراقبة الـ CCP.
- ٥- وضع إجراءات تصحيحية لاتخاذها حينما يكون أحد الـ CCPs خارج الحدود الحرجة.
- ٦- وضع نظام لتسجيل البيانات لتوثيق برنامج الهاسب.
- ٧- وضع إجراءات للتحقق من أن الهاسب يودى وظيفته كما ينبغى له.

### تحليل أو تحديد المخاطر

يجب تقييم كل عملية يمر بها المنتج لتحديد المصادر المحتملة للتلوث المادى والميكروبي والكيميائى له. ومن بين الأمور التى يجب تقييمهما: عمليات الإنتاج والحصاد، والتداول، والتغليف. والتخزين، والشحن، والتوزيع، ويكون من المفضل أن تؤدى هذه الخطوة بواسطة فريق من العاملين فى مجال الإدارة والإنتاج.

### تسجيل وتوثيق بيانات الهاسب

يجب تنظيم كل بيانات الهاسب بطريقة تسمح بإمكان الرجوع إليها بيسر وسهولة، على أن تكون مفصلة وشاملة لكل الخطوات الأساسية لبرنامج الهاسب.

### إجراءات (التحقق من) الهاسب

يجب أن تتم بصورة دورية عمليات تقييم للهاسب تتضمن تقييمًا لسجلات الهاسب من خلال فحص عينات عشوائية على فترات منتظمة للتأكد من أن الهاسب يؤدي وظيفته كما ينبغي.

### تطبيق الهاسب

نجد - عند التطبيق - صعوبة فى التحكم فى المخاطر التى تحدث طبيعياً. فمثلاً .. نجد أن روث الطيور الذى يسقط منها فى الحقول والبساتين يمكن أن يشكل مخاطر لنشر الـ *E. coli* O157:H7 أو الـ *Salmonella*، ولكنها قد لا يمكن اعتبارها CCP لعدم وجود طريقة للتحكم فيها ومنع مخاطرها. كذلك لا توجد وسيلة لحساب وتقدير كم المخلفات لتحديد ما إذا كانت فى الحدود الحرجة أم لا. وينطبق الأمر ذاته على البكتيريا *Clostridium botulinum* فى التربة التى قد تشكل خطراً، لكن لا يكون من المناسب اعتبار التربة كـ CCP لأنه ليس من الممكن - عملياً - تقدير أعداد الجراثيم البكتيرية فى التربة أو التحكم فيها بأى طريقة معروفة. وفى الواقع .. فإن معظم المخاطر الزراعية يكون من المفضل عدم منعها من خلال برامج الحاسب، وإنما يكون من المناسب التعامل معها من خلال برنامج الجاب.

### **تحديد نقاط التحكم الحرجة للتعلم في المخاطر التي تم تعريفها**

تكون الخطوة التالية في تطوير برنامج الهاسب عمل تخطيط انسيابي flow diagram للعملية المعنية وتحديد أين يمكن منع كل واحدة من المخاطر التي تم تعريفها. ويلى ذلك تمييز كل نقطة من تلك التي سيتم مراقبتها للتحكم في مخاطر معينة بأنها CCP.

### **وضع حدود CCP**

ما أن يتم تحديد الـ CCPs يتعين وضع حدود حرجة لها لتحديد متى يلزم اتخاذ إجراءات تصحيحية بشأنها، وتلك الحدود يجب أن تكون قابلة للملاحظة والقياس.

### **وضع إجراءات مراقبة وتقييم CCP**

إنه لمن الضروري وضع أسس للمراقبة الدورية، وكيف ستؤخذ القياسات، وماذا يلزم للتوثيق.

### **الإجراءات التصحيحية (تؤخذ عند انحراف عن الحدود الحرجة)**

إذا حدث انحراف عن الحدود الحرجة يجب اتخاذ إجراءات تصحيحية للتخلص من مصادر التلوث الممكنة. ويجب تسجيل كل الانحرافات والإجراءات التصحيحية كتابة (Golob وآخرون ٢٠٠٢، و Gorny & Zagory ٢٠٠٤).



الفصل الثاني

الحصاد

المدة من الزراعة إلى الحصاد في الخضر

يختلف طور النضج المناسب لحصاد الخضر من محصول لآخر، كما يختلف في المحصول الواحد حسب بعد الأسواق عن مكان الإنتاج، ودرجة الحرارة السائدة، وظروف التخزين، وذوق المستهلك. وتتأثر تبعاً لذلك الفترة من الزراعة للحصاد؛ حيث تتراوح بين نحو ثلاثة أسابيع في الفجل وحوالي خمسة أشهر، كما في البطاطا، والكرات أو شوشة. ويوضح جدول (٢-١) عدد الأيام التي تمر عادة - من الزراعة إلى الحصاد في الأصناف المبكرة والمتأخرة والمتوسطة في موعد النضج من محاصيل الخضر المختلفة.

وتتباين الخضر الثمرية بشدة في المدة التي تمر عادة بين عقد الثمار والحصاد؛ فهي حوالي ٣-٧ أيام في الأصناف المختلفة من الكوسة، و ٧-١٠ أيام في الفاصوليا، بينما تصل إلى ٦٠-٨٠ يوماً في أصناف قرع الشتاء، و ٦٠-١١٠ يوماً في أصناف القرع العسلي. ويوضح جدول (٢-٢) عدد الأيام من التلقيح إلى حين وصول الثمار إلى مرحلة النضج الاستهلاكي في الخضر المختلفة (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

جدول (٢-١): عدد الأيام من الزراعة إلى الحصاد في الأصناف المبكرة والمتأخرة والمتوسطة في موعد النضج في محاصيل الخضر.

عدد الأيام من الزراعة إلى الحصاد في الأصناف			
محصول الخضر	المبكرة	المتأخرة	المتوسطة
الفاصوليا العادية القصيرة	٤٨	٦٠	—
الفاصوليا الرومي	—	—	١٢٠

تابع جدول (٢-١).

عدد الأيام من الزراعة إلى الحصاد فى الأصناف

محصول الحضر	المبكرة	المتأخرة	المتوسطة
فاصوليا العادية الطويلة	٦٢	٦٨	—
فاصوليا الليما القصيرة	٦٥	٧٨	—
فاصوليا الليما الطويلة	٧٨	٨٨	—
البنجر	٥٦	٧٠	—
البروكولى <sup>١</sup>	٥٥	٧٨	—
كرنب بروكسل <sup>٢</sup>	٩٠	١٠٠	—
الكرنب	٦٢	١٢٠	—
الكاردون	—	—	١٢٠
الجزر	٥٠	٩٥	—
القنبيط <sup>٣</sup>	٥٠	١٢٥	—
السيليريك	—	—	١١٠
الكرفس	٩٠	١٢٥	—
السلق السويسرى	٥٠	٦٠	—
الشيكوريا	٦٥	١٥٠	—
الكرنب الصينى	٧٠	٨٠	—
الكولارد <sup>٤</sup>	٧٠	٨٥	—
الذرة السكرية	٦٤	٩٥	—
حب الرشاد	—	—	٤٥
خيار التخليل	٤٨	٥٨	—
خيار السلطة	٦٢	٧٢	—
الداندليون	—	—	٨٥
الباذنجان	٥٠	٨٠	—
الهندباء	٨٥	١٠٠	—

عدد الأيام من الزراعة إلى الحصاد فى الأصناف			
متوسطة	المتأخرة	المبكرة	محصول الخضرا
١٠٠	—	—	الفينوكيا
٥٥	—	—	الكيل
—	٦٠	٥٠	كرنب أبو ركبة
١٥٠	—	—	اللفت
—	٧٠	٥٥	الخس ذو الأوراق الدهنية المظهر
—	٧٥	٧٠	الخس الرومين
—	٨٥	٧٠	الخس ذو الرؤوس والأوراق السهلة التقصف
—	٥٠	٤٠	الخس الورقى
١١٠	—	—	القاوون الكاسابا
١١٠	—	—	القاوون شهد العسل
١١٠	—	—	القاوون الفارسى
—	٩٥	٨٥	القاوون الشبكى
—	٥٥	٣٥	المسترد
٧٠	—	—	السبانخ النيوزيلاندى
—	٦٠	٥٠	البامية
—	١٥٠	٩٠	البصل الجاف (الأبصال)
—	٦٠	٤٥	البصل الأخضر
—	٨٠	٧٠	البقدونس
١٢٠	—	—	الجزر الأبيض
—	٧٥	٦٥	البسلة
—	٧٠	٦٠	البسلة السكرية
—	٨٠	٦٥	القلقل الحريف <sup>(١)</sup>
—	٨٠	٦٥	القلقل الحلو <sup>(١)</sup>

تداول الحاصلات البستانية - تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

تابع جدول (١-٢).

عدد الأيام من الزراعة إلى الحصاد في الأصناف

محصول الخضضر	المبكرة	المتأخرة	المتوسطة
البطاطس	٩٠	١٢٠	—
القرع العسلى	١٠٠	١٢٠	—
الفجل	٢٢	٣٠	—
فجل الشتاء (ذو الحولين)	٥٠	٦٠	—
الروتاباجا	—	—	٩٠
السلفيل	—	—	١٥٠
اللوبيبا	٦٥	٨٥	—
السبانخ	٣٧	٤٥	—
الكوسة الصيفى	٤٠	٥٠	—
قرع الشتاء	٨٥	١١٠	—
البطاطا	١٢٠	١٥٠	—
انطماطم <sup>(١)</sup>	٦٠	٩٠	—
اللفت	٤٠	٧٥	—
البطيخ	٧٥	٩٥	—

(أ) يلزم وقت إضافى لإنتاج الشتلة.

جدول (٢-٢): عدد الأيام من التلقيح إلى النضج الاستهلاكى تحت الظروف الجوية الملائمة.

المدة باليوم	الحصول
١٠-٧	الفاصوليا
٢٣-١٨	الذرة: للتسويق الطازج
٢٧-٢١	للحفظ والتصنيع
٥-٤	الخيار: للتخليل
١٨-١٥	للسلاطة

## الفصل الثاني - الحصاد

تابع جدول (٢-٢).

المدة باليوم	المحصول
٤٠-٢٥	الباذنجان
٤٦-٤٢	القاوون
٦-٤	اليامية
٥٥-٤٥	الفلفل: اكتمال التكوين الأخضر
٧٠-٦٠	النضج الأحمر
١١٠-٦٠	القرع العسلي (أصناف مختلفة)
٤-٣	قرع الكوسة: الزوكيني
٥-٤	الاسكالوب Scallop
٧-٦	ذات الرقبة اللتوية crockneck
٩٠-٥٥	قرع الشتاء (أصناف مختلفة)
٤٥-٣٥	الطماطم: النضج الأخضر
٦٠-٤٥	النضج الأحمر
٤٥-٤٢	البطيخ

(أ) للثمار التي تزن ١٢٥-٢٥٠ جم.

### تحديد موعد الحصاد بالوحدات الحرارية المتراكمة

استخدم مبدأ مجموع الوحدات الحرارية heat unit summations أو الدرجات اليومية growing-degree days في إنتاج محاصيل الخضراوات التي لا تحتفظ بجودتها لفترة طويلة تحت ظروف الحقل مثل الذرة السكرية، والفاصوليا الخضراء، والخيار، والبسلة، والكنتالوب، والطماطم.

وقد أُعتمد على مبدأ السقف الحراري في عام ١٩٥١ لأجل التحكم في التباينات التي تسببها الحرارة التي تزيد عن الحد الأقصى للنمو النباتي.

يعتمد تقدير مجموع الوحدات الحرارية على حل مما يلي،

- ١- درجة الحرارة الدنيا التي يتوقف عندها النمو النباتي (درجة حرارة الأساس).
- ٢- درجة الحرارة العليا (العظمى) التي لا يتغير بعدها النمو النباتي.
- ٣- درجة الحرارة القصوى التي يثبط بعدها النمو النباتي.

وتحسب الحرارة المتراكمة - عادة - بجمع حاصل طرح متوسط الحرارتين الدنيا والعظمى اليومية من درجة حرارة الأساس.

وقد وجد في الخيار أن أفضل طريقة لحساب الوحدات الحرارية كانت بجمع الفرق بين الحرارة العليا يومياً ودرجة حرارة الأساس (وهو في الخيار ١٥.٥م) يومياً من الزراعة حتى الحصاد، ولكن عندما ارتفعت الحرارة المسجلة عن ٣٢م (وهي درجة الحرارة القصوى للخيار)، فإن تلك الدرجة استُبدلت بالقيمة ٣٢ (درجة السقف الحراري) مطروحاً منها الفرق بين الحرارة المسجلة و ٣٢، وذلك قبل طرح الأساس من تلك القيمة. وقد خفضت تلك الطريقة معامل التباين coefficient of variation من ١٠٪ في الطريقة العادية إلى ٣٪ (عن Dufault وآخرين ١٩٨٩، و Perry & Wehner ١٩٩٦).

### مراحل نضج الثمار

تمر الثمار بمرحلتين أساسيتين للنضج، هما: النضج البستاني، والنضج الفسيولوجي.

١- النضج البستاني Horticultural Maturity:

النضج البستاني هو المرحلة التي يكتمل فيها نمو الثمار وتصبح صالحة للجمع. ويمكنها أن تستمر في القيام بوظائفها بعد الحصاد حتى تكتسب صفاتها الممتازة التي تجعلها صالحة للأكل، دون الحاجة إلى أن تظل متصلة بالنبات. وتحدث بعد وصول الثمار إلى مرحلة النضج البستاني تغيرات كيميائية يكتمل بها التكوين الكيميائي الداخلي للثمار، وينشأ عنها اكتساب الثمار لصفاتهما التي تجعلها صالحة للأكل. وإذا قطف الثمار قبل هذه المرحلة. فلا يمكن أن تتغير داخلياً حتى تصبح صالحة للاستهلاك.

ومن أمثلة مرحلة النضج البستاني في محاصيل الخضر طور الثمار الخضراء المكتملة التكوين في الطماطم؛ حيث لا تحمر الثمار إذا قطفت قبل وصولها إلى هذه المرحلة، والطور المناسب للحصاد في أصناف القاوون الشبكي والأملس؛ حيث تصبح الثمار صالحة للاستهلاك بعد أيام قليلة من وصولها إلى تلك المرحلة.

### ٢- النضج الفسيولوجي Physiological Maturity:

النضج الفسيولوجي هو المرحلة التي يكتمل فيها نضج الثمرة فسيولوجياً، وترتفع خلالها سرعة التنفس فجأة بحدوث ظاهرة الكلايمكتريك Climacteric، وتكتمل أثناءها كافة التغيرات الحيوية التي تكسب الثمار الصفات التي تجعلها صالحة للأكل.

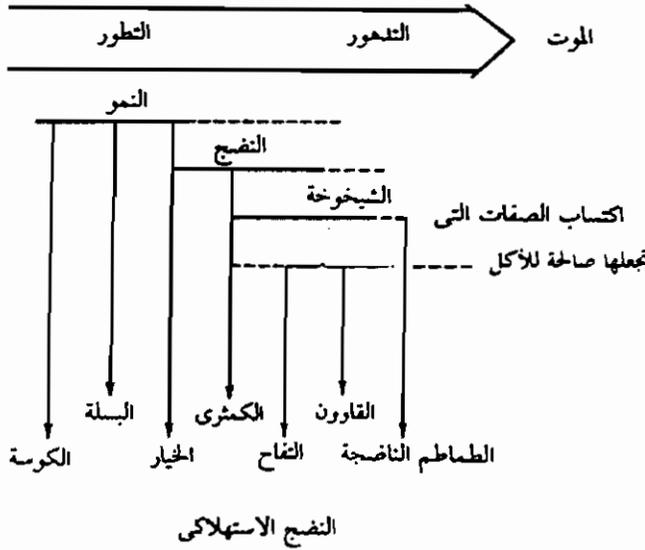
وقد يحدث النضج الفسيولوجي بعد قطف الثمار كما في الحالات التي يكون فيها النضج البستاني قبل وصول الثمار إلى مرحلة النضج الفسيولوجي. وقد يتوافق موعد النضج البستاني مع النضج الفسيولوجي، كما في ثمار البطيخ وقرع الشتاء والقرع العسلي.

وقد تتفق مرحلة النضج البستاني مع مرحلة النضج المناسبة للاستهلاك مباشرة، ويكون ذلك قبل وصول الثمار إلى مرحلة النضج الفسيولوجي بوقت طويل، كما في الخيار، والكوسة، والبامية، والبقوليات الخضراء، والفلفل الأخضر، والباذنجان، وكذلك محاصيل الخضر التي تزرع لأجل أجزائها النباتية الأخرى غير الثمار.

ويوضح شكل (٢-١) العلاقة بين مراحل النمو والتطور المختلفة في الثمار.

وتحدث - بين مرحلتى النضج البستاني والنضج الفسيولوجي - تغيرات فيزيائية وفسيولوجية؛ منها:

- ١- تتحول المواد البكتينية من صورة غير ذائبة إلى صورة ذائبة.
- ٢- يتحلل الكلوروفيل، وتتكون الصبغات التي تعطي الثمار ألوانها الجذابة.
- ٣- تزداد الحلاوة بتحول النشا إلى سكر.
- ٤- تكتسب الثمار طعمها المميز لنقص الحموضة وتوازنها مع السكر.



شكل (٢-١): العلاقة بين مراحل النمو والتطور المختلفة في الثمار (عن Wills وآخرين

١٩٨١).

لكن التغيرات تستمر أيضاً - بعد بلوغ الثمار طور النضج الفسيولوجي؛ فتزداد ليونة أنسجة الثمرة، ويفسد طعمها. وبذلك تصبح زائدة النضج overripe.

وتجدر الإشارة إلى أن كلمتي: "mature"، و "ripe" تفيدان - في العربية - معنى النضج، إلا أن علماء فسيولوجيا ما بعد الحصاد يستعملون المصطلحين لوصف مراحل مختلفة من تطور الثمار. فكلمة "mature" يعني بها: مرحلة اكتمال التكوين، والتي يمكن عندها حصاد المنتج؛ بحيث لا تقل نوعيته بعد عمليات التداول (بما فيها عملية الإنضاج إن كانت لازمة) - عن الحد الأدنى المقبول لدى المستهلك؛ وهي مرحلة النضج البستاني التي سبقت الإشارة إليها. أما كلمة "ripe"، فيعني بها: مرحلة النضج التي يصبح عندها المنتج في أفضل حالاته للاستهلاك، وهي مرحلة النضج الفسيولوجي التي أسلفنا بيانها كذلك.

ونجد في كثير من الفاكهة (الموز - مثلاً - حيث تحصد ثماره وهي خضراء) أن

## الفصل الثاني - الحصاد

مرحلة اكتمال التكوين maturity المناسبة للحصاد تكون قبل فترة طويلة من مرحلة النضج ripening المناسبة للاستهلاك. ولكن نجد في معظم الخضروات أن المنتج يصل إلى مرحلة النضج المناسبة للاستهلاك في نفس مرحلة صلاحيته للحصاد.

ولزيد من التفاصيل - حول المصطلحات التي تصف مختلف مراحل نمو، واكتمال نمو، ونضج، وشيخوخة مختلف أنواع المحاصيل البستانية - يراجع Watada وآخرون (١٩٨٤).

### العلامات المميزة لمرحلة النضج المناسبة للحصاد

تؤكل ثمار عديد من الخضروات قبل اكتمال نموها، كما في الكوسة، والخيار، والبامية. وتتوقف صلاحية هذه الثمار للجمع على رغبات المستهلك. فالبعض يفضل الثمار الصغيرة، والبعض الآخر يفضل الثمار الأكبر.

أما بالنسبة للثمار التي يقترب فيها موعد النضج البستاني من موعد النضج الفسيولوجي، فهناك عدة عوامل تؤخذ في الاعتبار لتحديد مرحلة النضج المناسبة للحصاد كالتالي،

- ١- عمر الثمار: حيث تكمل الثمار نموها ونضجها بعد عمر معين (جدول ٢-٢).
- ٢- لون الثمار: يختفي اللون الأخضر للثمار عند استكمال نموها، ويبدأ ظهور لون الثمار المميز.
- ٣- حجم الثمار: يوجد ارتباط بين حجم الثمار وصلاحيتها للحصاد. ويختلف الحجم المناسب باختلاف الأصناف. لكن يمكن تقديره بالمران والخبرة.
- ٤- شكل الثمار: تأخذ الثمار أشكالاً خاصة تميزها عند استكمال تكوينها.
- ٥- انفصال الثمار: تنفصل ثمرة القاوون عن العنق انفصلاً جزئياً عند بلوغها مرحلة النضج البستاني، وتكون منطقة الانفصال محيطة تماماً بالعنق عند تمام نضج الثمار.
- ٦- درجة الصلابة: تلين الثمار مع تقدمها في العمر. ويمكن تحديد صلاحية الثمار للحصاد من درجة ليونتها.

- ٧- الأصوات التي تحدثها الثمار عند الطرق عليها، كما فى البطيخ.
- ٨- ظهور الرائحة المميزة، كما فى أصناف الشام.
- ٩- صعوبة فصل القشرة، كما فى البطاطا، والبطاطس.
- ١٠- الكثافة النوعية، كما فى البطيخ، والبطاطس.
- ١١- تكوّن طبقة شمعية على سطح الثمرة (الأديم cuticle)، كما فى الطماطم.
- ١٢- اكتمال تكوين الشبك على سطح الثمرة، كما فى القاوون الشبكي.
- ١٣- اندماج الأقراص والرؤوس. كما فى القنبيط، والبروكولى.
- ١٤- صلابة الرؤوس، كما فى الخس، والكرنب، وكرنب بروكسل.
- ١٥- تكوّن المادة شبه الجيلاتينية بالثمار، كما فى الطماطم (Kader وآخرون ١٩٨٥).
- ١٦- التركيب الكيميائى (مثلاً .. محتوى النشا والسكر والأحماض).
- ١٧- سلوك التنفس وإنتاج الإثيلين.

ونوضح فى جدول (٢-٣) أهم دلائل اكمال التكوين المميزة لعدد من محاصيل الخضر والفاكهة، أما جدول (٢-٤) فيبين الحدود الدنيا لدلائل اكتمال التكوين فى ثمار الفاكهة بولاية كاليفورنيا الأمريكية.

إن اكتمال التكوين عند الحصاد هو أهم العوامل التى تحدد فترة بقاء المنتج صالحاً للاستهلاك بعد الحصاد وجودته (المظهر والقوام والمذاق والقيمة الغذائية).

**وتقسم الخضر الثمرية إلى فئتين تبعاً لمواسمهما العامة واحتياجاتهما بعد الحصاد للحفاظ على وجودتهما، كما يلى،**

١- الخضر الثمرية غير المكتملة التكوين:

تتضمن هذه الفئة مجموعتين. هما:

أ- الثمار اللحمية، مثل الخيار والكوسة والبادنجان والفلفل الأخضر.

ب- الثمار غير اللحمية، مثل الفاصوليا الخضراء وفاصوليا الليما واللوبياء الخضراء والبسلة الخضراء والبقول الرومى والذرة السكرية والبابامية.

## الفصل الثاني - الحصاد

جدول (٢-٣): دلالات اكتمال التكوين المميزة لعدد من محاصيل الخضر والفاكهة (عن Wills وآخرين ١٩٩٨).

المصدر	وليل (اكتمال التكوين)
الكنتالوب الشبكي	انفصال العنق عن الثمرة
البسلة	الوحدات الحرارية المتراكمة - الصلابة
الكاكي	اختفاء المادة القابضة
الطماطم	اللون
الخس	الكثافة ومرحلة التكوين
المانجو	محتوى ومرحلة التكوين
التفاح	محتوى المادة الجافة
البرتقال	الإثيلين الداخلي - اختبار صبغ النشا باليود
الأفوكادو	محتوى العصير - السكر - الأحماض - قراءة الرفراكتومتر
الموز	محتوى الزيت
الكوسة الزوكيني	الشكل
العنب	تكون الطبقة الشمعية واللعمان

جدول (٢-٤): الحدود الدنيا للدلائل اكتمال التكوين لثمار الفاكهة بولاية كاليفورنيا الأمريكية (عن Kader ١٩٩٦).

الفاكهة	المعروف (الدنيا للدلائل (اكتمال التكوين)
التفاح	ارتفاع محتوى المواد الصلبة الذائبة عن ١٠.٥٪ وحتى ١٢.٥٪، وانخفاض الصلابة عن ١٨-٢٣ رطلاً لقوة الاختراق حسب الصنف
المشمش	$\frac{3}{4}$ < سطح الثمرة بلون أخضر مصفر، أو $\frac{1}{4}$ < السطح أصفر اللون
الأفوكادو	١٧٪-٢٠.٥٪ مادة جافة حسب الصنف
الكريز	كل سطح الثمرة بلون أحمر فاتح، مع ١٤٪-١٦٪ مادة صلبة ذائبة حسب الصنف
العنب	١٤٪-١٧.٥٪ مادة صلبة ذائبة حسب الصنف ومنطقة الإنتاج، أو ارتفاع نسبة المواد الصلبة الذائبة إلى الإحماض إلى ٢٠ أو أكثر

تابع جدول (٢-٤).

الغالبية	المردود (الرنيا لثرائل) (اكتمال التكوين)
الجريب فروت	نسبة مواد صلبة ذائبة إلى الأحماض بقيمة ٥,٥ (أو ٦,٠ فى المناطق الصحراوية)، و $\frac{1}{3}$ سطح الثمرة بلون أصفر
الكيوى	مواد صلبة ذائبة بنسبة ٦,٥٪
الليمون الأضاليا	٣٠٪ عصير بالحجم
النكتارين والخوخ	تغير لون سطح الثمرة من الأخضر إلى الأصفر واكتمال تكوين اكتفاف الثمرة
البرتقال	نسبة مواد صلبة ذائبة إلى الأحماض بقيمة ٨,٠ مع تلون ٢٥٪ من سطح الثمرة بالبرتقالى. أو نسبة مواد صلبة ذائبة إلى الأحماض بقيمة ١٠,٠ مع لون برتقالى أقل دكنة
الكمثرى (البارتلت)	لون أخضر مصفر، مع أقل من ٣٢ رطل قوة اختراق فى اختبار الصلابة، أو زيادة محتوى المواد الصلبة الذائبة عن ١٣٪
الكاكى	لون أخضر مصفر إلى برتقالى حسب الصنف
البرقوق	اللون الخارجى وصلابة اللحم حسب الصنف
الرومان	العصير أحمر اللون وتقل فيه الأحماض عن ١,٨٥٪
الفراولة	$< \frac{1}{3}$ سطح الثمرة بلون وردى أو أحمر
اليوسفى (المندرين)	نسبة مواد صلبة ذائبة إلى الأحماض بقيمة ٦,٥، مع لون أصفر أو برتقالى أو أحمر فى ٧٥٪ من سطح الثمرة

٢- الخضر الثمرية المكتملة التكوين:

تتضمن هذه الفئة مجموعتين - كذلك - هما:

أ- الثمار اللحمية، مثل الطماطم والفلفل الأحمر وقرع الشتاء ذات القشرة الصلبة والقرع العسلى والكنتالوب والبطيخ.

ب- الثمار غير اللحمية، مثل الفاصوليا الجافة، والبسلة الجافة.

تصل جميع الخضر الثمرية المكتملة التكوين إلى أفضل نوعية أكلية لها إذا سمح لها بالنضج على النبات. إلا أن بعضها - مثل الطماطم - غالباً ما تقطف وهى مكتملة

التكوين، ولكن قبل نضجها حتى يمكنها تحمل عمليات التداول عندما تشحن لمسافات طويلة. ويكون نضج الثمار مقبولاً - فقط - إذا حدث بين ١٥، و ٢٥ م°، علماً بأن معدل النضج يزداد بارتفاع الحرارة في ذلك المدى. وأن الحرارة المثلى للنضج هي ٢٠-٢٢ م°. ويمكن معاملة الثمار بالإيثيلين بتركيز ١٠٠ جزء في المليون لمدة ٢٤-٤٨ ساعة لإسراع النضج، مع الحصول على نضج أكثر تجانساً في الخضر الثمرية المكتملة التكوين، إلا أن التطبيق التجارى لتلك المعاملة يقتصر على الطماطم الخضراء المكتملة التكوين، وبدرجة أقل كنتالوب شهد العسل.

يتميز الكنتالوب بأن مخزونه من النشا قليل للغاية وأن محتواه من السكر لا يزيد إلا قليلاً جداً (> ١٥٪) بعد الحصاد. ولذا .. فإنه من المهم حصاد الكنتالوب (القاوون) - بكل فوائده - عند اكتمال التكوين إلى بداية النضج حيث تكون السكريات قد تراكمت بقدر كافٍ في الثمار. وعند نضج ثمار الكنتالوب فإن لونها غالباً ما يتغير (حيث تفقد لونها الأخضر ويظهر بها اللون الأصفر)؛ وتزداد فيها الرائحة المميزة وتصبح بنوعية جيدة للاستهلاك. ويمكن لثمار الكنتالوب التي تقطف وهي ناضجة جزئياً أن تُنتج ما يكفيها من الإيثيلين لاستكمال نضجها، وبذا .. فإنها لا تحتاج إلى المعاملة بالإيثيلين بعد الحصاد.

وبالنسبة للبطيخ فإنه يتعين قطف ثماره وهي مكتملة النضج. وتضار ثمار البطيخ بشدة إذا تعرضت للإيثيلين بتركيز يزيد عن ٠,٥ جزءاً في المليون بعد الحصاد، حيث تصبح إسفنجية ويصبح لبها دقيقاً ومتهتكاً وردئ المذاق.

لا تغير ثمار الفلفل الخضراء المكتملة التكوين لونها بعد الحصاد (إلى الأحمر أو الأصفر أو غيرها من الألوان التي تتميز بها بعض الأصناف) حتى ولو عوملت بالإيثيلين. هذا .. إلا أن اللون يتغير في ثمار الفلفل الحلو التي تُحصد وهي ناضجة جزئياً، وكلما ازدادت درجة التلون عند الحصاد كلما ازدادت سرعة الكتمال التلون بعد ذلك. وأفضل حرارة للتلون هي ٢٠-٢٥ م°. أما تلون الفلفل الحار فإنه يكون أسرع بمعاملة الإيثيلين مثل الطماطم (عن Kader ١٩٩٦).

## الأمور التي تجب مراعاتها عند الحصاد

يوجد عديد من الأمور التي يجب أخذها - في الحسبان - عند اختيار الموعد المناسب للحصاد وعند إجراء عملية الحصاد للمحافظة على النوعية الجيدة للمنتجات كالتالي:

### ما تجب مراعاته عند اختيار موعد الحصاد

أهم ما تجب مراعاته عند اختيار موعد الحصاد ما يلي:

١- مكان التسويق، والفترة المتوقع مرورها بين الحصاد والتسويق:

فتجمع - مثلاً - ثمار الطماطم في طور اكتمال التكوين وهي ما زالت خضراء إذا أُريد تسويقها في أماكن بعيدة عن أماكن الإنتاج، بينما تجمع الثمار وهي حمراء إذا أُريد تسويقها في نفس اليوم، لكن يجب عدم التبرير أكثر من اللازم في حصاد بعض الخضروات - مثل: الطماطم، والقاوون عند شحنها للأسواق البعيدة - لأن الثمار يجب أن تصل إلى المستهلك وهي في حالة ناضجة.

٢- درجة الحرارة السائدة:

فتساعد الحرارة المرتفعة على سرعة النضج، ويلزم لذلك الجمع على فترات متقاربة. ومن أكثر الخضروات تأثراً بالحرارة المرتفعة عند الحصاد: الأسبرجس، والفاصوليا، والبسلة الخضراء، والذرة السكرية.

٣- وقت الحصاد من اليوم:

فيلزم إجراء الحصاد - للخضروات التي تفقد جودتها بسرعة - في الصباح الباكر مع حفظها باردة قدر الإمكان. كما يجب عدم ترك الثمار معرضة للشمس بعد جمعها.

٤- مرحلة النضج المناسبة للحصاد:

فبعض الخضروات تتدهور نوعيتها - كثيراً - لو تأخر حصادها عن الموعد المناسب ولو ليوم واحد، كما في الفاصوليا، والبسلة الخضراء، والذرة السكرية. وتكون هذه المشكلة واضحة بصفة خاصة في الجو الحار. كما تنحط جودة بعض الخضروات

الأخرى، كالقنبيط، وتعرض رءوس الخس للإزهار، وتتفتح رءوس الكرنب فى حالة تأخير حصادها.

أما الخضر الجذرية، فإنها تزداد كثيراً فى الحجم إذا تركت دون حصاد بعد وصولها إلى المرحلة المناسبة، ويؤدى ذلك إلى زيادة المحصول زيادة كبيرة، لكن مع انخفاض النوعية. وعموماً.. فإن موعد الحصاد قد يمتد إلى عدة أسابيع حسب حاجة السوق، كما فى الجزر والبنجر.

وبعض الخضروات - مثل خيار التخليل، والفاصوليا الخضراء - تكون نوعيتها أفضل عند حصادها وهى صغيرة، ولكن المحصول يكون منخفضاً. وفى هذه الحالات يتحدد موعد الحصاد بالنوعية المطلوبة والسعر المعروض لها.

### ما تجب مراعاته عند إجراء عملية الحصاد

أهم ما تجب مراعاته عند إجراء عملية الحصاد ما يلى:

١- منع الأضرار الميكانيكية:

فيلزم منع حدوث الأضرار الميكانيكية كالخدوش والجروح بالمنتجات البستانية عند الحصاد؛ لأن ذلك يقلل من نوعيتها، ويجعلها أكثر عرضة للإصابة بالأمراض، كما يزيد فقد الرطوبة من الأسطح المقطوعة، ويتحقق ذلك باتباع ما يلى:

أ- استخدام عمال متمرنين، واستعمال قفازات أثناء الجمع لمنع جرح الثمار بالأظافر.

ب- تجنب جذب الثمار أو نزعها من النبات بقوة أو إسقاطها بعنف فى العبوات.

ج- استخدام عبوات جيدة خالية من الزوائد والأسطح الخشنة التى يمكن أن تخدش الثمار.

د- نقل الثمار برفق من عبوات الجمع إلى عبوات الحقل.

هـ- تعبئة الثمار السريعة التلف فى عبوات التسويق بعد قطفها مباشرة.

وتجدر الإشارة إلى أن الأضرار الميكانيكية تؤدي إلى زيادة الفقد الرطوبي من المنتج بدرجة كبيرة، فيمكن أن يزداد معدل الفقد الرطوبي بنسبة قد تصل إلى ٤٠٠٪ من خدش واحد في ثمرة تفاح، كما يمكن أن تفقد درنة بطاطس واحدة متسلخة – من الرطوبة – ٣-٤ أضعاف ما يمكن أن تفقده درنة غير متسلخة. ويمكن أن تُقلل تلك الأضرار بتدريب العاملين على معاملة المنتج برفق. والحصاد في طور اكتمال النمو المناسب وأن يكون المنتج جافاً قدر الإمكان، وتجنب زيادة تداول المنتج عما يلزم، وتزويد العبوات الحقلية الكبيرة بوسائد، مع تجنب زيادة تعبئة العبوات عما ينبغي.

٢- استبعاد الثمار التالفة :

فتستبعد الثمار المصابة بالأمراض أو الحشرات، وكذلك المصابة بالعيوب الفسيولوجية.

٣- ترك جزء من العنق أو الكأس بالثمرة:

يفضل في بعض الخضروات ترك جزء من العنق بالثمرة؛ لأن ذلك يقيها التلف والجفاف، فضلاً على إعطاء الثمرة شكلاً مقبولاً، لكن العنق قد يُحدث تلفاً في الثمار المجاورة، كما في الطماطم.

### تقسيم الخضر حسب طرق الحصاد المناسبة لها

تقسم الخضر حسب طرق الحصاد المناسبة لها كما يلي:

أولاً: الخضر الثمرية:

١- يكون جمع الخضر الثمرية – التي تحصد عند اكتمال نضجها لأجل التسويق الطازج – يدوياً، ولكن قد تستعمل آلات للمساعدة في عملية الحصاد؛ مثل آلات التقاط ثمار القاوون، والسيور المتحركة ... إلخ.

٢- يكون جمع الخضر الثمرية – التي تحصد قبل اكتمال نضجها لأجل التسويق الطازج – يدوياً كذلك، ولكن تحصد الذرة السكرية. والفاصوليا الخضراء، والبسلة الخضراء آلياً في حالتها الاستهلاك الطازج والتصنيع.

٣- يحصد خيار التخليل. وطماطم التصنيع آلياً.

ثانياً: الخضر الورقية والساقية والزهرية:

تشتمل هذه المجموعة على عدد كبير من الخضروات؛ فهي تضم من الخضر الورقية: الخس، والكرنب، والكرنب الصيني، وكرنب بروكسل، والكرفس، والسبانخ، والسلق، والكيل، والهندباء، وغيرها، ومن الخضر الساقية: الأسبرجس وكرنب أبو رغبة، ومن الخضر الزهرية: الخرشوف، والقنبيط، والبروكولي.

تُحصد هذه الخضروات - بصفة أساسية - يدوياً، مع استعمال بعض الآلات للمساعدة في عملية الحصاد، كما طورت آلات لحصاد الخس، والكرنب، وكرنب بروكسل، وغيرها، ولكنها لم تستعمل على نطاق تجارى واسع.

ثالثاً: الخضر الجذرية والدرنية والبصلية:

تضم هذه المجموعة - كذلك - عدداً كبيراً من الخضروات؛ منها التي تؤكل جذورها (مثل: البنجر، والجزر، والفجل، واللفت، والبطاطا، والكاسافا)، والتي تؤكل درناتها (مثل: البطاطس، والطرطوفة، واليام)، والتي تؤكل أبصالها (مثل البصل والثوم)، والتي تؤكل كورماتها (مثل القلقاس).

وتحصد معظم الخضر الجذرية والدرنية - باستثناء البطاطا - آلياً على نطاق واسع، كذلك تحصد الخضر البصلية آلياً، ولكن ينتشر معها الحصاد اليدوى مع استعمال الآلات المساعدة في عملية الحصاد. ويكون حصاد البطاطا والقلقاس يدوياً بعد تفكيك التربة آلياً.

### حصاد الخضر يدوياً

قد يجرى الحصاد يدوياً، وهو الأمر الشائع، وقد يكون آلياً، وهى الطريقة الآخذة فى الشىوع، خاصة بالنسبة للخضروات التى تزرع لأغراض التصنيع.

تتوقف الطريقة المتبعة فى الحصاد على المحصول نفسه، وعلى الجزء النباتى الذى يزرع من أجله المحصول؛ فلكل محصول الطريقة المثلى الخاصة به، ولا يمكن التعميم.

ويتطلب الحصاد اليدوى عمالة كثيرة تشكل – عادة – نسبة كبيرة من تكلفة الإنتاج، خاصة فى الخضر التى تحصد على دفعات؛ ولهذا .. يعتمد منتجو الخضر فى الولايات المتحدة – فى المناطق التى تقل فيها الأيدى العاملة وتزداد تكاليف الحصاد فيها بدرجة كبيرة – على المستهلك فى حصاد ما يلزمه بنفسه (طريقة pick your own) فى عبوات يحضرها معه، أو يزوده بها المزارع. تصلح هذه الطريقة للحصاد بصفة خاصة فى بعض الخضروات؛ مثل: الذرة السكرية، والطماطم المرباة على دعائم، والفاصوليا المدادة، والفراولة. ويجب – عند اتباع هذه الطريقة – توقيت زراعة أجزاء من الحقل؛ بحيث ينضج المحصول على مدى فترة زمنية طويلة نسبياً، كما يجب أن يكون الحقل قريباً من مركز تجمع سكانى (Ware & MaCollum ١٩٨٣).

## حصاد الخضر آلياً

### الأسس التى يقوم عليها عمل آلات الحصاد

تختلف الأسس التى يقوم عليها عمل آلات الحصاد حسب المحصول المزروع، ومن أنواعها ما يلى:

١- آلات مصممة على أساس حصاد الحقل مرة واحدة once-over harvest:

تستخدم هذه الآلات فى حصاد الخضروات التى تزرع لأجل التعليب أو التخليل؛ فتستعمل فى حصاد البسلة، والفاصوليا الخضراء، والطماطم لأجل التعليب، والخيار لأجل التخليل. ويتوقف نوع ماكينة الحصاد على المحصول.

فى البسلة تقطع العروش من قاعدتها، ثم تفصل القرون عن الأوراق والسيقان. وتسمى الآلة باسم "Viner".

وفى الفاصوليا تمر أصابع ممتدة من الآلة بداخل العروش؛ فتنزع القرون منها لتسقط على سير متحرك.

وفى الطماطم والخيار تقطع سيقان النباتات عند سطح التربة، ثم تنقل النباتات بما

تحمله من ثمار إلى جزء آخر من الآلة: حيث تفصل الثمار عن العروش بالهز، ثم يُتخلص من الثمار غير الناضجة والزائدة في النضج يدوياً.

وعند استخدام هذه الآلات في الحصاد تزداد كثافة الزراعة من ١٠-٢٠ ألف نبات في الفدان إلى ٨٠-١٠٠ ألف نبات. مع الاهتمام الشديد بمكافحة الحشائش بالمبيدات، والاهتمام الشديد - كذلك - بالتسميد والري، كما تستعمل أصناف ذات نمو خضري مندمج عادة.

٢- آلات مصممة على أساس الحصاد على عدة مرات multiple-over harvest :  
تستخدم آلات من هذا النوع في حصاد الخس. وتتركب الآلة من جزء للتحسس sensor ذي وحدة تحكم control unit، ووحدة تقطيع cutting assembly، وعدد من السيور المتحركة recovery belts. يقوم الـ sensor باختيار الرؤوس الصالحة للتسويق حسب حجم الرأس ومقدار ضغط الهواء الذي يمكن أن تتحمله. فإذا كان حجم الرأس ومقدرته على تحمل ضغط الهواء ضمن المدى المناسب، فإن جهاز التحسس يقوم بإرسال إشارة إلى جهاز التحكم الذي ينشط جهاز التقطيع والسيور الناقلة؛ فيقوم جهاز بقطع الرأس من قاعدتها، ثم تنقلها السيور. وقد صمم جهاز للتحسس يستخدم أشعة جاما، ويرسل بالإشارة عندما تقل شدة الأشعة عن حد معين.

٣- آلات مصممة لتقليع المحصول من التربة digger-grader systems :  
صممت هذه الآلات لحصاد المحاصيل التي تزرع لأجل أعضاء التخزين، كالدرنات، والأبصال، والجذور اللحمية؛ مثل: الجزر. والبنجر، والبطاطا. وإجراء الحصاد يتم التخلص من النموات الخضرية أولاً، إما بالكيمياويات كما في البطاطس، وإما بالقطع كما في باقى الخضروات. وتشتمل هذه الآلات على سلاح للحفر على شكل حرف V يقوم بتقطيع الجذور من التربة، ثم تنقل على سيور متحركة؛ حيث تفرز يدوياً (Edmond وآخرون ١٩٧٥).

## التقدم فى الحصاد الآلى للخضروات

تشتمل قائمة الخضروات التى تحصد آلياً – على نطاق تجارى – على ما يلى:

- ١- الخضروات التى تزرع لأجل الاستهلاك الطازج:  
الكرفس، والخس، والسبانخ، والكوسة، الذرة السكرية.
- ٢- الخضروات الجذرية والبصلية والدرنية (قد تستعمل لأجل الاستهلاك الطازج أو التصنيع):

البنجر، والجزر، والبصل، والثوم، والبطاطس، والفجل، والبطاطا، واللفت.

٣- الخضروات التى تزرع لأجل التصنيع:

الفاصوليا الخضراء، وفاصوليا الليما، والبسلة الخضراء، والفلفل، وخيار التخليل، والروبارب، والسبانخ، والذرة السكرية، والطماطم (Glancey وآخرون ٢٠٠٥).

ولقد شهد النصف الثانى من القرن العشرين تقدماً كبيراً فى الحصاد الآلى للخضروات؛ نتيجة للتعاون الوثيق بين العلماء المتخصصين فى مجالات إنتاج وتربية الخضر والهندسة الزراعية؛ لإنتاج أصناف ذات مواصفات خاصة تصلح للحصاد الآلى. وتصميم الآلات المناسبة لحصادها. مع المحافظة على صفات الجودة بها. وقد اتسع نطاق الحصاد الآلى للخضر على المستوى العالمى منذ حوالى عام ١٩٧٥.

فى الولايات المتحدة تحصد كل مساحات الطماطم المعدة للتصنيع آلياً، وتقوم الآلة بحصاد نحو ٣-٥ أفدنة، أو نحو ٦٠-١٠٠ طن من الثمار يومياً.

وقد استعملت فى البداية أصناف مثل: VF 145-B-7879، ثم استخدمت الأصناف الصلبة ذات الثمار المكعبة الدائرية الصغيرة؛ مثل UC82 وما يماثلها. وتطلب الحصاد الآلى أن تكون الزراعة آلية مع زيادة كثافة النباتات من ٢٠ ألف نبات إلى ٥٠ ألف نبات بالفدان بالزراعة المتقاربة. ومع التسميد بالفوسفور تحت البذور مباشرة، والتحكم فى الري بعناية، وعدم الري قبل الحصاد بنحو ثلاثة أسابيع.

أما الحصاد الآلى لطماطم الاستهلاك الطازج، فإنه آخذ فى الازدياد كذلك بعد أن

## الفصل الثاني - الحصاد

أنتجت الأصناف المحدودة النمو التي تصلح لذلك. ويتم الحصاد ومعظم الثمار فى طور اكتمال التكوين الأخضر.

كذلك تحصد آلياً جميع المساحات المزروعة لأغراض التصنيع من كل من الذرة السكرية، والبسلة، والفاصوليا الخضراء. وتقوم الآلة بحصاد نحو ٩٠٪ من قرون الفاصوليا بسرعة نحو فدان فى الساعة. أما الفاصوليا الخضراء التى تزرع لأجل الاستهلاك الطازج، فمزال معظمها يحصد يدوياً.

كما أن البطاطس والخضر الجذرية - كالجزر، والبنجر - تحصد آلياً بصورة روتينية منذ عهد طويل. وفى حالة الجزر تقوم الآلة بتقليع النباتات من التربة، وقطع أوراقها بمعدل ٢-٣ أفدنة يومياً، ويعمل عليها رجلان.

وتُحصد بعضُ حقول الخس آلياً بسرعة نحو فدان فى الساعة. وفى الزراعة لأجل الحصاد الآلى تزداد كثافة الزراعة من نحو ١٥ ألف إلى ١٠٠ ألف نبات للفدان، مع إجراء كل العمليات الزراعية بكفاءة حتى ينضج المحصول فى وقت متقارب. ويحصد القليل من حقول الكرفس آلياً.

كما استخدمت الآلات فى حصاد مهاميز الأسبرجس بقطعها من تحت سطح التربة فى أراضى البيت. وفى هذه الحالة يزرع الأسبرجس بالبذور مباشرة فى الحقل مع زيادة كثافة الزراعة من نحو ٨ آلاف إلى ٥٠ ألف نبات للفدان (Lorenz ١٩٦٩).

وليزيد من التفاصيل عن الحصاد الآلى للخضروات يمكن الرجوع إلى كل من: Amer. Soc. Hort. Sci (١٩٦٩)، و Woodrof (١٩٧٥)، و Zahara & Johnson (١٩٧٩).

## تأثير الحصاد الآلى على نوعية الخضروات المنتجة لأغراض التصنيع

لا تخلو عمليات الحصاد الآلى من تأثيرات سلبية على نوعية الخضر المنتجة؛ ولذا لا يشيع كثيراً حصاد حقول الخضر المخصصة للاستهلاك الطازج آلياً؛ لأن المستهلك

يتخير أفضلها عند الشراء. أما الخضروات التي تزرع لأجل التصنيع فإنها تُحصَد ألياً على نطاق واسع؛ لأن ما تحدثه فيها عملية الحصاد الآلي من أضرار ميكانيكية تختلف عند مرورها بعمليات التصنيع. ولكن قد يتبقى – بالرغم من ذلك – تأثيرات سلبية لتلك الأضرار على نوعية المنتجات المصنعة، وهو ما نتناوله بالشرح في هذا الجزء. بالنسبة لمحاصيل الخضر التالية:

#### ١- الطماطم:

تتباين الأضرار التي تُحدثها عملية الحصاد الآلي لثمار الطماطم ما بين خدوش سطحية بجلد الثمرة، إلى قطع بالجد لا ينفذ إلى داخل الثمرة، إلى تفلقات تمتد إلى مساكن البذور. وتؤدي تلك التفلقات إلى فقد كمية كبيرة من العصير قد تصل إلى ٦٠٪ من وزن الثمار. كما أن هذه الثمار لا تصلح لإنتاج الطماطم المعلبة المقشرة peeled tomatoes؛ وهي التي يجب ألا تزيد فيها الأضرار الميكانيكية على مجرد الخدوش السطحية. ويزداد معدل حدوث تلك الأضرار مع زيادة سعة المقطورة التي تُجمع وتنقل فيها الثمار (تستعمل مقطورات تصل حولتها إلى ١٢ طناً)، ومع التأخير في الحصاد عن مرحلة اكتمال نضج غالبية الثمار، وعند الحصاد بعد الظهر مقارنة بالحصاد ليلاً أو في الصباح الباكر.

#### ٢- الخيار:

تؤدي عملية الحصاد الآلي إلى قطع نسبة كبيرة نسبياً (قد تصل إلى ١٢٪) من الثمار، أو إلى إحداث خدوش بها. وبعكس الطماطم.. فإن نسبة الخدوش تزداد في ثمار الخيار عند حصاده – ألياً – في الصباح. مقارنة بحصاده بعد الظهر. كذلك تزداد الخدوش في الثمار الصغيرة الحجم.

#### ٣- الذرة السكرية:

إن مجرد حصاد الذرة السكرية ألياً يحافظ على نوعية المنتج؛ وذلك بسبب قصر الفترة التي تستغرقها عملية الحصاد الآلي مقارنة بالحصاد اليدوي، وعدم الحاجة إلى بقاء المنتج في الحقل لفترة طويلة بعد الحصاد.

## الفصل الثاني - الحصاد

تزداد الأضرار التي تحدث للحبوب التي توجد بقاعدة الكيزان عند ترك 3-4 سم فقط من أعناقها، بالرغم من أن ذلك يعنى التخلص من عدد كبير من الأوراق المغلفة للكوز في الحقل. وتؤدي زيادة طول العنق إلى 6,5 سم فأكثر إلى تجنب حدوث أية أضرار بالحبوب القاعدية.

يُفضل الحصاد ليلاً للمحافظة على نوعية المنتج التي تتدهور إن لم يُبرد المحصول إلى الصفر المئوى سريعاً بعد الحصاد.

### 4- الفاصوليا الخضراء:

يؤدي انتزاع القرون من النموات الخضرية - عند حصادها آلياً - إلى قطع بعضها وإحداث خدوش سطحية في نسبة كبيرة منها. وتزداد نسبة هذه الأضرار كلما ازدادت سرعة آلة الحصاد، كما تتوقف النسبة على الصنف ومقدار القوة التي تلزم لفصل قرونها عن النبات، وكذلك على كثافة الشعيرات التي تنتشر على سطح القرون؛ وهي التي تُضار بشدة عند إجراء الحصاد الآلي؛ الأمر الذي يترتب عليه زيادة معدلات فقد الرطوبة من القرون وسرعة ذبولها وانكماشها.

### 5- البسلة الخضراء:

قُدرت نسبة الأضرار التي تُحدثها عملية الحصاد الآلي في بذور البسلة الخضراء بنحو 25% من المحصول، ويتوقف ذلك على سرعة آلة الحصاد. وتزداد المشاكل التي تترتب على الأضرار الميكانيكية كلما تأخر وصول المنتج إلى مصانع الحفظ (عن Studer 1983).

### 6- الأسبرجس:

يؤدي الحصاد الآلي إلى حصاد مهاميز أقصر مما ينبغي، وإحداث أضرار بالمهاميز المتبقية تحت سطح التربة، وإلى اختلاط التربة بالمنتج.

### 7- الكرنب وكرنب بروكسل:

يُحدث الحصاد الآلي أضراراً بالأوراق، ولكنها لا تؤثر على نوعية المنتج المعد للتصنيع.

٨- القنبيط:

يضر الحصاد الآلي بالنباتات المتبقية في الحقل (يكون الحصاد على دفعات). لأنه يؤدي إلى كسر بعض الأوراق. الأمر الذي يؤدي إلى بطء نمو النباتات المتبقية، وصغر حجمها، واكتسابها لوناً أصفر بسبب تعرضها لأشعة الشمس.

٩- الكرفس:

يُحصد الكرفس آلياً إما لأجل تسويق "قلوب" النباتات معبأة، وإما لأجل سدّ حاجة مصانع الشوربات، وفي كلتا الحالتين لا يتسبب تقطيع الأوراق الخارجية - عند إجراء عملية الحصاد - في أية مشاكل تصنيعية أو تسويقية. وكلما ارتفع موضع قطع النباتات فوق سطح التربة أمكن التخلص من أكبر قدر ممكن من الأوراق غير المرغوب فيها في الحقل ذاته، ولكن ذلك يكون مصاحباً - أيضاً - بزيادة في نسبة الفقد في الأوراق المرغوب فيها.

١٠- السبانخ، والهندباء، والكيل، والكولارد:

من الأهمية بمكان التحكم في موضع قطع النباتات فوق سطح التربة؛ بحيث يكون مرتفعاً إلى الحدّ الذي يؤدي إلى التخلص من الأوراق السفلية الصفراء والملوثة بالتربة في الحقل، ولكن لا يكون مرتفعاً إلى الدرجة التي تؤدي إلى فقد نسبة كبيرة من المحصول. ويفضل الحصاد في الصباح عنه بعد الظهيرة.

١١- خس الرئوس ذات الأوراق السهلة التقصف Crisphead:

يعد نضج الرئوس (صلابتها) أهم مقياس للحكم على صلاحيتها للحصاد، ويتم ذلك باستعمال آلات تعتمد على مجسات تقدر كثافة الرئوس بأشعة جاما أو بأشعة إكس.

١٢- الجزر، وبنجر المائدة، واللغت، والفجل:

يتم حصادها آلياً بعد قطع نمواتها الخضرية. وبالرغم من حدوث بعض الأضرار كالخدوش والقطوع، إلا أن ذلك يعد أمراً مقبولاً.

١٣- البطاطا:

يُحدث الحصاد الآلي نسبة عالية من التسلخات والخدوش بالجذور، ولكن المعالجة الجيدة بعد الحصاد يمكن أن تقلل من تلك الأضرار.

١٤- البصل والثوم:

يتم تفكيك التربة تحت الأبصال آلياً. ثم يستكمل الحصاد بعد ذلك آلياً أو يدوياً. وتكون بعض الأصناف أكثر من غيرها حساسية للإصابة بالأضرار الميكانيكية، التي تزداد كذلك عند زيادة سمك رقبة البصلة. ولا يكون من السهل تقليص النموات الجذرية والقمية بصورة مقبولة عند إجراء الحصاد آلياً كما في حالة الحصاد اليدوي.

١٥- البطاطس:

يؤدي التخلص من النموات الخضرية بصورة مناسبة قبل الحصاد إلى تقليل الخدوش والتسلخات التي تتعرض لها الدرناات. وتحدث أقل الأضرار عندما يكون قتل النموات الخضرية سريعاً، وعند زيادة الفترة بين قتل النموات الخضرية والحصاد. ولكن قتل النموات الخضرية مبكراً يؤدي إلى نقص المحصول، ونقص الكثافة النوعية للدرناات، وازدياد ظاهرة تلون أنسجة الخشب، ويزداد النقص في الكثافة النوعية في حالات القتل السريع للنموات الخضرية.

ومن الطبيعي أن تحدث أضرار ميكانيكية (قطع، وتشققات، وجروح، وتسلخات) في نحو ١٠٪ من محصول البطاطس عند الحصاد. ويؤدي الحرص في عملية الحصاد إلى خفض نسبة تلك الأضرار إلى نحو ٥٪ أو أقل (عن Kasmire ١٩٨٣).



### الفصل الثالث

## صفات الجودة والتغيرات والفسيولوجية التي تحدث بعد الحصاد

تتباين صفات الجودة باختلاف محاصيل الخضر والفاكهة، كما أن تلك الصفات يطرأ عليها كثيراً من التغيرات بعد الحصاد، وجميع هذه التغيرات يمكن ملاحظتها أو الإحساس بها، وهي تحدث نتيجة لنشاط فسيولوجي بالمنتج. ونستعرض بالدراسة في هذا الفصل - بصورة عامة - مختلف الصفات التي تؤثر في جودة الخضر والفاكهة ونوعيات التغيرات التي تحدث فيها بعد الحصاد.

### المذاق

إن المذاق flavor عبارة عن الطعم taste بالإضافة إلى الرائحة odor، ويتكون أساساً من الحلاوة sweetness والحموضة sourness، والنكهة aroma، وهي التي يقابلها - على التوالي - السكريات، والأحماض. والمركبات المتطايرة. ومن بين المكونات الأخرى للمذاق: المرارة bitterness (مثل الـ sesquiterpene lactones في الشيكوريا)، والملحية saltiness التي تعود إلى أملاح طبيعية متنوعة، والطعم القابض astringency الذي يسببه الفلافونيدات flavonoids، والقلوانيات alkaloids، والتانينات tannins، وعوامل أخرى. إن الإحساس بالحلاوة - التي هي أحد أهم مكونات الطعم في الخضر والفاكهة - يتحور بالحمضية sourness أو مستويات الأحماض، وبمركبات النكهة. ويبين جدول (١-٣) الحدود الدنيا للمواد الصلبة الذائبة والحدود القصوى للحموضة المعيارية بثمار الفاكهة وثمار الخضر الحلو الطعم لكي يكون طعمها مقبولاً.

ويتأثر المذاق - بصفة أساسية - بالتركيب الوراثي للمنتج، مع تأثيرات أقل للعوامل البيئية التي يتعرض لها المنتج قبل الحصاد، والمعاملات الزراعية التي خضع لها، ودرجة اكتمال التكوين عند الحصاد. وعمليات التداول التالية للحصاد.

إن الثمار التي تستمر في النضج بعد الحصاد مثل التفاح والموز تعرف بأنها كلايمكتيرية climacteric، بينما تلك التي لا تنضج بعد الحصاد مثل الموالح والفراولة فإنها تعرف بأنها غير كلايمكتيرية non-climacteric. وبصورة عامة.. فإن جودة المذاق في الثمار غير الكلايمكتيرية تنخفض بعد الحصاد، بينما تصل الثمار الكلايمكتيرية إلى أفضل مذاق لها بعد الحصاد. ولكنها يجب أن تحصد بعد بداية نضجها. وتكون نوعية الثمار بنوعيتها – الكلايمكتيرية وغير الكلايمكتيرية – رديئاً إذا ما حُصدت قبل اكتمال تكوينها (Baldwin ٢٠٠٤).

جدول (٣-١): الحدود الدنيا لنسبة المواد الصلبة الذائبة والحدود القصوى للحموضة المعايرة titratable acidity ببعض الثمار 'كى يكون طعمها جيداً (عن Kader ١٩٩٦).

الفاكهة	المرادفونى للمردو الصلبة الذائبة (%)	المرادفونى للحموضة المعايرة (%)
التفاح	١٠,٥-١٢,٥ حسب الصنف	٠,٨
الشمش	١٠	—
البوبرى	١٠	—
الكرىز	١٦-١٤ حسب الصنف	—
العنب	١٧,٥-١٤ حسب الصنف، أو نسبة مواد صلبة ذائبة إلى الأحماض بقيمة لا تقل عن ٢٠	—
الجريب فروت	نسبة مواد صلبة ذائبة إلى الأحماض بقيمة لا تقل عن ٦	—
الكيوى	١٤	—
اليوسفى	نسبة مواد صلبة ذائبة إلى الأحماض بقيمة لا تقل عن ٨	—
المانجو	١٤-١٢ حسب الصنف	—
الكنتالوب	١٠	—
النكتارين	١٠	٠,٦
البرتقال	نسبة مواد صلبة ذائبة إلى الأحماض بقيمة لا تقل عن ٨	—

## الفصل الثالث - صفات الجودة والتغيرات الفسيولوجية التي تحدث بعد الحصاد

تابع جدول (٣-١).

النكهة	المر (الأوني للملرو) الصلبة (النزائية) (%)	المر (الأوني للمموضه) (المعيرة) (%)
الباباظ	١١,٥	—
الخوخ	١٠	٠,٦
الكمثرى	١٣	—
الكاكى	١٨	—
الأناناس	١٢	١,٠
البرقوق	١٢	٠,٨
الرمان	١٧	١,٤
الراسبرى	٨	٠,٨
الفراولة	٧	٠,٨
البطيخ	١٠	—

إن استقبال الإنسان لمذاق ما يأكله لأمر شديد التعقيد. إن الطعم هو القدرة على تمييز المركبات غير المتطايرة (بتركيزات حتى أجزاء فى المائة) بعدديد من المستقبلات فى اللسان للسكريات أو الـ polyalchols، و hydronium ions، وأملاح الصوديوم، والجلوكوسيدات، والقالوانيات ... إلخ. ويقابل ذلك الأحساس بالحلاوة، والحموضة، والملوحة، والمرارة فى الأغذية. أما مركبات النكهة aroma فإنه يمكن القدرة على تمييزها وهى فى تركيز بالأجزاء فى البليون، وذلك بأعصاب تنتهى فى الأنف. ويقوم المخ بمعالجة تلك المعلومات ليعطى الأحساس المتكامل بالمذاق (Baldwin ٢٠٠٤).

### النكهة

إن المركبات المتطايرة هى المسئولة عن النكهة المميزة للثمار، وهى تتواجد بكميات قليلة جداً تقل ١٠٠ جزء فى المليون. وتقل كمية الكربون التى تدخل فى تمثيل تلك المركبات عن ١٪ من كمية ثانى أكسيد الكربون التى تنطلق من المنتج. وأهم المركبات المتطايرة التى تنتجها الثمار الكلايمكتيرية هى الإثيلين الذى يشكل ٥٠٪-٧٥٪ من

المحتوى الكربوني الكلى لجميع المركبات المتطايرة، هذا إلا أن الإثيلين ليس له رائحة قوية ولا يُسهم في الرائحة المميزة للثمار.

ومعظم المركبات المتطايرة عبارة عن إسترات esters، وكحولات alcohols، وألدهيدات aldehydes، وكاتيونات ketones. ولقد أمكن تعريف عدداً كبيراً من المركبات المتطايرة في الثمار، والرقم في ازدياد مستمر مع التقدم في طرق التحليل. وعلى الرغم من ذلك فإن عدداً قليلاً من تلك المركبات هو الذى يكون له أهمية فى تحديد النكهة المميزة للثمار. وتتوقف الأهمية النسبية لتلك المركبات على تركيز كل منها – وهو الذى قد يكون بالجزء فى البليون – وكذلك على التفاعلات فيما بينها (Kader 1999).

ونقدم فى جدول (٣-٢) قائمة بأسماء المركبات الهامة المسئولة عن النكهة المميزة فى عدد من محاصيل الخضر والفاكهة، وكذا السكريات الرئيسية والأحماض الرئيسية التى تحتويها.

جدول (٣-٢): المركبات الهامة المسئولة عن النكهة المميزة فى عدد من محاصيل الخضر والفاكهة، وكذا السكريات الرئيسية والأحماض العضوية الرئيسية التى تحتويها.

المركبات الهامة (المسئولة عن النكهة)	الأحماض الرئيسية	السكريات الرئيسية	المصدر
$\beta$ -damascenone	malic	sucrose	التفاح
butyl hexanoate	citric	glucose	
isoamyl hexanoate		fructose	
hexyl hexanoate			
ethyl butanoate			
propyl butanoate			
hexyl butanoate			
butylacetate			
2-ethyl-1-butyl acetate			
ethyl acetate			

## الفصل الثالث - صفات الجودة والتغيرات الفسيولوجية التي تحدث بعد الحصاد

تابع جدول (٣-٢).

المركبات الهامة (المسئولة عن النكهة)	الأحماض الرئيسية	السكريات الرئيسية	المصدر
butanol			
benzaldehyde	malic	sucrose	الخوخ
benzyl alcohol	citric	glucose	
nonanol		fructose	
linalool		sorbitol	
ethyl hexanoate			
3-methylbutanoate			
$\alpha$ -terpineol			
$\gamma$ -hexalactone			
$\delta$ -decalactone			
$\gamma$ -undecalactone			
$\delta$ -undecalactone			
$\gamma$ -dodecalactone			
$\delta$ -dodecalactone			
$\alpha$ -pyrone			
6-penty- $\alpha$ -pyrone			
hexanal	citric	sucrose	الفراولة
<i>cis</i> -3-hexanal		glucose	
<i>trans</i> -2-hexanal		fructose	
furaneol			
mesifuran			
ethyl hexanoate			
ethyl butanoate			
methyl butanoate			
ethyl-2-methyl propanoate			
H-(4-hydroxyphenyl)-butan-2-one)	citric	sucrose	الراشبرى
(raspberry ketone)		glucose	

تابع جدول (٣-٢).

المركبات الهامة (المستولة عن النكهة)	الأحماض الرئيسية	السكريات الرئيسية	المصدر
$\alpha$ -ionone		fructose	
$\beta$ -ionone			
geraniollinalool			
benzyl alcohol			
ethyl hexanoate			
ethyl butanoate			
methyl butanoate			
$\gamma$ -decalactone			
2-heptanone			
<i>cis</i> -3-hexanal			
$\beta$ -damascenone			
methyl anthranilate	tartaric	sucrose	العنب الكونكوردي
0-aminoacetophenone	malic	fructose	
furaneol			
methyl furaneol			
$\beta$ -damascenone			
$\beta$ -phenylethanol			العنب المسكادين
butyl alcohol			
hexyl alcohol			
hexanal			
<i>trans</i> -2-hexenal			
isoamyl alcohol			
acetaldehyde			
isobutyraldehyde			
ethyl acetate			
ethyl propionate			
butyl acetate			

## الفصل الثالث - صفات الجودة والتغيرات الفسيولوجية التي تحدث بعد الحصاد

تابع جدول (٣-٢).

المركبات (الهامة المستولدة عن التنفئة)	الأحماض الرئيسية	السكريات الرئيسية	المصدر
propyl acetate			
2-methylbutanol			
linalool			العنب المسكات
geraniol			
methoxyisobutylpyrazine			
decan-1-ol	malic	sucrose	الموز
2-phenylethanol	citric	glucose	
3-oxy-pentanoic acid	oxalic	fructose	
3-methylbutanoic acid			
3-methylbutyl acetate			
butanoate			
3-methylbutanoate			
eugenol			
5-methoxyeugenol			
eugenol-methylether			
elemicin			
geranial	citric	sucrose	البرتقال
neral acetaldehyde		glucose	
decanal		fructose	
octanal			
nonanal			
ethyl acetate			
ethyl propionate			
ethyl butanoate			
methyl butanoate			
ethyl-2-methyl butanoate			
ethyl-3-hydroxy hexanoate			

تابع جدول (٣-٢).

المصدر	السكريات الرئيسية	الأحماض الرئيسية	الركبات الهامة المستولة عن التخمير
			linalool
			$\alpha$ -terpineol
			limonene
			myrcene
			$\alpha$ -pinene
			valencene
اليوسفي	sucrose	citric	acetaldehyde
	glucose		decanal
	fructose		octanal
			dimethyl anthranilate
			thymol
			$\alpha$ -sinensal
			$\gamma$ -terpinene
			$\beta$ -pinene
الجريب فروت	sucrose	citric	acetaldehyde
	glucose		decanal
	fructose		ethyl acetate
			methyl butanoate
			ethyl butanoate
			1- <i>p</i> -menthene-8-thiol
			nootkatone
			limonene
			naringin
المانجو	sucrose	citric	ethyl butanoate
	glucose	malic	ethyl-2-butanoate
	fructose		hexanal
			<i>cis</i> -3-hexanal
			<i>trans</i> -2-hexanal

الفصل الثالث - صفات الجودة والتغيرات الفسيولوجية التي تحدث بعد الحصاد

تابع جدول (٣-٢).

المركبات الهامة (المستولة عن النكهة)	الأصماغ الرئيسية	السكريات الرئيسية	المصدر
$\gamma$ -octalactone			
$\gamma$ -dodecalactone			
furaneol			
$\alpha$ -pinene			
$\beta$ -pinene			
3-carene			
myrcene			
limonene			
<i>p</i> -cymene			
terpinolene			
$\alpha$ -copaene			
caryophyllene			
ethylbutyrate	malic	sucrose	الكتالوب
ethyl-2-methyl butyrate	citric	fructose	وشهد العسل
ethyl butyrate	watermelon-		والبطيخ
ethyl hexanoate	malic only		
hexyl acetate			
3-methylbutyl acetate			
benzyl-acetate			
<i>cis</i> -6-nonenyl acetate			
<i>trans</i> -6-nonenol			
<i>cis</i> , <i>cis</i> -3,6-nonadienol			
<i>cis</i> -6-nonenal			
4-oxononanal			
2-hydroxy-5-pentyltetra-			
hydrofuran			
<i>cis</i> -non-6-enyl acetate			

تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

تابع جدول (٣-٢).

المصدر	السكريات الرئيسية	الأمحاض الرئيسية	الدهنيات الهامة المستخلصة من النخلة
			methyl acetate
			ethyl acetate
			isopropyl acetate
			ethyl propanoate
			ethyl isobutanoate
			propyl acetate
			butyl acetate
			methyl-2-methylbutanoate
			ethyl butanoate
			2-methylpropanoate
			2-methylbutyl acetate
			2-methylpropyl acetate
			methyl (methylthio) acetate
			ethyl (methylthio) acetate
			ethyl (methylthio) propanoate
			hexanal
	citric	sucrose	الطماطم
	malic	fructose	
			<i>trans</i> -2-hexenal
			<i>cis</i> -3-hexenal
			<i>cis</i> -3-hexenol
			$\beta$ -ionone
			$\beta$ -damascenone
			1-penten-3-one
			3-methylbutanal
			3-methylbutanol
			2-isobutylthiazole-1-nitro-phenyl-ethane
			<i>trans</i> -2-heptenal

## الفصل الثالث - صفات الجودة والتغيرات الفسيولوجية التي تحدث بعد الحصاد

تابع جدول (٣-٢).

المصدر	السكريات الرئيسية	الأحماض الرئيسية	البروتينات الهامة (المسؤولة عن النكهة)
phenylacetaldehyde			
6-methyl-5-hepten-2-one			
methyl salicylate			
geranylacetone			

### الصلابة والقوام

إن خاصية القوام texture ليست صفة واحدة محددة، فهي مصطلح يجمع ما بين الخصائص التركيبية والميكانيكية للمنتج الغذائي واستقبالها الحسّي في اليد أو الفم.

ومن بين المصطلحات الكثيرة جدًا المستعملة في وصفه القوام المحسوس هي الخضر والمالحة ما يلي:

hard	صلب	firm	متماسك
soft	ناعم	crisp	هش أو قصيم
limp	لين	mealy	دقيقى
tough	قاس أو قوى	melting	ذوّاب
gritty	رملى	wooly	صوفى
dry	جاف	juicy	عصيرى

يحدث أثناء اكتمال بعض أجزاء منتجات الخضر، وخاصة السيقان وأعناق الأوراق أن تصبح الخلايا ملجننة؛ الأمر الذى يؤدي إلى زيادة قوة وقسوة المنتج، مثلما يحدث فى الأسبرجس والبروكولى والروتاباجا.

وتفيد معاملات الغمر فى محاليل الكالسيوم بعد الحصاد فى زيادة تماسك عديد من المنتجات.

وتفقد الثمار صلابتها أثناء النضج، ويحدث ذلك بفعل إنزيمات تحلل الجدر الخلوية وتؤدي إلى طراوة لب الثمرة. تنقسم تلك الإنزيمات إلى مجموعتين، كما يلي (عن Sivastava ٢٠٠٢):

١- مجموعة تعطل شبكة الهيمسيليلوز والسيليلوز، وتتضمن تحت المجموعات الإنزيمية التالية:

Expansins

Xylogucan endotransglycosylases

End-1,4- $\beta$ -glucanases (EGases or cellulases)

$\alpha$ -and  $\beta$ -galactosidases

٢- مجموعة تعطل شبكة البكتينات، وتتضمن تحت المجموعات الإنزيمية التالية:

Polygalacturonases

Pectin methylesterases

إن تواجد خيوط قوية في النسيج الوعائي يمكن أن يزيد من متانة النسيج، ولكنه يؤدي إلى جعل المنتج ذات قوام ليفي غير مرغوب فيه - فمثلاً .. يكون مرد قوة وصلابة مهاميز الأسبرجس أساساً إلى محتواها من الألياف وتلجننها. ونادراً ما تكون الخيوط مرغوباً فيها كما في الكوسة الاسباجيتي. وفي معظم الثمار التجارية - باستثناء الأناناس - لا يشكل تليف اللحم مشكلة كبيرة، إلا أن بعضها - مثل الخوخ والكنتالوب - يمكن أن يشكل التليف فيها مشكلة. وعموماً .. يزداد الإحساس بظاهرة الخيوط في الثمار التامة النضج بسبب التغيرات بين القوام الناعم الذواب للخلايا البرانشيمية وألياف الأنسجة الوعائية. كذلك فإن القوام الرملي في الكمثرى والجوافة يصبح ملحوظاً عندما يكون النسيج المحيط ناعماً. وبينما يكون مرد التليف إلى الأنسجة الوعائية، فإن القوام الرملي يعود إلى الخلايا الحجرية الاسكليروشية ( Abbott & Harker ٢٠٠٤).

### الصبغات

تحتوى الخضر والفاكهة على عديد من الصبغات التي تكسبها لونها المميز وال جذاب، بالإضافة إلى أن بعضها (مثل البيتا كاروتين) تُعد من الفيتامينات. وأن جميعها تُعد من مضادات الأكسدة ذات الأهمية الفائقة لصحة الإنسان؛ نظراً لكونها من مضادات السرطانات. ويبين جدول (٣-٣) أنواع صبغات الأنثوسيانين التي أمكن التعرف عليها في بعض الخضر، بينما يبين جدول (٤-٣) المحتوى النسبي لكل من البيتا كاروتين والليكوبين والكلوروفيل في عدد من الخضروات (عن Shewfelt ٢٠٠٣).

جدول (٣-٣): أنواع الصبغات الأنثوسيانينية التي أمكن تعريفها في بعض الخضر.

الصبغات	الخضر
cyanidin 3-glucoside; cyaniding 3,5-diglucoside; cyanidin 3-rutinoside; cyanidin 3-glucosylrutinoside; peonidin 3-rutinoside; peonidin 3-glucosylrutinoside	الأسبرجس
cyanidin 3,5-diglucoside; cyanidin 3-ferulyl-glucoside-5-glucoside; cyanidin 3-diglucoside-5-glucoside; cyanidin 3-p-coumaryl-diglucoside-5-glucoside; cyanidin 3-ferulyl-diglucoside-5-glucoside; cyanidin 3-sinapyl-diglucoside-5-glucoside; cyanidin 3-p-coumaryl-triglucoside-5-glucoside; cyaniding 3-p-coumaryl-triglucoside-5-glucoside; cyanidin 3-ferulyl-triglucoside-5-glucoside; cyanidin 3-p-coumaryl-sinapyl-diglucoside-5-glucoside; cyanidin 3-ferulyl-sinapyl-diglucoside-5-glucoside; cyanidin 3-disinapyl-diglucoside-5-glucoside	الكرنب الأحمر
delphindidin 3- diglucoside; delphinidin 3.5- diglucoside; delphinidin 3-rutinoside-5- diglucoside; delphindin 3-p-coumaryl-rhamnoglucoside; delphinidin 3-p-coumaryl-diglucoside	الباذنجان
cyanidin 3-diglucoside-5-glucoside; cyanidin 3-sophoroside-5-glucoside; pelargonidin 3-diglucoside-5-glucoside; pelargonidin 3-sophoroside-5-glucoside	الفجل

تابع جدول (٣-٣).

(الصبغات)	(القصر)
Cyanidin 3-glucoside; cyanidin 3-rutinoside	الروبارب
cyanidin 3-glucoside; cyanidin 3,5-diglucoside; cyanidin 3-diglucoside-5-glucoside	اللفت الأحمر
pelargonidin 3-diglucoside-5-glucoside	اللفت القرمزي

جدول (٣-٤): المحتوى النسبي لكل من البيتاكاروتين  $\beta$ -carotene، والليكوبين lycopene والكلوروفيل chlorophyll في ثمار بعض الخضرا.

(الكلوروفيل)	(الليكوبين)	(البيتا كاروتين)	(القصر)
+++++	--	+ <sup>a</sup>	الأسبرجس الأخضر
+++	--	+	الفاصوليا الخضراء
+	--	+	فاصوليا الليما
++++	--	++	البروكولي
--	--	+++	الجزر
+++++	--	++	الخس الورقي الأخضر
+++	--	+	الخس الكابوتشا (الآيس برج)
+++	--	+	الخس الرومين
++++	--	+++	القلقل الأخضر
--	--	+++++	القلقل الأحمر
--	--	++++	البطاطا (اللب)
+++++	--	+++	السبانخ
--	+++++	+++	الطماطم الحمراء الناضجة

<sup>a</sup> - < 1  $\mu\text{g g}^{-1}$  FW; + = 1-10  $\mu\text{g g}^{-1}$  FW; ++ = 10-50  $\mu\text{g g}^{-1}$  FW; +++ = 50-100  $\mu\text{g g}^{-1}$  FW; ++++ = 100-200  $\mu\text{g g}^{-1}$  FW; +++++ = > 200  $\mu\text{g g}^{-1}$  FW.

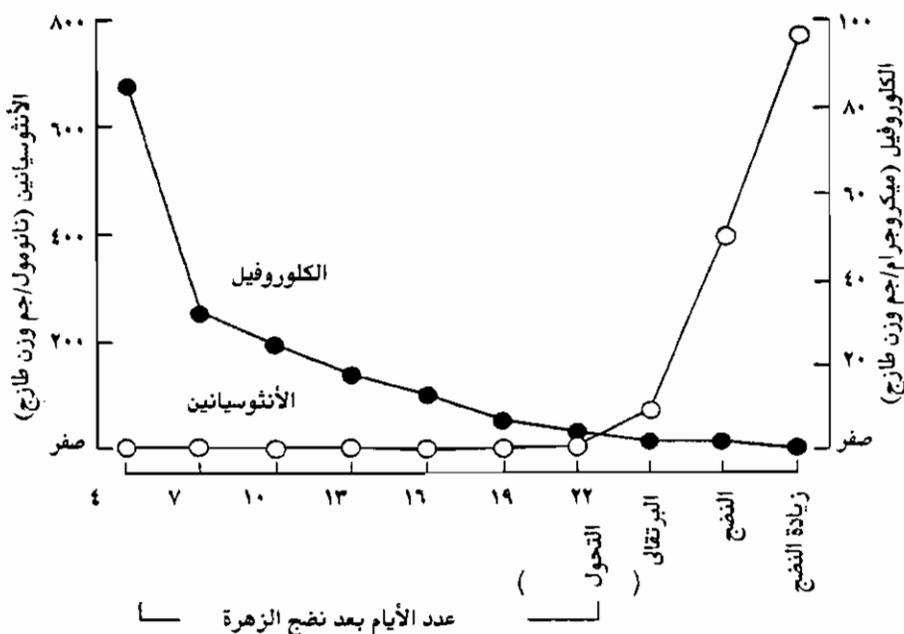
### التغيرات المصاحبة لنضج الثمار

إن من أهم التغيرات المصاحبة للنضج في الثمار (سواء أكانت ثمار خضرا أم فاكهة)

ما يلي:

## الفصل الثالث - صفات الجودة والتغيرات الفسيولوجية التي تحدث بعد الحصاد

١- التغيرات اللونية، والتي تبدأ بتحلل الكلوروفيل (فيما عدا في ثمار قليلة مثل الأفوكادو والكيوى وصنف التفاح Granny Smith)، بسبب تغيرات الـ pH ونظم الأكسدة وإنزيمات الـ chlorophyllases. وتنتهي التغيرات اللونية بتكوين مختلف الصبغات المميزة للثمار، وهي التي تكون غالباً صبغات كاروتينية خاصة بالألوان الصفراء والبرتقالية والحمراء (والأخيرة يكون مردها إلى صبغة الليكوبين)، وأخرى أنثوسيانينية (وهي فينولات جلوكوسيدية قابلة للذوبان في الماء) خاصة بالألوان الحمراء والقرمزية (شكل ١-٣).



شكل (١-٣): التغيرات في صبغتي الكلوروفيل (●) والأنثوسيانين (○) في ثمار الفراولة أثناء تكوينها ونضجها (عن Srivastava ٢٠٠٢).

ويستعرض Jones (٢٠٠٧) تأثير الظروف التي تتعرض لها الخضراوات والفاكهة الطازجة بعد الحصاد على محتواها من كل من الأنثوسيانين، والليكوبين، والجلوكوسينولات،

ومدى تيسر تلك المركبات، وجميعها من المركبات الكيميائية النباتية ذات الأهمية الكبيرة بالنسبة لصحة الإنسان.

## ٢- التغيرات في المواد الكربوهيدراتية:

إن من أهم التغيرات المصاحبة للنضج تحلل المركبات الكربوهيدراتية البوليمرية – وخاصة النشا – إلى سكريات: الأمر الذى يؤثر فى كل من طعم المنتج وقوامه.

كذلك فإن تحلل المواد البكتينية والنصف سيليلوز يضعف الجدر الخلوية والقوى اللاصقة التى تلحم الخلايا معاً. يؤدي ذلك فى نهاية الأمر إلى جعل الأنسجة أكثر استساغة عند أكلها، ولكن استمرار التغيرات يؤدي إلى تحلل التراكييب النباتية. ويعد البروتوبكتين protopectin هو الصورة الأساسية غير القابلة للذوبان للمواد البكتينية، وهى بوليمر كبير يرتبط بسلاسل بوليمرية عبر روابط من عنصر الكالسيوم، كما يلتحم بسكريات أخرى ومشتقات سكرية ليكون بوليمر كبير للغاية. يتحلل البروتوبكتين تدريجياً أثناء نضج الثمار إلى جزيئات أصغر فى وزنها الجزيئى تكون قابلة للذوبان فى الماء، وتكون العلاقة طردية مباشرة بين معدل تحلل البروتوبكتين ومعدل طراوة الثمار (Wills وآخرون ١٩٩٨).

ويبين جدول (٣-٥): تأثيرات بعض معاملات بعد الحصاد على محتوى بعض الخضار من كل من الجلوكوز والفراكتوز والسكروز (عن Maness & Perkins-Veazie ٢٠٠٣).

## ٣- الأحماض العضوية:

ينخفض تركيز الأحماض العضوية – عادة – أثناء النضج إما من خلال استهلاكها فى التنفس، وإما بتحويلها إلى سكريات. ويمكن اعتبار تلك الأحماض مخزوناً للطاقة فى الثمار يمكن أن تستنفذ جزئياً أثناء نضجها.

## ٤- المركبات النيتروجينية:

تعد البروتينات والأحماض الأمينية من المكونات الثانوية بالثمار، والتى لا يكون لها

جدول (٣-٥): تأثيرات بعض معاملات بعد الحصاد على محتوى بعض الحضر من كل من الجلوكوز والفراكتوز والسكروز.

التأثير على كل من

السكروز	الفراكتوز	الجلوكوز	الظروف	المحصول	معاملة بعد الحصاد
يزداد ١٠ أضعاف مؤقتًا	--	--	٣-٠,٠٥ كيلوجراي	البطاطس	الإجماع
يزداد ٢-٤ ضعف مؤقتًا	--	--	٢-٠,٠٥ كيلوجراي	البطاطا	
لا يتأثر	لا يتأثر	لا يتأثر	٥,٠-٠,٠٥ كيلوجراي	البصل	فترة التخزين
لا يتأثر	لا يتأثر	لا يتأثر	٠,٣ كيلوجراي <sup>60</sup> CO	القليل الحلو	
لا يتأثر	لا يتأثر	لا يتأثر	٠,٣ كيلوجراي <sup>60</sup> CO	الخيار	
ينخفض ٣٠٪	--	--	٢ كيلوجراي <sup>60</sup> CO	الجزر	
ينخفض ٢٧٪	ينخفض ٢٧٪	ينخفض ٥٠٪	٧٢ ساعة على ١٦ م	الأسبرجس	
يزداد قليلاً	يتضاعف	يقبل قليلاً	شهرين على ١٠ م ثم ثلاثة شهور على ٤ م	البصل	حرارة صفر- ١٠ م
لا يتأثر	ينخفض ٥٠-٣٥٪	ينخفض ٣٥-٥٠٪	٢١ يوماً على ٧ م	القليل الحلو	
ينخفض ٣٠-٩٪	ينخفض ٣٠-٩٪	ينخفض ٣٠-٩٪	٥ أيام على ٦ م	الذرة السكرية	
لا يتأثر	لا يتأثر	لا يتأثر	٢١ يوماً على ٧ م	الخيار	
يتضاعف	--	يتضاعف	٣ شهور	قرع الشتاء	
يزداد	يزداد	يزداد	٦ شهور على ٤ م	البطاطس	
ينخفض ٣٨-٩٪	يزداد ١٢٥٪	ينخفض ٣٨-٩٪	٢٠ أسبوع على صفر م	البصل	
ينخفض ٢٠٪	ينخفض ٢٠٪	ينخفض ٢٠٪	١٤ يوماً على صفر م	البيطخ	
يزداد ٦-١٠٠٪	يزداد ٦-١٠٠٪	يزداد ٦-١٠٠٪	١٥ يوماً على ٥ م	الطماطم	

التأثير على كل من		المركوز		المحصول	معاملة بعد الحصاد
المركوز	الفرار كوز	المركوز	الظروف		
يزداد	يقل	يقل	٤ أسابيع على صفر م	اللفت	
يزداد	يزداد	يزداد	٣ أسابيع على ٧ م	البطاطا	
ينخفض /٢٠	ينخفض /٢٠	ينخفض /٢٠	١٤ يوماً على ٢٣ م	البطيخ	حرارة ٢٠-٣٠ م
يزداد /٣٨	ينخفض /٢٥	ينخفض /٢٥	٢٠ أسبوع على ٣٠ م	البصل	
ينخفض /٥٠	يتضاعف	---	١٢ يوماً على ١١ م	البامية	CO <sub>2</sub> /١٠ + O <sub>2</sub> /٥
ينخفض	ينخفض	ينخفض	٤ أسابيع على ٢ م	الأسبرجس	
يزداد /٢٧	لا يتغير	لا يتغير	٦ شهور	الكرنب	CO <sub>2</sub> /٥ + O <sub>2</sub> /٢,٥
---	ينخفض	ينخفض	٥ شهور	الكرنب الصيني	CO <sub>2</sub> / صفر + O <sub>2</sub> /١
يزداد	ينخفض	ينخفض	قطع صغير و ٢ م	البصل الحلو	التجهيز للمستهلك
ينخفض /٣٠	---	---	أجزاء صغيرة و ٩ أيام على ٢ م	الجزر	

## الفصل الثالث - صفات الجودة والتغيرات الفسيولوجية التي تحدث بعد الحصاد

علاقة - غالباً - بصفاتها الأكلية. ويحدث أثناء نضج الثمار نقصاً في تركيز الأحماض الأمينية الحرة يقابله - غالباً - زيادة في تمثيل البروتينات. أما أثناء الشيخوخة فإن تركيز الأحماض الأمينية الحرة يزداد ثانية. الأمر الذي يعكس حدوث تحلل للإنزيمات ونقص في النشاط الأيضي.

### ٥- النكهة:

ترجع النكهة المميزة للثمار إلى تمثيل مركبات عضوية قابلة للتطاير أثناء نضجها. ولا تزيد كمية الكربون المستهلكة في عملية تمثيل المركبات المتطايرة عن ١٪ من تلك المستنفذة في ثاني أكسيد الكربون المنطلق من عملية التنفس. ويعد الإثيلين أهم المركبات المتطايرة المنتجة، حيث يشكل (الكربون الموجود فيه) نحو ٥٠٪-٧٥٪ من إجمالي الكربون الموجود في كل المركبات المتطايرة. هذا مع العلم بأن الإثيلين لا يسهم في إضفاء النكهة المميزة لأي ثمرة (Wills وآخرون ١٩٩٨).

### ٦- حامض الأسكوربيك:

تعد مرحلة النضج التي تصل إليها الثمار عند قطعها من أهم العوامل التي تؤثر في محتواها من حامض الأسكوربيك كما يلي:

أ- يزداد محتوى ثمار الفلفل الحمر من حامض الأسكوربيك الكلي بمقدار ٣٠٪ عن محتوى الثمار الخضراء.

ب- يكون محتوى حامض الأسكوربيك في ثمار الطماطم التي تقطف في مرحلة اكتمال التكوين وهي خضراء اللون وتترك لتنضج على ٢٠م أقل مما في الثمار التي تقطف وهي حمراء.

كذلك تحتوي ثمار الطماطم التي في مرحلة التحول على ٦٩٪ من حامض الأسكوربيك الذي تحتويه الثمار التي يكتمل نضجها على النبات.

ج- يزداد محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك أثناء نضجها على النبات في كل من الشمس والخوخ والباباظ، ولكنه ينخفض في التفاح والمانجو والكمثرى (Lee & Kader ٢٠٠٠).

هذا .. ولطريقة الحصاد وما يمكن أن تسببه من جروح وخدوش وأضرار بالمنتجات الطازجة تأثير كبير على محتواها من حامض الأسكوربيك، حيث يقل المحتوى بزيادة تلك الأضرار.

## مقارنة لخصائص بعد الحصاد بين الخضر الثمرية غير المكتملة التكوين والخضر

### المكتملة التكوين

توجد فروقات أساسية في خصائص بعد الحصاد بين الخضر الثمرية التي تقطف وهي غير مكتملة التكوين (مثل الفاصوليا الخضراء والخيار والباذنجان) وتلك التي تقطف وهي مكتملة التكوين (مثل الكنتالوب والطماطم والفراولة)، كما يلي:

أولاً: الخضر الثمرية التي تقطف وهي غير مكتملة التكوين:

من أهم خصائص هذه الخضر ما يلي:

- 1- هي من خضروات الجو الدافئ باستثناء البسلة والبقول الرومي.
- 2- تكون حساسة للبرودة باستثناء البسلة والبقول الرومي والذرة السكرية.
- 3- يكون معدل تنفسها عالٍ.
- 4- لا تكون كلايمكتيرية.
- 5- تكون التغيرات المورفولوجية فيها بعد الحصاد ضارة.
- 6- يكون فقد الكلوروفيل فيها بعد الحصاد ضاراً.

ثانياً: الخضر الثمرية التي تقطف وهي مكتملة التكوين:

من أهم خصائص هذه الخضر ما يلي:

- 1- جميعها من خضروات الجو الدافئ.
- 2- جميعها حساسة للبرودة.
- 3- جميعها ذات معدل تنفس عالٍ.
- 4- يكون بعضها كلايمكتيري.
- 5- قد تكون التغيرات المورفولوجية التي تحدث بها بعد الحصاد مرغوبة.
- 6- قد يكون فقد الكلوروفيل وتمثيل الصبغات فيها أمراً مرغوباً.

## الشّد التأكسدي

يحدث الشّد التأكسدي oxidative stress حينما يزيد توليد المركبات النشطة في إعطاء الأكسجين generation active oxygen species (اختصاراً: AOS) عن قدرة النبات على التعامل معها. وتعد الـ AOS صوراً مختزلة من الأكسجين  $O_2$ ، ومن بين المركبات التي تستهدفها: الدهون، والبروتينات، والمواد الكربوهيدراتية، والأحماض النووية. أما المواقع الرئيسية لإنتاج الـ AOS فهي البلاستيدات الخضراء، والميتوكوندريات، والأنوية، والجليوكسي سومات glyoxysomes، والبيروكسي أيزومات peroxyisomes على الرغم من ضعف أهمية البلاستيدات الخضراء كمصدر للـ AOS في الثمار الناضجة وفي المنتجات التي تُعرض للظلام.

ومن المعروف أن الظروف البيئية القاسية مثل الانحرافات الحادة في درجة الحرارة، والملوحة، والجفاف، والتعرض لأوزون وللأشعة فوق البنفسجية تستحث إنتاج الـ AOS؛ مما يقود إلى حالة من شّد الأكسدة. ومن الأعراض المميزة لهذا الشّد في النباتات تثبيط تطور البلاستيدات الخضراء، وظهور الأضرار الفسيولوجية الشائعة بعد الحصاد، مثل الانسحاق (أو الاحتراق) السطحي، والتلون البني للأنسجة الداخلية، وفقدان الصبغات لألوانها. وإتلاف وتعطيل عمل الأغشية الخلوية، ووقف نشاط عدة أنواع من البروتينات (مثل الإنزيمات) بسبب ما يحدث لها من أضرار وما يلي ذلك من تحلل بفعل إنزيمات الـ proteases، بالإضافة إلى الأضرار والطفرات التي يمكن أن تحدث بالأحماض النووية.

كذلك فإن الـ AOS تلعب دوراً في تنظيم عملية الشيخوخة سواء أحدثت بصورة طبيعية، أم استحثت. ولعل من أهم السمات المميزة للشيخوخة في الأنسجة النباتية زيادة أكسدة الدهون، وهي العملية التي يعتقد بأنها تلعب دوراً في تمثيل الإثيلين، وهو الهرمون الذي يلعب دوراً في تنظيم عملية الشيخوخة.

تستطيع النباتات التعامل مع الشّد التأكسدي من خلال استراتيجيتين رئيسيتين،

هما: تجنب الشدّ، وتحمله. هذا تحت ظروف الحقل، أما بعد الحصاد فلا مجال للحديث عن تجنب الشدّ إلا إذا تدخل الإنسان ونقل المنتجات من الظروف التي يمكن أن تحفز زيادة إنتاج الـ AOS. ولكن - وكما هو الحال في النباتات النامية - فإن المنتجات البستانية بعد الحصاد يمكنها تحمل الـ AOS عن طريق مضادات الأكسدة القابلة للذوبان في الماء وفي الدهون، وتنظيم إنتاج الـ AOS، وبنية الأغشية الخلوية (Hodges وآخرون ٢٠٠٤).

### العوامل المتحكمة في الشدّ التأكسدي

تُسهّم عديد من العوامل مثل ظروف الإنتاج (درجة اكتمال التكوين على سبيل المثال)، وطرق الحصاد، ومدة التخزين، وحرارة التخزين، ومكونات هواء المخزن، وإجراءات التداول، والظروف التي تزيد من الفقد الرطوبي، والشيخوخة، ونضج المنتج، والتركيب الوراثي .. تُسهّم جميعها في حث الشدّ التأكسدي لمنتجات الخضر والفاكهة بعد الحصاد (جدول ٣-٦)، كما يلي:

#### ١- درجة اكتمال التكوين عند الحصاد harvest maturity:

نجد - على سبيل المثال - أن العيوب الفسيولوجية ذات العلاقة بالشدّ التأكسدي مثل انسحاق أو احتراق الثمار سطحياً fruit scald ترتبط بدرجة اكتمال تكوينها عند الحصاد.

#### ٢- درجة حرارة التخزين:

تؤدي المعاملة الحرارية لبعض المنتجات البستانية قبل تخزينها إلى الحد من تعرضها للشدّ التأكسدي. ومن المعروف أن تعريض المنتجات البستانية الحساسة لأضرار البرودة للحرارة المنخفضة يضر بأغشيتها الخلوية وزيادة تعرضها للـ AOS، وتكون أكسدة الدهون في الأغشية الخلوية - عادة - أولى مظاهر أضرار البرودة. ولكن المعاملة الحرارية التي أشرنا إليها تحد من الإضرار بالأغشية الخلوية.

جدول (٣-٦): ملخص لدلائل الشدّة التأكسدي المعروفة في حاصلات الحضر والفاكهة الطازجة (عن Hodges وآخرين ٢٠٠٤).

العوامل المحدثة للشدّة	الأعراض المشاهدة	محتوى مضادات الأكسدة	الإنزيمات المضادة للأكسدة	نواتج الأكسدة	عناصر الأكسجين النشطة	تدهور الأشنية الخارية
اكتمال التكوين	احتراق واسمرار سطحي - تلون بني بالقلب والللب - تنقيير	<WSA, <LSA, <GR <anthocyanins, <phenols	<SOD, <CAT, >GR	>Lipid hydroperoxides	>H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> > O <sub>2</sub> ·	يزداد
فترة التخزين	تدهور في النوعية	<tocopherol	±SOD, ±CAT	>Lipid hydroperoxides		
حرارة التخزين أعلى اصفرار من المثلي		ascorbate, <carotenoids,	>SOD, ±CAT, >POD	-->Lipid hydroperoxides		
حرارة التخزين أقل تنقيير - تلون بني باللب - زيادة المسكر	تدهور في النوعية	<ascorbate, <GSH <carotenoids	>SOD, ±CAT, >ASPX >POD	>peroxides, >MDA		يزداد
التقد الرطوبي زيادة الأكسجين	تلون بني باللب	<LSA, <ascorbate	<ASPX, <CAT, >DHAR	<α-Farnesene		يزداد
نقص الأكسجين	احتراق واسمرار سطحي خفيف	<ascorbate	>SOD, >CAT			ينخفض
الإثليلين	اصفرار - احتراق واسمرار سطحي - يتبع صدق	<ascorbate	>ASPX, >CAT <DHAR, <GR, <SOD	>Lipid hydroperoxides >MDA, >α-farnesene	>H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	
الإشعاع	تلون بني - نتج غير طبيعي - احتراق واسمرار سطحي - انهيار الأنسجة	±GSH, ±carotenoids, ±ascorbate	±SOD, ±CAT	>DNA fragmentation	>O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ينخفض

٣- هواء المخزن:

يؤدي التخزين في هواء متحكم في مكوناته CA، أو هواء معدل MA إلى إبطاء التنفس والأيض، وتقليل الشد التأكسدي، والشيخوخة، والحساسية للإثيلين، وأضرار الحرارة المنخفضة، وأضرار الإصابات المرضية والحشرية. ويهمننا هنا تأثير مكونات الهواء في خفض الشد التأكسدي؛ الأمر الذي لوحظ في البروكولي المخزن في ٧,٥٪ ثاني أكسيد الكربون مع ١١,٢٪ أكسجين، حيث قل الشد التأكسدي من خلال المحافظة على حامض الأسكوربيك، والكاروتينات، والكلوروفيل، والأحماض الدهنية غير المشبعة.

٤- الشد الرطوبي:

تزداد أضرار البرودة بزيادة الفقد الرطوبي من المنتج، وتقل بزيادة الرطوبة النسبية في هواء المخزن. ولقد لوحظ ارتباط ذبول المنتجات بانخفاض محتواها من مضادات الأكسدة؛ الأمر الذي لوحظ بالنسبة لحامض الأسكوربيك في كل من الكيل والكرنب والفاصوليا الخضراء، وبالنسبة للكاروتين في الكيل والكولارد وأوراق اللفت. كذلك وجد أن الفقد الرطوبي يؤدي إلى زيادة إنتاج الـ AOS - وبخاصة فوق أكسيد الأيدروجين - في الأنسجة النباتية (Hodges وآخرون ٢٠٠٤).

٥- التداول:

إن الخدوش والجروح ودرجات الحرارة التي تتعرض لها المنتجات الطازجة أثناء تداولها يمكن أن تزيد من الشد التأكسدي.

٦- الأشعة المؤينة:

يؤدي التعرض للأشعة المؤينة (مثل أشعة جاما) إلى إنتاج مركبات مؤكسدة يمكن أن تضر بالأنسجة في الخضر والفاكهة. تنتج الأشعة المؤينة الأوزون في كل من الهواء وأي أنسجة نباتية تحتوى على الأكسجين؛ مما يؤدي إلى الإضرار بالأغشية الخلوية والبروتينات والحامض النووي DNA.

٧- الشيخوخة :

ترتبط الشيخوخة في الأنسجة النباتية بالإنتاج الزائد من الـ AOS في مختلف الأجزاء النباتية.

٨- النضج :

تعتبر بداية نضج الثمار هي بداية لدخولها في مجموعة من التغيرات الفسيولوجية التي تقود في نهاية الأمر إلى شيخوختها، ويحدث أثناء ذلك زيادة تدريجية ومطرده في مستويات الـ AOS؛ بسبب حدوث انخفاض في نشاط إنزيمات أساسية في آليات عمل مضادات الأكسدة بالخلايا.

٩- الإثيلين :

قد يزداد تمثيل الإثيلين بالـ AOS وبنشاط الـ lipoxygenase أثناء أكسدة دهون الأغشية الخلوية، مما يسرع بدرجة أكبر من كل من النضج والشيخوخة (Hodges وآخرون ٢٠٠٤).

### التغيرات غير المرغوبة التالية للحصاد

تشمل التغيرات غير المرغوبة كل ما يؤدي إلى تدهور المحصول وتلفه. وهي في غالب الأمر امتداد للتغيرات المرغوبة التي سبق بيانها: حيث تتخطى الثمار مرحلة النضج المناسبة للاستهلاك وتصبح زائدة النضج. كما أن من التغيرات غير المرغوبة مالا علاقة له بمسألة النضج كما سيأتى بيانه. ومن هذه التغيرات ما يلي :

### التغيرات في اللون

قد تحدث تغيرات غير مرغوبة في اللون، ومن أمثلتها ما يلي :

- ١- فقدان الكلوروفيل - أى فقدان اللون الأخضر - في الخضر التي تؤكل خضراء؛ كالخضر الورقية؛ والخيار، والفاصوليا، والبسلة الخضراء وغيرها.
- ٢- تكوُّن لون بني غير مرغوب فيه نتيجة لأكسدة المواد الفينولية؛ كما في البطاطس.
- ٣- اخضرار درنات البطاطس عند تعرضها للضوء.

## التغيرات فى الكربوهيدرات

من أمثلة التغيرات غير المرغوبة فى المواد الكربوهيدراتية ما يلى :

١- تحول النشا إلى سكر فى البطاطس المخزنة على حرارة أقل من ٥ م°، حيث تتراكم السكريات تحت هذه الظروف. ويؤدى ذلك إلى اكتساب البطاطس لونا بنيًا داكنًا، بدلاً من اللون الأصفر الذهبى المرغوب فيه عند القلى فى الزيت بسبب احتراق السكريات. ويرجع ذلك التغير فى اللون إلى السكريات المختزلة فقط، وتختلف الأصناف فى مدى قابليتها لتراكم السكريات المختزلة عند التخزين فى درجات الحرارة المنخفضة.

٢- تحول السكر إلى نشا فى بعض الخضروات – كالبصلة، والذرة السكرية – عند تخزينها فى حرارة مرتفعة؛ فتفقد الذرة السكرية ٦٠٪ من محتواها من السكر خلال يوم واحد من التخزين فى حرارة ٣٠ م°. بالمقارنة بـ ٦٪ فقط عند التخزين فى الصفر المئوى. ويصاحب فقدان السكر انخفاض كبير فى صفات الجودة.

## فقدان الصلابة

تفقد الثمار صلابتها نتيجة البكتينات والمواد الأخرى العديدة التسكر، وتصبح طرية وأكثر حساسية للأضرار الميكانيكية. وقد تزداد الصلابة نتيجة لنمو الألياف، كما فى الكرفس.

## التغيرات فى الطعم

تحدث التغيرات غير المرغوبة فى الخضرا المخزنة؛ نتيجة لما يحدث بها من تغيرات فى الأحماض العضوية، والبروتينات، والأحماض الأمينية، والدهون (عن Kader وآخريين ١٩٨٥).

## فقدان حامض الأسكوربيك

يتأثر محتوى الخضرا من حامض الأسكوربيك بالظروف والمعاملات التى تتعرض لها بعد الحصاد، حيث يتأثر المحتوى بكل مما يلى:

## الفصل الثالث - صفات الجودة والتغيرات الفسيولوجية التي تحدث بعد الحصاد

١- درجة الحرارة والرطوبة النسبية التي يتعرض لها المنتج: يؤدي التأخير في تبريد المنتج أولياً إلى انخفاض محتواه من حامض الأسكوربيك. ويحدث الأمر ذاته مع استمرار التخزين في حرارة الغرفة بدلاً من التخزين المبرد. وفي المقابل .. فإن الإصابة بأضرار البرودة تخفض هي الأخرى من محتوى حامض الأسكوربيك في المنتجات الحساسة للبرودة. وذلك قبل ظهور أية أعراض لأضرار البرودة.

كذلك فإن كل الظروف التي تزيد من ذبول المنتجات - وخاصة انخفاض الرطوبة النسبية - تؤدي إلى فقد سريع في محتواها من حامض الأسكوربيك. ويؤدي التغليف - الذي يقلل من الفقد الرطوبي - إلى تقليل الفقد في الفيتامين.

### ٢- الجروح والتقليم والتقطيع :

ينخفض دائماً محتوى الخضر من حامض الأسكوربيك لدى تجريحها أو خدشها أو تقطيعها بأي طريقة كانت، وتزداد الحالة سوءاً - بطبيعة الحال - في الخضر التي تجهز للمستهلك fresh-cut. ولذا .. فإن استعمال الشفرات الحادة في التقطيع التي تقل معها الجروح، يقل معها - كذلك - الفقد في حامض الأسكوربيك.

### ٣- المعاملات الكيميائية

يزداد محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك عندما تعامل ببعض المركبات الكيميائية مثل كلوريد الكالسيوم، والـ cystein hydrochloride، والإيثيلين.

### ٤- التعريض للإشعاع :

يقل - أحياناً - معدل الفقد في حامض الأسكوربيك في الخضر المعاملة بالإشعاع.

### ٥- مدة التخزين :

يحدث انخفاض تدريجي في محتوى الخضر والفاكهة من حامض الأسكوربيك أثناء التخزين (Lee & Kader ٢٠٠٠).

## النموات النباتية

- يحدث أثناء التخزين أن تتكون نموات نباتية بالثمار؛ كما في الحالات التالية
- 1- تزرع البطاطس، والبصل، والثوم، والخضر الجذرية، كالجزر واللفت، ويقلل ذلك من صلاحيتها للتسويق.
  - 2- نمو الجذور في الجزر، ويقلل ذلك أيضاً من قيمتها التسويقية.
  - 3- إنبات البذور داخل الثمار؛ وهو الأمر الذي قد يحدث أحياناً في ثمار بعض سلالات الطماطم والفلفل.
  - 4- استطالة مهاميز الأسبرجس والتواؤها لأعلى إذا كانت بوضع أفقى أثناء التخزين، وتصاحب ذلك زيادة في صلابتها.
  - 5- ظهور نموات زغبية بأقراص القنبيط (عن Kader وآخريين ١٩٨٥).

## الفقد في الوزن

تفقد الخضروات المخزنة جزءاً من رطوبتها عن طريق النتح. ويؤدى ذلك إلى ذبولها وتغير مواصفاتها، كما تقل الكمية الفعلية المسوقة من المحصول. وتزداد سرعة النتح مع ارتفاع درجة حرارة التخزين ونقص الرطوبة النسبية. ويكون النتح بمعدلات مرتفعة فى بداية فترة التخزين، ثم ينخفض تدريجياً بعد ذلك.

ومن البديهي أن يكون النتح فى كثير من الخضر الورقية بمعدلات أعلى منها فى الخضروات الأخرى، كما يكون معدله أقل مما يمكن فى الخضروات الدرنية. كذلك يقل النتح مع زيادة الطبقة الشمعية على المنتج، وعند خزن الخضر الجذرية بدون أوراقها.

ويؤدى نقص الرطوبة بنسبة ٣٪-٦٪ فى الخضر المخزنة إلى تدهور كبير فى نوعيتها. ويمكن لبعض الخضروات - كالكرنب - أن تتحمل فقداً رطوبياً تصل نسبته إلى ١٠٪ من وزن الرؤوس، لكنها تحتاج - حينئذٍ - إلى بعض التقليم والتهديب قبل عرضها فى الأسواق. يوضح جدول (٣-٧) معدل الفقد اليومي فى

### الفصل الثالث - صفات الجودة والتغيرات الفسيولوجية التي تحدث بعد الحصاد

وزن الخضر المختلفة عندما تكون ظروف التخزين غير مناسبة (حرارة ٢٧° م، ورطوبة نسبية ٦٠٪).

ومن الممكن خفض الفقد الرطوبي بتعبئة الخضروات في عبوات بلاستيكية، إلا أنها تُحدُّ من تبادل الغازات، كما تبطئ التوصيل الحرارى. وقد تفقد الخضروات المعبأة جزءاً كبيراً من رطوبتها إلى العبوات الخشبية. ولهذا ينصح أحياناً ببيل الصناديق الخشبية قبل تعبئتها.

وتعتبر الرطوبة النسبية فى المخازن أهم العوامل المتحكمة فى الفقد الرطوبي؛ لأن الرطوبة النسبية فى المسافات البينية لأنسجة معظم الخضروات تبلغ ٩٩٪ على الأقل؛ ويعنى ذلك استمرار فقدها للرطوبة. ما دامت الرطوبة النسبية فى الجو المحيط بها تقل عن ذلك. ويطلق على الفرق فى ضغط بخار الماء بين الجو الداخلى لأنسجة المنتجات المخزنة والجو الخارجى اسم "vapor-pressure deficit".

جدول (٣-٧): معدل الفقد اليومي فى وزن الخضر المختلفة عندما تكون ظروف التخزين غير مناسبة (حرارة ٢٧° م، ورطوبة نسبية ٦٠٪) (عن Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

الخضر	معدل الفقد اليومي (%)
الأسبرجس	٨,٤
الفاصوليا الخضراء	٤,٠
الجزر (بدون أوراق)	٣,٦
البنجر (بدون أوراق)	٣,١
الخيار	٢,٥
قرع الكوسة	٢,٢
الطماطم	١,٩
القرع العسلى	١,٣

## تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

ويحدث معظم الفقد في الرطوبة أثناء مراحل التبريد الأولى؛ حيث يكون الفرق في ضغط بخار الماء كبيراً. ويقل – تدريجياً – مع انخفاض درجة الحرارة. ويعطى جدول (٨-٣): أمثلة تبين أهمية كل من درجة الحرارة والرطوبة النسبية في التأثير على الفرق في ضغط بخار الماء؛ وبالتالي على الفقد الرطوبي من الخضراوات المخزنة.

ويوضح جدول (٩-٣) الحد الأقصى المسموح به للفقد الرطوبي في الخضراوات المخزنة؛ حيث لا تكون بعدها صالحة للتسويق. هذا .. وبرغم أن جزءاً من الفقد في الوزن يرجع إلى التنفس، إلا أن ذلك الجزء لا يُعْتَدُّ به، بالمقارنة بالفقد الرطوبي.

جدول (٨-٣): أهمية درجة الحرارة والرطوبة النسبية في التأثير على الفرق في ضغط بخار الماء؛ وبالتالي على الفقد الرطوبي في الخضراوات المخزنة (عن Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

المثال	الرطوبة النسبية (%)	ضغط بخار الماء (سم زئبق)
١- درجة حرارة الخضراوات ٢١ م	١٠٠	١٨,٧٦
درجة حرارة الهواء صفر م	١٠٠	٤,٥٨
الفرق في ضغط بخار الماء		١٤,١٨
٢- درجة حرارة الخضراوات صفر م	١٠٠	٤,٥٨
درجة حرارة الهواء صفر م	٥٠	٢,٢٩
الفرق في ضغط بخار الماء		٢,٢٩
٣- درجة حرارة الخضراوات ٢,٢ م	١٠٠	٥,٣٧
درجة حرارة الهواء ٢,٢ م	٩٠	٤,٨٣
الفرق في ضغط بخار الماء		٠,٥٤
٤- درجة حرارة الخضراوات صفر م	١٠٠	٤,٥٨
درجة حرارة الهواء صفر م	٩٠	٤,١٢
الفرق في ضغط بخار الماء		٠,٤٦

### الفصل الثالث - صفات الجودة والتغيرات الفسيولوجية التي تحدث بعد الحصاد

جدول (٣-٩): الحد الأقصى المسموح به للفقء الرطوبى فى الخضروات المخزنة؛ حيث تصبح الخضروات بعدها غير صالحة للبيع (عن Fordham & Biggs ١٩٨٥).

الخضبر	الحد الأقصى المسموح به للفقء فى الرطوبة (%)
الأسبرجس	٨
الفول الرومى	٦
البندجر (جنور)	٧
البروكولى	٤
الكربن بروكسل	٨
الكربن (أصناف مختلفة)	٧-١٠
الجزر (جنور)	٨
الجزر (بأوراقه)	٤
القنبيط	٧
الكرفس	١٠
الكرات أبو شوشة	٧
البصل	١٠
الجزر الأبيض	٧
البطاطس	٧
البسلة (بالقرون)	٥
السبانخ	٣
الذرة السكرية	٧
الطماطم	٧
اللفت	٥
الخس	٣-٥

### التغيرات المرغوبة التالية للحصاد

من أهم التغيرات المرغوبة التى تحدث فى محاصيل الخضبر بعد الحصاد ما يلى:

١- كل التغيرات التى تؤدى إلى تحسين الصفات التى تجعل الثمار صالحة للأكل،

سواء من حيث اللون. أم النكهة. أم القوام. وهى تغيرات تصاحب استكمال النضج فى الثمار التى تحصد قبل تمام نضجها. كما فى الطماطم. والقاوون الشبكي. والقاوون الأملس.

فالطماطم تحصد – عادة – بين طور اكتمال التكوين الأخضر، وطور النضج الوردى حسب درجة الحرارة السائدة. والمدة التى تمر من الحصاد إلى التسويق، وتستكمل الثمار تلونها قبل وصولها إلى المستهلك.

والقاوون الشبكي يكتسب أفضل طعم ونكهة بعد ٢-٣ أيام من التخزين.

أما القاوون الأملس، فتلزمه المعاملة بالإثيلين لاستكمال النضج بعد الحصاد.

٢- يعتبر تبييض الكرفس من التغيرات المرغوبة لدى قطاع من المستهلكين – والتى تحتاج هى الأخرى – إلى المعاملة بالإثيلين.

٣- ومن التغيرات المطلوبة أيضاً تحول النشا إلى سكر أثناء فترة العلاج فى جذور البطاطا، وفى ثمار القرع العسلى. ومع إطالة فترة التخزين، وفى الجزر فى الأيام الأولى من التخزين.

## الفصل الرابع

### التنفس

تتضمن عملية التنفس استهلاك مركبات عضوية فى النسيج النباتى (هى عادة سكر) مع أكسجين الهواء الجوى لتكوين عدة مركبات وسطية إلى أن ينطلق فى نهاية الأمر ثانى أكسيد الكربون والماء. ويمكن الاحتفاظ بالطاقة المنتجة من عدة تفاعلات - من تلك التى يتضمنها أيض التنفس - فى صورة روابط عالية الطاقة تستعمل بواسطة الخلية فى تفاعلات لاحقة، أو قد تفقد تلك الطاقة كحرارة تنطلق مع ثانى أكسيد الكربون والماء. وتستخدم الطاقة والمركبات العضوية المنتجة أثناء التنفس بواسطة عمليات أيضية أخرى للمحافظة على جودة ونضارة المنتج. وتعرف الحرارة التى تنتج أثناء التنفس باسم الحرارة الحيوية. وهى تسهم فى زيادة أحمال التبريد التى يجب أخذها فى الحسبان عند تصميم حجرات التبريد.

تتباين المنتجات كثيراً فى المعدل الطبيعى لتنفسها، ويوجه جل الاهتمام فى مرحلة بعد الحصاد نحو خفض معدل التنفس والتفاعلات الأيضية الأخرى التى ترتبط بالمحافظة على جودة المنتج، وذلك بالتحكم فى البيئة الخارجية.

وعموماً .. فإن فترة تحمل المنتج للتخزين تتناسب عكسياً مع معدل تنفسه؛ ذلك لأن التنفس يمد النسيج النباتى بالمركبات التى تحدد معدل العمليات الأيضية ذات العلاقة المباشرة بخصائص الجودة. مثل الصلابة، ومحتوى السكر، والنكهة. والطعم ... إلخ (Saltveit 1904).

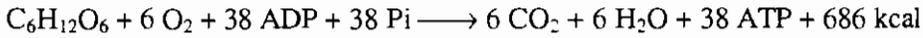
### أيض التنفس

إن التنفس respiration هو بمثابة تفاعل هدم وأكسدة لجزيئات معقدة من مواد أولية تتواجد طبيعياً فى الخلايا النباتية. مثل النشا والسكريات والأحماض العضوية .. هدمها

إلى مركبات أبسط مثل ثاني أكسيد الكربون والماء. ويتوافق مع تفاعل الهدم ذلك إنتاج الطاقة ومركبات وسطية تلزم ندم سنسلة من تفاعلات أفضفة ضرورية لإدامة التنظيم الخلى والمحافظة على سلامة أغشفة الخلايا الحفة. ونظراً لأن معدل التنفس يرتبط ارتباطاً قوياً بمعدل الأفض. فإن تقديرات التنفس تعد وسيلة سهلة للتعرف على الحالة الأفضفة والفسولوجفة للأنسفة دون الحاجة إلى إجراء اختبارات قد تؤدى إلى تدميرها. وعلى سبيل المثال، فإن أحداث الشفخوفة والنضج غالباً ما تُصاحب بتغيرات حادة فى التنفس.

### الطاقة المنطلقة من التنفس

إن الهدف الرئفسى من تنفس الكائنات الحفة هو المحافظة على تواجد قدر كافٍ من ال adenosine triphosphate (اختصاراً: ATP)، فعملفة التنفس الهوائى تتضمن تولفد ATP من ال adenosine diphosphate (اختصاراً: ADP) والفوسفور غير العضوى (Pi)، مع انطلاق ثانى أكسففد الكربون وبخار الماء. وإذا ما كان المستخدم فى التنفس سكر سداسى فإن معادلة التنفس فمكن بفرانها، كما فلى:



ولكونات ذلك التفاعل مصادر مختلفة ونهايات مختلفة. فمول الجلوكوز (١٨٠ جم) فمكن أن فأتى من السكرفيات البسفةطة المخزنة (مثل الجلوكوز والسكروز)، أو من عفدات التسكر المعقدة (مثل النشا). كذلك فإن الدهون والبروفففات فمكن أن تشكل مواد أولفة للتنفس إلا أن مكوناتها (مثل الأحماض الدهنفة والجلسرول والأحماض الأمفنفة) تدخل فى مرحلة متأخرة من العملفة. أما ال ١٩٢ جم من الأكسففن التى تدخل فى التفاعل (٦ مول  $\times$  ٣٢ جم/جزئ) والتى تستخدم فى أكسفة مول الجلوكوز فإنها تنتشر خلال النسفج من الهواء المففط به، ففئما تنتشر ال ٦ مول من ثانى أكسففد الكربون (٢٦٤ جم) خارج النسفج. هذا فى الوقت الذى فندمج ال ٦ مول من الماء الناتج من التفاعل (١٠٨ جم) ضمن المفالفل السائلة للخلفة.

وبالنسبة للطاقة الناتجة من التنفس الهوائي (٦٨٦ كيلو كالوري/مول من الجلوكوز) فإن مسيرها يتوزع كما يلي،

١- حوالي ١٣ كيلو كالوري تفقد بسبب الزيادة في الإنتروبيا entropy (عامل مقياس الطاقة غير المستفاد في نظام دينامي حراري) عندما ينكسر جزئ الجلوكوز المعقد إلى جزيئات أبسط.

٢- حوالي ٢٨١ كيلو كالوري (أى حوالي ٤١٪ من الطاقة الكلية المنتجة) تستخدم في إنتاج ٣٨ جزئ ATP (٣٨ ATP  $\times$  ٧,٤ كيلو كالوري لكل ATP).

٣- يفقد حوالي ٣٩٢ كيلو كالوري (أى حوالي ٥٧٪ من الطاقة الكلية المنتجة) على صورة حرارة.

وفي حقيقة الأمر، فإن معظم الطاقة الناتجة من التنفس تفقد على صورة حرارة نظراً لأنه حتى الطاقة التي تحول إلى الـ ATP تنطلق ويفقد جزء منها فى كل مرة يحدث تفاعل يتطلب تحولات فى الطاقة.

وكلما ازداد معدل التنفس، ازدادت كمية الطاقة المنطلقة؛ فمثلاً .. يؤدي ارتفاع درجة الحرارة من صفر إلى ١٥ م° إلى زيادة كمية الطاقة المنطلقة إلى ستة أضعاف تقريباً فى الذرة السكرية والبسلة. وتصل الزيادة إلى عشرة أضعاف عند وصول الحرارة إلى ٢٧ م°. وفى السبانخ تصل الزيادة فى الطاقة المنطلقة إلى تسعة أضعاف تقريباً مع ارتفاع الحرارة من صفر إلى ١٥ م°.

### تفاعلات التنفس الهوائى

يتضمن التنفس الهوائى سلسلة من ثلاثة تفاعلات معقدة يحفز كل منها بعدد من الإنزيمات تقوم إما: (١) بإضافة مجموعة فوسفات تحتوى على طاقة الجزئ الأولى، أو (٢) إعادة ترتيب الجزئ، أو (٣) تحليل الجزئ إلى مكونات أبسط منه. وتلك المسارات الأيضية الثلاثة المتصلة معاً هى ما تعرف - على التوالى - بالأسماء: جلوكزة glycolysis، ودورة حامض التراى كربوكسيلك tricarboxylic acid cycle (اختصاراً: TCA)، ونظام انتقال الإلكترونات electron transport system.

## ١- ال Glycolosis :

إن ال glycolosis هي عمية تحلل الجلوكون وهي تحدث في سيبلازم خلاب وتتضمن إنتاج جزئين من حامض البيروفيك من كل جزئ من الجلوكون. ونشتمر على عشرة تفاعلات متميزة يتحكم في كل منها إنزيم مختلف. ومن أبرزها الإيزيمين phosphofructokinase (اختصاراً: PFK)، و pyruvate kinase (PK). ويمكن للخلايا أن تتحكم في معدل إنتاجها للطاقة بالتأثير في معدل ال glycolosis، الأمر الذي يتم - أساساً - من خلال التحكم في نشاط كل من ال PFK، و PK. ويستخدم في هذا الشأن أحد نواتج الأكسدة - وهو ال ATP - كمثبط (negative feed-back inhibitor) للتحكم في نشاط ال PFK. هذا علمًا بأن ال glycolosis تنتج جزئين من ال ATP وجزئين من ال NADPH من تحلل كل جزئ من الجلوكون.

## ٢- دورة ثلاثي حامض الكربوكسيلك :

تحدث دورة ثلاثي حامض الكربوكسيلك tricarboxylic acid cycle (اختصاراً: TCA) في الميتوكوندريا، وتتضمن تحلل حامض البيروفيك إلى ثاني أكسيد الكربون في تسعة تفاعلات إنزيمية متتابعة. يفقد حامض البيروفيك أولاً مجموعة كربوكسيل (يعطى ثاني أكسيد الكربون) لينتج حامض الأسيستيك الذي يتحد مع مرافق إنزيمي ليعطى acetyl CoA. يدخل هذا المركب بعد ذلك في الدورة حيث يتحد مع ال oxalacetate ليعطى حامض الستريك، وهو الذي يحتوى على ثلاث مجموعات كربوكسيل التي جاء منها اسم الدورة. وخلال سلسلة من سبع تفاعلات متتابعة تتضمن إعادة ترتيبات، وأكسدة، وفقدان لمجموعة الكربوكسيل .. يتحول حامض الستريك ثانية إلى oxalacetate، الذي يكون حينئذٍ مستعداً لتقبل جزئ acetyl CoA آخر. وإلى جانب إنتاجها لعديد من الجزيئات الصغيرة التي تستعمل في التفاعلات الأيضية للخلية .. فإن دورة ال TCA تنتج كذلك جزيئات من ال flavine adenine dinucleotide (اختصاراً: FADH<sub>2</sub>) وأربعة جزيئات من ال NADH مقابل كل جزئ مستهلك من حامض البيروفيك.

### ٣- نظام انتقال الإلكترونات:

يحدث نظام انتقال الإلكترونات electron transport system على الأغشية في الميتوكوندريات. وهو يتضمن إنتاج الـ ATP من المواد الوسطية الغنية بالطاقة  $FADH_2$ ، و  $NADH$ ، علماً بأن الطاقة التي توجد في جزئ من  $NADH$  أو  $FADH_2$  أكثر مما يلزم لمعظم العمليات الخلوية الحيوية. وفي سلسلة من التفاعلات ينتج جزئ من الـ  $NADH$  ثلاثة جزيئات من الـ ATP، بينما ينتج جزئ من الـ  $FADH_2$  جزيئان من الـ ATP.

وفي غياب الأكسجين، يتراكم الـ  $NADH$ ، والـ  $FADH_2$  في صورة مختزلة، أما في صورتيهما المؤكسدتين (وهما  $NAD^+$  و  $FAD$ ) فإنهما يُستهلكا، وتنتهي دورة الـ TCA، وتصبح الجلوكزة glycolysis هي المصدر الوحيد لإنتاج الـ ATP. ويعد إعادة تكوين الـ  $NAD^+$  حتمياً لبقاء الخلية أثناء التنفس اللاهوائي، ويحدث ذلك أثناء فقد حامض البيروفيك للكربوكسيل اختزالياً إلى كحول إيثيلي أثناء أيض التخمر.

### تفاعلات التخمر أو التنفس اللاهوائي

يتضمن التخمر أو التنفس اللاهوائي تحول السكريات السداسية إلى كحول وثاني أكسيد كربون في غياب الأكسجين. ويمكن أن يتحول حامض البيروفيك المنتج خلال الجلوكزة - عن طريق سلسلة من تفاعلات لا تتطلب أكسجين - إلى حامض لكتيك، أو حامض ماليك، أو  $acetyl\ CoA$ . أو أسيتالدهيد  $acetaldehyde$ . ويعتمد المسار المتبع على pH الخلية، ومدى سبق تعرضها لحالات شد، والاحتياجات الأيضية الأنية لها. وتؤدي زيادة حموضة السيتوبلازم إلى تحفيز نشاط الإنزيم  $pyruvic\ decarboxylase$  الذي يحول حامض البيروفيك إلى ثاني أكسيد كربون وأسيتالدهيد. ويتحول الأسيتالدهيد بواسطة الإنزيم  $alcohol\ dehydrogenase$  إلى كحول إيثيلي بتكوين  $NAD^+$ . وفي التنفس اللاهوائي (التخمر الكحولي) يُنتج جزيئان من الـ ATP و ٢١ كيلوكالورى من الطاقة الحرارية من كل جزئ من الجلوكوز. وإدامة إنتاج الـ

ATP بمعدل يماثل معدل إنتاجه في التنفس الهوائي يلزم استهلاك ١٩ جزئاً من الجلوكوز مع زيادة معدل الجلوكزة ١٩ ضعفاً. ولكن نظراً لأن جزيئين فقط من ثاني أكسيد الكربون ينتجان أثناء الجلوكزة بدلاً من ستة جزيئات أثناء التنفس الهوائي. فإن معدل إنتاج ثاني أكسيد الكربون لا يزداد بمقدار ١٩ ضعف ولكن فقط بمقدار ٦,٣ مرة (١٩ ÷ ٣). وفي الوقت ذاته يحدث تراكم شديد للكحول الإيثيلي مع إنتاج كميات أقل من الأستالدهيد.

هذا .. ويعرف تركيز الأكسجين الذي يتحول عنده التنفس من هوائي إلى لاهوائي باسم *extenction point* أو *anaerobic compensation point*، أو *fermentative threshold*. وبسبب اختلاف تركيز الأكسجين في أنسجة الثمرة الواحدة بسبب سرعة انتشار الغاز خلالها ومعدل التنفس. فإن بعض أجزاء الثمرة قد يحدث فيها تنفس لاهوائي، بينما قد تكون أجزاء أخرى منها ما تزال تتنفس هوائياً (Saltveit ٢٠٠٤ أ).

### معامل التنفس

غالباً ما يحدد تركيب المنتج المواد الأولية التي تستخدم في التنفس، وبالتالي تتحدد قيمة معامل التنفس *Respiretory Quotient* (اختصاراً: RQ) تعرف الـ RQ بأنها نسبة ثاني أكسيد الكربون المنطلق إلى الأكسجين المستهلك أثناء التنفس. ويمكن قياس كلا من ثاني أكسيد الكربون والأكسجين بالمولات *moles* أو بالحجم. وتبعاً للمادة الأولية التي تؤكسد .. فإن قيمة RQ للمنتجات الطازجة تتراوح من ٠,٧ إلى ١,٣ في حالة التنفس الهوائي.

إن الأحماض الحامضة للماليتة *malate* محدثه حملاً يلي،



ويترتب على عملية الأكدسة إنتاج ثاني أكسيد الكربون بقدر يزيد عن الأكسجين المستهلك، بينما تؤدي أكسدسة الجلوكوز إلى إنتاج ثاني أكسيد الكربون بقدر مماثل

## الفصل الرابع – التنفس

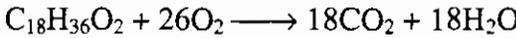
للأوكسجين المستهلك. وتلك العلاقة تصبح مهمة عندما يقدر التنفس اعتماداً على التبادل الغازي. والذي يتم فيه قياس كمية ثنائي أكسيد الكربون المنتجة. وكمية الأوكسجين المستنفذة أو كلاهما.

ولقد طُوّر مفهوم معامل التنفس RQ لقياس تلك العلاقة كما يلي:

$RQ = \text{ثنائي أكسيد الكربون المنتج (بالميليلتر) / الأوكسجين المستنفذ (بالميليلتر)}$

وفي حالة الأوكسدة الكاملة فإن الـ RQ للجلكوز = ١,٠. بينما تكون للماليت ١,٣.

وإذا كانت المادة المؤكسدة أحماض دهنية طويلة السلسلة مثل حامض الاستياريك stearic acid فإن المعادلة تصبح كما يلي:



ونظراً لأن تلك الأحماض الدهنية تحتوى قدرًا من الأوكسجين مقابل كل ذرة كربون أقل مما هو الحال في السكريات. لذا.. فإنها تستهلك قدرًا أكبر من الأوكسجين لأجل إنتاج ثنائي أكسيد الكربون عند أكسبتها. ونجد في التفاعل السابق أن الـ RQ = ٠,٧.

ويمكن أن يكون قياس الـ RQ مؤشراً على نوع المادة المؤكسدة أثناء التنفس، علماً بأن القيمة المنخفضة تعنى أن الأوكسدة لأحماض دهنية، بينما القيم العالية تفيد أكسدة الأحماض العضوية (Wills وآخرون ١٩٩٨).

وتفيد القيم العالية جداً للـ RQ حدوث تنفس لاهوائي (Saltveit ٢٠٠٤أ).

## أهمية التنفس

ترجع أهمية التنفس إلى تأثيره على العديد من التطورات الحيوية، كما يلي:

١- فترة الصلاحية للتخزين:

توجد بصورة عامة علاقة عكسية بين معدل التنفس وفترة الصلاحية للتخزين؛ ذلك لأن

التنفس يعكس النشاط الأيضى للأنسجة، الذى يؤثر – بدوره – فى فقد المركبات الأولية. وتمثيل مركبات جديدة. وانطلاق الطاقة الحرارية.

### ٢- فقد المركبات الأولية:

يؤدى استعمال مختلف المركبات الأولية فى التنفس إلى استهلاك مخزونها فى الأنسجة؛ مما يقلل من جودة طعمها وبخاصة حلاوتها، وكذلك حدوث فقد فى قيمتها الغذائية. وبالنسبة لبعض المنتجات التى تخزن لفترات طويلة فإن الفقد فى الوزن الجاف قد يكون كبيراً. وإذا كان أحد السكريات السداسية مثل الجلوكوز هو المركب الأولى المستعمل فى التنفس، نجد أنه يفقد منه ١٨٠ جم مقابل كل كل ٢٦٤ جم من ثانى أكسيد الكربون الذى ينطلق بالتنفس.

### ويمكن حساب الفقد فى الوزن الجاف، كما يلى:

الفقد فى الوزن الجاف (جم لكل كجم فى الساعة) = ثانى أكسيد الكربون المنطلق بالكيلوجرام فى الساعة  $\times 0.068$ .

وإذا ما علمنا أن تنفس البصل – على سبيل المثال – على ٣٠م ينطلق معه ٣٥ مجم ثانى أكسيد كربون فى الساعة لكل كيلوجرام من البصل، فإن ذلك يعنى – بتطبيق المعادلة – فقد البصل لنحو ١,٧٣٪ من وزنه الجاف شهرياً.

### ٣- تمثيل مركبات جديدة:

قد يوجه التخزين بعد الحصاد إما لهدف منع أى نقص فى الجودة، وإما إلى تحفيز تغيرات تحسن من الجودة. وتكون جودة معظم الخضروات (مثل الخيار والخس) والثمار غير الكلايمكتيرية (مثل الفراولة) فى أوجها عند الحصاد، ويتم وضعها فى ظروف التخزين التى تحد من أى نقص فى الجودة. وفى المقابل فإن عديدًا من الأزهار (مثل القرنفل والورد) والثمار غير الكلايمكتيرية (مثل الليمون والبرتقال) والثمار الكلايمكتيرية (مثل الموز والطماطم) تحصد قبل وصولها إلى أفضل جودة. ويتم اختيار ظروف التخزين التى تسمح بتطوير تلك الجودة. ونجد فى الحالة الأولى أن تمثيل مركبات جديدة ليس

ضروري لأنها تقلل النوعية. مثل لا-زيمات التي تحلل كحوروفين في الحس أو تزيد نخبته في الاسبرجس وتبي حبه سبب عدم ميله لسعد ومرشد معصية انتصيرة (مثل الليثونين في صفصه و – allyl cysteine على سون). وعقد ككوروفير بالإنزيمات المحللة له (كما في اموز والليمون). وتحول النشا إلى سكر (كما في التفاح والموز) تعد تغيرات ضرورية للوصول إلى أفضل جودة. وتتطلب تلك التفاعلات طاقة ومركبات عضوية يُحصل عليها من التنفس (Saltveit ٢٠٠٤).

#### ٤- انطلاق الطاقة الحرارية:

أن الحرارة الحيوية التي تنتج بالتنفس – والتي تكون حوالي ٦٧٣ كيلوكالورى لكل وزن جزيئى من السكر (١٨٠ جم) تعد عاملاً أساسياً في حسابات أحمال التبريد عند تصميم المبردات أثناء الشحن والتخزين. كذلك فإنها تؤثر في القرارات المتعلقة باختيار الطرق المناسبة للتبريد. ونظام التعبئة، وطريقة صفّ العبوات، ووسائل ونظام حركة الهواء والتهوية في المخازن المبردة (Saltveit ٢٠٠٤).

وتقدر الطاقة المنطلقة بالوحدات الحرارية البريطانية British thermal units، والوحدة (Btu) هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء درجة واحدة فهرنهايت.

وتحسب كمية الطاقة المنطلقة يومياً بضرب معدل التنفس (فى صورة ملليجرامات CO<sub>2</sub>/كجم/ساعة) فى ٢٢٠. وقد حصل على هذا العامل بضرب ٢,٥٥ جم كالورى (من الحرارة التي تنطلق مع كل ملليجرام من CO<sub>2</sub> المنتج عند تأكسد سكر سداسى) فى ٨٦,٣. وهذا العامل (٨٦,٣) هو ناتج تحويل سعرات حرارية/كجم/ساعة إلى Btu/طن/يوم.

وبرغم البساطة التي تتم بها هذه التحويلات، وبرغم أن عملية التنفس ليست بتلك البساطة، إلا أن هذه الطريقة فى حساب كمية الطاقة المنطلقة أثناء التنفس يومياً تتفق جيداً مع النتائج المشاهدة (عن Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

## العوامل المؤثرة فى معدل التنفس

إن أهم العوامل التى تؤثر فى معدل تنفس المنتج بعد الحصاد هى : درجة الحرارة. ونسب مكونات الهواء، والشد الفيزيائى. بالإضافة إلى مرحلة التكوين والنضج.

### تأثير درجة الحرارة

تعد درجة الحرارة هى أهم عامل مؤثر فى معدل التنفس؛ ذلك لأن لها تأثير كبير على معدل التفاعلات الحيوية كتلك الخاصة بالأبيض والتنفس. وفى حدود المدى الفسيولوجى لعظم المحاصيل (من صفر إلى ٣٠ م). فإن ارتفاع الحرارة يقابلها ارتفاع أسى فى معدل التنفس. وينص قانون فان ت هوف Vant Hoff على أن سرعة أى تفاعل حيوى تزداد بمقدار ٢-٣ أضعاف مع كل ارتفاع فى الحرارة قدره ١٠ درجات مئوية.

ويعرف معامل الحرارة لكل ١٠ درجات مئوية باسم  $Q_{10}$ ، وهو الذى يمكن حسابه بقسمة معدل التفاعل عند حرارة معينة ( $R_2$ ) على معدل نفس التفاعل عند حرارة تقل عنها بمقدار ١٠ درجات مئوية ( $R_1$ ) .. أى إن:

$$Q_{10} = R_2 / R_1$$

ويفيد الـ  $Q_{10}$  فى إمكان حساب معدل التنفس عند درجة حرارة ما من معرفة المعدل عند حرارة أخرى. هذا .. إلا أن الـ  $Q_{10}$  لا يبقى ثابتاً، حيث يمكن أن يتباين كثيراً مع تباين درجة الحرارة؛ ففي الحرارة العالية تكون قيمة  $Q_{10}$  - عادة - أقل مما فى الحرارة الأقل .

هذا ويكون تنفس الحاصلات البستانية أقل ما يمكن فى درجة الحرارة الأعلى من درجة التجمد مباشرة، ثم يزيد معدل التنفس بمقدار ٢-٣ أضعاف فيما بين الصفر المئوى و ١٠ م. وبمقدار الضعف مع كل زيادة فى درجة الحرارة بعد ذلك مقدارها ١٠ درجات مئوية فيما بين ١٠ و ٣٥ م.

ويجب أن تعتمد قيمة  $Q_{10}$  المقدرة على معدل تنفس المنتج فى البداية؛ ذلك لأنه بعد تخزينه فى درجات حرارة مختلفة يصبح المنتج فى أعمار فسيولوجية متباينة، وتصبح معدلات التنفس المقدرة له مضللة.

## الفصل الرابع - التنفس

هذا .. ولا يعنى ارتفاع معدل التنفس الابتدائي لمحمول ما أنه بالضرورة ذو  $Q_{10}$  مرتفعة. والعكس - كذلك - صحيح.

وتكون قيمة  $Q_{10}$  - ماحدة - كما يلي،

$Q_{10}$	الحرارة (م)
٤.٠-٢.٥	صفر - ١٠
٢.٥-٢.٠	٢٠-١٠
٢.٠-١.٥	٣٠-٢٠
١.٥-١.٠	٤٠-٣٠

وتمكناً تلك القيم من التنبؤ بتأثير مختلف درجات الحرارة على تنفس أو تدهور المنتج، وفترة الصلاحية للتخزين النسبية (جدول ٤-١). وتبعاً لهذا الجدول .. فإن المنتج إذا كان متوسط فترة صلاحيته للتخزين ١٣ يوماً على ٢٠ م، فإنه قد يمكن تخزينه لمدة ١٠٠ يوم على الصفر المئوي. بينما لا يبقى بحالة جيدة لأكثر من ٤ أيام على ٤٠ م (Saltveit ١٩٠٤).

جدول (٤-١): تأثير درجة الحرارة على معدل تدهور المنتجات الطازجة.

فترة الصلاحية للتخزين النسبية	المعدل النسبي لسرعة التدهور	الـ $Q_{10}$ المقترض <sup>(١)</sup>	الحرارة (م)
١٠٠	١.٠	—	صفر
٣٣	٣.٠	٣.٠	١٠
١٣	٧.٥	٢.٥	٢٠
٧	١٥.٠	٢.٠	٣٠
٤	٢٢.٥	١.٥	٤٠

$$Q_{10}^{(1)} = (\text{معدل التدهور عند حرارة } T + 10 \text{ م}) / (\text{معدل التدهور عند حرارة } T \text{ م})$$

## تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

ويُعطي جدول (٤-٢) الـ Q<sub>10</sub> الخاصة بمعدل تدهور بعض محاصيل الخضراوات. (Kader & Saltveit ٢٠٠٣)

جدول (٤-٢): قيم Q<sub>10</sub> الخاصة بمعدل تدهور بعض محاصيل الخضراوات.

المدى الحرارى (م)			المحاصيل ودليل التدهور
٣٠-٢٠	٢٠-١٠	صفر-١٠	
			الأسبرجس
١,٨	٢,٤	٢,٧	جودة المظهر
١,٤	٢,٧	٥,٨	فقد السكر
٢,٠	٢,٠	١٠,٠	زيادة الألياف
١,٩	٢,٧	٣,٨	كربن بروكسل (المظهر)
١,٩	٢,٣	٤,١	الكرفس (المظهر)
١,٩	٢,٢	٢,٥	خس الرؤوس (المظهر)
			البسلة
٢,٠	٢,٨	٣,٣	جودة المظهر
١,٥	٢,٦	٢,٧	فقد السكر
١,٨	٢,٥	٣,٣	السلطعون (المظهر)
١,٥	٣,٦	٣,٩	الذرة السكرية (فقد السكر)

### شدة البرودة:

يؤدى تعرض منتجات الخضراوات والفاكهة الحساسة لأضرار البرودة لحرارة تقل عن ١٠ أو ١٢ م إلى تغييرات غير طبيعية في معدل تنفسها، فنجد أن الـ Q<sub>10</sub> يكون أعلى بكثير في تلك الحرارة المنخفضة في هذه المحاصيل عما في المنتجات غير الحساسة لأضرار البرودة. كذلك قد يزداد معدل التنفس بصورة كبيرة لدى ارتفاع الحرارة عن المدى الذى تحدث معه أضرار البرودة ومن المفترض أن تلك الزيادات فى معدل التنفس هى انعكاسات لمحاولات الخلية التخلص من المنتجات الأيضية الوسطية التى تتراكم أثناء

التعرض للحرارة المنخفضة. وكذلك إصلاح الأضرار التي تكون قد حدثت بالأغشية الخلوية والتراكيب الخلوية الأخرى.

### الشد الحرارى:

مع ارتفاع الحرارة إلى درجة تزيد عن المجال الفسيولوجى المناسب يبدأ التزايد فى معدل التنفس فى النقصان، إلى أن يصبح بالسالب مع اقتراب الحرارة من الدرجة المميتة للأنسجة حيث يختل الأيض وتفقد البروتينات الإنزيمية خصائصها. ويمكن لبعض الأنسجة أن تتحمل الحرارة العالية لدقائق قليلة، وهى الخاصية التى يُستفاد منها فى التطهير السطحى لبعض الثمار من الفطريات السطحية. ويؤدى استمرار التعرض للحرارة العالية إلى انهيار الأنسجة النباتية. هذا .. إلا أن التهيئة الحرارية بتعريض المنتج لفترة قصيرة من الحرارة العالية يمكن أن يُحوّر من استجابة الأنسجة – فيما بعد للشد الحرارى (Saltveit ٢٠٠٤).

### تأثير مكونات هواء المخزن

يؤدى خفض نسبة الأكسجين وزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى جو المخزن إلى خفض معدل التنفس فى الخضر المخزنة، ويسمى ذلك الإجراء بالتخزين فى الجو المعدل Modified Atmosphere. ويحتوى الجو المعدل – عادة – على ٣٪-٥٪ أكسجيناً، ونحو ٥٪ ثانى أكسيد الكربون.

وفى الحرارة المناسبة لتخزين المحصول فإن ذلك الانخفاض فى معدل التنفس يسمح بإطالة فترة التخزين. أما فى الحرارة الأعلى، فإن الطلب على ثلاثى فوسفات الأدينوزين ATP قد يزيد عن المتوفر منه؛ الأمر الذى يحفز حدوث تنفس لاهوائى، وتكوين مركبات غير مرغوبة الطعم والنكهة.

كذلك فإن زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون يؤدى إلى خفض معدل تنفس المنتجات الطازجة، ويؤخر شيخوختها، ويثبط نمو الفطريات بها. هذا إلاّ إنه عند انخفاض تركيز الأكسجين، يمكن أن تحفز زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون أيضاً التخمر. هذا .. ويمكن

لبعض المنتجات أن تتحمل التخزين لأيام قليلة في حرارة منخفضة في جو لا يحتوى إلا على غاز النيتروجين، أو في تركيزات عالية جداً من ثاني أكسيد الكربون.

يتبين مما تقدم ضرورة توفر كمية كافية من الأكسجين؛ لكي يستمر التنفس هوائياً وينطلق الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون؛ وحتى لا يؤدي غياب الأكسجين إلى جعل التنفس لا هوائياً، وما يتبع ذلك من إنتاج للكحول، وحامض الخليك، وثنائي أكسيد الكربون، علماً بأن الكحول ضار بالأنسجة النباتية. ويؤدي إلى موت الخلايا. كما أن المركبات الوسيطة الأخرى التي تتكون أثناء عملية التنفس اللاهوائي هذه ضارة أيضاً. فدرنات البطاطس يتكون بها التيروسين tyrosine المسئول عن اللون الأسود في الدرناات المصابة بحالة القلب الأسود، وتتكون بالكربن والكرفس مواد تحدث نقرًا وبقعًا صغيرة متناثرة في أعناق الأوراق والعروق. وتتضح من ذلك أهمية التهوية في حجرات التخزين. كما أنه من الضروري تحريك الهواء خلال المحصول المخزن لنقل الحرارة الناتجة من التنفس.

### تأثير الشدّ الفيزيائي

إن تعرض المنتجات لأى شدّ بيئى – حتى ولو كان معتدلاً – يحدث اضطراباً في تنفسها، بينما تُحدث المعاملة الفيزيائية القاسية ارتفاعاً في معدل التنفس يكون – غالباً – مصاحباً بزيادة في إنتاج الإثيلين. إن الإشارة التى تحدثها عملية الشدّ الفيزيائي تنتقل من موضع الضرر لتستحث مدى واسع من التغيرات الفسيولوجية في الأنسجة المجاورة غير المجروحة. ومن أكثر تلك التغيرات التى تُستحث: التنفس، وإنتاج الإثيلين، وأيض الفينولات، والتثام الجروح. هذا .. ولا يدوم أثر الجروح على معدل التنفس – غالباً – عن ساعات أو أيام قليلة. وعلى الرغم من ذلك، فإن الجروح تحفز في بعض الأنسجة تغيرات تطورية، مثل تحفيز النضج؛ وهو الذى يؤدي – بدوره – إلى زيادة في التنفس تستمر لفترة طويلة. كذلك فإن الإثيلين يحفز التنفس، وقد يكون للشدّ الذى يستحثه الإثيلين تأثيرات فسيولوجية على المنتجات إلى جانب تحفيز التنفس.

## تأثير مرحلة التكوين والنضج

تتباين مختلف المنتجات في معدل تنفسها. ويرتبط ذلك بتباينها في الأجزاء النباتية التي يزرع من أجلها المحصول. فنجد - مثلا - أن معدل التنفس يكون منخفضاً في النقل والدرنات، بينما الأنسجة التي تتكون من أنسجة ميرستيمية مثل الأسبرجس والبروكولي يكون فيها معدل التنفس عالياً. ومع اكتمال تكوين الأعضاء النباتية فإنه ينخفض معدل تنفسها. ويعنى ذلك أن المنتجات التي تُحصَد خلال فترة نموها النشط - مثل كثير من الخضر والثمار غير المكتملة التكوين - يكون فيها معدل التنفس عالياً. أما الثمار المكتملة التكوين والبراعم الساكنة وأعضاء التخزين فيكون معدل التنفس فيها منخفض نسبياً.

وبعد الحصاد نجد أن معدل التنفس ينخفض، ويكون ذلك الانخفاض بطيئاً في الثمار غير الكلايمكتيرية وفي أعضاء التخزين، وسريعاً في الأنسجة الخضرية والثمار غير المكتملة التكوين. ويفترض أن التناقص السريع في معدل التنفس يعكس استهلاكاً للمواد العضوية اللازمة للتنفس، وهي التي تكون بطبيعتها منخفضة التركيز في مثل تلك الأنسجة. ويشد عن قاعدة التناقص في معدل التنفس بعد الحصاد الزيادة التي تكون أحياناً سريعة جداً في معدل التنفس في الثمار الكلايمكتيرية. وتجزأ تلك الزيادة على أربع مراحل مميزة. هي: التناقص قبل الكلايمكتيري، والارتفاع الكلايمكتيري، والقمة الكلايمكتيرية. والتناقص بعد الكلايمكتيري (عن Saltveit 1904).

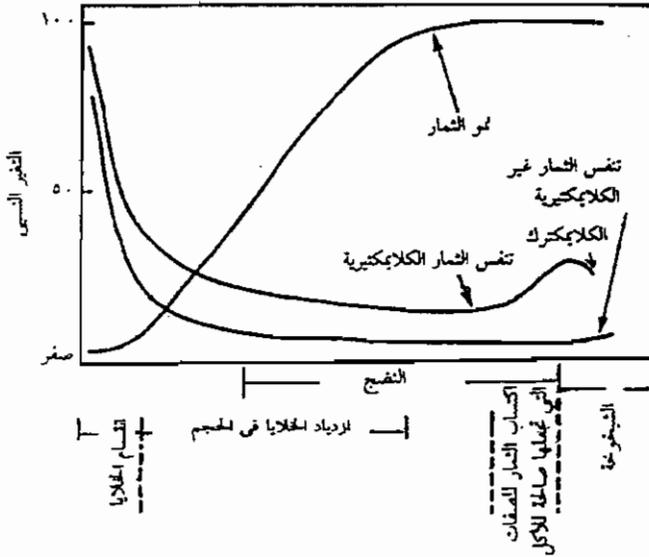
## ظاهرة الكلايمكتريك

اكتشف Kidd & West ظاهرة الكلايمكتريك Climacteric أثناء دراستهما للتغيرات في معدل تنفس ثمار التفاح عند نضجها؛ فقد لاحظا أن ثمار التفاح تمر بثلاث مراحل كالتالي:

١- في المرحلة الأولى يحدث انخفاض طفيف في معدل التنفس، يستمر - تدريجياً

– مع كبر حجم الثمار. حتى تصل إلى أكبر حجم لها. ويطلق على هذه المرحلة اسم "ما قبل الكلايمكتريك" Prelimacteric Stage.

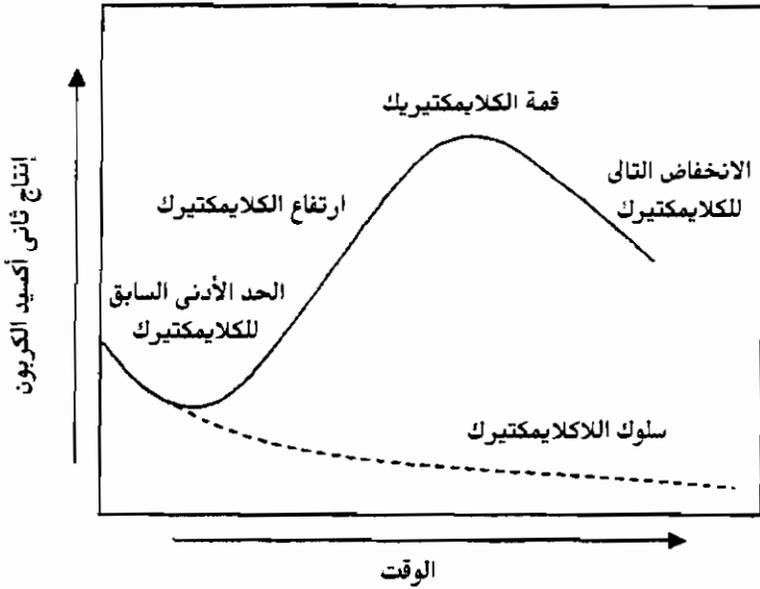
٢- تبدأ المرحلة الثانية بعد وصول الثمار إلى أكبر حجم لها، وتستمر أثناء نضجها. ويحدث أثناءها ارتفاع حاد في معدل التنفس يصل إلى أقصاه عند اكتمال نضج الثمار. ويطلق على هذه المرحلة اسم "الكلايمكتريك"، أو "ذروة التنفس" Climacteric Stage (أشكال ٤-١١، و ٤-١ ب. و ٤-١ ج).



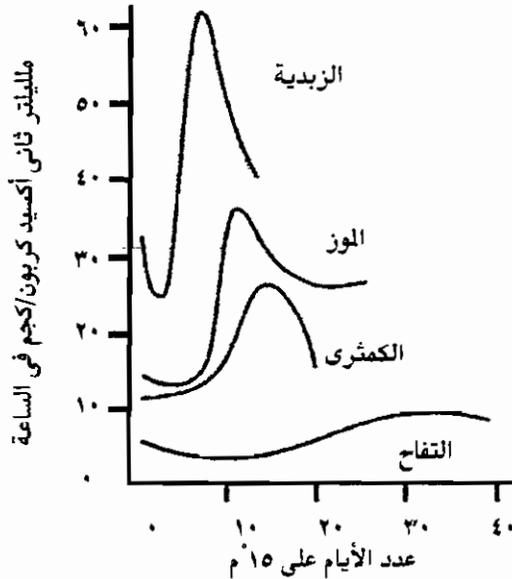
شكل (٤-١ أ): نمو وتنفس الثمار الكلايمكتريك وغير الكلايمكتريك أثناء تكوينها ونضجها (عن Wills وآخرين ١٩٨١).

وتقسم الثمار حسب التغيرات التي تلاحظ في معدل التنفس بما بعد القطع إلى قسمين:

١- ثمار تحدث فيها ظاهرة الكلايمكتريك، وتسمى الثمار الكلايمكتيرية Climacteric Fruits، ومن أمثلتها: التفاح، والتين، والكمثرى، والمشمش، والخوخ، والبرقوق، والزبدية، والمانجو، والموز، والباباظ، والسابوتا، والبشملة، والطماطم، والقاوون – خاصة الكنتالوب – وكيزان العسل، والجوافة، والكيوى، والنكتارين، والكاكي.



شكل (٤-١ ب): المنحنى الكلاسيكي المعروف لتنفس الثمار الكلايماكتيرية وغير الكلايماكتيرية قبل مرحلة الكلايماكتيرك مباشرة، وأثناءها، وبعدها مباشرة.



شكل (٤-١ ج): تبين منحنى الكلايماكتيرك التنفسي باختلاف الثمار.

٢- ثمار غير كلايمكتيرية Non-Climacteric Fruits : لا يلاحظ بها تغيرات كبيرة في معدل التنفس بعد القطف. ومن أمثلتها: الكريز، والزيتون، والعنب، والفاصوليا الخضراء، والموالح، والأناناس. والفراولة، والخيار، والفلفل، والباذنجان. والبلوبري. والكاجو، والجريب فروت، والزيتون، والبطيخ.

ويعطى جدول (٤-٣): قائمة مطولة بالثمار الكلايمكتيرية وغير الكلايمكتيرية وأسمائها العلمية (عن Watkins ٢٠٠٢).

كما يبين شكل (٤-٢) التغيرات في كل من إنتاج الإثيلين وثاني أكسيد الكربون. والصلابة، ومحتوى الإثيلين في ثمار الطماطم (وهي كلايمكتيرية) خلال مختلف مراحل تكوينها من قبل اكتمال التكوين حتى مرحلة النضج الأحمر (عن Srivastava ٢٠٠٢).

وبرغم صحة هذا التقسيم من حيث التغيرات الملحوظة في معدل التنفس بعد القطف، إلا أنه يمكن القول بأن ظاهرة الكلايمكتريك تحدث في جميع الثمار اللحمية (اللبية) إذا قطفت بعد اكتمال نموها مباشرة، لكن ما يحدث هو أن بعض الثمار - كالخيار، والكوسة، والباذنجان - تقطف قبل وصولها إلى أقصى حجم لها؛ فلا تحدث بها الظاهرة؛ لأنها لا تنضج نباتياً بعد القطف. والبعض الآخر يقطف بعد اكتمال نموه. ولكنه يستهلك قبل نضجه نباتياً، كالفلفل، فلا تلاحظ به الظاهرة، كما أن بعض الثمار تقطف بعد اكتمال نضجها؛ فتكون ظاهرة الكلايمكتريك قد حدثت بها قبل القطف. كما في العنب، والتين، والفراولة.

جدول (٤-٣): أنواع الحاصلات البستانية الثمرية الكلايمكتيرية وغير الكلايمكتيرية.

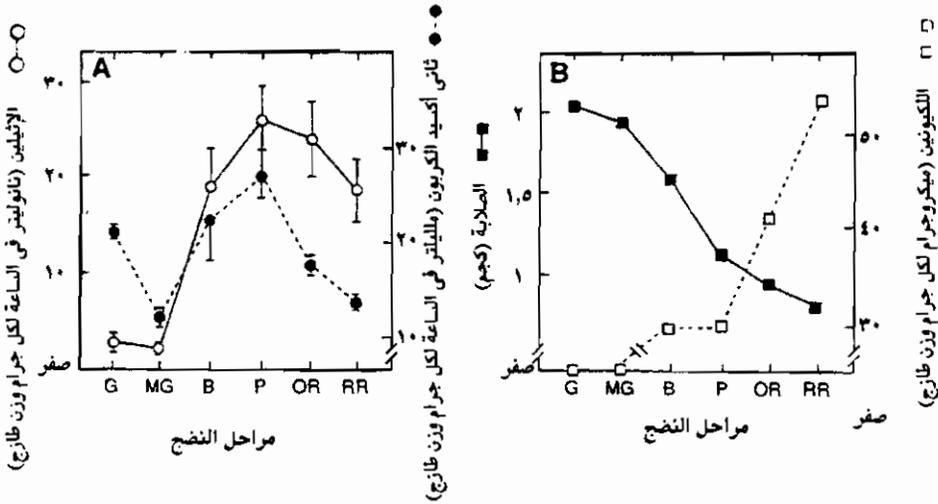
الاسم العادي	الاسم العلمي
أولاً: الثمار الكلايمكتيرية	
التفاح	<i>Malus pumila</i> Mill.
المشمس	<i>Prunus armeniaca</i> L.
الكمثرى الآسيوية	<i>Pyrus serotina</i> Rehder

الاسم العالِمى	الاسم العادى	
<i>Annona squamosa</i> × <i>cherimola</i>	Atemoya	
<i>Persea americana</i> Mill.	Avocado	الأفوكادو
<i>Musa</i> L.	Banana	الموز
<i>Rollinia deliciosa</i> Safford	Biriba	
<i>Momordica charantia</i> L.	Bitter melon	الشمام المر
<i>Vaccinium angustifolium</i> Ait.	Blueberry. Lowbush	
<i>Vaccinium corymbosum</i> L.	Blueberry. Highbush	
<i>Vaccinium ashei</i> Reade	Blueberry. Rabbiteye	
<i>Arcocarpus altilis</i> (Parkins) Fosb.	Bread fruit	ثمرة الخبز
<i>Cucumis melo</i> L. Cantalupensis group	Cantaloupe	الكتالوب
<i>Annona cherimola</i> Mill.	Cherimoya	
<i>Rollinia orthopetala</i> A. DC.	Corossol sauvage	
<i>Phoenix dactylifera</i> L.	Dates	البلح
<i>Durio zibethinus</i> Murray	Durian	
<i>Feijoa sellowiana</i> O. Berg.	Feijoa	
<i>Ficus carica</i> L.	Fig	التين
<i>Physalis peruviana</i> L.	Goldenberry	
<i>Psidium guajava</i> L.	Guava	الجوافة
<i>Psidium littorale</i> var. <i>longipes</i> (O. Berg.) Fosb.	Guava, 'Purple Strawberry'	
<i>Psidium littorale</i> Raddi.	Gauava, 'Strawberry'	
<i>Psidium littorale</i> var. <i>littorale</i> Fosb	Guava, 'Yellow Strawberry'	
<i>Cucumis melo</i> L. Inodorus group	Honey Dew	شهد العسل
<i>Ziziphus sativa</i> Mill	Jujube	
<i>Actinidia deliciosa</i> (A Chev) C. F. Liang et Kiwifruit, Chinese gooseberry A. R. Ferguson var. <i>deliciosa</i>		

تابع جدول (٤-٣).

الاسم العلى	الاسم العادى	
<i>Mammea americana</i> L.	Mammee apple	
<i>Mangfera indica</i> L.	Mango, common	المانجو
<i>Irvingia gabonensis</i> Baillon & Irvingiaceae	Mango, African	
<i>Brassica napus</i> L.	Oil rape	لفت الزيت
<i>Asimina triloba</i> (L.) Dunal.	Papaw	
<i>Carica papaya</i> L.	Papaya	الباباظ
<i>Passiflora edulis</i> Sims	Passion fruit	
<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	Peach	الخوخ
<i>Pyrus communis</i> L.	Pear, European	الكمثرى الأوروبية
<i>Pyrus bretschneideri</i> R.	Pear, Chinese	
<i>Diospyros kaki</i> L.	Persimmon	الكاكى
<i>Prunus americana</i> Marsh.	Plum	الببرقوق
<i>Rubus idaeus</i> L.	Raspberry	الراسبرى
<i>Casimiroa edulis</i> Llave	Sapote	السابوتة
<i>Amelanchier alnifolia</i> Nutt.	Saskatoon	
<i>Annona muricata</i> L.	Soursop	
<i>Annona squamosa</i> L.	Sweetsop, sugar apple	
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Tomato	الطماطم
		ثانياً: الثمار غير الكلايمكتيرية
<i>Pyrus serotina</i> Rehder	Asian pear	
<i>Rubus</i> L.	Blackberry	البلاكبرى
<i>Theobroma cacao</i> L.	Cacao	الكاكاو
<i>Opuntia amyclaea</i> Tenore	Cactus pear	
<i>Averrhoa carambola</i> L.	Carambola	
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Cashew	الكاجو
<i>Prunus cerasus</i> L.	Chery, sour	الكريز الحمضى

الاسم العادي	الاسم العلمي
الكريز الحلو	<i>Prunus avium</i> L.
الخيار	<i>Cucumis sativus</i> L.
العنب	<i>Vitis vinifera</i> L.
الجريب فروت	<i>Citrus paradisi</i> Macf.
	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels
الليمون الأضاليا	<i>Citrus jambhiri</i> Lush.
	<i>Litchi chinensis</i> Sonn.
	<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.
	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merrill & Perry
الزيتون	<i>Olea europaea</i> L.
البرتقال	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osb.
الفلفل	<i>Capsicum annum</i> L.
الأناناس	<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.
	<i>Selenicereus megalanthus</i> Scum. Ex. Vaupel
الرمان	<i>Punica granatum</i> L.
	<i>Nephelium lappaceum</i> L.
الراشبرى	<i>Rubus idaeus</i> L.
	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston
يوسفى تزوما	<i>Citrus reticulata</i> Blanco
	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.
الفراولة	<i>Fragaria xananassa</i> Duch.
	<i>Fragaria vesca</i> L.
	<i>Eugenia uniflora</i> L.
شجرة الطماطم	<i>Cyphomandra betacea</i> (Cav.) Sendtu
البطيخ	<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Mansf.



شكل (٤-٢): التغيرات التي تحدث في ثمار الطماطم من قبل اكتمال تكوينها وحتى اكتمال نضجها في كل من (A) إنتاج الإثيلين ومعدل التنفس (إنتاج ثاني أكسيد الكربون)، و (B) الصلابة ومحتوى الليكوبين.

### طرق قياس معدل التنفس

بخلاف الماء الذي يفقد أثناء التنفس - والذي يتوفر في الأنسجة الطازجة بكميات كبيرة - فإن معدل التنفس يمكن قياسه بتقدير معدل استهلاك أى من المواد الأولية المستعملة في التنفس أو معدل فقد الأكسجين، أو معدل إنتاج ثاني أكسيد الكربون، أو معدل إنتاج الطاقة. وأكثر الطرق شيوعاً هي تقدير معدل إنتاج ثاني أكسيد الكربون إما بنظام استاتيكي أو ديناميكي.

ففي النظام الاستاتيكي يوضع المنتج في حيز غير منفذ للهواء وتؤخذ عينات من الهواء بعد أن يكون قد تراكم ثاني أكسيد الكربون بقدر كاف لتقديره بدقة بأى من الأجهزة المستخدمة لهذا الغرض (مثل الـ gas chromatograph، أو الـ infrared CO<sub>2</sub> analyzer). وإذا ما كان الحيز الذى يوضع فيه المنتج محكم الإغلاق، فإن ثاني أكسيد الكربون يجب أن يزداد تركيزه خطياً مع الوقت. وبضرب التغير المشاهد في التركيز في

حجم الوعاء الذى يوضع فيه المنتج. وقسمة حاصل الضرب على وزن المنتج مضروباً فى الوقت بين أخذ العينات، يحصل على معدل إنتاج الغاز.

أما فى النظام الديناميكي فإنه يمر تيار من الهواء (أو مخلوط من الغازات) خلال وعاء حفظ المنتج بمعدل معروف وثابت. يصل النظام إلى حالة من التوازن ( $< 0.99, 3\%$ ) فى نفس الوقت تقريباً الذى يستغرقه مرور خمسة أمثال الحجم خلال الوعاء. ويقدر الفرق فى تركيز ثانى أكسيد الكربون بين الهواء الداخلى والهواء الخارج بعد وصول النظام إلى حالة التوازن، وذلك بتقدير تركيز الغاز فى عينات تؤخذ من عند النقطتين. وبضرب الفرق فى التركيز فى معدل التدفق وقسمة حاصل الضرب على وزن المنتج المستعمل نحصل على معدل إنتاج الغاز (Saltveit 1904أ).

وتجدر الإشارة إلى أنه لتحويل معدل التنفس من ملليجرام (مجم) ثانى أكسيد كربون لكل كيلوجرام (كجم) من المنتج فى الساعة إلى ملليلتر (مل) من الغاز لكل كيلوجرام من المنتج فى الساعة يقسم التنفس – بالملليجرام – على ٢,٠ عند صفر م، وعلى ١,٩ عند ١٠ م. وعلى ١,٨ عند ٢٠ م.

ولحساب إنتاج الطاقة يضرب إنتاج ثانى أكسيد الكربون – بالملليجرام لكل كيلوجرام من المنتج فى الساعة – فى ٢٢٠ للحصول على الوحدات الحرارية البريطانية BTUs لكل طن فى اليوم، أو فى ٦١ للحصول على كيلو كالورى لكل طن مترى فى اليوم.

### تقسيم الحاصلات البستانية حسب معدل التنفس بعد الحصاد

تقسم الحاصلات البستانية إلى خمس مجاميع حسب معدل تنفس أنسجتها بعد الحصاد كما يلي (عن Kader وآخرين ١٩٨٥):

معدل التنفس عند ٥ م

المنتج	(مجم CO <sub>2</sub> /كجم/ساعة)	المجموعة
الخضر المجففة والتمر والنقل	٥ >	التنفس منخفض جداً
البصل، والبطاطس، والتفاح، والموالح، والعنب، والكيوي	١٠-٥	التنفس منخفض
الكرنب، والجزر، والخس، والفلفل، والطماطم، والشمش، والموز، والكريز، والخوخ، والنكتارين، والكمثرى، والبرقوق، والتين.	٢٠-١٠	التنفس متوسط
الفراولة، والقنبيط، وفاصوليا اللبما، والبلاكبرى، والرابرى، والأفكانو.	٤٠-٢٠	التنفس مرتفع
الخرشوف، والفاصوليا، وكرنب بروكسل، وزهور القطف	٦٠-٤٠	التنفس مرتفع جداً
الأسبرجس، والبروكولى، وعيش الغراب، والبصلة، والسبانخ، والذرة السكرية.	٦٠ <	التنفس شديد الارتفاع

ويلاحظ من التقسيم السابق لمعدل التنفس فى الحاصلات البستانية أنه ينخفض كلما ازدادت درجة نضج الأنسجة فى الأعضاء النباتية التى يتم حصادها، سواء أكانت جذوراً، أم سيقاناً، أم أوراقاً. أم أزهاراً أم ثماراً، أم بذوراً (عن Snowdon ١٩٩٠).

ونظراً لتأثر معدل التنفس - بشدة - بدرجة الحرارة، فإن الخضروات تقسم حسب معدل تنفسها فى مختلف درجات الحرارة، كما يلي:

١- خضروات بطيئة فى معدل تنفسها (أقل من ١٠ مجم ثانى أكسيد كربون/كجم/ساعة عند ١٠ م. أو أقل من ٤٠ مجم CO<sub>2</sub>/كجم/ساعة عند ٢٠ م)، وتشمل: البطاطس، والبصل. والخيار.

## الفصل الرابع - التنفس

٢- خضروات ذات معدل تنفس متوسط (١٠-٢٠ مجم CO<sub>2</sub>/كجم/ساعة عند ١٠ م<sup>٠</sup>، أو ٤٠-٨٠ مجم CO<sub>2</sub>/كجم/ساعة عند ٢٠ م<sup>٠</sup>) وتشمل: الفلفل، والجزر، والطماطم، والباذنجان.

٣- خضروات ذات معدل تنفس عال (٢٠-٤٠ مجم CO<sub>2</sub>/كجم/ساعة عند ١٠ م<sup>٠</sup>، أو ٨٠-١٢٠ مجم CO<sub>2</sub>/كجم/ساعة عند ٢٠ م<sup>٠</sup>). وتشمل: الفجل.

٤- خضروات ذات معدل تنفس عال جداً (أكثر من ٤٠ مجم CO<sub>2</sub>/كجم/ساعة عند ١٠ م<sup>٠</sup>، أو ١٢٠ مجم CO<sub>2</sub>/كجم/ساعة عند ٢٠ م<sup>٠</sup>)، وتشمل: البصل الأخضر، والقنبيط، والبسلة، والشبت، والبقدونس، والقاوون، واليامية، وعيش الغراب (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤ أ).

ويعطى جدول (٤-٤): بياناً تفصيلياً بمعدل تنفس الحاصلات البستانية (خضر وفاكهة وأعشاب) في مختلف درجات الحرارة، وكذلك إنتاجها من الإثيلين.

جدول (٤-٤): معدل تنفس الحاصلات البستانية (خضر وفاكهة وأعشاب) في مختلف درجات الحرارة، وكذلك معدل إنتاجها من الإثيلين (عن USDA ٢٠٠٤).

إنتاج الإثيلين (ميكروليتر إثيلين/كجم في الساعة على الحرارة الميمنة)	حرارة التخزين (م <sup>٠</sup> )					المحصول	
	٢٥	٢٠	١٥	١٠	٥		
يتفاوت كثيراً	nd <sup>1</sup>	٣١	٢٥	١٧	٨	٥	التفاح
< 0.1 (0°C)	nd	٤٠	nd	١٦	nd	٦	الشمش
< 0.1	nd	١٩٣	١١٠	٧١	٤٣	٣٠	الخرشوف
2.6 (20°C)	nd	٢٧٠	٢٣٥	٢١٥	١٠٥	٦٠	الأسبرجس <sup>١</sup>
> 100 (ripe; 20°C)	nd	١٩٠	nd	١٠٥	٣٥	nd	الأفوكادو
5.0 (15°C)	nd	٢٨٠	١٤٠ <sup>٢</sup>	٨٠	nd	nd	الوز الناضج
منخفض جداً	nd	١٦٧	nd	٧١	nd	٣٦	الريحان
< 0.05 (5°C)	nd	١٣٠	٩٢	٥٨	٣٤	٢٠	الفاصوليا الخضراء
< 0.50 (5°C)	nd	٢٢٠	٢٠٢	٩٢	٤٦	٤٠	الفاصوليا طويلة القرون

تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

تابع جدول (٤-٤).

إنتاج الإثيلين	حرارة التخزين (م°)						الحصول
	٢٥	٢٠	١٥	١٠	٥	صفر	
(ميكروليتر إيثيلين/كجم في الساعة على الحرارة المبيئة)	(كجم ثاني أكسيد كربون/كجم في الساعة)						
< 0.1 (0°C)	nd	٦٠	٣١	١٨	١١	٥	البنجر
0.1 to 2.0 يتباين	nd	١١٥	٧٥	٦٢	٣٦	١٩	البلاكيري
0.5 to 10.0 يتباين	١٠١	٧٠	٤٨	٢٩	١١	٦	البلوبيري
< 0.2	nd	٥٦	٣٩	٢٠	١١	٦	البوك شو
< 0.1 (20°C)	nd	٣٠٠	١٧٠	٨١	٣٤	٢١	البروكولي
< 0.25 (7.5°C)	nd	٢٧٦	٢٠٠	١٤٧	٧٠	٤٠	كرنب بروكسل
< 0.1 (20°C)	٦٢	٤٢	٢٨	١٨	١١	٥	الكرنب
< 0.1 (20°C)	nd	٢٥	٤٠	٣١	٢٠	١٥	الجزر
1.7 (25°C)	٤٠	nd	nd	nd	nd	nd	الكاسافا
< 1.0 (20°C)	٩٢	٧٩	٤٦	٣٤	٢١	١٧	القتبيط
< 0.1 (20°C)	nd	٤٥	٣٥	٢٣	١٣	٧	السليريالك
< 0.1 (20°C)	nd	٧١	٤٠	٣١	٢٠	١٥	الكرفس
< 0.1 (0°C)	nd	٦٥	٤٦	٢٨	٢٢	٨	الكريز الحلو
< 0.1 (0°C)	nd	٣٧	٢١	١٣	٦	٣	الشيكوريا
< 0.1 (20°C)	nd	٣٩	٢٦	١٨	١٢	١٠	الكرنب الصيني
منخفض جداً	nd	٤٣٢	nd	٩٩	nd	٥٤	الشيغ الصيني
منخفض جداً	nd	٥٤٠	nd	١١٠	nd	٢٢	الشيغ
منخفض جداً	٥٠	nd	nd	nd	nd	nd	جوز الهند
منخفض جداً	nd	nd	nd	nd	٣٠	٢٢	الكسبرة
0.6 (20°C)	٣٧	٣١	٢٩	٢٦	nd	nd	الخيار
< 0.1 (20°C)	nd	nd	٣٢٤	١٠٣	nd	٢٢	الشبت
0.4 (12.5°C)	nd	nd	٦٩	nd	nd	nd	الباذنجان العادي
0.4 (12.5°C)	nd	nd	١٣١	nd	nd	nd	الباذنجان الياباني الطويل
منخفض جداً	٢٠٠	١٣٣	١٠٠	٧٣	٥٢	٤٥	الهندباء
4.3 (20°C)	nd	٣٢	nd	nd	nd	١٩	الفينوكيا
0.6 (0°C)	nd	٥٠	nd	٢١	١٣	٦	التين

إنتاج الإيثيلين (ميكروليتر إيثيلين/كجم في الساعة على الحرارة المبيّنة)	حرارة التخزين (م°)					المحصول	
	٢٥	٢٠	١٥	١٠	٥		
منخفض جداً	nd	٢٠	٢٢	٢٤	١٦	٨	الثوم (أبصال)
منخفض جداً	nd	nd	nd	٨٥	٣٥	٢٤	الثوم المقشر
منخفض جداً	nd	٦	nd	nd	nd	nd	الزنجبيل
منخفض جداً	٩٥	nd	٣٣	١٥	nd	٦	الجنسنج
< 0.1 (20°C)	٣٩	٣٣	١٦	٨	٥	٣	العنب الأمريكي
< 0.1 (20°C)	nd	٥١	nd	nd	١٣	٦١٠	العنب السكات
< 0.1 (20°C)	nd	٢٧	nd	١٣	٧	٣	عنب المائدة
< 0.1 (20°C)	nd	nd	< 10	nd	nd	nd	الجريب فروت
10 (20°C)	nd	٧٤	nd	٣٤	nd	nd	الجوافة
منخفض جداً	٣٣	٣٠	٢٤	١٤	٨	nd	شهد العسل
< 1.0	nd	٤٠	٣٢	٢٥	١٤	٨	فجل الحصان
لم يقدر	nd	nd	٥٠	١٩	١٢	١٠	الطرطوفة
75	nd	١٩	nd	١٢	٦	٣	الكوي الناضج
< 0.1 (20°C)	nd	nd	٤٦	٣١	١٦	١٠	كرنب أبو ركة
< 0.1	١١٥	١١٠	٩٦	٦٠	٢٥	١٥	الكرات
< 0.1 (20°C)	nd	٢٤	١٩	١١	nd	nd	الليمون الأضاليا
منخفض جداً	٨٢	٥٦	٣٩	٣١	١٧	١٢	خس الرؤوس
منخفض جداً	١٤٧	١٠١	٦٣	٣٩	٣٠	٢٣	خس الأوراق
< 0.1 (20°C)	nd	nd	nd	< 10	nd	nd	الليمون البنزهير
< 0.1 (20°C)	nd	٧٩	٦٣	٣٦	٢٧	١٤	اللوف
< 0.1 (20°C)	nd	٢٥	١٦	٨	٦	nd	اليوسفي
1.5 (20°C)	nd	١١٣	٥٨	٣٥	١٦	nd	المانجو
منخفض جداً	nd	nd	nd	٦٨	nd	٢٨	المرقوقش
منخفض جداً	nd	٢٥٢	nd	٧٦	nd	٢٠	النعناع

تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

تابع جدول (٤-٤).

إنتاج الإثيلين (ميكروليتر إيثيلين/كجم فى الساعة على الحرارة المبينة)	حرارة التخزين (م°)						المحصول
	٢٥	٢٠	١٥	١٠	٥	صفر	
< 0.1 (20°C)	nd	٢٦٤	nd	٩٧	٧٠	٣٥	عيش الغراب
5.0 (0°C)	nd	٨٧	nd	٢٠	nd	٥	النكتارين الناضج
55.0	٦٧	٥٥	٣٧	١٥	١٠	٦	الكتنلوب الشبكي
0.5	٣٤٥	٢٦١	١٤٦	٩١	٤٠	٢١	البامية
< 0.5 (20°C)	nd	٦٠	nd	٢٨	١٥	nd	الزيتون
< 0.1 (20°C)	nd	٨	٧	٧	٥	٣	البصل
< 0.1(20°C)	nd	٢٨	١٨	٨	٦	٤	البرتقال
8.0	nd	٨٠	١٩	nd	٥	nd	الباباظ الناضج
منخفض جداً	٢٧٤	١٩٩	١٥٠	١١٤	٦٠	٣٠	البقدونس
< 0.1 (20°C)	nd	nd	٣٧	٢٢	١٣	١٢	الجزر الأبيض
< 0.1 (20°C)	٣١٣	٢٧١	١٧٥	٨٦	٦٤	٣٨	البسلة الخضراء
< 0.1 (20°C)	nd	٢٧٣	١٧٦	٨٩	٦٤	٣٩	البسلة السكرية
5.0 (0°C)	nd	٨٧	nd	٢٠	nd	٥	الخوخ الناضج
< 0.2 (20°C)	nd	٣٤	٢٧	١٢	٧	nd	الفلفل
< 0.5 (20°C)	nd	٢٢	nd	nd	nd	٦	الكاكي
< 1.0 (20°C)	nd	٢٤	١٣	٦	٢	nd	الأناناس
< 5.0 (0°C)	nd	٢٠	nd	١٠	nd	٣	البرقوق الناضج
< 0.1 (10°C)	nd	٢٤	nd	١٢	٦	nd	الرمان
< 0.1 (20°C)	nd	٢٢	١٧	١٦	١٢	nd	البطاطس المعالجة
0.3 (6°C)	٤٥	nd	nd	٢٣	١٣	٨	الشيكوريا
منخفض جداً	١٧٢	١٣٠	٧٤	٣٤	٢٠	١٦	الفجل
≤ 12.0 (20°C)	nd	١٢٥	٤٢	٣٥	٢٣	١٧	الراسبرى
لم يقدر	nd	٤٩	٤٠	٢٥	١٥	١١	الروبارب
< 0.1 (20°C)	nd	٣٧	٢٦	١٤	١٠	٥	الروتاجا

تابع جدول (٤-٤).

إنتاج الإيثيلين (ميكروليتر إيثيلين/كجم في الساعة على الحرارة المبيّنة)	حرارة التخزين (م°)						المحصول
	٢٥	٢٠	١٥	١٠	٥	صفر	
منخفض جداً	nd	١٥٧	nd	١٠٣	nd	٣٦	المريمية
منخفض جداً	nd	nd	nd	nd	١١٣	٤٢	الجرجير
منخفض جداً	nd	١٩٣	nd	٤٩	٤٣	٢٥	السلسفيل
> 100 (20°C)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	السبوتة
لم يقدر	nd	١٤٨	nd	nd	٢٥	٢٤	قرون لوبيا خضراء
لم يقدر	nd	١٢٦	nd	nd	nd	٢٩	بنور لوبيا خضراء
منخفض جداً	nd	٢٣٠	١٧٩	١١٠	٤٥	٢١	السبانخ
< 0.1 (10°C)	nd	nd	nd	٩٦	٤٢	٢٣	نبت بنور فاصوليا المنج
< 1.0 (20°C)	nd	١٦٤	١٥٣	٦٧	٣٢	٢٥	كوسة
منخفض جداً	nd	nd	nd	٩٩	nd	nd	قرع الشتاء
< 0.1 (20°C)	nd	١٥٠	nd	٧٥	nd	١٦	الفراولة
منخفض جداً	٣٥٩	٢٦١	١٥٩	١٠٥	٦٣	٤١	الذرة السكرية
0.14 (20°C)	nd	٢٩	nd	nd	nd	١٩	السق السويسرى
منخفض جداً	nd	٢٠٣	nd	٨٢	nd	٣٨	الزعر
10.0 (20°C)	nd	٣٢	nd	١٦	١٣	nd	الحرنكش (خضراء مكتملة النضج)
10.0 (20°C)	٤٣	٣٥	٢٢	١٥	nd	nd	الطماطم
منخفض جداً	nd	nd	nd	٤٥	٣٥	٢٨	الكمأة
منخفض جداً	nd	٢٥	٢٣	١٦	١٠	٨	اللفت
< 1.0 (20°C)	٣٧٧	٣٢٢	١٧٥	١١٠	٥٠	٢٢	الكرسون المائى
< 1.0 (20°C)	nd	٢١	nd	٨	٤	nd	البطيخ

(١) nd = لم تقدر، (٢) بعد يوم من الحصاد، (٣) على ١٣ م°، (٤) على ٢٢ م°، (٥) على ١٢,٥ م°، (٦) على ٢ م°، (٧) منخفض جداً يعنى أقل من ٠,٠٥ ميكروليتر/كجم فى الساعة، (٨) على ٩ م°، (٩) على ١ م°، (١٠) على ٦ م°، (١١) على ٧,٥ م°.

### تأثير درجة حرارة التخزين على كمية الطاقة المنطلقة من مختلف الخضراوات

يبين جدول (٤-٥) كمية الطاقة التي تنطلق من مختلف الخضراوات عند تخزينها في درجات حرارة مختلفة. وكما أسلفنا .. فإن كمية الطاقة المنطلقة تتحدد بكل من معدل التنفس الابتدائي للمنتج. والـ  $Q_{10}$  المحسوبة لنفسه في مختلف درجات الحرارة. ويستفاد من تلك البيانات في حساب احتياجات التبريد للخضراوات المخزنة.

ويوضح شكل (٤-٣) تأثير درجة حرارة التخزين على كمية الطاقة المنطلقة - نتيجة للتنفس - في بعض الخضراوات والفاكهة.

جدول (٤-٥): كمية الطاقة المنطلقة من مختلف الخضراوات عند تخزينها في درجات حرارة مختلفة (عن Lorenz & Maynard 1980).

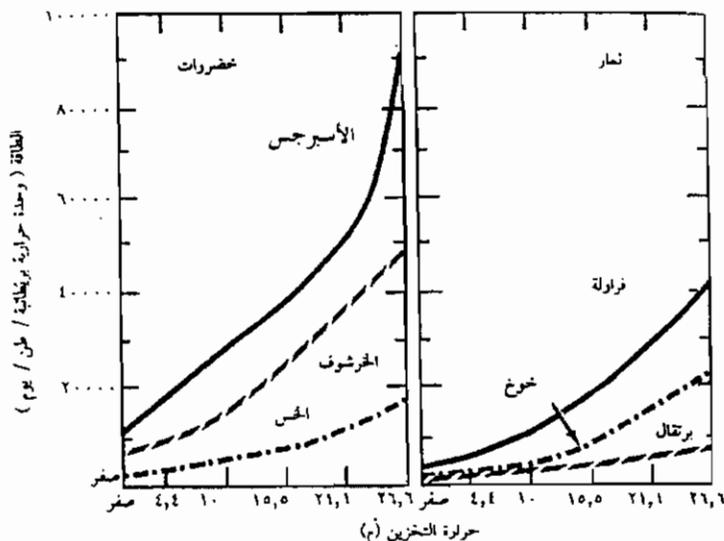
الطاقة المنطلقة (١٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية/طن/يوم) في حرارة (م)					
الخضراوات	صفر	٤,٤	١٥,٥	٢١,١-٢٥	٢٦,٦-٢٥
الخرشوف	٩,٩-٥,٥	١٣,٢-٧,٧	٣١,٩-٢٥,٩	٥١,٣-٣٥,١	٦٦,٢-٣٣,٩
الأسبرجس	١٣,٢-٦,٢	٢٣,١-١٣,٥	٥١,٥-٢٥,٥	٥٩,٢-٣٨,٣	١٠٤,٧-٨١,٨
فاصوليا الليما (القرون)	٦,٦-٢,٣	٧,٩-٤,٣	٢٧,٤-٢٢,٥	٣٩,٤-٢٩,٢	—
فاصوليا الليما (البذور-الخضراء)	٧,٧-٣,٩	١٣,٤-٦,٤	—	٥٨,٤-٤٦,٥	—
الفاصوليا الخضراء	٩,٥-٥,٥	١١,٤-٩,٢	٤٤,١-٣٢,١	٥٣,٥-٤٥,٤	—
البنجر (بدون عروش)	٢,٧	٤,١	٧,٢	—	—
البروكولي	٤,٧-٤,١	٣٥,٢-٧,٦	٧٤,٨-٣٨,٢	٧٥,٥-٦١,٢	١٩٣,٦-١٢٣,٢
كرنب بروكسل	٦,٦-٢,٢	١٥,٦-٤,٨	٢٩,٩-١٤,١	٣٧,٨-١٨,٦	—
الكرنب	١,٤-١,٥	٢,٧-١,٧	٥,٧-٤,١	١٥,٨-٦,١	١٤,٥-١٥,٧
الجزر	٤,٥-٢,١	٥,٨-٢,٣	١١,٨-٥,٧	٢٥,٩-١٥,١	—
القنبيط	٤,٢-٣,٦	٤,٨-٤,٢	١٥,٨-٩,٤	١٨,٩-١٦,٥	٣٥,٨-١٨,٥
الكرفس	١,٦	٢,٤	٨,٢	١٤,٢	—

الطاقة المطلقة (١٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية/طن/يوم) في حرارة (م)					الحضرة
٢٦,٦-٢٥	٢١,١-٢٠	١٥,٥	٤,٤	صفر	
٩٥,٨-٦٢,٠	٦٨,٤-٥٩,٠	٣٨,٤-٣٣,٣	١٨,٣-٩,٤	١١,٣-٦,٦	الذرة السكرية
١٢,١-٤,٢	١٠,٦-٣,١	٧,٣-٣,٣	—	—	الخيار
—	٥,٥-٢,٩	٦,٤-٣,١	٧,٣-٢,٠	٣,١-٠,٩	الثوم
—	٩,٨	٧,٢	٣,١	١,٨	فجل الحصان
—	—	١٠,٨	٣,٦	٢,٢	كرنب أبو ركبة
٢٦,١-٢٣,٦	—	٢٥,٧-١٨,٢	٦,٤-٤,٣	٧,٣-٢,١	الكرات أبو شوشة
٢٠,١-١٦,١	١٣,٢-١١,٢	٩,٩-٧,٠	٤,٤-٢,٩	٣,٧-١,٣	خس الرؤوس
٣٨,٠-٢٦,٤	٢٦,١-١٨,١	١٦,٣-١١,٣	٧,٦-٥,٣	٦,٠-٤,٢	الخس الورقي
٢٦,٧-٢١,٠	١٦,٩-١٣,٣	١٠,٩-٨,٦	٥,١-٤,٠	—	الخس الرومين
١٥,٧-١٣,٧	١٤,٢-٩,٨	٨,٥-٧,٤	٢,٢-١,٩	١,٣-١,١	القاوون الشبكي
٧,٦-٥,٨	٥,٩-٤,٤	٣,٥-٢,٦	١,١-٠,٧	—	شهد العسل
—	٥,٥-٣,٨	—	٠,٩-٠,٧	—	البطيخ
—	٦٩,٦-٥٨,٠	—	١٥,٦	٩,٦-٦,٢	عيش الغراب
٧٩,٧-٧٢,١	٦٠,٣-٥٤,٥	٣٣,٧-٣٠,٤	١٢,٩-١١,٦	—	البامية
٦,٤-٦,٠	٤,٢-٣,١	٢,٥-٢,٣	٠,٨-٠,٧	٠,٧-٠,٦	البصل (الأبصال)
٤٦,١-٢١,٥	٣٤,٣-١٧,٣	٢١,٤-١٤,٥	١٥,٠-٣,٨	٤,٩-٢,٣	البصل الأخضر
—	—	٩,٤-٧,١	٣,٩-١,٩	٣,٤-٢,٦	الجزر الأبيض
٨٢,٩-٧٥,٥	٧٩,٥-٥٤,٠	٤٤,٥-٣٩,٣	١٦,٨-١٢,١	١٠,٣-٦,٧	البسلة (القرون)
—	١٢٢,٤-٧٦,٧	—	٢١,٤-١٧,٤	١٦,٦-١٠,٤	البسلة (البذور الخضراء)
١٦,٣-٧,٩	١٤,٣-٥,٠	٦٢,٦-٤,٤	٤,٧-١,١	—	الفلفل الحلو
—	٩,٩-٤,٠	٦,٨-٢,٩	٢,٦	—	البطاطس غير المكتملة النمو
—	٣,٥-١,٨	٢,٦-١,٣	١,٩-٠,٦	—	البطاطس المكتملة النمو
٤٢,٤-٣٤,٨	٣٠,٠-٢٧,٣	١٧,١-١٥,٤	٤,٦-٤,٢	٣,٨-٣,٢	الفجل (بأوراق)
١٩,٥-١٣,٣	١٢,٧-٩,٨	٩,٣-٤,٩	٢,٩-١,٣	٢,١-٠,٧	الفجل (بدون أوراق)

تابع جدول (٤-٥).

الطاقة المنطلقة (١٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية/طن/يوم) في حرارة (م)

الخضرة	صفر	٤,٤	١٥,٥	٢١,١-٢٥	٢٦,٦-٢٥
الروبارب	٢,٩-١,٨	٤,٠-٢,٤	١٠,٦-٦,٨	١٢,٥-٨,٨	—
السبانخ	٤,٩-٤,٢	١٢,٧-٧,٦	٤٩,٢-٢٩,٥	٦٣,٢-٣٧,٩	—
الكوسة (بقرنط)	—	—	—	—	٢٦,٨-١٤,٥
الكوسة	٢,٨-٢,٦	٤,١-٣,١	٢٠,٠-١٦,٥	٢١,٤-١٨,٧	—
البطاطا غير المعالجة	—	—	٦,٣	—	١٦,١-١١,٩
البطاطا المعالجة	—	—	٥,٣-٤,٣	—	—
الطماطم الخضراء المكملة التكوين	—	١,٨-١,١	٦,٢-٣,٦	٩,١-٦,٢	١١,٢-٧,٦
الطماطم الحمراء	—	١,٣	٦,٤-٥,٣	٩,٧-٥,٣	١١,٥-٦,٦
اللفت	١,٩	٢,٢-٢,١	٥,٣-٤,٧	٥,٥-٥,٣	—
الكرسون المائي	٥,٨-٤,٣	١٠,٧-٩,٦	٤٥,٠-٣٦,٤	—	—



شكل (٤-٣): تأثير درجة حرارة التخزين على كمية الطاقة المنطلقة - نتيجة للتنفس - في بعض الخضرة والفاكهة.

### تأثير مدة التخزين على معدل انطلاق الطاقة من مختلف الخضر

يتحدد معدل تنفس الخضر بعمرها الفسيولوجي . الأمر الذي يتحدد - بدوره - بكل من درجة حرارة التخزين وفترة التخزين - كما أسلفنا - حيث يزداد العمر الفسيولوجي للخضر بارتفاع درجة حرارة التخزين . أو بزيادة فترة التخزين ، أو بكليهما . ومع تقدم العمر الفسيولوجي .. يتناقص معدل التنفس - عند كل درجة حرارة - بزيادة فترة التخزين ، وتتناقص معه كمية الطاقة المنطلقة من الخضر . كما هو مبين في جدول (٤-٦) بالنسبة لكل من الأسبرجس ، وخس الرؤوس ، والبطاطس (عن Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

جدول (٤-٦): تأثير مدة التخزين على الطاقة المنطلقة من مختلف الخضر في درجات الحرارة المختلفة.

الخضرة ومدة التخزين باليوم	كمية الطاقة المنطلقة (١٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية/طن/يوم) في حرارة (م)					
	صفر	٢,٢	٥	١٠	١٥	٢٠
الأسبرجس						
١	١٣,٢	١٥,٨	٢٣,١	٤٧,١	٥١,١	٥٩,٢
٢	١٠,١	١٢,٨	١٦,٩	٣١,٠	٣٩,٦	٤٦,٤
٣	٥,٦	١١,٠	١٤,٣	٢٦,٠	٣٤,٨	٤٠,٩
٤	٧,٩	٩,٧	١٢,٥	٢١,٨	٣١,٢	٣٨,٣
٦	—	—	١١,٧	١٧,٢	٢٥,٥	—
٨	٧,٠	٧,٥	١٣,٠	١٥,٤	—	—
خس الرؤوس						
١	٣,٧	—	٤,٤	٨,٨	٩,٠	١٣,٢
٥	٢,٠	—	٢,٩	٥,٥	٨,٦	١٢,٣
البطاطس						
٢	—	—	١,٣	٢,٢	٢,٦	٣,٥
٦	—	—	١,٨	١,٨	١,٨	٢,٤
١٠	—	—	١,٥	١,٥	١,٥	١,٨



الفصل الخامس

الإثيلين

تمثيل الإثيلين

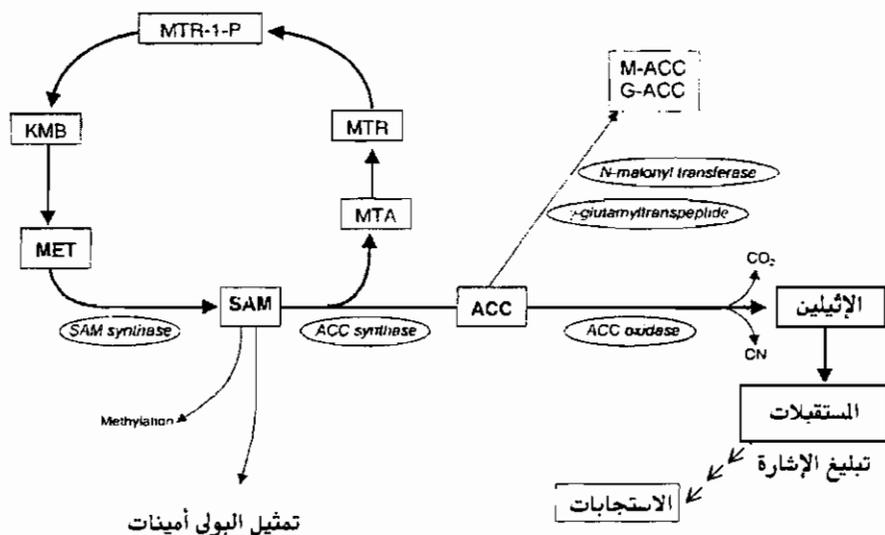
ينتج الإثيلين من الميثيونين methionine من خلال مسار أبيض يتضمن المركبان S-adenosyl-methionine (اختصاراً: SAM) و 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (اختصاراً: ACC) (شكل ٥-١). ويعتقد أن تحول SAM إلى ACC بواسطة الإنزيم ACC synthase هي الخطوة المحددة لمعدل تمثيل الإثيلين. هذا إلا أنه يمكن في النباتات الراقية إبعاد الـ ACC من المسار الأبيض باتحاده مع مركبات أخرى لتكوين malonyl ACC أو glutamyl ACC (Wills وآخرون ١٩٩٨).

يمكن للإثيلين أن يؤثر في تمثيله ذاته بالتأثير سلبيًا أو إيجابيًا في تفعيل بعض الجينات التي تشفر لجزء من مساره الأبيض. ويعد الإثيلين محفز ذاتي auto-catalytic حينما يُحفز تمثيله ذاته، كما يعد مثبط ذاتي auto-inhibitory حينما يوقف الاستمرار في التمثيل. وغالبًا ما يكون الإثيلين مُثبِّطًا ذاتيًا في الأنسجة الخضراء والأنسجة التكاثرية غير المكتملة التكوين، بينما يكون محفزًا ذاتيًا في الأنسجة التكاثرية المكتملة التكوين مثل الأزهار والثمار.

يلزم توفر الأكسجين لأجل أكسدة الـ ACC إلى ACO الأمر الذي يُحفز في وجود تركيزات منخفضة من ثاني أكسيد الكربون. ويُثبِّط في التركيزات المرتفعة، وخاصة إذا كانت الاستجابة من نوع التحفيز الذاتي. ويعتقد أن الإثيلين الذي ينتج بفعل الجروح أو التعرض للشدِّ يحفز نشاط الـ ACS. هذا .. بينما يحفز النضج - بعد بداية الكلايمكتريك - الـ ACO (Baldwin ٢٠٠٤).

تؤدي إضافة الـ ACC إلى الثمار المكتملة النمو الكلايمكتيرية - قبل نضجها - إلى إحداث زيادة صغيرة - فقط - في إنتاجها للإثيلين؛ بما يعني أن إنزيمًا آخر (الإنزيم

المكون للإثيلين – ethylene forming enzyme أو ACC oxidase) يلزم لتحويل الـ ACC إلى إثيلين، ويعد الإنزيم ACC oxidase حساسًا للأكسجين. ومن بين العوامل التي تؤثر في نشاط الإنزيم ACC synthase درجة نضج الثمار، والشيخوخة. والأوكسين، والأضرار الفيزيائية. وأضرار البرودة. يتطلب هذا الإنزيم المركب pyridoxal phosphate ليكون في أقصى نشاطه، ويثبط – بشدة – بالمركب aminoxyacetic acid (اختصاراً: AOA) والـ rhizobitoxine، ونظيره L-2-amino-4-(2-aminoethoxy)-trans-3-butenoic acid (اختصاراً: AVG)، وجميعها تعد مثبطة للإنزيمات التي تعتمد على الـ pyridoxal phosphate. ويثبط نشاط الـ ACC oxidase بالظروف اللاهوائية، وبالحرارة الأعلى عن ٣٥م، وبأيون الكوبالت.



شكل (٥-١): مسارات تمثيل الإثيلين وصلته بالمسارات الأخرى (عن Watkins

٢٠٠٢). أسماء الإنزيمات بحروف مائلة، أما الاختصارات فهي لأسماء مركبات، كما يلي:

MET, methionine; SAM, S-adenosylmethionine; ACC, 1-aminocyclopropane carboxylic acid; MTA, 5'-methylthioadenosine; MTR, 5'-methylthioribose; MTR-IP, 5'-methylthioribose-1-phosphate; KMB, 2-keto-4-methylthiobutyric acid; M-ACC, 1-(malonylamino) cyclopropane-1-carboxylic acid; G-ACC, 1-(γ-L-glutamylaminò)cyclopropane-1-carboxylic acid.

هذا .. ويمكن أن تنتج كميات صغيرة من الإيثيلين من أكسدة الدهون.

ولقد اقترح وجود نظامين لتنظيم تمثيل الإيثيلين. يتهياً النظام الأول للعمل ويتحكم فيه عاملاً غير معروف ربما يكون له دوراً في تطور حالة الشيوخة. وهذا النظام رقم ١ هو الذى يقدر أو يطلق النظام رقم ٢، الذى يكون مسئولاً - أثناء نضج الثمار الكلايمكتيرية - عن إنتاج الكيميات الكبيرة من الإيثيلين التى تكون ضرورية لاستكمال عملية النضج. وبعد النظام رقم ٢ ذاتى الاستمرار autocatalytic؛ حيث يؤدي إنتاج الثمار للإيثيلين إلى دفعها لإنتاج المزيد منه. ولا تمتلك الثمار غير الكلايمكتيرية النظام رقم ٢، كما أن معاملة الثمار الكلايمكتيرية بالإيثيلين يلغى أى أثر للنظام رقم ١ فيها.

وكما هو الحال فى الهرمونات النباتية الأخرى، فإنه يُعتقد بأن الإيثيلين يتحد مع مستقبل أو مستقبلات خاصة لتكوين معقد هو الذى يشحذ عملية النضج. ويمكن التأثير فى فعل الإيثيلين بالتحكم فى كمية المستقبلات: أو بمنع اتحاد الإيثيلين معها.

إن نظام التغيرات فى معدل إنتاج الإيثيلين وتركيزه الداخلى بالثمار - وعلاقة ذلك ببدء النضج يختلف باختلاف النوع المحصولى للثمار الكلايمكتيرية. وفى أحد النظم (كما فى الموز والطماطم وكنتالوب شهد العسل على سبيل المثال) يرتفع تركيز الإيثيلين قبل بدء النضج، وهو ما يقابل الزيادة الابتدائية فى التنفس. وفى نظام ثان (كما فى التفاح، والمانجو، والأفوكادو على سبيل المثال) لا يرتفع إنتاج الإيثيلين قبل حدوث زيادة فى معدل التنفس. وفى كنتالوب شهد العسل يزداد التركيز الداخلى للإيثيلين من ٠.٠٤ حجم فى المليون (µl/l) إلى ٣.٠ حجم فى المليون، وهو التركيز الذى تبدأ عنده تحولات النضج.

ويعنى تواجد تركيز منخفض من الإيثيلين فى الثمار غير الناضجة، واعتماد النضج على النظام رقم ٢ فى إنتاج الإيثيلين أن المعاملات التى تمنع الإيثيلين من الوصول إلى تركيز محفز للنضج يجب أن تؤخر النضج. وقد أمكن - بالفعل - تأخير النضج فى ثمار الموز الخضراء لمدة ١٨٠ يوماً على ٢٠ م عندما كانت الثمار تهوى باستمرار بهواء

يتكون من ٥٪ ثاني أكسيد كربون + ٣٪ أكسجين + ٩٢٪ نيتروجين (Wills وآخرون ١٩٩٨).

وتنتج النباتات الإثيلين خلال مرحلة النمو الخضري النشط، وعند نضج الثمار الكلايماكتيرية، واستجابة لعوامل الشد البيئي (Wheeler وآخرون ٢٠٠٤).

وما أن يتكون الإثيلين فإنه يمكن أن يتحلل إلى ماء وثاني أكسيد كربون، وأول أكسيد كربون، وفورمالدهيد. وعندما يتحد الإثيلين بالأكسجين فإنه يمكن أن ينتج أول أكسيد الكربون وإيثان ethane، وبروبيلين propylene، وأسيتالدهيد، وبروبانول propanol، وبيوتانال butanal، وأيدروجين، وأكسيد الإثيلين، و dioxiketene (Baldwin ٢٠٠٤).

ومزيد من التفاصيل حول بيولوجى الإثيلين فى النباتات يراجع العديدين الأول والثانى (كاملين) من المجلد ١٧٥ لعام ٢٠٠٨ من دورية Plant Science.

### مصادر الإثيلين

تُسهّم عديد من المصادر الحية وغير الحية فى تواجد الغاز فى الهواء المحيط بالمنتجات بعد الحصاد. وتعد عملية النضج والأنسجة المصابة بالأمراض من المصادر الرئيسية للغاز، بالإضافة إلى الآليات التى تعتمد على الوقود المحترق (مثل البروبين) فى تشغيلها (Saltveit ٢٠٠٤ ب).

ومن المصادر الأخرى الهامة للإثيلين فى المخازن: البلاستيك، واللمبات الفلورسنتية. والدخان.

### معدل إنتاج الخضر والفاكهة للإثيلين

تتباين منتجات الخضر والفاكهة – كثيراً – فى معدل إنتاجها لغاز الإثيلين عند نضجها وأثناء تخزينها كما هو مبين فى جدول (٥-٢)، ومع تباينها فى معدل إنتاجها

## الفصل الخامس - الإيثيلين

للغاز فإنها تتباين - كذلك - في مستوى حساسيتها للغاز الذى يمكن أن تتعرض له من مصادر خارجية، دون أى علاقة بين المعدلين (جدول ٥-٣).

ومن أهم العوامل التى تؤدى إلى زيادة معدلات إنتاج المنتجات البستانية لغاز الإيثيلين ما يلى:

- ١- وصول الثمار إلى مرحلة النضج.
- ٢- الأضرار الميكانيكية.
- ٣- الإصابات المرضية.
- ٤- ارتفاع درجة الحرارة حتى ٣٠ م.

جدول (٥-٢): معدل إنتاج بعض منتجات الخضر والفاكهة لغاز الإيثيلين بالجزء فى المليون فى حرارة ٢٠ م.

معدل إنتاج غاز (الإيثيلين) (ميثروليتر/كجم/ساعة)	(المنتج)
٠,١-٠,١	الكريز - الموالح - العنب - الفراولة - الخضر الورقية - الخضر الجذرية - البطاطس.
١,٠-٠,١	البلوبرى - الخيار - البامية - الأناناس - الفلفل
١٠-١	الموز - التين - شهد العسل - المانجو - الطماطم
١٠٠-١٠	التفاح - الأفاكادو - الكنتالوب - النكتارين - الباباؤ - المشمس - الكيوى - الخوخ - الكمثرى - البرقوق
١٠٠ <	الساوتة - ال Passion fruit

جدول (٥-٣): معدل إنتاج مختلف الحاصلات البستانية من الإيثيلين، ومعدل حساسيتها للغاز الذى يمكن أن تتعرض له من مصادر خارجية.

الحاصلات البستانية	معدل إنتاجها للإيثيلين	معدل حساسيتها للإيثيلين	النصر الرئيسي للتعرض للغاز
التفاح	عال جداً	عالى	سفةة (احتراق واسمران)
المشمس	عالى	عالى	تحلل

تداول الحاصلات البستانية - تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

تابع جدول (٥-٣).

الحاصلات البستانية	معدل إنتاجها للإثيلين	معدل حساسيتها للإثيلين	العصر الرئيسي للتعرض للغاز
الأسبرجس	منخفض جداً	متوسط	زيادة صلابة
الأفوكادو	عالي	عالي	تحلل
الموز	متوسط	عالي	تحلل
البروكولي	منخفض جداً	عالي	اصفرار
كرنب بروكسل	منخفض جداً	عالي	اصفرار
الكنتالوب	عالي	متوسط	تحلل
الجزر	منخفض جداً	عالي	مرارة
الكريز	منخفض جداً	منخفض	طراوة
الخيار	منخفض	عالي	اصفرار
الباذنجان	منخفض	متوسط إلى عالي	بقع بنية
الجريب فروت	منخفض جداً	متوسط	عفن
العنب	منخفض جداً	عالي	عفن
الكيوي	منخفض	عالي	تحلل
الليمون الأضاليا والبنزهيز	منخفض جداً	متوسط	عفن
الخس الورقي	منخفض جداً	عالي	بقع صدئة
المانجو	متوسط	عالي	تحلل
شهد العسل	متوسط	عالي	تحلل
النكتارين	عالي	عالي	تحلل
البصل والثوم	منخفض جداً	منخفض	روائح وتزريع
البرتقال	منخفض جداً	متوسط	عفن
الباباظ	عالي	عالي	تحلل
الخوخ	عالي	عالي	تحلل
الكمثرى	عالي	عالي	تحلل
الكاكي	منخفض	عالي	تحلل
البرقوق	متوسط	عالي	تحلل
البطاطس	منخفض جداً	متوسط	تزرع

تابع جدول (٥-٣).

الاصفات البستانية	معدل إنتاجها للإثيلين	معدل حساسيتها للإثيلين	العصر الرئيسي للتعرض للغاز
الطماطم	متوسط	عالي	كرمشة وتحلل
البطيخ	منخفض	عالي	فقد الصلابة
القرنفل	منخفض جداً	عالي	التفاف البتلات
الورد	منخفض جداً	عالي	التفتح المبكر
أبصال الزهور	منخفض جداً	عالي	تأخر التزهير
نباتات المشاتل	منخفض جداً	عالي	بداية بطيئة للنمو

### خصائص الإثيلين

إن الإثيلين ( $C_2H_2$ ) مادة عضوية طبيعية بسيطة عديمة اللون وغازية فى ظروف الحرارة العادية.

#### ومن أهم الخصائص البيولوجية للإثيلين ما يلى:

- ١- عديم اللون فى الحرارة التى يحدث فيها النشاط البيولوجى.
- ٢- مادة عضوية طبيعية.
- ٣- ينتشر بسهولة خلال الأنسجة النباتية.
- ٤- يختزل من الميثيونين methionine خلال الـ ACC عن طريق مسار أيسى معين.
- ٥- أهم الإنزيمات ذات العلاقة به: الـ ACC synthase والـ ACC oxidase.
- ٦- يثبُط تمثيل الإثيلين بتواجد الغاز فى الأنسجة الخضرية والتكاثرية غير المكتملة التكوين.
- ٧- يحفز تمثيل الإثيلين بتواجد الإثيلين ذاته فى الأنسجة التكاثرية الكلايمكتيرية المكتملة التكوين (autocatalytic).
- ٨- يعد الإثيلين فعالا بتركيزات على مستوى أجزاء فى المليون وأجزاء فى البليون (كل جزء واحد فى المليون يعادل  $10^{-6} \times 6.5$  مول على  $25^\circ C$ ).

٩- يحتاج تمثيل الغاز إلى الأكسجين، كما يحتاج إلى الأكسجين ومستويات منخفضة من ثاني أكسيد الكربون لكي يكون فعالاً.

تنتج الخضروات والفاكهة غاز الإثيلين عند نضجها وأثناء تخزينها، وهو يعد من الهرمونات الطبيعية التي تكون نشطة فسيولوجياً في تركيزات تصل - في حدها الأدنى - إلى ٠,١ حتى ٠,٥ جزءاً في المليون في مختلف الثمار. وعلى خلاف ما كان شائعاً .. فإن الإثيلين هو الذى يحفز ويقدم التغييرات التى تؤدى إلى النضج، وليس أحد نواتج عملية النضج (Oeller وآخرون ١٩٩١).

يكون الإثيلين نشطاً بيولوجياً في تركيزات شديدة الانخفاض تقدر بالأجزاء في المليون أو فى البليون. وتقوم معظم النباتات بتمثيل كميات صغيرة من الغاز تؤثر فى نموه وتطوره. ولأنه غاز فإنه ينتشر بسهولة من مواقع إنتاجه، ولكى يستمر تأثيره البيولوجى فى الأنسجة يتعين استمرار إنتاجه. ومن بين العوائق التى تحد من انتشار الغاز وفقده: طبقة البشرة ومعاملات التغليف (كالتشميع) والعبوات. وتحت ظروف الشدّ البيئى أو البيولوجى، وكذلك أثناء النضج الكلايمكتيرى، يمكن أن يزداد إنتاج الإثيلين بحدّة، ليزداد تراكمه فى العبوات والمخازن إلى درجة تضر بالمنتج أو المنتجات المجاورة له.

ويمكن لبعض المركبات الأخرى أن تعطى تأثيرات مماثلة لتأثير الإثيلين ( $C_2H_4$ )، ولكن فى تركيزات عالية تبلغ ١٠٠ ضعف بالنسبة للبروبيلين ( $C_3H_6$ )، و ٢٧٠٠ ضعف بالنسبة للأستيلين ( $C_2H_2$ ) (عن Saltveit ٢٠٠٤ ب).

### فعل الإثيلين وفاعليته

إن تواجد الإثيلين فى الجو المحيط بالمنتجات المخزنة يمكن أن يكون له تأثير مباشر على النسيج النباتى من خلال زيادته لتركيزه الداخلى لمستوى نشط. ومن مصادر الإثيلين الخارجى الارتفاعات الشوكية التى تعمل بالوقود، والتلوث من النشاط الصناعى، وحرق الوقود، والتمثيل الحيوى بواسطة النباتات المصابة بالأمراض والثمار الناضجة.

## الفصل الخامس - الإيثيلين

وأحياناً يُعامل بالإيثيلين - إما على صورة غاز، وإما على صورة إيثيفون - بهدف تحفيز تغيرات مرغوب فيها.

إن نشاط الإيثيلين داخل النبات لا يُنظَّم فقط بواسطة مستواه، وإنما كذلك بمدى استجابة الأنسجة، ويتواجد ثنائي أكسيد الكربون الذي يعد المضاد الطبيعي لفعل الإيثيلين. هذا .. وتتوقف حساسية النسيج النباتي على النوع النباتي والصنف والمعاملات الزراعية التي تعرض لها ومرحلة نموه وتكوينه.

إن ظروف الشد السابقة والحالية التي يتعرض لها المنتج يكون لها تأثيرات جوهرية على توجيه فعل الإيثيلين. فمثلاً .. يحفز التجريح إنتاج الغاز مع مجموعة من الاستجابات الدفاعية النباتية مثل زيادة الـ phenylpropanoid metabolism. تتضمن بعض تلك الاستجابات تمثيل الإيثيلين. بينما لا يتضمنها البعض الآخر. وتؤدي زيادة أيض الفينولات إلى إحداث زيادة كبيرة في زيادة قابلية بعض النباتات للإصابة بالتلون البني، كما في التبغ الصدئي في الخس.

إن تأثيرات زيادة قابلية الأنسجة للإصابة تظهر بوضوح في الأنسجة الثمرية. فالثمار الكلايماكتيرية غير المكتملة التكوين تستجيب للإيثيلين بزيادة معدل التنفس ونقص إنتاج الإيثيلين. وما أن يصل النسيج إلى مرحلة معينة من النضج حتى يؤدي الإيثيلين المعامل به إلى زيادة تمثيل الإيثيلين الداخلي، فضلاً عن الاستمرار في زيادة معدل التنفس (Saltveit 2004 ب).

ويؤثر الإيثيلين بيولوجياً بعد ارتباطه مع مستقبل يُعتقد بتواجده في غشاء خلوي. وإذا ما حيل بين الإيثيلين والمستقبل فإنه يصبح غير مؤثر؛ الأمر الذي يعرف باسم تثبيط فعل الإيثيلين. ومن بين المركبات التي يمكنها إعاقه عمل المستقبلات: أيون الفضة، وثنائي أكسيد الكربون، والـ 2,5-norbornadiene، والـ 1-methylcyclopropene (اختصاراً: 1-MCP). كذلك أمكن إعاقه عمل المستقبلات بتقنيات الشفرة العكسية antisense molecular techniques في الطماطم؛ مما أدى إلى نضج الثمار ببطء شديد.

يتراوح المستوى النشط بيولوجياً من الإثيلين بين ٥ أجزاء في البليون للثمار غير الكلايمكتيرية، و ٠,١ إلى جزء واحد في المليون لأجل إسراع النضج فى الثمار الكلايمكتيرية. ويتباين معدل إنتاج الثمار للإثيلين باختلاف نوعها ومرحلة تكوينها. ويمكن أن يتراوح التركيز الداخلى للإثيلين فى الثمار الناضجة غير الكلايمكتيرية من ٠,١ إلى ٠,٢ جزءاً فى المليون (كما فى الموالح والأناناس) إلى ٠,٠٤ حتى ٢٥٠٠ جزءاً فى المليون فى الثمار الناضجة الكلايمكتيرية (كما فى التفاح والكمثرى والموز والمانجو والخوخ والبرقوق والطماطم) (Baldwin ٢٠٠٤).

### التحكم فى فعل الإثيلين

تتوفر ثلاث طرق أساسية للتحكم فى فعل الإثيلين، وهى:

- ١- منع المنتج من التعرض لمستويات نشطة بيولوجياً من الغاز.
- ٢- منع النسيج النباتى من التفاعل بيولوجياً مع الغاز الذى قد يتواجد فى محيط المنتج، أو ذلك الذى قد ينتجه النسيج ذاته.
- ٣- منع المنتج من الاستجابة للغاز الذى قد يتفاعل معه النسيج بيولوجياً بالتحكم فى التعرض للغاز.

### ومن المهم مراعاة ما يلى:

- ١- إبقاء الهواء حول المنتج خالياً من الإثيلين.
- ٢- استعمال هواء جديد - خال من الإثيلين - من الخارج.
- ٣- التخلص من الغاز الذى قد يتواجد فى غرف التخزين.
- ٤- استعمال مواد ماصة للغاز (فى أكياس صغيرة منها) توضع داخل عبوات المنتج.
- ٥- عزل المنتجات المنتجة للغاز عن تلك الحساسة له.
- ٦- إبقاء التعرض للغاز عند حده الأدنى من حيث. مستوى التركيز ومدة التعرض.
- ٧- تثبيط تمثيل الإثيلين بالسـ AVG، والسـ ACC synthase، وبخفض تركيز الأوكسجين، وبالسـ ACC oxidase.

لا يشكل الإيثيلين مشكلة تحت ظروف الحقل نظراً لأن تركيزه - حتى في الهواء الملوث - نادراً ما يصل إلى مستويات نشطة بيولوجياً. هذا إلا أنه في البيوت المحمية وفي المخازن المبردة ووسائل الشحن غالباً ما يتراكم الغاز إلى مستويات نشطة بيولوجياً. وتتنوع مصادر الإيثيلين في تلك الأماكن المغلقة، ولكن أهم المصادر هي الأنسجة النباتية المصابة بالأمراض أو التي تعرضت أو تتعرض للشد، والأنسجة الناضجة، وكذلك من الاحتراق غير التام للوقود العضوي.

وبالتهووية المناسبة للأماكن المغلقة. والاهتمام الدائم لحالة النباتات المجاورة ولإستخدامات الرفاعات الشوكية التي تعمل بالحروقات، يمكن إبقاء الإيثيلين أدنى من المستويات النشطة بيولوجياً. وأحياناً .. يأتي الإيثيلين من النبات نفسه. وفي حالة كهذه تفيد معاملة المنتج بمثبطات تمثيل الإيثيلين - مثل الـ AVF والـ AOA - قبل أو بعد الحصاد - في الحد جوهرياً من هذا المصدر الذاتي للغاز. فمثلاً .. يمكن منع النسيج من إنتاج الإيثيلين تحت تأثير الشد. أو بـاتنشيط الذاتي للإنتاج، بإعاقه المسار البيولوجي لتمثيل الغاز. وإذا لم يمكن منع التعرض للغاز، أو إذا ما كان التعرض قد حدث بالفعل، فإنه يتعين تقليل فترة التعرض ومستوى الغاز قدر المستطاع.

إن التحكم في فاعلية الإيثيلين لا يتضمن دائماً خفضاً في نشاطه؛ فتوجد تأثيرات كثيرة مفيدة للإيثيلين يمكن أن تحفز، علماً بأن التقنيات التي تستعمل في زيادة فاعلية الإيثيلين هي على العكس تماماً من تلك التي تستعمل لأجل خفض فاعليته.

يمكن زيادة فعل الإيثيلين باستعمال الأصناف الأكثر حساسية للغاز والتي تستجيب بتجانس له. ويجب المحافظة على تواجد تأثير فعال من الغاز حول المنتج لفترة تكفي لاستثارة الاستجابة الكاملة. ولكن نظراً لأن الاستجابة للإيثيلين تكون خطية مقابل لوغاريتم تركيز الغاز، فإنه يوجد مدى واسع جداً للتركيزات الفعالة. تجب المعاملة بالإيثيلين عند المرحلة المناسبة من تطور المنتج وفي الحرارة التي تناسب حث التأثيرات المطلوبة. ويسمح الإيثيفون والمركبات المنتجة للغاز بإجراء معاملات تجارية تحت ظروف

الحقل. أما بعد الحصاد فإن المعاملة تكون غالبًا باستعمال أسطوانات الغاز المضغوط (Saltveit 2004 ب).

### التأثيرات المثبطة للإثيلين بعض الإثيلين ما يلي،

- 1- تمثيل الإثيلين في الثمار الكلايمكتيرية أثناء نضجها.
- 2- نضج الثمار الكلايمكتيرية وبعض الثمار غير الكلايمكتيرية.
- 3- تمثيل الأنثوسيانين في الثمار أثناء نضجها.
- 4- تحلل الكلوروفيل والاصفرار.
- 5- إنبات البذور.
- 6- تكوين الجذور العرضية.
- 7- التنفس وال phenylpropanoid metabolism.
- 8- التهيئة للإزهار في الأناناس.
- 9- الشيخوخة وتكوين طبقة الانفصال.

### وروابط الإثيلين ما يلي،

- 1- تمثيل الإثيلين في الأنسجة الخضرية وفي الثمار غير الكلايمكتيرية.
- 2- الإزهار وتطور الأزهار في معظم النباتات.
- 3- انتقال الأوكسينات.
- 4- استطالة الجذور والسيقان (أى تثبيط النمو).

وعلى المستوى الخلوي، يمكن أن يحدث الإثيلين أياً من التأثيرات الآتية،

- 1- تحفيز أيض ال phenylpropanoid.
- 2- تثبيط انتقال الأوكسين.
- 3- تثبيط استطالة السيقان.

- ٤- تغيير اتجاه الألياف الدقيقة microfibrils بالجدر الخلوية.
- ٥- تحفيز تمثيل الإنزيمات المحللة للجدر الخلوية.
- ٦- تحفيز إنتاج الأنثوسيانينات والكاروتينات التي تكسب الثمار ألوانها المميزة، والتي يعد معظمها من مضادات الأكسدة.
- ٧- تحفيز تحلل الكلوروفيل.

ويصاحب تلك التغييرات الخلوية – غالباً – نشاطاً في عديد من الإنزيمات، مثل:

Polygalacturonase	chlorophyllase
Cellulase	polyphenoloxidase
Peroxidase	phenylalanine ammonia lyase

### أما على مستوى النباتات فإن الإيثيلين يمكن أن يؤثر كما يلي،

- ١- تحفيز نضج الثمار الكلايمكتيرية.
  - ٢- تحفيز شيخوخة بعض الثمار والأزهار.
  - ٣- تحفيز إنبات البذور.
  - ٤- تحفيز تكوين الجذور العرضية.
  - ٥- سقوط بعض الأعضاء النباتية.
  - ٦- زيادة معدل التنفس.
- ويستخدم الإيثيفون – المنتج للإيثيلين – قبل الحصاد في إسرار نضج التفاح مبكراً، وحث تكوين طبقة الانفصال في الموالح أو إسرار نضج التين. كما يستعمل الإيثيلين بعد الحصاد في أنضاج الموز والمانجو والكتالوب والطماطم بتركيزات تتراوح بين ١٠٠ و ١٠٠٠ جزء في المليون، وللتخلص من اللون الأخضر في ثمار الموالح، وحفز تمثيل الكاروتينات بتركيزات تتراوح بين جزء واحد وخمسة أجزاء في المليون.

كذلك يلعب الإيثيلين دوراً في الاستجابات الدفاعية للنباتات؛ فهو يزيد من قابلية إصابة ثمار الموالح ببعض الإصابات التي كانت كامنة فينشطها (مثل أعفان طرف

العنق)، ولكنه يقلل الأعفان التي تحدث فيها الإصابة عن طريق الجروح (Baldwin ٢٠٠٤).

### التأثيرات المفيدة والضارة للإثيلين

يمكن أن يكون للإثيلين تأثيرات مفيدة وأخرى ضارة على الفاكهة والخضر والزهور بعد الحصاد حسب عدد من المتغيرات، كما يلي:

#### التأثيرات المفيدة:

- ١- تحفيز تلوين الثمار.
- ٢- تحفيز نضج الثمار الكلايمكتيرية.
- ٣- تحفيز التخلص من اللون الأخضر في ثمار الموالح.
- ٤- تحفيز تفتح الثمار في النقل.
- ٥- تغير من التعبير الجنسي في القرعيات.
- ٦- يحفز الإزهار في الأناناس.
- ٧- يقلل رقاد محاصيل الحبوب.
- ٨- التخلص من اللون الأخضر في ثمار الحمضيات.
- ٩- إزهار الأناناس.
- ١٠- زيادة تكوين السكر في العنب.
- ١١- انفاصل وسقوط ثمار النقل.
- ١٢- عامل مساعد في الحصاد بتحفيظه طبقة الانفصال.
- ١٣- خفض الإصابة بالبقع السوداء في البطاطس.
- ١٤- خفض القابلية للإصابة ببعض مسببات الأمراض.

#### التأثيرات الضارة:

من التأثيرات الضارة طامة الطبيعة العامة أنه،

- ١- يحفز الوصول إلى الشيخوخة.

- ٢- يحفز فقد الصلابة فى الثمار.
- ٣- يحفز فقد الكلوروفيل (أى يحفز الاصفرار).
- ٤- يحفز تبرعم البطاطس.
- ٥- يحفز التغيرات اللونية (تكوين اللون البنى browning).
- ٦- يحفز سقوط الأوراق والأزهار.
- ٧- يحفز أيضا الـ phenylpropanoid (Saltveit ٢٠٠٤ ب).

**ومن أهم العالمة الخاصة بالأخضر التي يمكن أن تحدث بحرض منتجاته  
الضرر الإثيلين من مساحد خارجية ما يلي:**

- ١- التبقع الصدئ فى الخس على امتداد العرق الوسطى.
- ٢- الاصفرار أو فقدان اللون الأخضر (كما فى الخيار والبروكولى والكيل والسبانخ والأعشاب).
- ٣- زيادة صلابة اللفت.
- ٤- مرارة الجز والجزر الأبيض.
- ٥- اصفرار وانفصال الأوراق فى الكرنبات.
- ٦- الطراوة والتنقيير وظهور مذاق غير مرغوب فيه فى الفلفل والكوسة والبطيخ.
- ٧- التلون البنى والتغيرات اللونية الأخرى فى لب الباذنجان وبذوره.
- ٨- التغيرات اللونية وظهور طعم غير مرغوب فيه فى البطاطا.
- ٩- سرعة النضج والطراوة فى ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين (Suslow ٢٠٠٠).
- ١٠- انفصال الكأس كما فى الباذنجان.
- ١١- الذبول فى الخضر الورقية.
- ١٢- انهيار قشرة الثمرة كما فى الموالح.
- ١٣- زيادة صلابة مهاميز الأسبرجس واصفرار قمتهما.

- ١٤- اصفرار قرون الفاصوليا.
  - ١٥- اصفرار الأوراق الخارجية للكرنب بروكسل.
  - ١٦- تغير لون أقراص القنبيط وسقوط الأوراق المحيطة بالقرص.
  - ١٧- زيادة تزرير أبصال البصل أثناء التخزين.
  - ١٨- اصفرار الكأس في قرون البسلة الخضراء.
- هذا .. وتعد تأثيرات الإثيلين متجمعة طوال فترة ما بعد الحصاد وحتى التسويق.

### ومن أهم العيوب الفسيولوجية التي يتسبب فيها الإثيلين، ما يلي،

- ١- القلب البنى فى التفاح.
- ٢- الانهيار الداخلى فى الكيوى والبطيخ.
- ٣- التبقع الصدئ فى الخس.
- ٤- انفصال أوراق الكرنب.
- ٥- زيادة الحساسية لأضرار البرودة فى الأفوكادو، والجريب فروت.
- ٦- الالتفاف نحو الداخل لبتلات الأزهار.
- ٧- انغلاق الأزهار المتفتحة..
- ٨- منع استطالة السيقان والجذور فى بعض الأنواع البصلية.
- ٩- تحلل البراعم فى التوليب.
- ١٠- زيادة التنفس فى السوسن وأبصال التوليب.
- ١١- حدوث ظاهرة الـ epinasty (انحناء الأوراق لأسفل) فى بعض نباتات الزينة (عن Baldwin ٢٠٠٤).

### نور الإثيلين فى حث الشيخوخة والعيوب الفسيولوجية:

يؤدى وجود الثمار ذات المعدلات المرتفعة فى إنتاج الغاز، مثل: التفاح، والكمثرى، والبرقوق، والأفوكادو، والقاوون الشبكي، والبابا، والخوخ، بجانب الخضر الحساسة للغاز إلى حدوث أضرار كثيرة.

وتتضمن التأثيرات الفسيولوجية والبيوكيميائية للإيثيلين على الحالات البستانية ما يلي:

١- زيادة معدل التنفس.

٢- زيادة نشاط بعض الإنزيمات. مثل:

polygalacturonase

peroxidase

lipoxidase

alpha-amylase

polyphenoloxidase

phenylalanine ammonia lyase

٣- زيادة نفاذية الأغشية الخلوية وفقد الخلايا لقدرتها على فصل بعض مكوناتها عن بعضها البعض (أى فقد ظاهرة الـ compartmentalization).

٤- تحوير أيض الأوكسين وانتقاله في النبات.

٥- يتفاعل الإيثيلين مع مختلف منظمات النمو: الأوكسينات، والجبريلينات، والسيتوكينينات، وحامض الأبسيسك.

٦- فقدان اللون الأخضر:

فالإيثيلين يسرع من تحلل الكلوروفيل، ويؤدى إلى اصفرار الأنسجة الخضراء، فتتخفف بذلك صفات الجودة فى الخضر الورقية، وفى الثمار الخضراء الأخرى، كالبروكولى، والخرشوف. ومن أمثلة ذلك ما يلى:

أ- أدى تعرض الكرنب لـ ١٠-١٠٠ جزء فى المليون من الإيثيلين أثناء التخزين فى حرارة ١ م° لمدة خمسة أسابيع إلى فقدان اللون الأخضر وسقوط الأوراق. وتعتبر بعض أصناف الكرنب أكثر حساسية فى هذا الشأن؛ حيث تفقد اللون الأخضر فى تركيزات أقل من الإيثيلين تقدر بحوالى ١-٥ أجزاء فى المليون.

ب- أدى تركيز ٤ أجزاء فى المليون من الغاز إلى زيادة الاصفرار ومعدل التدهور فى كرنب بروكسل، والبروكولى، والقنبيط فى حرارة ١ م°.

ج- لوحظ أن ثمار الكوسة المعرضة لتركيز ٥ أجزاء في المليون من الغاز في حرارة ١٥-٢٠م قد فقدت لونها الأخضر.

د- أدت معاملة ثمار الخيار بتركيز ٠,١-١٠ أجزاء في المليون من الإيثيلين إلى فقدانها للون الأخضر، كما نقصت صلابة الثمار في التركيزات المرتفعة.

٧- انفصال الأوراق والأعضاء النباتية الأخرى Abscission:

يؤدي التعرض للإيثيلين إلى انفصال الأوراق وسقوطها في الكرنب، وكرنب بروكسل، والقنبيط، والخضر الورقية، وانفصال البراعم في البروكولي، وانفصال أوراق الكأس في الباذنجان. فمثلاً .. أدى تعرض ثمار الباذنجان لغاز الإيثيلين بتركيز ١-١٠ أجزاء في المليون لمدة يومين إلى انفصال الكأس، وتلون لب الثمار والبذور باللون البنّي، وسرعة تعفن الثمار.

٨- تأثيرات غير مرغوبة على القوام Texture:

يؤدي تعرض الثمار للإيثيلين إلى فقدانها لصلابتها، وخفض فترة تخزينها ومقدرتها على الشحن؛ ومن أمثلة ذلك ما يلي:

أ- أدى تعرض ثمار البطيخ للإيثيلين بتركيز ٥-٦٠ جزءاً في المليون إلى فقدان الثمار لصلابتها، ونقص سمك قشرة الثمرة، وتهتك أنسجتها. وقد صاحب ذلك زيادة في نشاط الإنزيمات التالية على الترتيب: peroxidase، و polyphenol oxidase، و esterase، و cellulase، و pectinase.

ب- برغم أن تعرض جذور البطاطا للإيثيلين قد قلل من صلابتها بعد الطهي - وهي صفة مرغوبة - إلا أن المعاملة كان لها تأثير سئ على اللون والطعم.

ج- أدى تعرض مهاميز الأسبرجس لتركيز ١٠٠ جزء في المليون من الإيثيلين لمدة ساعة إلى زيادة صلابتها، وكان ذلك مصحوباً بزيادة في نشاط إنزيم البيروكسيديز peroxidase مع زيادة تمثيل اللجنين.

٩- تغيرات في المذاق:

رغم أن الإيثيلين يحدث تغيرات مرغوبة في طعم ونكهة الخضروات تشمل تحول

النشا إلى سكر، وفقدان الحموضة. وتكوين المركبات المتطايرة، إلا أنه يؤدي أيضاً إلى إحداث تغيرات غير مرغوبة، كما في الحالات التالية:

أ- تكون مادة مرة (عبارة عن isocumarin) في الجزر.

ب- تكوّن طعم مر في الكرنب عند التعرض للغاز بتركيز ١٠٠ جزء في المليون.

١٠- تبرعم البطاطس:

تنمو البراعم من عيون البطاطس عند تعرضها للغاز الإثيلين بتركيز جزأين في المليون لمدة ٧٢ ساعة؛ وبذلك تؤدي هذه المعاملة إلى إنهاء حالة السكون، إلا أنها تمنع استطالة النموات المتكونة. ويعد هذا التأثير مفيداً في حالة تقاوى البطاطس. ولكنه غير مرغوب في البطاطس المعدة للاستهلاك. وتصاحب المعاملة بالإثيلين زيادة كبيرة في معدل تنفس الدرناات.

١١- تكوين تبقعات صدئة russet spotting في الخس:

يعتبر الإثيلين هو العامل الأساسي في ظهور حالة التبقعات الصدئة في الخس. ويكفي تعرض الخس لتركيز ٠.١ جزء في المليون لظهور هذا العيب الفسيولوجي بصورة كبيرة أثناء الشحن العادي في حرارة ٥°م لمدة ٥-٨ أيام. وتبدأ الأعراض في الظهور على شكل بقع صغيرة في البشرة أو النسيج الوسطى (الميزوفيل) تمتد حتى النسيج الوعائي؛ حيث يتدهور نسيج الميزوفيل، وتنشأ عن ذلك انخفاضات صدئة تشبه النقر (عن Kader ١٩٨٥).

وكثيراً ما يكون التغير الذي يحدثه التعرض للإثيلين في أحد المنتجات مرغوباً فيه، بينما قد يكون نفس هذا التغير ضاراً في محصول آخر. فمثلاً.. يستعمل الإثيلين لتحفيز النضج في الموز، والكنتالوب، والطماطم، والتخلص من اللون الأخضر في الموالح، وتمثيل الصبغات في التفاح، ولكن هذه التغيرات ذاتها لا تكون مرغوبة عندما يحفز الإثيلين: النضج الزائد في الثمار؛ واصفرار البروكولي، وتكوين بقع بنية صدئة في الخس، وشيخوخة الأزهار. وبسبب ذلك فإن للتحكم في فعل الإثيلين أهمية بالغة لجميع المتعاملين مع المحاصيل البستانية بدءاً من المنتجين حتى المستهلكين.

وفى معظم الأنسجة الخضرية لا يُنتج الإثيلين بكميات نشطة بيولوجياً إلا فى خلال مراحل تطورها الأولى، أو استجابة لأى حالة شدّ سواء أكانت بيئية أم حيوية.

وفى مقابل الأنسجة الخضرية. فإن الإثيلين يلعب دوراً حاسماً فى تطور الأنسجة التكاثرية وفى نضج بعض الثمار الكلايمكتيرية. ويزداد معدل إنتاج الإثيلين بصورة واضحة مميزة أثناء نضج الثمار الكلايمكتيرية، مثل التفاح، والأفوكادو، والموز، والكنتالوب، والكمثرى، والطماطم. ففى تلك الثمار تؤدى المعاملة بالإثيلين أو إنتاجه بكميات قليلة إلى التحفيز الذاتى لزيادة إنتاجه، الأمر الذى يكون دليلاً على بداية النضج، حيث يلزم الغاز لتفاعلات أساسية لاستمرار النضج.

وما أن يزيد محتوى الإثيلين الداخلى عن مستوى معين – يتوقف على النوع النباتى، والنسيج، ومرحلة تطوره – فإن الإنتاج الإضافى للإثيلين يحفز بوجود الإثيلين المنتج سابقاً. وبهذه الطريقة فإن التغذية الاسترجاعية feedback الذاتية الإيجابية تؤدى إلى زيادة إنتاج الإثيلين، وزيادة تركيزه الداخلى بنحو ١٠٠٠ ضعف أثناء النضج. ويمكن للمعاملة بالإثيلين إسراع نضج الثمار الكلايمكتيرية مثل الأفوكادو، والموز، وشهد العسل. والطماطم، وكذلك الإسراع بحدوث تغيرات الجودة المرغوب فيها فى الثمار غير الكلايمكتيرية، مثل التخلص من اللون الأخضر فى الليمون والبرتقال. وما أن يحدث التحفيز الداخلى الذاتى لإنتاج الإثيلين فإن خفض تركيزه الخارجى لا يكون له تأثير يذكر على مستواه الداخلى، أو معدل إنتاجه، أو فعله (Saltveit ٢٠٠٤ ب).

### أضرار الإثيلين للمنتجات المجهزة للمستهلك

إن من أهم التغيرات التى تؤدى إلى فقد المنتج الطازج المجهز جزئياً pre-cut (أو partially processed) لبقائه وصلابته استمرار تحلل الصفيحة الوسطى بين الجدر الخلوية، الأمر الذى تزداد سرعته بالإثيلين الذى تحفز الجروح إنتاجه، فضلاً عن الجروح، والفقْد المائى، والتغيرات الناشئة عن تقدم النضج (Toivonen & Brunnell ٢٠٠٨).

## وسائل خفض وزيادة فاعلية الإيثيلين

إن الإيثيلين أحد منظمات النمو النباتية الهامة وله تأثيرات كبيرة على عدة أوجه من النمو والتطور فى النباتات. ويمكن بالتحكم فى فاعليته زيادة تأثيراته المفيدة وخفض تأثيراته الضارة.

### ووتحقق خفض فاعلية الإيثيلين بالوسائل التالية:

- ١- استعمال الأصناف الأكثر تحملاً للإيثيلين.
- ٢- التخلص من الإيثيلين الموجود فى هواء المخازن.
- ٣- المحافظة على أقل درجة حرارة يمكن أن يتحملها المحصول.
- ٤- التخزين فى CA أو MA، أو فى MAP.
- ٥- تقصير الفترة بين تعرض المنتج للإيثيلين واستعماله.

### أما زيادة فاعلية الإيثيلين فتتحقق من خلال الوسائل التالية:

- ١- استعمال الأصناف الأكثر حساسية للغاز.
- ٢- المحافظة على مستوى نشط من الإيثيلين فى الهواء.
- ٣- المحافظة على حرارة مثلى لفعل الغاز.
- ٤- التخزين فى وجود مستويات مناسبة من كل من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون.
- ٥- السماح بمرور وقت كافٍ بين المعاملة والاستهلاك (Saltveit ٢٠٠٤ ب).

### منع النسيج النباتى من التفاعل بيولوجياً مع الإيثيلين

إذا ما تواجد الإيثيلين بالهواء المحيط بالمنتج بتركيزات عالية فإنه يمكن اتباع بعض الوسائل التى تعترض النسيج من التفاعل بيولوجياً مع الغاز، كما يلى:

- ١- التخزين فى أقل درجة حرارة ممكنة، الأمر الذى يفيد فى إبطاء أى تفاعل بيولوجى.

- ٢- استعمال مثبطات التفاعل البيولوجى مع الغاز، مثل: ثانى أكسيد الكربون،

والفضة (مثلاً .. silver thiosulfate)، و 1-methyl cyclopropene (وهو الذى يُعطى الإسم المختصر 1-MCP).

٣- استعمال أصناف أقل حساسية للإيثيلين.

٤- اعتراض الإشارة التى يستحثها الإيثيلين (Saltveit ٢٠٠٤ ب).

يمكن تنظيم مستوى الإيثيلين إلى حد ما باستعمال مثبطات تمثيل الإيثيلين. مثل AVG، و AOA، ومثبطات فعل الإيثيلين، مثل الـ silver thiosulfate، و 2,5-norbornadiene، و trans-cyclootene، إلا أن استعمال تلك المركبات مع الأغذية لا يعد مقبولاً، فضلاً عن أن الفضة عنصر ثقيل، وأن لكل من الـ 2,5-norbornadiene، والـ trans-cyclooctene رائحة كريهة، بينما يلزم استعمالهما بتركيزات عالية. وقد حدى ذلك بالباحثين إلى البحث عن بدائل أخرى مقبولة، وهو ما وجدوه فى مركبات الـ cyclopropene، وخاصة المركب 1-methylcyclopropene (اختصاراً: 1-MCP)، وهو غاز عديم الرائحة وفعال بتركيز منخفض، وتدوم فاعليته لمدة ٢-٣ أسابيع فى الحرارة المنخفضة (Srivastava ٢٠٠٢).

وتؤدى المعاملة بأيون الفضة – الذى يوقف نشاط مستقبل الإيثيلين – إلى منع أى بدء للنضج عند المعاملة بالإيثيلين. وكذلك إلى وقف – أى منع استمرار – عملية النضج التى ربما كانت قد بدأت. فعلى سبيل المثال .. يتوقف التطور اللونى والتشميل الإنزيمى (Wills وآخرون ١٩٩٨).

ويستخدم المركب 1-MCP فى معاملة الحاصلات البستانية بتركيز شديد الانخفاض يصل إلى ١٠ أجزاء فى البليون؛ لأجل تثبيط إنتاجها للإيثيلين، ومن تحضيراته التجارية Floralifa، وهو مسحوق. و EthylBloc، و SmartFresh.

تزداد فائدة معاملة الخضر بالـ 1-MCP عندما تخزن مختلطة معاً؛ الأمر الذى قد يؤدي إلى زيادة تركيز الغاز عن جزء واحد فى المليون، وهو المستوى الذى يضر – مثلاً – بالخضر الورقية. كما أن فائدة المعاملة تزداد عندما يكون التخزين فى حرارة تزيد عن الحرارة المثلى للمحصول (Bower & Mitcham ٢٠٠١).

وأوضحت دراسات Zhang وآخرون (٢٠٠٩) على الطماطم أن التأخير الذى يشاهد – أحياناً – فى الاستجابة للمعاملة بال 1-MCP فى الثمار الكلايمكتيرية يتأثر بالمستوى الداخلى للثمار من الإيثيلين.

إن أسهل وسيلة للتخلص من الإيثيلين فى المخازن هو أكسدته بواسطة برمنجنات البوتاسيوم. وفى المركب التجارى Ethylene Gaz Gurdian (اختصاراً: EGG) يُغلف الزيوليت zeolite الطبيعى (وهو صورة نقية من الرماد البركاني) برمنجنات البوتاسيوم. وبما لك zeolite من سطح خارجى كبير جداً، فإنه يعمل على امتصاص الإيثيلين لكى يؤكسد بالبرمنجنات. يوجد ذلك داخل "باكتات" خاصة تعرف باسم Tyvek packets مقاومة للماء، ولكنها منفذة للإيثيلين بدرجة كبيرة فى الوقت الذى تمنع فيه أى من المكونات من التسرب إلى الخارج. وعلى الرغم من أن تلك المكونات ليست سامة فإنها قد تختلط بالمنتج وتلونه. يستخدم هذا المنتج التجارى – خاصة – فى التلاجات المنزلية.

وتنتج شركة Ethylene Control, Inc. منتجات تجارية تُسهّم فى التخلص من غاز الإيثيلين الذى يتراكم فى المخازن. تتميز تلك المنتجات – كذلك – بأنها تفيد فى قتل البكتيريا والفيروسات العالقة بالهواء وكذلك بعض الفطريات المسببة للأعفان، مثل العفن الحامضى sour rot، والعفن الأزرق blue mold، والعفن البنى brown rot. ومن تلك المنتجات ما يُعرف باسم: Power Pellets. وهو منتج يعمل من خلال قدرته العالية على أكسدة الإيثيلين. يتوفر المنتج على صورة أقراص تتحول تدريجياً – بعد أكسدتها للإيثيلين – إلى ثانى أكسيد المنجنيز الذى يمكن استعماله كسماد (Ethylene Control, Inc. ٢٠٠٨ – الإنترنت).

وتتوفر منتجات تجارية أخرى مثل Ethysorb، و Purafil يمكن وضعها فى المخازن. أو حتى داخل عبوات المحصول، لأجل التخلص من الإيثيلين. وهى تحضر بنقع أكسيد الألومنيوم  $Al_2O_3$  فى محلول مشبع من برمنجنات البوتاسيوم، ثم تجفيفها. يكون أكسيد الألومنيوم مجرد حامل للبرمنجنات، ويكون على صورة

حببيبات صغيرة، وكلما صغرت تلك الحبيبات كلما ازدادت مساحة سطحها الخارجى، وكلما كانت أكثر قدرة على الامتصاص. وإذا ما لامس أى جزئ إثيلين فى العبوة إخذى الحبيبات فإنه يتأكسد، وبذا .. تزداد سرعة تأكسد الإثيلين كلما ازداد سطح الحبيبات. وهذا التأكسد يكون فى اتجاه واحد (أى لا يحدث تفاعل عكسى بالاختزال)، ويتغير لون الحبيبات من القرمزى إلى البنى؛ بما يعنى ضرورة استبدالها بأخرى جديدة. وفى إحدى الدراسات وجد أن تركيز الإثيلين فى العبوات المعدلة للهواء MAP للبروكولى انخفض – بعد ١٠ أيام من التخزين على الصفر المئوى – من ٠,٤٢٣ جزءاً فى المليون فى الكنترول إلى ٠,١٩٨ جزءاً فى المليون فى العبوات التى احتوت على Ethysorb. هذا .. وتقل كفاءة تلك المنتجات التجارية فى التخلص من الإثيلين مع زيادة الرطوبة النسبية؛ الأمر الذى يكون حتمياً سواءً فى الـ MAP. أم فى المخازن ذاتها (Thompson ١٩٩٨).

### منع النبات من الاستجابة للإثيلين

من بين وسائل التحكم فى الإثيلين منع النبات من الاستجابة للغاز الذى يتفاعل معه بيولوجياً.

**وبتحقق ذلك المنع بالحاجة آلية الأيض التى امتحنها التعرض للغاز بأى من الوسائل التالية،**

- ١- التخزين فى أقل درجة حرارة ممكنة.
  - ٢- التخزين فى CA، أو MA، أو MAP (لأجل خفض مستوى الأوكسجين).
  - ٣- تثبيط أو خفض أنشطة إنزيمية معينة باستعمال مثبطات كيميائية (مثل ATP) أو بوسائل الهندسة الوراثية.
  - ٤- إعادة توجيه تمثيل البروتين (مثلاً بالصدمة الحرارية).
  - ٥- سرعة استعمال (استهلاك) المنتج (Saltveit ٢٠٠٤ ب).
- هذا .. ويعتقد بأن إنتاج الإثيلين فى النباتات النامية ينظم عن طريق أكسيد النيتريك

NO. وأنه تحت ظروف الشد البيئي - مثل نقص الرطوبة الأرضية. والحرارة والملوحة - لفترات قصيرة يؤدي إنتاج أكسيد النيتريك إلى الحد من تأثير الشد. واستطرادا مع ذلك المنطق فإنه يعتقد بأن المعاملة بأكسيد النيتريك يمكن أن تفيد في إبطاء التأثيرات السلبية للإثيلين - والتي تبرز في التعجيل بالنضج في الثمار الكلايمكتيرية والتعجيل بالشيخوخة في الأنسجة الخضرية - وذلك من خلال إبطاء إنتاج الإثيلين (عن Wills وآخرين ٢٠٠٠).

### العلاقة بين أضرار البرودة وإنتاج الإثيلين

في محاولة لدراسة العلاقة بين أضرار البرودة وإنتاج الإثيلين في الثمار الحساسة للحرارة المنخفضة .. وُجد أن تعريض ثمار الخيار لحرارة ٢,٥ م° أسرع من تمثيل مركب ACC 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid، وهو الذى يتحول إنزيمياً إلى إثيلين، وذلك مقارنة بالثمار التى خزنت على حرارة ١٣ م°. وحدث أعلى تمثيل للإثيلين بعد أربعة أيام من التعريض للحرارة المنخفضة، ثم توقف فى اليوم السادس. أما الـ ACC فقد وصل إلى أعلى مستوى له فى اليوم السابع بعد معاملة البرودة؛ ثم تدنى إلى مستوى منخفض بعد اليوم التاسع.

ويبدو أن التعرض للحرارة المنخفضة فترة طويلة يضر بالنظام الذى يحول الـ ACC إلى إثيلين. كما أن درجات الحرارة المفرطة فى الانحراف (سواء أكان ذلك بالارتفاع، أم بالانخفاض) تثبط من تمثيل الإثيلين من خلال تثبيطها لنشاط الإنزيمات المسؤولة عن تكوينه.

وحيث إن الإثيلين غالباً ما يزيد إنتاجه عند تعرض الأنسجة النباتية لحرارة منخفضة أو عالية لفترات محدودة .. فإنه يبدو أن الأضرار الفيزيائية التى تحدث بالأغشية البلازمية للخلايا النباتية وعضياتها - من جراء التعرض للحرارة المتطرفة - هى التى قد تعمل على إعادة تسكين decompartmentalization الإنزيمات المسؤولة عن تمثيل الإثيلين؛ بما يؤدي إلى زيادة إنتاجه (عن Hale & Orcutt ١٩٨٧).

## وسائل التحكم فى مستوى الإثيلين فى الهواء المحيط بالمنتجات

تحصد كثير من الثمار الكلايمكتيرية - مثل الموز والطماطم والخوخ والكمثرى - وهى مكتملة التكوين، ويتم التحكم فى نضجها أثناء تخزينها؛ الأمر الذى يتحقق - أساساً - بتنظيم مستوى الإثيلين فلو ازداد كثيراً إنتاج الإثيلين بواسطة الثمار أثناء نضجها فإن ذلك يؤدى إلى تدهور نوعيتها وضعف صلاحيتها للتخزين.

## ولتجنب الأضرار التى يمكن أن يحدثها الإثيلين فى المخازن، يلزم التخلص منه بأحدى الطرق التالية،

- ١- إزالة الغاز من المخازن أولاً بالتهوية الجيدة.
- ٢- تجنب مصادر الغاز التى من أهمها:
  - أ- الرافعات الشوكية fork lifts والآلات التى تعمل بالوقود: فيجب عدم تركها دائرة فى المخازن دون استعمال. ويفضل استخدام الرافعات الشوكية التى تعمل بالكهرباء.
  - ب- إزالة الثمار الزائدة النضج أولاً بأول.
  - ج- إزالة الثمار المجروحة.
  - د- عدم ترك الثمار المنتجة للإثيلين مع الثمار الأخرى الأقل إنتاجاً للغاز. ويستفاد فى هذا الشأن من جدول (٥-٤) الذى تقسم فيه ثمار الخضر والفاكهة الطازجة حسب إمكانات خلطها أثناء النقل والتخزين؛ بناء على احتياجاتها من درجات الحرارة والرطوبة، ومعدل إنتاجها من غاز الإثيلين، ومدى حساسيتها لهذا الغاز.
- ٣- استخدام مادة ماصة ذات مسطح كبير يمكنها ادمصاص برمنجنات البوتاسيوم؛ مثل الفيروميكلويت، والسيليكا جل، والبرليت؛ حيث تتحول البرمنجنات بواسطة الغاز من صورة  $MnO_4^-$  ذات اللون القرمزى إلى الصورة  $MnO_2$  ذات اللون البنى (Sherman ١٩٨٥).
- ٤- كذلك يمكن التخلص من الإثيلين بمواد ماصة أخرى مثل الفحم النباتى المعامل بالبروم brominated charcoal، والأوزون، والأشعة فوق البنفسجية.

## الفصل الخامس - الإثيلين

جدول (٥-٤): تقسيم محاصيل الخضار والفاكهة الطازجة حسب إمكانات خلطها أثناء النقل والتخزين بناء على احتياجاتها من حيث درجات الحرارة والرطوبة ومعدل إنتاجها من غاز الإثيلين ومدى حساسيتها لهذا الغاز (عن عبدالقادر ١٩٨٦).

المجموعة	درجة الحرارة (م)	الرطوبة النسبية (%)	أنواع الخضار والفاكهة التابعة للمجموعة
١	صفر-١	٩٥-٩٠	الكمثرى - التفاح - المشمش - الخوخ - النكتارين - البرقوق - الفراولة - التين - البلح - العنب (غير المعامل بغاز ثاني أكسيد الكبريت).
٢	صفر-١	٩٥-٩٠	الخرشوف - الجزر - البنجر - الفجل - اللفت - البصل الأخضر - الخس - السبانخ - البقدونس - الكرفس - الكرات - الكرنب - القنبسط - البسلة - الفول الأخضر.
٣	صفر-١	٧٥-٦٥	البصل الجاف - الثوم الجاف
٤	٨-٥	٩٠-٨٥	البرتقال - الليمون - الرمان - الزيتون - القاوون.
٥	٨-٧	٩٥-٩٠	الفاصوليا - اللوبيا - الخيار - القثاء - قرع الكوسة - البطاطس.
٦	١٢-١٠	٩٥-٩٠	الأفوكادو (الزبدية) - الجوافة - الطماطم المكتملة النضج - الفلفل - الباذنجان - البامية - البطيخ - الشمام - كيزان العسل.
٧	١٤-١٢	٩٠-٨٥	الموز - المانجو - الباباظ - القشطة - الجريب فروت - الليمون الأضاليا - الليمون البلدى المالح - الطماطم - مكتملة التكوين خضراء).
٨	١٤-١٢	٩٠-٨٥	البطاطا - القلقاس

٥- المعاملة بالمركبات المانعة لتمثيل الإثيلين، مثل aminovinyglycine (اختصاراً: AVG)، والكوبالت الذي يثبط الـ ACS. ولكنهما لا يمكن استعمالهما بعد الحصاد.

٦- تثبيط تمثيل الإثيلين بخفض تركيز الأكسجين وزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو المحيط، أو بالتغليف بالمواد التي يمكن أكلها edible coatings، أو بخفض درجة الحرارة.

٧- اللجوء إلى الهندسة الوراثية لخفض إنتاج الثمار من الإثيلين؛ فلقد أمكن في الطماطم – على سبيل المثال – الحد من نشاط الإنزيمات الرئيسية المسؤولة عن تمثيل الإثيلين والتي منها: ACS، و ACC deaminase، ومستقبل الإثيلين، وذلك بطرق الهندسة الوراثية (Baldwin ٢٠٠٤).

### الإنضاج بالإثيلين

إن جودة بعض المنتجات تزداد إذا ما تم حصادها وهي مكتملة التكوين mature: بحيث يمكنها تحمل ظروف الشحن ومدته، ثم معاملتها بالإثيلين لتحفيز نضجها قبل عرضها للبيع. ومن هذه الثمار: الأفوكادو، والموز، وشهد العسل، والليمون، والبرتقال، والطماطم. ويعد تركيز غاز الإنضاج فعالاً عند ١٠٠-١٥٠ ميكروليتر إثيلين لكل لتر من هواء المخزن.

### ويمكن التوصل إلى ذلك الترخيز بعدة طرق، كما يلي:

١- طريقة الطلقة 'shot' method .. وفيها يتم إدخال كمية كبيرة نسبياً من الغاز في حجرة الإنضاج بالاعتماد على مقياس يوضع على أنبوبة الغاز المضغوط. وتجدر الإشارة إلى أن تواجد الغاز على الهواء بتركيزات تتراوح بين ٣,١٪، و ٣,٢٪ يكون متفجراً. وبينما تبلغ هذه التركيزات الخطرة أكثر من ٢٠٠ ضعف تلك الموصى بها، فإنها حدثت بالفعل عندما لم تكن أجهزة قياس الغاز سليمة. ويمكن التخلص من تلك المشكلة باستعمال الغاز المضغوط بتركيز ٣,١٪ في النيتروجين.

٢- استعمال مولدات لغاز الإيثيلين والتي يسخن فيها الغاز المسال لإنتاج نحو ١٠-١٠٠ جزء في المليون من الغاز بصورة دائمة حتى ٢٤ ساعة.

٣- استعمال معدن ساخن في تحويل الكحول إلى إيثيلين catalytic converters. وهي تفيد في إدخال تيار مستمر من الغاز في حجرة التخزين.

٤- يمكن المعاملة بالإيثيلين في صورة منتجات سائلة يمكن أن تتحلل وتطلق الغاز. مثل الإثيل Ethrel. وبينما يعد الإثيل ثابتاً في الـ pH الحامضي. فإنه سريعاً ما يتحلل معطياً الإيثيلين مع ارتفاع الحرارة والـ pH.

وبينما يُسمح باستعمال الإيثيقون (الإثيل) تحت ظروف الحقل في عديد من المحاصيل، فإنه ليس له استعمال مباشرة معتمدة بعد الحصاد.

هذا .. ويجب أن تكون المعاملة بالغاز في حجرات الإنضاج متجانسة تماماً داخل الحجرة بين العبوات وداخلها، مع اتخاذ الوسائل الكفيلة بسرعة التخلص من حرارة التنفس والتراكم الزائد لثاني أكسيد الكربون. ومع زيادة الرطوبة النسبية لخفض الفقد الرطوبي من المنتج. لكن مع مراقبة الإصابات المرضية (Saltveit ٢٠٠٤ ب).

٥- استخدام الثمار الناضجة المنتجة للإيثيلين بمعدلات عالية كمصدر للغاز. وذلك في حالات الإنضاج على نطاق ضيق (Kader & Kasmire ١٩٨٤).

هذا .. ومن أهم بدائل الإيثيلين في معاملات الإنضاج الصناعي بعد الحصاد غاز الأسيتلين. الذي يتولد عند تحلل كربيد الكالسيوم calcium carbide لدى اتحاده مع الماء. ويتكون كربيد الكالسيوم باتحاد الكالسيوم مع الكربون.

### **ويمكن خفض مستوى الإيثيلين حول غرفه الإنضاج الموز بمعالجة ما يلي،**

١- استعمال تركيز ١٠٠ ميكروليتر من الإيثيلين/لتر من هواء غرف الإنضاج بدلاً من التركيزات الأعلى التي غالباً ما تستعمل في تلك الغرف.

٢- تهوية الغرف إلى الهواء الخارجي بعد فترة التعريض للغاز وقبل فتح تلك الغرف.

٣- تهوية المنطقة المحيطة بغرف الإنضاج مرة واحدة يومياً على الأقل أو وضع ماص للغاز فيها.

٤- تستعمل رافعات شوكية تعمل بالبطارية - بدلاً من الوقود - داخل المخازن.

هذا ويفضل الآن أن تكون حجرات الإنضاج مزودة بوسيلة لدفع الهواء المتحكم فى حرارته للمحافظة على تجانس درجة الحرارة فى كل المنتج. ومع الهواء المدفوع يتم دفع الإثيلين بتركيز ١٠٠ إلى ١٥٠ ميكروليتر/لتر من الهواء على فترات حسب كل منتج مع إبقاء مستوى ثانى أكسيد الكربون تحت ١٪ بتهوية الحجرات بالهواء الخارجى. وغالباً ما يتم الإنضاج فى حرارة ١٥-٢٥م°، مع إضافة بخار الماء لكى تبقى الرطوبة النسبية عند ٨٥٪ إلى ٩٥٪ لأجل خفض الفقد الرطوبى من المنتج ( Thompson & Kader ٢٠٠٤).

## تباين استجابة الثمار للمعاملة بالإثيلين بهدف استكمال نضجها بعد الحصاد

يمكن تقسيم الثمار (الحديث هنا عن ثمار الفاكهة وثمار الفراولة والبطيخ والخرنكش) إلى مجموعتين، كما يلى:

١- ثمار لا يمكنها استكمال نضجها بعد الحصاد:

تتضمن هذه المجموعة الراسبرى والبلاكبرى والفراولة والشيرى وكل الموالح والعنب والأناس والرمان والخرنكش.

٢- ثمار يمكن حصادها مكتملة التكوين حيث تستكمل نضجها بعد ذلك:

تتضمن هذه المجموعة التفاح والكمثرى والسفرجل والمشمش والنكتارين والخبوخ والبرقوق والكيوى والأفوكادو والموز والباباؤ والمانجو والسابوديلا والسبوتة والجوافة.

تنتج ثمار المجموعة الأولى كميات صغيرة جداً من الإثيلين ولا تستجيب للمعاملة به باستثناء أنه يخلص الثمار من اللون الأخضر. يجب حصاد ثمار تلك المجموعة وهى مكتملة النضج للحصول على أعلى جودة.

أما ثمار المجموعة الثانية فإنها تنتج كميات أكبر بكثير من الإثيلين أثناء نضجها، وتؤدي معاملتها بالإثيلين إلى زيادة سرعة نضجها مع زيادة تجانس النضج. تجب معاملة الموز بتركيز ١٠-١٠٠ جزء في المليون من الإثيلين لكى تبدأ فى النضج أثناء النقل وأثناء تواجدها فى مخازن أسواق الجملة. وحالياً يتم إنضاج جانباً من ثمار الأفوكادو والكيوى والمانجو والكمثرى قبل التسويق لإعطاء المستهلك فرصة للاختيار بين شرائه للثمار الجاهزة للأكل أو تلك المكتملة التكوين التى يمكن أن تكمل نضجها عند المستهلك.

وإذا ما تأخر بيع الثمار المكتملة النضج فإنها يجب أن تحفظ فى أقل درجة حرارة يمكن أن تتحملها، علماً بأن الثمار الناضجة من تلك الحساسة للبرودة تتحمل حرارة أكثر انخفاضاً من الثمار المكتملة التكوين غير الناضجة. ويمكن زيادة فترة صلاحية تلك الثمار للتخزين بالتخلص من الإثيلين وخفض تركيز الأوكسجين إلى ٣٪-٥٪ (Kader ١٩٩٩).

إن الثمار الكلايمكتيرية تختلف عن غير الكلايمكتيرية فى استجابة كل منهما للمعاملة بالإثيلين، وفى نمط إنتاجها للإثيلين أثناء نضجها. وبينما تنتج جميع الثمار كميات صغيرة من الإثيلين أثناء تكوينها، فإن الثمار الكلايمكتيرية تنتج كميات أكبر - بكثير - من الغاز أثناء نضجها عن الثمار غير الكلايمكتيرية. ويظهر هذا الاختلاف بوضوح - كذلك - فى مستوى الإثيلين داخل أنسجة الثمار خلال مراحل تطورها ونضجها. وبينما يتباين مستوى الإثيلين الداخلى - كثيراً - فى أنسجة الثمار الكلايمكتيرية، فإن مستوى الغاز لا يتغير إلا قليلاً فى أنسجة الثمار غير الكلايمكتيرية أثناء تطورها ونضجها. وتكفى - عادة - المعاملة بتركيز ٠,١-١,٠ حجم فى المليون (µl/l) لإسراع نضج الثمار الكلايمكتيرية. إلا أن مدى أو مقدار الكلايمكتيريك يعد أمراً مستقلاً - نسبياً - عن تركيز الإثيلين المعامل به. وبالمقارنة .. فإن المعاملة بالإثيلين لا تحدث فى الثمار غير الكلايمكتيرية سوى مجرد زيادة طفيفة - ولفترة قصيرة - فى معدل التنفس، مع توقف مدى أو مقدار الزيادة على تركيز الإثيلين المعامل به. وفضلاً عن

## تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

ذلك، فإن تلك الزيادة الطفيفة المؤقتة التي تحدث في معدل تنفس الثمار غير الكلايمكتيرية عند معاملتها بالإيثيلين يقابلها في الثمار الكلايمكتيرية زيادة وحيدة – وإن كانت كبيرة (الكلايمكتيريك) في معدل التنفس (Wills وآخرون ١٩٩٨).

وإنه لمن المعروف أنه مع تكوين ونضج عديد من أنواع الثمار، فإنها تصبح أكثر حساسية للإيثيلين. فلبعض الوقت بعد تفتح الزهرة يمكن أن تنتج الثمرة الصغيرة معدلات عالية من الإيثيلين. وفي المراحل المبكرة من عمر الثمرة فإن تركيز الإيثيلين الذي تعامل به الثمار والذي يلزم لبدء النضج يكون عالياً، وتكون الفترة اللازمة لاكتمال النضج طويلة، ولكنها تنقص مع نضج الثمرة (جدول ٥-٥) وتعد الطماطم مثلاً على المستوى العالى لتحمل الإيثيلين. وفي المقابل فإن الموز والكنتالوب يمكنهما النضج سريعاً بالمعاملة بالإيثيلين حتى ولو كانت الثمار غير مكتملة التكوين.

جدول (٥-٥): تأثير النضج على الوقت الذي يلزم لنضج ثمار الطماطم.

عدد الأيام لحين بدء التلون بالأحمر

الكمترول	تأثير النضج على الوقت الذي يلزم لنضج ثمار الطماطم.	
	تأثير النضج على الوقت الذي يلزم لنضج ثمار الطماطم.	تأثير النضج على الوقت الذي يلزم لنضج ثمار الطماطم.
لم تنضج	١١	١٧
لم تنضج	٦	٢٥
١٥	٥	٣١
٩	٤	٣٥
٣	١	٤٢

## الظروف المناسبة لإنضاج بعض الحاصلات البستانية

يعطى جدول (٥-٦): بياناً بالظروف المناسبة لإنضاج بعض الثمار (عن Wills وآخرون ١٩٩٨، و Jobling ٢٠٠٠).

## الفصل الخامس - الإيثيلين

جدول (٥-٦): الظروف المناسبة لإنضاج ثمار بعض الحاصلات البستانية.

المحصول	الحرارة (م)	الإيثيلين (جزء في المليون)	مدة المعاملة (ساعة)
الأفوكاتو	٢١-١٨	١٠	٧٢-٢٤
الموز	٢١-١٨	١٠	٢٤
الكيوى	٢١-١٨	١٠	٢٤
الكاكى	٢١-١٨	١٠	٢٤
الطماطم	٢٢-١٣	١٠	مستمر
الكمنالوب	٢١-١٨	آثار	—
شهد العسل	٢١-١٨	١٠	٢٤
المانجو	٣١-٢٩	١٠	٢٤
الباباظ	٢٧-٢١	آثار	—
الكمثرى	١٨-١٥	١٠	٢٤

يعمل الإيثيلين على إسراع التلون الطبيعي للثمار، وإسراع التحولات الطبيعية للنشا إلى سكر. وفيما عدا ذلك .. فليس للإيثيلين أية تأثيرات أخرى على محتوى المحصول المعامل به من الفيتامينات، كما أنه ليس له أى تأثير ضار على الصحة. ولا يترك أى لون أو روائح غير مرغوبة بالثمار.

ويحدد التركيز المناسب من الإيثيلين على أساس الحجم الكلى للمخزن، دون اعتبار للحيز الذى يشغله المحصول المخزن. ويجب عدم زيادة التركيز أبداً عن ١: ١٠٠٠ فى أى من الخضر والفاكهة، كما يجب تهوية المخازن المعاملة من آن لآخر؛ وذلك لتوفير الأكسجين اللازم لتنفس المحصول المخزن. وتجرى التهوية - قبل المعاملة بالإيثيلين - بفتح الباب والشبابيك لمدة نصف ساعة. ويوصى بمعاملة المخازن بالتركيز المطلوب من الإيثيلين كل ٦ ساعات طوال الفترة المطلوبة للمعاملة.

## التخلص من اللون الأخضر بثمار الموالح

إن تركيز الإثيلين الموصى به للتخلص من اللون الأخضر بثمار الموالح هو ١-١٠ أجزاء في المليون، بينما يلزم تركيز ١٠-١٠٠ جزء في المليون للإنضاج. وتتراوح فترة التمريض للإثيلين من يوم واحد إلى خمسة أيام حسب درجة اكتمال تكوين الثمار عند حصادها؛ فكلما ازدادت درجة التكوين كلما قصرت فترة المعاملة. وتكفي - عادة - مدة يومين لمعاملة معظم الثمار. ويعد المدى الحرارى الأمثل للإنضاج ١٥-٢٥°م، وفي حدود هذا المدى تزداد سرعة النضج بزيادة درجة الحرارة. أما الرطوبة النسبية فيجب أن تبقى بين ٩٠٪، و ٩٥٪. كما يجب أن تكون هناك حركة دوارة للهواء حول المنتج داخل المخزن لتأمين تجانس توزيع الإثيلين. كذلك يجب عدم السماح بزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون داخل حجرة الإنضاج لأنه يُضاد تأثير الإثيلين، ويتحقق ذلك بتجديد هواء الغرفة على فترات. كما يمكن وضع جير مطفى بحجرة الإنضاج لامتناس ثانى أكسيد الكربون الناتج عن تنفس المنتج (Kader & Kasmire ١٩٨٤).

## الفصل السادس

### محطات التعبئة ومجمل عمليات التداول

تمر الحاصلات البستانية من بعد حصادها ولحين تسويقها أو تخزينها بعدد من العمليات التي تسمى بعمليات التداول أو الإعداد. والغرض منها هو المحافظة على نوعية الحاصلات؛ حتى تصل إلى المستهلك وهي بحالة جيدة، مع تقليل نسبة الفاقد قدر المستطاع.

وقدّرت نسبة الفاقد من الخضر في مصر بنحو ٢٨,٨٪ من جملة المحصول الناتج؛ ويرجع ذلك إلى التخلف في تطوير طرق حصاد وتعبئة محاصيل الخضر. ولا تمثل هذه النسبة إلا الثمار الشديدة التلف التي لا تصلح للتسويق. أما الثمار القليلة أو المتوسطة التلف، فإنها تسوق مختلطة بالثمار السليمة في أغلب الأحيان (الإدارة العامة للتدريب - وزارة الزراعة - ج.م.ع. ١٩٨٣).

وإذا ما استبعدت - كذلك - هذه الثمار القليلة والمتوسطة التلف (مثلما يحدث في الدول الأكثر تقدماً)، فإن نسبة الفاقد يمكن أن تزيد عن ٥٠٪.

ولقد قُدِّرَ متوسط الفقد العالمي في منتجات الخضر والفاكهة بعد الحصاد بنحو ٥٠٪ مما يتم حصاده؛ ليس فقط بسبب الأضرار والجروح والكدمات عند الحصاد وأثناء التداول، والأضرار الفسيولوجية التي تحدث بسبب الظروف غير المناسبة التي تتعرض لها المنتجات، وإنما كذلك - وبصفة أساسية - بسبب الإصابات المرضية والأعفان التي تصاب بها تلك المنتجات بعد الحصاد خلال فترات بقاء المنتج أثناء التخزين والشحن وفي معارض البيع والمطاعم والمنازل. هذا فضلاً عما يحدث من فقد في القيمة الغذائية ومن تدهور في الجودة (Wilson & Wisniewski ١٩٨٩).

هذا .. وتشمل عمليات الإعداد للتسويق كثيراً من الخطوات التي يصلح بعضها

لجميع الحاصلات البستانية، ولا يصلح البعض الآخر إلا لحاصلات معينة، كما لا تطبق كل هذه الخطوات في كل مكان، لكن تطبيق أكثرها يرتبط دائماً بزيادة الوعي والتقدم الزراعي في الدولة.

ونتناول بالشرح – في هذا الفصل والفصول التالية من هذا الكتاب – مختلف عمليات التداول التي تمر بها محاصيل الخضر بعد الحصاد، بادئين – في هذا الفصل – بعمليات التداول الأولية.

تجرى التعبئة في الحقل أو في منشآت خاصة تسمى "بيوت التعبئة"، أو "محطات التعبئة". وتستخدم في الحقل وحدات ضخمة متحركة للتدرج والتعبئة تعرف بين العامة باسم "mule machine"، ويشيع استخدامها مع بعض المحاصيل؛ مثل: الخس، والكرفس، والذرة السكرية. وتسير الآلة إلى جانب ماكينة الحصاد أثناء مرورها بالحقل؛ حيث يصل إليها المحصول ويخرج منها وقد تم غسله وإزالة الأجزاء غير المرغوبة منه؛ وعُبئ استعداداً لشحنه (Ware & McCollum 1983).

أما بيوت أو محطات التعبئة. فهي منشآت خاصة تقام – عادة – في وسط مكان الإنتاج أو بالقرب منه؛ وتجرى فيها معظم عمليات إعداد وتداول الحاصلات البستانية.

### وسائل المحافظة على جودة المنتجات البستانية

إن من أهم ما يجب مراعاته للمحافظة على جودة المنتجات عند الحصاد وبعده، ما يلي:

- 1- إجراء الحصاد في الصباح عند انخفاض الحرارة.
- 2- إبقاء المنتج بعد الحصاد، وكذا سيارات النقل المحملة في الظل.
- 3- تغطية المنتج أثناء النقل لمحطة التعبئة لمنع تعرضه لحرارة الشمس.
- 4- إجراء عمليات التدرج والفرز والتعبئة بحرص وعناية.

- ٥- التبريد بأسرع ما يمكن.
- ٦- المحافظة على التبريد أثناء التخزين والشحن.
- ٧- الشحن بأسرع ما يمكن.
- ٨- توفر حرارة مناسبة للعرض بأسواق البيع بالتجزئة.

### **وسائل تقليل الأضرار والفاقد من المحصول**

من بين التوصيات التي تجب مراعاتها للحد من الأضرار التي يمكن أن تحدث بالمنتج عند الحصاد، ما يلي:

- ١- تدريب عمال الحصاد على معاملة المحصول برفق.
- ٢- الحصاد في مرحلة اكتمال التكوين المناسبة.
- ٣- إجراء الحصاد بعد زوال الندى قدر الإمكان.
- ٤- عدم زيادة التداول عما ينبغي : مع إجراء التعبئة الحقلية إن أمكن.
- ٥- تقييم الأظافر أو ارتداء قفازات قطنية.
- ٦- تبطين قاع عبوات الحصاد بوسائد طرية.
- ٧- تبطين قاع وجوانب عبوات الحقل الكبيرة farm bins بوسائد طرية.
- ٨- التخلص من جميع البروزات والأجزاء الحادة التي قد توجد في أوعية الحقل.
- ٩- عدم زيادة ملاء عبوات الحقل الكبيرة عن سعتها.
- ١٠- تنظيف كل العبوات من الرمل والحصى والنفايات.
- ١١- عدم تفرغ عبوات الحصاد في عبوات الحقل الكبيرة من ارتفاع يزيد عن الضرورة، مع الحرص التام عند تفرغ المنتج من عبوة لأخرى.
- ١٢- عدم ملاء العبوات بأكثر من سعتها لأن بروز المنتج من قمته يؤدي حتمًا إلى حدوث أضرار جسيمة به عند رص العبوات فوق بعضها.
- ١٣- يؤخذ في الاعتبار وقت الحصاد من اليوم إذ إن معظم المنتجات تكون شديدة الامتلاء وأكثر قابلية للخدش في الصباح.

**وعند النقل من الحقل إلى محطة التعبئة يجب أن يؤخذ في الاعتبار ما يلي:**

- ١- أن يكون الطريق ممهداً بصورة جيدة.
- ٢- أن يقود السائقين سياراتهم بحرص.
- ٣- أن تكون المساعدين (السُست المتصلة للصدّات) بالشاحنة بحالة جيدة.

**وفي محطات التعبئة يجب أن يراعى ما يلي:**

- ١- تفريغ عبوات الحقل الكبيرة في الماء إن أمكن ذلك.
- ٢- المحافظة على جعل خطوط التعبئة مستوية قدر الإمكان.
- ٣- التقليل من أى سقوط للمنتج من أى ارتفاعات.
- ٤- تبطين كل الأسطح والحواف الحادة بوسائد طرية.
- ٥- العمل بكامل الطاقة الإنتاجية الممكنة، مع توقيت تزامن مختلف العمليات.
- ٦- عدم زيادة تعبئة العبوات عما ينبغي.
- ٧- وضع المنتج فى البالتات لتجنب تداول العبوات المنفردة، وتعبئة الحاويات بحرص (Wilson وآخرون ١٩٩٩).

**ما تجب مراعاته فى محطات تعبئة المنتجات السابقة التجهيز**

إن من أهم الأمور التى تجب مراعاتها فى خطوط التشغيل بمحطات تعبئة الخضر والفاكهة الطازجة السابقة التجهيز للمستهلك fresh-cut، ما يلي:

- ١- أن يكون مرور المنتج فى خط التشغيل فى اتجاه واحد دائماً، ولا يشترط أن يكون هذا الخط مستقيماً، ولكنه لا يجوز أن يتقاطع مع مراحل سابقة منه.
- ٢- ضرورة عزل حجرة تقليم وتشذيب المنتج عن حجرة الغسيل والتطهير والشطف بحائط، وألا يكون خط سير المنتج داخل الحجرة الأخيرة مستمراً ولكن منقطعاً بحيث لا يحدث خلط بين عمليات الغسيل والتطهير والشطف: كما يتعين فصل تلك الحجرة بحائط عن حجرة التعبئة، وهى التى تفصل - بدورها - بحائط عن حجرة تجميع وعرض الكراتين.

٣- التحكم الحرارى فى مختلف حجرات خط التشغيل بما يتناسب مع احتياجات كل عملية. فاستلام المنتج يكون فى حرارة الجو العادى، لكن الحرارة يجب أن تنخفض فى حجرة التقليم والتشذيب إلى ١٢م، ويستمر انخفاضها مع تقدم خط التشغيل إلى أن تصل إلى ٤م فى حجرة التعبئة، ثم تبقى على تلك الدرجة فى حجرة تجميع وعرض الكراتين.

### **ولتأمين هذا التحكم الحرارى يتعين مراعاة ما يلى:**

- أ- الحد من تعرض المنتج لحرارة تزيد عن ١٠م.
  - ب- تبريد المنتج لحرارة صفر-٢م قبل تعبئته لضمان بقاءه فى الحرارة المناسبة أثناء التشغيل.
  - ج- المحافظة على حرارة صفر-٢م أثناء التخزين.
  - ٤- يجب أن يكون تيار هواء التهوية بعكس اتجاه خط التشغيل أى يبدأ من حجرة التعبئة وينتهى فى حجرة التقليم، علماً بأن التهوية ضرورية للمحافظة على الحرارة المطلوبة، ولنع تكثف بخار الماء، وانتشار الأتربة باتجاه خط التشغيل.
  - ٥- ضرورة التخلص من المخلفات خارج المحطة أولاً بأول، وأن يكون اتجاه حركة التخلص من المخلفات بعكس اتجاه حركة سير المنتج أثناء تقليمه وتشذيبه.
- كذلك فإن جميع المعدات والآليات التى تستعمل مع المواد غير المأكولة والمخلفات الناتجة عنها يجب عدم استعمالها مطلقاً مع المنتج، كما يجب أن يكون من السهل غسلها وتطهيرها (Varoquaux & Mazollier ٢٠٠٢).

### **تقسيم محاصيل الخضر حسب عمليات التداول المناسبة لها**

تقسم محاصيل الخضر إلى ثلاث مجموعات حسب عمليات التداول المناسبة لها؛ كما

يلى:

**أولاً: الخضر الثمرية:**

تخضع الخضر الثمرية - بعد الحصاد - لعمليات التداول التالية:

١- النقل إلى بيوت التعبئة أو مصانع الحفظ.

- ٢- التنظيف.
- ٣- الفرز.
- ٤- التشميع (بالنسبة لكل من الطماطم، والفلفل، والخيار).
- ٥- التدرج.
- ٦- التعبئة في عبوات الشحن.
- ٧- الرصّ على منصات النقلات (البالتات) palletization ونقلها بالرافعة المشعبة (الشوكية) forklift.
- ٨- التبريد الأولي (بالماء البارد، أو في الغرف الباردة، أو بالهواء البارد المدفوع).
- ٩- التخزين المؤقت.
- ١٠- التحميل في وسائل النقل الثقيلة.
- ١١- التداول في أماكن الوصول (مراكز التوزيع، وأسواق الجملة ... إلخ).
- ١٢- التوصيل إلى أسواق التجزئة.
- ١٣- التداول في أسواق التجزئة.
- ١٤- معاملات خاصة؛ مثل الإنضاج بالإيثيلين (إما قبل الشحن، وإما في مكان الوصول النهائي)، والتخزين في الجو المعدل.

### ثانياً: الخضز الورقية، والساقية، والزهرية:

تخضع تلك المجموعة من الخضروات لعمليات التداول التالية:

- ١- بالنسبة للخس والخضز الورقية الماثلة له .. تتباين عمليات التداول كما يلي:
  - أ- عند التعبئة في الحقل تجرى عمليات: الانتخاب، والقطع (عند الحصاد)، والتقليم والتشذيب، والتعبئة في صناديق من الكارتون، والنقل إلى جهاز التبريد بالتفريغ، والتبريد، والتحميل. ثم النقل إلى أماكن الوصول النهائية.
  - ب- بالنسبة للخس أو الكرفس الذي يُلف في النايلون الشفاف .. يقوم العاملون على الوحدات المتحركة في الحقل بإجراء عمليات: التقليم، والتغليف بالنايلون، والتعبئة في صناديق الكارتون، والنقل إلى جهاز التبريد بالتفريغ ... إلخ.

## الفصل السادس - محطات التعبئة ومجمل عمليات التداول

ج- عند إجراء عمليات التداول في بيوت التعبئة يتم: انتخاب الرؤوس وحصادها، ونقلها متجمعة إلى بيت التعبئة؛ حيث تجرى عمليات التقليم، والتعبئة في صناديق من الكارتون.

٢- بالنسبة لمحاصيل الخضر الأخرى في هذه المجموعة فإنها تمر بعمليات التداول التالية:

أ- التنظيف والتقليم، مع استعمال الكلور في ماء التنظيف بتركيز ٢٠٠ جزء في المليون .

ب- التدرج أحياناً.

ج- التبريد الأولي.

د- تغليف الوحدات المفردة، كما في القنبيط.

هـ- التعبئة، علماً بأن العبوات غالباً ما تشمع لكي تتحمل عمليات التبريد بالماء، ووضع الثلج داخل العبوات.

ثالثاً: الخضر الجذرية، والدرنية، والبصلية

تمر محاصيل الخضر في هذه المجموعة بعمليات التداول التالية:

١- العلاج أو المعالجة.

٢- التنظيف الجاف، أو الغسيل. وإزالة الرطوبة الزائدة.

٣- المعاملة بالمبيدات الفطرية؛ مثل SOPP، و بوتران Botran للبطاطا.

٤- الفرز.

٥- التدرج.

٦- التعبئة.

٧- التحميل على وسائل النقل الثقيل؛ إما وهي في العبوات، وإما وهي متجمعة

للنقل إلى مصانع الحفظ.

٨- التخزين (مع ضرورة التهوية والتبريد).

٩- التداول في مكان الوصول النهائي؛ مثل التعبئة في عبوات المستهلك.

١٠- التداول في أسواق التجزئة.

١١- معاملات خاصة؛ مثل:

أ- المعاملة بمانعات التبرعم.

ب- التبخير بالمبيدات الحشرية.

ج- مكافحة القوارض.

## العلاج أو المعالجة

تجرى عملية العلاج أو المعالجة Curing لبعض الخضرا، كالبصل، والثوم، والبطاطس، والبطاطا. وتعرف هذه العملية في البصل والثوم باسم التسميط، وتجرى بغرض تقليل نسبة الرطوبة في الأبدال، فيقل بذلك التلف أثناء التخزين. أما في حالة البطاطس والبطاطا، فإنها تتم بوضع المحصول بعد الحصاد في درجتى حرارة ورطوبة نسبية مرتفعتين نسبياً لمدة ٥-١٠ أيام؛ بغرض تكوين طبقة بيريدرم periderm على كل من الأنسجة السليمة والمجروحة؛ لوقاية الأنسجة من الإصابات المرضية، وتقليل فقد الماء بالنتج.

## المعالجة فى البصل

الغرض من معالجة البصل هو التخلص من الرطوبة الزائدة، وتجفيف رقبة وجذور البصلة وحرثيفها الخارجية. وهى عملية ضرورية فى حالة تخزين المحصول، أو شحنه لمسافات بعيدة، أو حتى فى حالة إعداده للتسويق الطازج؛ لأنها تقلل من فرصة الإصابة بالأمراض، خاصة مرض عفن الرقبة.

تتم المعالجة فى مصر بنقل النباتات بعد حصادها إلى مكان جيد التهوية مظلّل؛ حيث تُرصُ بعضها فوق بعض لارتفاع نحو ١/٤ م فى مراود، مع تغطية الأبدال بأوراق النباتات حتى لا تتعرض للوحة الشمس. وتترك الأبدال بهذا الوضع مدة ٢-٣ أسابيع. يلى ذلك تقطيع العروش بسكين على ارتفاع ١-١.٥ سم من قمة البصلة، وكذلك تقطع الجذور. وأثناء عملية قطع العروش والجذور تفرز الأبدال، ويستبعد غير المرغوب منها،

وهي المصابة بالأمراض. والمجروحة. والحبوط (أبصال النباتات التي اتجهت نحو التزهين)، والمزرعة، والمخالفة في اللون.

ويقوم بعض المزارعين بقطع المجموع الخضرى والجذرى بعد الحصاد مباشرة، ثم تترك الأبصال على هيئة "مسطاح" لبضعة أيام وهى معرضة للشمس، لكن لا ينصح بزيادة فترة التعريض للشمس لأكثر من يومين؛ حتى لا تصاب الأبصال بلفحة الشمس.

ويقوم بعض مزارعى الوجه القبلى بمعالجة البصل بطريقة التسميط، وهى طريقة تتضمن المعالجة مع التخزين المؤقت إلى أن تتحسن الأسعار. فيتم وضع النباتات رأسية ومتجاورة فى مراود مستطيلة ضيقة فى جزء من الحقل. وتغطى جوانب المراود بالتراب، مع الحرص على تغطية كل الأبصال الظاهرة، ويترك المجموع الخضرى معرضاً للشمس والهواء. تترك النباتات على هذا الوضع إلى أن يجف المجموع الخضرى، أو إلى أن تتحسن الأسعار؛ حيث يُزال التراب. وتقطع الأوراق والجذور.

وتتوقف المدة التى تستغرقها عملية العلاج على الظروف الجوية. ونظراً لأن الجو يكون جافاً والحرارة مرتفعة وقت الحصاد فى مصر؛ لذلك فإنها لا تستغرق أكثر من ٢-٣ أسابيع، ولكن تزداد الفترة إلى ٤ أسابيع أو أكثر فى المناطق الأكثر برودة أو رطوبة؛ كما قد يتطلب الأمر استخدام تيار من الهواء الدافئ الجاف فى المعالجة فى المناطق الباردة الرطبة. وللإسراع فى المعالجة يمكن وضع الأبصال فى أجولة واسعة المسام فى مخازن يمر بها تيار من الهواء الدافئ حرارته ٤٨°م لمدة ١٦ ساعة (مرسى وآخرون ١٩٧٣).

ويفضل دائماً عدم قطع المجموع الخضرى إلا بعد تمام إجراء عملية العلاج التجفيفى؛ تلافياً لتعرض الأبصال للإصابة بأمراض العفن (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

وفى كاليفورنيا يبدأ العلاج فى الحقل بمنع الرى قبل الحصاد، وبتقطيع الجذور تحت الأبصال. فهذه عوامل تسرع من عملية العلاج. والواقع أن ترك البصل فى الحقل

بعد تقليعه يعد معالجة. كذلك يعتبر من المعالجة ترك البصل في أجولة أو في كومات في الحقل. ويعتبر ذلك كافيًا إذا كانت الظروف الجوية مناسبة.

أما إذا أجرى الحصاد قبيل عملية العلاج. أو إذا نقلت الأبصال قبل علاجها - بسبب ارتفاع الرطوبة الجوية أو انخفاض درجة الحرارة وقت الحصاد - فإنه يمكن في هذه الحالة إجراء المعالجة بدفع تيار من الهواء الدافئ بين الأبصال. ويمكن للأبصال أن تتحمل حرارة ٤٦-٤٧°م لمدة ١٢-١٤ ساعة، دون أن يحدث لها أى ضرر. وتتم المعالجة بدفع تيار من الهواء حرارته ٣٢-٣٥°م بمعدل ١-٢م<sup>٣</sup> في الدقيقة لكل م<sup>٢</sup> من حيز المخزن، ويستمر ذلك لمدة ١-١٤ يومًا حسب درجة نضج الأبصال عند بدء العلاج. وإذا لم تكن درجة حرارة الهواء مرتفعة لهذا القدر، فإنه يمكن إسراع عملية المعالجة بزيادة سرعة دفع الهواء خلال الأبصال. ويحسن أن تكون الرطوبة النسبية للهواء من ٦٠٪-٧٠٪. ورغم أن الرطوبة النسبية الأقل من ذلك تسرع التجفيف، إلا أنها تجعل الحراشيف رديئة اللون، وتؤدي إلى فقد نسبة كبيرة منها، في حين أن الرطوبة النسبية الأعلى من ذلك تقلل من سرعة التجفيف، وتزيد من فرصة الإصابة بالأمراض. ويمكن أن تتم هذه العملية أثناء تكويم البصل في المخازن (Voss ١٩٧٩).

وتعتبر عملية المعالجة تامة عندما تصبح رقبة البصلة تامة الالتئام والحراشيف الخارجية جافة تمامًا لدرجة أنها تعطي صوتًا مميزًا (rustle) عند احتكاك بعضها ببعض. وتصل الأبصال إلى هذه الحالة بعد أن تفقد نحو ٣٪-٥٪ من وزنها.

### علاج ورنات (البطاطس)

جرى العرف في مصر - منذ زمن بعيد - على أن تبدأ عملية علاج درنات البطاطس في الحقل؛ بتسوية جزء منه. ثم ينثر أحد المبيدات التي تستخدم في طرد الفئران ومكافحة فراشة فراشة درنات البطاطس - مثل السيفين ١٠٪ - على الأرض، ثم توضع قُرْشَة من قش الأرز النظيف. ويلى ذلك تحديد موضع كومة الدرناات بواسطة بالات أرز. توضع البالات في شكل مستطيل تفرغ بداخله الدرناات من عبوات الحقل إلى ارتفاع

٣٠سم، ثم تغطى بقش الأرز الجاف النظيف لارتفاع ٧٠-١٠٠سم، وتُغفر طبقات القش بالمبيد. مع مراعاة عدم تغير الدرنات نفسها؛ لأن ذلك يمنع التثام الجروح. فضلاً على تلويثها بالمبيد، كما يُغفر القش من الخارج.

وتستغرق عملية العلاج التجفيفي تحت هذه الظروف مدة ١٠-١٥ يوماً. ويعرف انتهاء العلاج بصعوبة إزالة قشرة الدرنه بالإبهام. ويراعى عدم تغطية الدرنات بعروش النباتات؛ حتى لا تكون مصدراً لانتشار عديد من الأمراض. ويعقب العلاج عملية فرز الدرنات لاستبعاد التالف والمصاب منها.

كانت تلك هي الطريقة المتبعة - والموصى بها من قبل وزارة الزراعة - لعلاج درنات البطاطس، وهي طريقة فعّالة وآمنة؛ إذ لا يُفترض - عند الالتزام بخطواتها - عدم وصول المبيد إلى الدرنات ذاتها. ولكن - بكل أسف - اتجه منتجو البطاطس إلى تغير البطاطس ذاتها بالمبيدات - سعياً وراء مزيد من الأمان ضد الإصابات الحشرية - وهو أمر له خطورته وآثاره السلبية الكبيرة على الصحة العامة.

ولهذا السبب - ومع انتشار الثلاجات - أصبح من المفضل إجراء عملية العلاج التجفيفي لدرنات البطاطس فى الثلاجات قبل بداية التخزين بالطريقة التالية:

يتم أولاً تجفيف الدرنات من أية رطوبة حرة قد توجد عليها بإمرار تيار من الهواء الدافئ نسبياً حولها، ويستمر ذلك عدة ساعات لحين اكتمال عملية التجفيف السطحى. تعد هذه الخطوة ضرورية؛ لأن الدرنات التى يوجد عليها ماء لا تستجيب لعملية المعالجة، وتكون أكثر تعرضاً للإصابة بالعفن.

تبدأ بعد ذلك عملية العلاج التجفيفي التى تستمر لمدة أسبوع، تبقى خلاله الدرنات فى حرارة ١٠-١٥°م، ورطوبة نسبية من ٨٥-٩٥٪.

وتعتبر هذه الظروف اختياراً وسطاً ما بين الظروف التى تناسب درنات البطاطس، وتلك التى تناسب سرعة اكتمال عملية المعالجة بتكوين بيريدرم الجروح. وترسيب

السيوبرين، فكلاهما يكون أسرع فى حرارة ٢١°م، إلا أنه لا ينصح بذلك؛ حتى لا تتعفن الدرناات فى هذه الحرارة المرتفعة قبل إتمام عملية العلاج، كما أن درناات البطاطس تناسبها رطوبة نسبية أقل من ٨٥٪، إلا أنه لا ينصح بذلك قبل انتهاء عملية المعالجة لتقليل فقد الماء من الدرناات إلى أدنى مستوى ممكن خلال تلك الفترة التى تفقد فيها الدرناات رطوبتها بسهولة، إلى أن يتكون بيريدرم الجروح، ويطرسب السيوبرين. وبرغم أن الرطوبة النسبية الأعلى من ٩٥٪ تقلل من فقد الماء بدرجة أكبر، إلى أنه لا ينصح بها حتى لا يتكثف الماء على الدرناات (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

### علاج جذور البطاطا

يعد علاج جذور البطاطا أمراً ضرورياً حتى يمكن تخزين الجذور بحالة جيدة لفترة طويلة. ويجب أن يبدأ العلاج فى نفس يوم الحصاد؛ ويكون ذلك بوضع الجذور فى حرارة ٢٩°م ورطوبة نسبية ٨٥٪ لمدة حوالى ٥-٨ أيام مع التهوية الجيدة؛ لمنع تكثف الرطوبة على الجذور (Covington وآخرون ١٩٥٩).

ويلاحظ أن فترة العلاج تطول بدرجة كبيرة مع انخفاض درجة الحرارة. فبينما لا تستغرق أكثر من ٥-٨ أيام فى حرارة ٢٩°م، فإنها تستغرق ٤ أسابيع إذا أجريت فى حرارة ٢٤°م، ويزداد معها الفقد فى الوزن؛ وقد تظهر نموات جديدة sprouts بالجذور. ولا تحدث أية معالجة فى حرارة ١٦°م أو أقل. وتعمل درجات الحرارة المرتفعة على سرعة تكوين فلين الجروح Wound Cork؛ كما تعمل الرطوبة النسبية المرتفعة على سرعة التئام الجروح بتشجيع تكوين فلين الجروح، وتقليل انكماش الجذور بتقليل فقد الرطوبة منها.

وتفقد الجذور أثناء علاجها نحو ٥٪-١٠٪ من وزنها. ويرجع معظم الفقد فى الوزن إلى فقد الرطوبة، بينما ترجع نسبة قليلة من الفقد إلى تنفس الجذور. وللتأكد من أن عملية العلاج قد تمت بالفعل يُجرى اختبار حك جذرين كلٌّ منهما بالآخر؛ فإذا انسلخ الجلد بسهولة، كان ذلك دليلاً على أن العلاج لم يستكمل بعد (Greig ١٩٦٧).

## الفصل السادس - محطات التعبئة ومجمل عمليات التداول

هذا .. ويلخص جدول (٦-١) الظروف المناسبة لإجراء عملية العلاج فى محاصيل الخضر.

جدول (٦-١): الظروف المثلى لإجراء عملية العلاج فى محاصيل الخضر (عن Brecht ٢٠٠٣).

المحصول	الحرارة (م)	الرطوبة النسبية (%)	الفترة (يوم)
البطاطس	٢٠-١٥	٩٠-٨٥	١٠-٥
القلقاس	٣٦-٣٤	٩٥	٥
البطاطا	٣٢-٢٩	٩٠-٨٥	٧-٤
اليام	٣٥-٣٠	١٠٠-٩٥	٣
الكاسافا	٣٥-٣٠	٩٥-٨٥	٧-٤
البصل والثوم	٤٥-٣٥	٧٥-٦٠	٣-٠,٥ <sup>(١)</sup>

(أ) المعالجة بالهواء الدافئ المدفوع خلال الأبدال.

### مجمل عمليات التداول

#### جميع المحصول ونقله إلى محطات التعبئة

يلى الحصاد مباشرة جميع المحصول فى كل مكان مظللى ذى تهوية جيدة لحين نقله إلى محطات التعبئة. ويعتبر التظليل ضرورياً لتجنب إصابة المحصول بلفحة الشمس، كما أن التهوية ضرورية لتجنب ارتفاع الحرارة نتيجة لتراكم الطاقة الحرارية الناتجة من التنفس؛ ويتحقق ذلك بترك المحصول تحت مظلات فى الحقل. ويلى ذلك نقل المحصول إلى محطات التعبئة أو إلى مصانع الحفظ.

#### التفريغ

عند وصول شاحنات مختلف المنتجات البستانية إلى محطة التعبئة، فإنها يجب أن تنتظر فى الظل لمنع سخونة المنتجات وإصابتها بلسعة الشمس، ومع تفريغ الشاحنات

فى أسرع وقت ممكن. وعند تفريغ حمولات الثمار فإن ذلك يمكن أن يتم يدوياً (كما فى الكوسة والباذنجان وبعض أصناف الكنتالوب والخيار والبطيخ)، أو أن تفرغ على منحدر جاف مُدْتَر (كما فى الكنتالوب وشهد العسل والفلفل الحلو)، أو على سيور ناقلة (كما فى الطماطم)، أو تانكات مملوءة بالماء المتحرك لتقليل الأضرار الفيزيائية (كما فى شهد العسل والطماطم والفلفل).

هذا مع العلم بأن التفريغ على المنحدرات الجافة يعرض الثمار لأضرار ميكانيكية شديدة، مثل الخدوش، والكدمات، والكشط، والتفلاقات.

ويجب أن تكون حرارة الماء فى تانكات تفريغ المحصول أعلى قليلاً عن حرارة المنتج ذاته لمنع اندفاع الماء إلى داخل الثمار من خلال الخدوش وموضع اتصال الثمار بالعنق. مع ما يعنيه ذلك من زيادة احتمالات وصول الكائنات المسببة لأعفان الثمار وأمراض الإنسان إلى داخل الثمار ذاتها. كما يجب كلورة الماء فى تلك التانكات. وقد يمكن إجراء تلك العملية فى تانكين يفصل بينهما غسيل الثمار رشاً بماء نظيف لأجل تحسين إجراءات النظافة والصحة العامة (VRIC ٢٠٠٧).

### (التنظيف الجاف)

تنظف ثمار بعض الخضـر. مثل القاوون، والخيار، والبطاطا – وغيرها من الخضـر الثمرية والدرنية – بالفُرْش brushing، بدلاً من الغسيل. كما تُجرى عملية الفرز لاستبعاد الثمار التالفة، والمصابة بالأمراض والحشرات، والتي توجد بها عيوب فسيولوجية ظاهرة. وتحتاج الخضـر الجذرية – كذلك – إلى عملية تجفيف لإزالة الرطوبة الزائدة.

### (الغسيل والتطهير والتخلص من الحشرات)

تُجرى عملية الغسيل على كثير من الخضروات والفاكهة قبل تعبئتها، كما فى الخضروات الجذرية، والأسبرجس، والكرفس، والخس، والسبانخ .. وغيرها. ويؤدى

الغسيل إلى التخلص من الأتربة والطين. ويكسب الحاصلات مظهرًا جذابًا، ويحميها من الذبول. وقد يزيل بعض المبيدات.

وتغسل الحاصلات يدويًا، أو بواسطة خراطيم على المناضد، أو فى أحواض. أو أتوماتيكياً بواسطة رشاشات تمر الحاصلات من تحتها على سيور أو شبكة سلكية متحركة.

ومن عيوب عملية الغسيل أنها تعمل على تشجيع النموات الفطرية والبكتيرية، وخاصة عند تعبئة المنتجات بعد ذلك فى أوعية مغلقة، وشحنها لمسافات بعيدة بدون تبريد.

وإذا أُعيد استخدام الماء المستعمل فى الغسيل – كما هى الحال فى الماء المثلج الذى يستعمل فى التخلص من حرارة الحقل – فإنه يصبح شديد التلوث بالميكروبات التى تسبب العفن؛ ولذا.. تضاف إلى ماء الغسيل بعض المواد المطهرة غير الضارة بالإنسان؛ مثل: الكلور بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون فى صورة محاليل هيبوكلوريت hypochlorite.

وتحتوى رؤوس الخس أحياناً على أفراد حية من حشرة المنّ *Myzus persicae*، فى الوقت الذى تتطلب فيه الدُّول المستوردة للخس أن تكون الرسالة خالية تماماً من حشرات المنّ الحية.

وبالرغم من أن التبخير ببروميد الميثايل أو بسيانيد الأيدروجين يقتل الحشرة، إلا أن ذلك يحدث أضراراً كثيرة فى أوراق الخس. كما وجد أن المركب القابل للتطاير ethyl formate يقتل المنّ دون الإضرار بالخس. إلا أن المعاملة به لا تؤدى إلى التخلص من المنّ بنسبة ١٠٠٪، فضلاً على أنه لم يرخص باستعمالها لهذا الغرض.

وقد وجد Aharoni وآخرون (١٩٨٦) أن خفض الضغط الجوى حول رؤوس الخس إلى ٢,٦٦ كيلو باسكال kPa لمدة ٧٢ ساعة أدى إلى التخلص الكامل من حشرة المنّ، دون إحداث أية تغييرات سلبية فى نوعية الخس. هذا.. ونتعرض بالشرح – فى الفصل الثامن – لموضوع خفض الضغط بالتفريغ؛ كوسيلة من وسائل التبريد الأولى للحاصلات البستانية.

## إزالة الأجزاء الزائدة

تم إزالة الأجزاء الزائدة trimming أثناء مرور الحاصلات على سيور متحركة ؛ حيث تُزال الأوراق التي يلتصق بها الطين والأوراق المتحللة والمصابة بالأمراض، والتي تغير لونها في الكرفس، والخس، والسبانخ وغيرها من الخضراوات الورقية. ويؤدي ذلك إلى تحسين مظهر المحصول. كما تؤدي إزالة الأوراق المصابة بالأمراض إلى تقليل انتشار هذه الأمراض أثناء الشحن والتسويق.

وعند تسويق الكرفس يقطع المجموع الخضري إلى طول ٤٠ سم، ويؤدي ذلك إلى التوفير في العبوات وفي تكاليف الشحن. وتُزال بعض الأوراق المسنة الخارجية في المحاصيل الجذرية، وأحياناً تقطع كل الأوراق، لكن يراعى ترك بعض الأوراق المغلفة Wrapper Leaves للحماية في بعض الخضروات؛ مثل: الخس، والكرفس، والكرفس؛ مع إزالة ما يذبل منها بعد ذلك قبل عرضها في الأسواق. هذا .. وتقليم الجذور في المحاصيل الورقية؛ كالخس، والسبانخ، والكرفس (Ware & MaCollum ١٩٨٣).

## التعبئة الأولى

تستبعد الثمار التي يقل حجمها عن حد معين يدوياً أو آلياً بالاستعانة بسير متحرك لهذا الغرض.

## الفرز

تجرى عملية الفرز sorting بإمرار الحاصلات أمام العمال على ارتفاع مناسب؛ حيث تعزل النباتات أو الثمار المصابة بالأمراض أو الحشرات، وكذلك الثمار الذابلة، والزائدة النضج. وغير المنتظمة الشكل. والمخالفة في اللون، والصغيرة جداً في الحجم.. وتتوفر آلات إلكترونية لفرز الثمار على أساس اللون.

## المعاملة بالمطهرات الفطرية

تحتاج بعض الخضروات إلى المعاملة بالمطهرات الفطرية، ونبتناول هذا الموضوع بالتفصيل في الفصل التاسع.

### الرّبط في حزم

تُرَبط بعض الخضروات في حزم bunching، كما في الكرفس. والأسبرجس، والبصل الأخضر. والبروكولى. والبنجر. والجزر. والفجل، وذلك بغرض تسهيل تداولها عند البيع. ويشترط تساوى نباتات كل حزمة في الحجم، وتشابهها من حيث الشكل واللون.

### التدرج والتعبئة والتقسيم إلى رتب

لا يقتصر التدرج grading على تقسيم الحاصلات إلى درجات على أساس الحجم - وإن كان ذلك مهماً - بل يتعداه إلى التقسيم إلى درجات متجانسة في الشكل، واللون، ودرجة النضج، وكل الصفات المؤثرة على مظهر ونوعية المنتج.

### ومن أهم مزايا التدرج ما يلي:

- ١- تسهيل عملية البيع والتسويق.
  - ٢- يساعد على تقليل نسبة الفقد في المحصول؛ نظراً لتجنب تعبئة الثمار في درجات مختلفة من النضج معاً.
  - ٣- يعتبر أمناً للمستهلك ضد الغش والتزييف.
  - ٤- تسهل المقاضاة القانونية في حالة وجود خلاف بين المتعاملين في إنتاج وتسويق الحاصلات؛ فتعتبر مقاييس التدرج لغة واحدة يتفق عليها منتج الحاصلات البستانية وبائعها.
- هذا .. وليس لمقاييس التدرج أية علاقة برغبات المستهلك أو بالقيمة الغذائية، وإنما هي تعتمد على المظهر العام، والحجم. والصفات المميزة للصنف، والخلو من العيوب.
- وعند وضع مقاييس التدرج. فإنه يجب تقليل عدد الدرجات grades إلى أقل عدد ممكن، مع جعل المواصفات واضحة دون استعمال مصطلحات كثيرة معقدة.
- ومع زيادة مسافة الشحن وبُعد مكان التسويق عن مكان الإنتاج يلزم إعطاء عناية

عملية التدرج؛ بحيث لا تكون الفرصة مواتية إلا لتصريف أحسن الدرجات بسبب زيادة تكاليف التسويق، وارتفاع الأسعار.

ويدخل ضمن شروط التدرج الجيد وضع مواصفات للحزم بالنسبة للخضروات التي تُربط في حزم، وطريقة ترتيب المنتجات في العبوات، ودرجة التجانس في الحجم. ودرجة ملء العبوة، والحدود المسموح بها في مخالفة شروط التدرج والتعبئة.

وقد وضعت منظمة التعاون الاقتصادي والتطور Organization for Economic Co-operation and Development في باريس مقاييس دولية لتدرج الخضر والفاكهة نشرتها خلال الفترة من ١٩٧٠ إلى ١٩٧٧. وتقع في ٨٧٢ صفحة مزودة بالصور الملونة لكل الصفات التي شملتها هذه المقاييس.

ولا توجد بمصر رتب خاصة لتصنيف وتدرج الحاصلات البستانية إلا لأغراض التصدير.

### **وقد اقترحت الإحارة العامة للتدريب بوزارة الزراعة الرتبة التالية:**

١- رتبة ممتازة: ويفضل عدم تسعيرها، مع تركها حسب رغبات المستهلكين.  
٢- رتبة أولى: ويشترط فيها التجانس التام، مع الخلو من العيوب والأضرار المرضية والحشرية.

٣- رتبة درجة ثانية: لا تزيد فيها نسبة العيوب التجارية على ٥٪.  
٤- رتبة درجة ثالثة: تتراوح فيها نسبة العيوب التجارية بين أكثر من ٥٪ و ١٥٪.  
٥- رتبة درجة رابعة: تتراوح فيها نسبة العيوب التجارية بين أكثر من ١٥٪ و ٢٥٪.

### **التشميع**

يجرى التشميع Waxing بتغطية مسطح بعض الحاصلات الثمرية والجذرية بطبقة رقيقة من شموع خاصة بغرض تحسين مظهرها، وتقليل سرعة فقدائها للماء؛ وبالتالي

تأخير ذبولها. ومن الحاصلات التي نجح تشميعها: الطماطم، والفلفل، والخيار، والقاوون، والجزر، والروتاباجا، والبطاطا. والبطاطس. وعند المعاملة يجب أن تكون الثمار أو الجذور نظيفة وخالية من الجروح وطازجة. وقد جرى التشميع قبل التدرج أو بعده، وقد تضاف المبيدات الفطرية إلى الشموع. الأمر الذي يجب أن يوضح على العبوة.

وتوجد الشموع فى صور مختلفة: منها: المستحلبات المائية، والمحاليل الهيدركربونية، وهى تستعمل رشاً، أو بغمر المحصول فيها. ويعد شمع الكارنوبا Carnuba wax من الشموع الشائعة الاستعمال والمقبولة حتى مع المنتجات العضوية.

ومن الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن .. وجد أن تشميع ثمار شهد العسل بالشمع التجارى ستروسييل Citrusseal بتركيز ٥٠٪ أو ٨٠٪ (بالحجم من الشمع فى الماء) أدى على خفض الفقد فى الوزن بعد التخزين لمدة ستة أسابيع على حرارة ٣ أو ٦ م°، وإلى خفض أضرار البرودة على ٣ م°. لكنه لم يكن مؤثراً فى منع الإصابة بأعفان الثمار.

ونتناول موضوع التشميع بالتفصيل فى الفصل التاسع.

### **(التعبئة والتغليف)**

يقصد بالتعبئة وضع الثمار فى عبوات ذات مواصفات خاصة. أما التغليف، فهو لف كل ثمرة على حدة فى أغلفة من البلاستيك الشفاف المنفذ أو نصف المنفذ للغازات والتى تلتصق بالثمار shrink-wrap كبديل للتشميع. وذلك قبل وضعها فى العبوات، كما فى الخيار، والخس، والقنبيط، والبروكولى.

### **وتصممه عملية التعبئة إلى تحقيق المزايا التالية:**

- ١- تسهيل نقل المحصول من مكان الإنتاج إلى مكان التسويق.
- ٢- حماية المحصول أثناء النقل والتداول.
- ٣- المحافظة على نظافة وتحسين مظهر المنتج.

- ٤- تحديد وحدة التسويق وهي العبوة.
  - ٥- يعطى عدد العبوات فكرةً عن كمية المحصول.
  - ٦- تعتبر العبوات وسيلة لكتابة العلامة المميّزة، وتعليمات الشحن، والإجراءات القانونية، والدعاية.
- ونتناول موضوع التعبئة والعبوات بالتفصيل فى الفصل السابع.

### تهييز البالتات

تجمع العبوات بعد التعبئة فى وحدات أكبر على "بالتات" أو "طبال خشبية" pallets؛ فيما يعرف باسم palletizing أو unitizing؛ وذلك ليسهل حمل كل منها آلياً بواسطة الأوناش.

### التبريد المبدئى أو الأولى

تجرى عملية التبريد المبدئى أو الأولى pre-cooling للتخلص من حرارة الحقل وخفض حرارة المنتجات بعد الحصاد مباشرة بغرض إبطاء التنفس ومعدل التدهور. وللتفاصيل الخاصة بهذه العملية يراجع الفصل الثامن.

### الإنضاج الصناعى

يستخدم الإثيلين على نطاق واسع فى الإنضاج الصناعى للخضر والفاكهة؛ وقد أسلفنا تناول هذا الموضوع بالتفصيل فى الفصل الخامس.

ويعد الأسيتيلين acetylene هو بديل الإثيلين الأكثر شيوعاً فى إنضاج الثمار. وهو ينتج فى جميع الدول النامية باستخدام كاربيد الكالسيوم لأنه أقل تكلفة من مصادر الإثيلين، وأكثر من الإثيلين سهولة فى الاستخدام فى حجرات الإنضاج. ويعد كربيد الكالسيوم ناتج ثانوى لمصانع الحديد والصلب ويحتوى على شوائب كثيرة. وعندما يكون كربيد الكالسيوم نقياً فإن كل كيلوجرام واحد منه ينتج ٣٠٠ لتر من غاز الأسيتيلين. ينطلق الغاز عندما يتعرض كربيد الكالسيوم للرطوبة. وقد يكون هذا التفاعل بين المادة

والماء عنيفاً؛ ولذا يتم لف كميات صغيرة منه (جرامات قليلة) في ورق صحف ثم تركها بين الثمار (مثل أصابع المون) في حجرات الإنضاج. ونظراً لتوفر رطوبة عالية في تلك الحجرات فإنها تتفاعل مع كربيد الكالسيوم لينطلق غاز الأسيتلين ببطء. وإذا ما رُغب في إنتاج كميات كبيرة من الأسيتلين فإن كميات صغيرة من كربيد الكالسيوم تُسقط بحرص في دلو كبير به ماء.

يجب توخي الحرص التام عند إنتاج الأسيتلين، فيجب على القائم بالعمل ارتداء ملابس واقية وقناع واق، وأن يترك الحجرة بمجرد بدء التفاعل المطلوب. كذلك يجب وضع يافطات تحذيرية مع عدم توليد أى شرارة بالمكان.

### هنا .. وتعرفه وسائل أخرى بحادثة الإنضاج الضائمي منها ما يلي،

- ١- إحراق أى مادة ينتج عن حرقها دخان كثيف في حجرة الإنضاج؛ ذلك لأن الدخان ينطلق معه عدة غازات، منها الأسيتلين، والإثيلين. وأول أكسيد الكربون، وجميعها يمكنها حث النضج.
- ٢- إحداث ضرر ميكانيكى بالأنسجة القريبة من الثمرة (مثل الساق الحاملة لكفوف المون) أو حتى بالثمرة نفسها، ولكنها طريقة تضر بالثمار بطبيعة الحال.
- ٣- وضع ثمار ناضجة منتجة للإثيلين مع الثمار غير الناضجة التى يُرغب فى إنضاجها (عن Thompson ٢٠٠٣).



الفصل السابع

التعبئة والعبوات

أنواع العبوات حسب الغرض من استعمالها

توجد أربعة أنواع رئيسية من العبوات حسب الغرض من استعمالها؛ وهى: عبوات الجمع، وعبوات الحقل، وعبوات النقل أو الشحن، وعبوات المستهلك.

١- عبوات الجمع:

هى العبوات التى يجمع فيها المحصول. وتستخدم لذلك فى مصر الأقفاص الجريد، والسلال، والمقاطف، والقفف المصنوعة من ليف النخيل أو المطاط.

ويفضل استخدام الجرادل البلاستيكية أو المعدنية. هذا .. ولا تستخدم عبوات الجمع والحقل مع المحاصيل الرهيفة التى لا تتحمل كثرة التداول؛ مثل: الفراولة؛ حيث تعبأ فى عبوات النقل مباشرة.

٢- عبوات الحقل:

هى العبوات التى يُفَرِّغُ فيها المحصول من عبوات الجمع لنقلها إلى بيوت التعبئة أو إلى الأسواق. وتستخدم لذلك فى مصر أقفاص الجريد الكبيرة التى تسمى بـ "العدايات"، وتبلغ سعة كل مها ٢٠-٣٠ كيلوجرام. ويفضل استخدام العبوات البلاستيكية (البرانيك).

٣- عبوات النقل أو الشحن:

هى العبوات التى تشحن فيها الثمار إلى مناطق الاستهلاك. وتستخدم لذلك فى مصر "الزكايب" الجوت سعة ٤٠-٦٠ كيلوجراماً فى نقل الفاصوليا الخضراء، والبسلة الخضراء، والبقول الأخضر، والفلفل، والبامية، وأقفاص الجريد "العدايات" سعة ٢٠-٣٠ كيلوجراماً فى نقل الطماطم. وتستخدم أجولة القطن سعة ٧٥ كيلو

جراماً فى نقل الباذنجان، لكن جميع هذه العبوات تحدث أضراراً كبيرة بالمحصول، وتلفيات تصل إلى ٢٠٪-٣٠٪، لهذا يتعين أن تحل العبوات البلاستيكية محل هذه العبوات جميعها.

#### ٤- عبوات المستهلك:

عبوات المستهلك هى التى تباع بها الخضروات للمستهلك مباشرة؛ ومنها: الأكياس البلاستيكية، والشبكية، والورقية، والمصنوعة من القماش، وكذلك أوعية الكارتون أو الورق المقوى المغطى ببلاستيك شفاف.

#### ومن أهم مميزات استعمال عبوات المستهلك ما يلى:

- ١- تقليل الحاجة إلى العمالة فى محلات البيع؛ لقيام المشتري بخدمة نفسه بنفسه.
- ٢- تقليل الفاقد؛ وذلك بحفظ الحاصلات لمدة أطول، وبتقليل الأضرار التى تحدث لها - عادة - مع كثرة التداول أثناء النقل والبيع.
- ٣- تقليل وقت إعداد الحاصلات للطهى أو الاستعمال.
- ٤- زيادة المبيعات.

هذا .. وتم التعبئة فى عبوات المستهلك؛ إما فى مكان الإنتاج، وإما قبل العرض للبيع مباشرة. ومن مميزات التعبئة فى مكان الإنتاج: التخلص من كل الأجزاء النباتية التى لا تستعمل فى الغذاء؛ وتقليل تداول المحصول بتجنب تعبئته مرتين؛ وبالتالي تقليل التكاليف والأضرار الميكانيكية. لكن يعيب ذلك احتمال تطرق العفن إلى المنتج عند شحنه لمسافات بعيدة.

#### مواصفات العبوات الجيدة

إن من بين أهم المواصفات التى يجب أن تتوفر فى العبوات، ما يلى

- ١- المتانة؛ حتى تتحمل عمليات التداول.
- ٢- القدرة على التوصيل الحرارى؛ حتى يمكن تبريد محتوياتها بسرعة.
- ٣- النفاذية للغازات؛ حتى تسمح بتنفس الخضروات بداخلها.

- ٤- عدم التأثر بالرطوبة الجوية أو بالبلل.
- ٥- التقليل من فقد الثمار لرطوبتها.
- ٦- حجب الضوء في حالة تعبئة محصول مثل البطاطس؛ حتى لا يحدث احضرار للدرنات.
- ٧- سهولة تداولها وترتيبها؛ حتى تأخذ أصغر حيز أثناء الشحن.
- ٨- حسن المظهر الخارجى ومظهر ترتيب المحصول بداخلها.
- ٩- التوافق مع متطلبات السوق من حيث الوزن والشكل والحجم.
- ١٠- سهولة فتحها وإغلاقها.
- ١١- رخص ثمنها؛ حتى لا ترفع من سعر المحصول.
- ١٢- ألا تحتوى مادة العبوة على مواد ضارة بالإنسان.
- ١٣- ألا تكون عميقة؛ حتى لا تتسبب في حدوث أضرار ميكانيكية بالثمار.

### **العبوات الشائعة الاستخدام عالمياً**

من بين أكثر أنواع العبوات شيوعاً. ما يلي:

#### **البالتات pallets**

إن البالتات - بمعناها الحرفى - ليست بعبوات، وإنما هى قواعد خشبية تنقل عليها معظم المنتجات الطازجة إلى المستهلك. وغالباً ما تصنع البالتات من أخشاب رخيصة نسبياً - نظراً لأنه يتم الاستغناء عنها بعد استعمال واحد. ولقد أصبحت أبعاد البالتات القياسية ١٠٠ × ١٢٠ سم. وشجع الاستقرار على أبعاد قياسية على إعادة استخدامها، وهو أمر ذو مزايا عديدة. فإلى جانب إمكان استخدامها عدة مرات، فإن معظم عمليات ميكنة تداول البالتات. وحواملها pallet racks تصمم لتلك الأحجام القياسية منها. كذلك تفيد الأحجام القياسية للبالتات فى زيادة كفاءة استخدام فراغات وسائل النقل، كما يمكنها تحمل أحمال أثقل من تلك التى تتحملها البالتات الرخيصة التى تستعمل مرة واحدة. كذلك يفيد استعمال حجم واحد قياسى من البالتات فى خفض

عمليات جرد مخزونها وإصلاحها. وأخيراً فإن هذا التوحيد لحجم البالتات يمكن أن يفيد في توحيد أبعاد كراتين تعبئة المنتج ذاتها.

وتبعاً لحجم كراتين المنتج فإن البالطة الواحدة يمكن أن تحتوى على ٢٠-١٠٠ كرتونة. ونظراً لأن تلك الكراتين غالباً ما تُرص بدون إحكام للسماح بحركة الهواء، أو قد تكون زائدة الامتلاء ويصعب رصها جيداً، فإنها يجب أن تؤمن يجعل رصة كل بالطة وحدة واحدة، وهى العملية التى تعرف باسم unitization؛ لأجل منع انهيارها أثناء التداول والنقل.

وتستخدم لأجل عمل تلك الوحدات الأشرطة البلاستيكية والأشرطة اللاصقة على نطاق واسع على الرغم من أنها قد لا تُعطي نتائج مرضية. ويجب دائماً استخدام أركان داعمة من الورق المقوى أو البلاستيك لمنع الأشرطة من سحق أركان الكراتين.

تستخدم كذلك أغشية بلاستيكية مطاوية plastic stretch films على نطاق واسع لتأمين كراتين البالتات، وأفضلها هى الأغشية التى يمكنها التمدد والمحافظة على مرونتها ومطاويتها والالتصاق بالعبوات. ويمكن للغشاء البلاستيكي أن يُشاكل بسهولة أحجام مختلفة من رصات البالتات. تفيد الأغشية - كذلك - فى حماية العبوات من فقد الرطوبة وتؤمنها من السرقة منها. ويمكن تثبيتها آلياً بصورة جزئية. هذا .. إلا أن الغشاء يحد بشدة من عملية التهوية.

وتستخدم الشباك البلاستيكية كبديل للأغشية البلاستيكية، وهى التى تفيد كثيراً فى تثبيت البالتات التى يلزمها التبريد بالدفع الجبرى للهواء، كما أنها تسمح بالتهوية الجيدة للعبوات.

ومن بين الطرق الرخيصة والسهلة لتثبيت كراتين كل بالطة معاً وضع كمية صغيرة من مادة خاصة لاصقة على قمة كل كرتونة. ومع رص الكراتين فوق بعضها فإن المادة اللاصقة تؤمن بقاءها معاً. تتميز تلك المادة بضعف مقاومتها للشد؛ مما يجعل من السهل فصل الكراتين عن بعضها. ولكنها ذات مقاومة عالية للتفتت؛ مما يجعلها

تؤمن عدم إنزلاق الكراتين، ولا تشكل تلك المادة اللاصقة أى مشاكل تتعلق بإعادة تدوير الكراتين.

ومن هذا المنطلق .. فإن البالتات المجهزة بكراتين المنتجات قد تعد من العبوات.

### "صحارات" البالتات pallet bins

تصنع "صحارات" البالتات من أنواع متينة من الأخشاب وتستعمل أساساً فى نقل المنتجات من الحقل إلى محطة التعبئة. وهى تكون بأحجام كبيرة (مثل الأحجام القياسية للبالتات، أى ١٠٠ × ١٢٠ سم) وبعمق حوالى متر، كما تستخدم - كذلك - "صحارات" أكبر تبلغ أبعادها ١٢٠ × ٢٠٠ سم. هذا .. وتستعمل تلك الصحارات لمدة ١٠-٥ سنوات حسب طريقة تخزينها (فى العراء أم تحت حماية)، ومدى العناية بعمليات تداولها.

### الكراتين

تصنع الكراتين من ثلاث طبقات أو أكثر من الكرتون المتزوج. ويجب ألا يقل سمك الورق المستخدم فى صناعة الكرتون عن ٠.٢ مم، وتعرف درجاته بالوزن بالجرام لوحدة المساحة وبالسلك. ويتميز ورق الكرافت المصنع من اللب الخشبى غير المقصور اللون باللون البنى وبالمئات العالية. هذا .. إلا أن معظم الكرتون المستخدم يحتوى على ألياف أعيد تدويرها، وإذا ما صنعت الكراتين - بالكامل - من كرتون معاد تدويره فإن قدرتها على التحمل لا تتعدى ٧٥٪ من قدرة الكراتين المصنعة من ألياف "بكر" لم يسبق استخدامها. ويتطلب استخدام الألياف المعاد تدويرها زيادة سمك جدر الكراتين.

هذا .. وتتأثر قوة الكراتين سلباً بكل من الحرارة المنخفضة والرطوبة العالية. وما لم تكن الكراتين قد أعطيت معاملات خاصة. فإن الرطوبة التى تمتصها من الهواء المحيط بها ومن محتويات الكرتون ذاتها يمكن أن تقلل من قوة الكرتون بما يصل إلى ٧٥٪. وتستخدم أغشية لكرتون الكراتين من الشمع والبلاستيك لتقليل تأثير الرطوبة عليها.

يستعمل الشمع بنسبة ٢٠٪ من وزن الألياف مع عبوات كثير من المنتجات التي تتطلب تبريداً أولياً بالماء المثلج أو بالثلج. ولكن أكبر مشكلة تواجه استخدام الشمع هي عدم إمكان إعادة تدوير الكراتين المشمعة؛ الأمر الذي يحد من قبولها في عمليات التعبئة.

يقع معظم حمل الكراتين المرصوة فوق بعضها على أركان الكراتين؛ الأمر الذي يتطلب الدعم لتلك الأركان بجعل فتحات التهوية بعيدة عنها مع عدم زيادة مساحتها عن ٥٪-٧٪ من مساحة الجوانب.

ومما يفيد في تثبيت كراتين البالتات رصها بطريقة متشابكة تسمح بجعل أركان إحدى العبوات في منتصف العبوة التي توجد أسفل منها، إلا أن ذلك يقلل من قدرتها على تحمل الأوزان التي تقع عليها. وللحد من احتمالات انهيار كراتين العبوة ترص عدة طبقات سفلى منها في شكل أعمدة قبل بدء رص المتشابك بعد ذلك.

تصل العبوات الكرتونية إلى محطات التعبئة مفردة، حيث تشكل على صورة كراتين بالمحطة؛ الأمر الذي يتم أولاً بأول حسب الحاجة لأجل عدم شغل حيز كبير بكراتين فارغة. ويمكن أن يتم تشكيل الكراتين يدوياً أو آلياً أو بالطريقتين معاً.

وحديثاً.. استخدم الكرتون في صناعة "صهارات" كبيرة بحجم البالتات يشحن بها منتجات مثل الكرنب والكنتالوب والبطاطس والقرع العسلى والموالح، وهي تكون أقل تكلفة بالنسبة لوحدة الوزن من المنتج عن الكراتين التقليدية الصغيرة الحجم. ومن أهم مزايا استخدام الكرتون إمكان طباعة بيانات العبوة مباشرة عليه.

### الأكياس الورقية والشبكية

يقتصر استخدام الأكياس الورقية - تقريباً - على عبوات المستهلك من كل من البطاطس والبصل، بينما ينتشر استعمال العبوات الشبكية التي تكون أكثر تحملاً، والتي يعبأ فيها إلى جانب البطاطس والبصل كلا من اللفت والموالح والذرة السكرية.

ولكن يعاب على الأكياس عدم إمكان رصها في البالتات، كما أن الأكياس الصغيرة لا تشغل الحيز الداخلى للعبوات الكرتونية جيداً. كما لا توفر الأكياس حماية ضد عمليات التداول العنيفة، ولا توفر الشباك حماية من الضوء أو التلوث. وأخيراً.. فإن المستهلكين لديهم انطباعات بأن المنتجات المعبأة في أكياس لا تكون بدرجة عالية من الجودة، ولا يقبلون على شرائها إلا بسعر منخفض.

### العبوات البلاستيكية

يدخل ضمن العبوات البلاستيكية ما يلي:

#### ١- الأكياس البلاستيكية:

يمكن ميكنة عمليات تعبئة وإغلاق الأكياس البلاستيكية، وهى تستخدم كثيراً كعبوات للمستهلك. وتكون شفافة يمكن فحص محتوياتها، كما يمكن الطباعة عليها بسهولة. تتوفر الأكياس بدرجات مختلفة من السمك كما يمكن تصنيعها بطريقة تسمح بالتحكم فى المكونات الغازية للهواء داخل الكيس.

#### ٢- الغلاف الملصق بالمنتج shrink wrap:

من الاتجاهات المقبولة فى تعبئة المنتجات الطازجة تغليف كل ثمرة بمفردها بغلاف ينكمش على المنتج ويلتصق به، وهى طريقة تستعمل مع محاصيل مثل البطاطس والبطاطا والتفاح والبصل والذرة السكرية والخيار وبعض الثمار الاستوائية. تفيد هذه الأغلفة فى تقليل الفقد الرطوبى وحماية المنتج من الإصابات المرضية والأضرار الميكانيكية وتوفر سطحاً جيداً لوضع ملصقات البيانات عليه.

#### ٣- عبوات البلاستيك الجامد rigid plastic packages:

تستخدم عبوات البلاستيك الجامد ذات الغطاء clamshells (أو ال punnets) كأوعية مستهلك للمنتجات المرتفعة السعر مثل الفراولة وعيش الغراب والخضر السابقة التجهيز fresh-cut.

يعاب على جميع العبوات البلاستيكية احتياجها لنحو ٢٠٠-٤٠٠ سنة لكى تتحلل

فى حفرة أرضية، ولكن تلك الفترة يمكن أن تتقلص إلى ٢٠ سنة فقط إذا أضيف النشا إلى البلاستيك بنسبة ٦٪. وتقوم بعض الشركات بتصنيع بولييثيلين مختلط بالنشا يمكن أن يتحلل فى حفرة أرضية مثل الورق (Boyette وآخرون ١٩٩٦).

### العبوات الشائعة الاستعمال فى مصر

إن أكثر أنواع العبوات انتشاراً فى مصر هى أقفاص الجريد؛ ويرجع ذلك إلى الأسباب التالية:

١- سهولة تصنيعها.

٢- رخص ثمنها.

٣- توفر الخامة التى تصنع منها الأقفاص وهى جريدة النخل.

لكن - كما سبق الذكر - من الضرورى التوقف عن استعمال الأقفاص الجريد فى تعبئة الحاصلات البستانية؛ ويرجع ذلك إلى الأسباب الآتية:

١- يؤدى استعمالها إلى زيادة نسبة الأضرار الميكانيكية (الجروح والخدوش) بالثمار أثناء عمليات التعبئة والنقل والتسويق؛ بسبب حواف الجريد الحادة الخشنة.

٢- لا تعطى حماية كافية للثمار لعدم متانتها؛ فتزيد بذلك نسبة التلف.

٣- لا تكون حواف الأقفاص مستوية؛ وبالتالي يقع بعض الضغط على الثمار نفسها عند رص الأقفاص فوق بعضها. خاصة عندما تُملأ الأقفاص إلى ما فوق حافتها، ويزيد ذلك من نسبة التلف.

٤- لا تتداخل الأقفاص ببعضها عند الرص؛ وبذلك فإنها لا تكون ثابتة، ولا يمكن رص أكثر من ٤-٥ طبقات منها؛ وذلك أمر غير اقتصادى، سواء فى النقل أم التخزين.

٥- تتفكك الأقفاص وتتحلل بسهولة بسبب الرطوبة وعمليات التداول؛ الأمر الذى يعرض محتوياتها للتلف، كما يزيد من تكلفة التعبئة؛ نظراً لأنه لا يمكن إعادة استخدامها أكثر من ٥-٦ مرات.

٦- يصعب تنظيف القفص لإعادة استعماله، ولذلك محاذيره الصحية.

أما العبوات البلاستيكية المتوفرة جزئياً في مصر، فلا يوجد بها أي من العيوب السابقة الذكر لأقفاص الجريد، ويزيد على ذلك سهولة حملها وتداولها، ومظهرها الحضارى. كما أن عيبها الرئيسى – وهو ارتفاع ثمنها، بالمقارنة بثمان القفص الجريد – يصبح على المدى الطويل ميزة أخرى: نظراً لإمكانية استعمالها عشرات المرات، بالمقارنة بنحو ٥-٦ مرات فقط كحد أقصى في حالة أقفاص الجريد.

لكن نظراً لأن أقفاص الجريد ينتشر استعمالها في مصر بدرجة كبيرة يصعب معها التخلص منها في فترة وجيزة؛ لذلك اتجهت الدراسات نحو تحسينها باستعمال بطانة من ورق الكرتون المضلع المثقب لقاع وجوانب القفص؛ وبذلك يتحول القفص الجريد إلى علبة كرتون مدعمة بعوارض من الجريد.

وتستخدم في التصدير صناديق الكرتون؛ التي تصنع محلياً، وتختلف في الشكل والحجم حسب الخضر التي تعبأ فيها. وتستخدم كذلك الأكياس والأجولة الشبكية في تصدير البصل والثوم، والأجولة الجوت في تصدير البطاطس. وجميع هذه العبوات جيدة، وتناسب الخضر التي تعبأ فيها.

### الخامات التي تصنع منها العبوات

إلى جانب الخشب الذي تصنع منه البالتات و"صحارات" البالتات، فإن أهم الخامات استخداماً في تصنيع العبوات الشائعة الاستعمال، هي: الورق والكرتون، والبلاستيك، ونوعيات مختلفة من الأغشية البلاستيكية المعاملة بمواد أخرى.

### الورق والكرتون

تنتج عجينة الورق من رقائق الخشب بعد تحليلها بالأحماض أو بالقلويات. ويؤدى التحليل القاعدى إلى إنتاج عجينة الكبريتات sulfate pulp، بينما يؤدى التحليل الحامضى إلى إنتاج عجينة الكبريتيت sulfite pulp. ويظهر في جدول (٧-١) مختلف أنواع الورق والكرتون board التي تستخدم في تعبئة الأغذية (Smith وآخرون ٢٠٠٣).

## تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

جدول (٧-١): أنواع الورق التي تستعمل – عادة – في تعبئة المنتجات.

النوع	المواصفات	الاستعمالات
ورق الكرافت	Kraft paper بنى اللون (غير معامل بقاصر الألوان) – قوى ومقاوم للتمزق عندما يكون جافاً	عمل الأكياس والأجولة الشديدة التحمل
ورق الكرافت المعامل بقاصر الألوان	Bleached أبيض اللون وقد يكون لامعاً وأقل قوة عن الورق البنى	عمل الأكياس البيضاء وورق التعبئة
ورق البارشمينت	parchment نصف شفاف – يعامل بحامض الكبريتيك لجعل الطبقات السطحية جيلاتينية	تعبئة الزبدة والمارجرين
ورق مقاوم للشحوم	Greaseproof ذات كثافة عالية وسطح ناعم جداً	ورق تعبئة ذات مقاومة عالية للشحوم
ورق الزجاجين	Glassine ذات كثافة عالية – شفاف – وسهل التمزق	ورق تعبئة الحلوى
نسيج ورقي	Tissue خفيف الوزن – ينتج من لُباب puips كثيرة	خفيف الوزن – يستعمل فى حماية المنتجات غير الصلبة من الغبار والتجريح
الكرتون	Paperboard/car board لب ورق مكسد	عمل الكراتين والصناديق والصوانى والفواصل داخل الكراتين
الكرتون المضلع (التموج)	Corrugated cardboard أفرخ كرتونية متموجة	عمل الصناديق

يصنع ورق الكرافت kraft مما لا يقل عن ٨٠٪ من عجينة خشب الكبريتات، وهو ورق قوى جداً، ويستخدم فى عمل الأكياس الورقية القوية، وأكياس الشحن، وغيرها من الأكياس التي تستخدم فى تعبئة كميات كبيرة من المنتج. وورق الكرافت الأبيض

(المبيض bleached) يعد أكثر تكلفة وأقل تحملاً من غير المبيض، ولكنه يناسب الطباعة عليه جيداً. أما ورق البارشمان (البارشمنت parchment) فهو ينتج من عجينة الكبريتات بعد مرورها في حمام من حامض الكبريتيك. ويتميز هذا الورق بأنه أكثر مقاومة للزيوت والشحوم والابتلال عن ورق الكرافت.

أما ورق الكبريتيت sulfite paper فإنه يكون أخف وزناً وأضعف من ورق الكبريتات. ويصنع الورق المقاوم للشحوم greaseproof paper من عجينة الكبريتيت بعد ضرب أليافها كثيراً لتصبح أكثر تقارباً. ويعد هذا الورق مقاوماً للزيوت والدهون عندما يكون جافاً، ولكنه يفقد تلك الخاصية عندما يصبح مبتلاً. يستخدم هذا الورق في تغليف السمن الصناعي وفي تصنيع عبوات البطاطس المحمرة، وكبطانة داخلية للأكياس المتعددة الجدر. أما ورق الزبدة glassine فهو ورق كبريتيت مقاوم للشحوم يتميز بمظهره البراق، وهو يستخدم في تغليف بعض المنتجات الغذائية. وأما ورق الزبدة المغلف بالشيكولاتة فإنه يستخدم في الحماية من الأشعة فوق البنفسجية لأجل منع مشاكل التزنخ في الشيكولاتة ورقائق البطاطس (الشبس). ويتميز الورق الرقيق tissue paper بنعومته وعدم مرونته. وهو يستخدم في حماية الثمار من الأتربة والتجريح.

ومن أكبر مساوئ الورق عند استخدامه في التعبئة ضعف قدرته على إعاقة الرطوبة. والغازات، والشحوم، والروائح من الوصول إلى الثمار، كذلك فإنه لا يمكن لحامه بالحرارة ولتحسين تلك الخاصيتين غالباً ما يعالج الورق بالشمع، أو بغشاء بلاستيكي، أو برقائق معدنية، أو بالغشاء والرقيقة معاً.

يصنع ورق الكرتون بطريقة مماثلة لتلك التي يُصنع بها الورق العادي، ولكنه يكون أسلمك لأجل حماية المواد المعبأة من الأضرار الميكانيكية. وأهم صفات الكرتون هي سمكه، وصلابته، وقدرته على التشكيل دون تشقق، ودرجة بياضه. وخصائص سطحه، وإمكانية الطباعة عليه. ويكون الكرتون الأبيض هو الأنسب عند ملامسته للغذاء، وغالباً

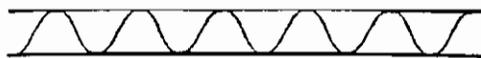
ما يكون مغلفاً بالبولىثيلين أو بالبولى فينيل كلورايد، أو بالشمع لأجل جعله صالحاً لأن يلحم بالحرارة. أما الـ pulp containers فهي تصنع من عجينة ورق مضغوطة للتخلص من الرطوبة، وهي تستخدم فى تصنيع أطباق البيض وصوانى المأكولات، وكوسائد مبطنة للمنتجات الغذائية.

ويعد ورق الكرتون الموج corrugated board هو الأوسع انتشاراً، ويصنع من طبقة داخلية وأخرى خارجية من ورق الكرافت وبينهما مادة وسطية مموجة corrugated أو محززة fluting. ويصنع ورق الكرتون الموج بتليين ورق كرافت الكرتون بالبخار ثم إمراره على أسطوانات دوارة rollers ليصبح موجاً. ويلى ذلك إضافة المادة الوسطية باستخدام مادة لاصقة مناسبة. وتعرف أربعة أحجام من التحزز flute sizes، هي A، و B، و C، و E تتباين فى ارتفاعاتها وفى عدد التحزرات فى وحدة الطول من الكرتون. ويمكن أن تكون تلك الطرز منفردة أو فى توافق مع بعضها البعض، لإنتاج تراكيب كرتونية مموجة ذات وجه واحد، أو طبقة واحدة أو طبقتين أو ثلاث (شكل ٧-١). وأكثر الطرز شيوعاً هو وحيد الجدار طراز C flute (رقم ٣ فى الشكل) (Smith وآخرون ٢٠٠٣).

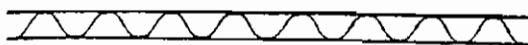
### البلاستيك

إن المواد الخام التى يصنع منها البلاستيك هى البترول، والغاز الطبيعى، والفحم، وهو يصنع بطريقة البلمرة polymerization التى تربط بين عديد من الوحدات الكيميائية الصغيرة (monomers) المتكررة، لتكوين جزيئات كبيرة من البوليمرات. ويبين جدول (٧-٢) أمثلة لأنواع البلاستيك ووحداتها الأولية التى تدخل فى تكوينها.

وتحتوى بلاستيكات كثيرة كميات صغيرة جداً من الإضافات مثل اللدائن plasticizers، ومضادات الأكسدة antioxidants، والشحومات lubricants، ومثبات ضد الحرارة، ومثبات ضد الأشعة فوق البنفسجية، وجميعها مواد تستعمل لتحسين خصائص البلاستيك. فمثلاً.. تضاف اللدائن لجعل البلاستيك أكثر ليونة وأقل قابلية للتقصف فى المناخ الشديد البرودة أو عند استعماله مع المنتجات المجمدة.



(1)



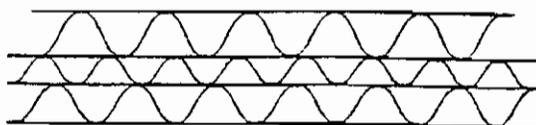
(2)



(3)



(4)



(5)

شكل (٧-١): طرز مختلفة من تركيبات ورق الكرتون المموج:

- (١): "A" flue - جدار واحد.  
 (٢): "B" flue - جدار واحد.  
 (٣): "C" flute - جدار واحد.  
 (٤): "C" + "C" - جدار مزدوج.  
 (٥): "A" + "B" + "C" - ثلاثة جدر.

ومن أهم مميزات البلاستيكات كمواد مغلفة، ما يلي،

- ١- قلة التكلفة نسبياً.
- ٢- تعمل كحاجز جيد ضد الرطوبة والغازات.

- ٣- إمكان لحامها بالحرارة.
- ٤- صلاحيتها لعمليات التعبئة السريعة.
- ٥- متانتها.
- ٦- صلاحيتها للطباعة عليها.
- ٧- سهولة تداولها من قبل كل الأطراف.
- ٨- خفة وزنها.
- ٩- إمكان تشكيلها حسب شكل المحصول المعبأ بداخلها؛ فيقل الفاقد فى الحيز المتاح أثناء التخزين والتوزيع.

يمكن تصنيع البلاستيكات كأغشية مرنة أو كأوعية نصف صلبة أو صلبة حسب متطلبات التعبئة. وتصنع أغشية البلاستيك بمدى واسع من خصائص المرونة والشفافية والتحكم فى مرور الغازات من خلالها، كما أنها قد تغلف ببوليمر آخر أو بغلاف معدنى. ومن أمثلة الأغشية المرنة الشائعة الاستعمال السيليلوز cellulose، والبوليثلين polyethylene والبوليستر polyester، والبولى آمايد polyamide، والبولى بروبلين polypropylene، والبولىسترين polystyrene، والبولى فينايل كلورايد polyvinyl chloride، والبولى فينايلدين كلوريد polyvinylidene chloride، والإثيلين فينايل أسيتيت ethylene vinyl acetate، وكحول الإثيلين فينايل ethylene vinyl alcohol، والسُرين Surlyn (جدول ٧-٢) (Smith وآخرون ٢٠٠٣). كما يظهر فى جدول (٧-٣) الأسماء الكاملة والمختصرة لبعض الأغشية التى أسلفنا بيانها وأغشية أخرى متنوعة (Thompson ٢٠٠٣).

## الفصل السابع -- التهيئة والعبوات

جدول (٧-٢): أمثلة لأنواع من البلاستيك تستعمل في التعبئة.

النوع	وحدة التركيب	الخصائص الهامة
Cellulose	Glucose	قوى - حاجز ضعيف ضد بخار الماء والغازات - يمكن الطيامة عليه جيداً - لا يمكن لحامه بالحرارة
Polyethylene (PE)	Ethylene	قوى - مرن - يمكن مطه - حاجز جيد ضد بخار الماء - حاجز ضعيف ضد الغازات - حرارة انصهاره منخفضة - يلحم جيداً بالحرارة
Polyester (PET)	Ethylene glycol + terephthalic acid	صلب متيبس - قوى - خامل - لا يلحم بالحرارة جيداً - حاجز متوسط ضد بخار الماء والغازات
Polyamide (PA)	Diamine + various acids	صلب متيبس - قوى - خامل - شفاف - يلحم جيداً بالحرارة - حاجز ضعيف ضد بخار الماء - حاجز جيد ضد الغازات عندما يكون جافاً
Polypropylene (PP)	Propylene	قوى - خامل - شفاف - حرارة انصهار منخفضة - حاجز جيد ضد بخار الماء - حاجز ضعيف ضد الغازات
Polystyrene (PS)	Styrene	صلب متيبس - قوى - سهل التكسر - حاجز ضعيف ضد بخار الماء والغاز
Polyvinyl chloride (PVC)	Vinyl chloride	رخو - خامل - شفاف - قابل للسطح - حاجز جيد ضد بخار الماء - حاجز متوسط ضد الغازات
Polyvinylidene chloride (PVDC, Saran)	Vinyl alcohol + vinylidene chloride	خامل - شفاف - ليس قوياً - حرارة انصهاره عالية - يلحم حرارياً على حرارة عالية - حاجز ممتاز ضد بخار الماء والغازات
Ethylene vinyl acetate (EVA)	Vinyl acetate + ethylene	قوى - شفاف - خامل - قابل للسطح كثيراً - حرارة انصهاره منخفضة - يلحم حرارياً - حاجز متوسط ضد بخار الماء - حاجز ضعيف ضد الغازات
Ethylene vinyl alcohol (EVOH)	Vinyl alcohol + ethylene	قوى - صلب متيبس - خامل - يلحم حرارياً في حرارة منخفضة - حاجز ضعيف ضد بخار الماء - حاجز جيد ضد الغازات
Ionomer (Surllyn)	Ethylene + methacrylic	قوى - خامل - شفاف - يلحم حرارياً في حرارة منخفضة - حاجز متوسط ضد بخار الماء - حاجز ضعيف ضد الغازات

جدول (٧-٣): قائمة ببعض الأغشية البلاستيكية المستخدمة في تعبئة الخضرا والفاكهة الطازجة.

الاختصار	الغشاء
CA	Cellulose acetate
EVAl	Ethylene-vinyl- acetate copolymers
EVOH	Ethylene-vinyl alcohol copolymers
HDPE	High-density polyethylene
-	Ionomer
LLDPE	Linear low-density polyethylene
LDPE	Low-density polyethylene
MDPE	Medium-density polyethylene
OPP	Oriented polypropylene
PB	Polybutylene
PET	Poly(ethylene terephthalate)
-	Polyolefin
PP	Polypropylene
PS	Polystyrene
PVB	Polyvinylbutyral
PVC	Poly(vinyl chloride)
PVDC	Poly(vinylidene chloride)

### الأغشية المغطاة coated films

غالبًا ما تغطي الأغشية البلاستيكية ببوليمرات أو بالألومنيوم لتحسين قدرتها كموانع للرطوبة والغازات، أو لإكسابها قدرة على تحمل الحرارة. فمثلاً .. يغلف النيتروسيليلوز nitrocellulose من أحد جانبيه بغشاء من السيليلوز لزيادة قدرته كحاجز للرطوبة في الوقت الذي تستمر فيه نفاذيته للأكسجين. وإذا كان الغطاء من الفينيل كلورايد أو من الفينيل أستيت فإن الغشاء يصبح أكثر صلابة وذا نفاذية متوسطة. وإذا ما أضيف غطاء رقيق من الألومنيوم (وهي العملية التي تسمى metallization) فإن الغشاء يشكل حاجزاً

جيداً جداً ضد الزيوت، والغازات، والرطوبة، والروائح، والضوء. ويتم تغليف السيليلوز، والبولى بروبيلين، والبوليستر بترسيب بخار الألومنيوم على سطح الغشاء تحت تفريغ.

### الأغشية المكونة من عدة رقائق laminated films

إن لصق غشاءين أو أكثر معاً يُحسّن المظهر وخاصية حجز أو منع نفاذ الرطوبة والغازات، والمتانة. ويمكن أن يلصق بلاستيك مع بلاستيك، وورق مع رقائق ألومنيوم، وورق مع رقائق ألومنيوم مع بلاستيك. أما اللصق ذاته فقد يكون بطريقة جافة أو رطبة، أو بالانبثاق الحرارى (Smith) thermal extrusion وآخرون (٢٠٠٣).

### تغليف الثمار المفردة

عُرِفَ تغليف الثمار المفردة منذ ثمانينيات القرن العشرين، وهو يتضمن استعمال غشاء بوليميرى ينكمش بالحرارة (يكون عادة سمك ١٢,٥-١٨,٧٥ ميكرون من البولييثيلين عالى الكثافة) فى تغليف كل ثمرة على حده. ثم تعريضه لتيار من الهواء الساخن، حيث ينكمش ليلتصق بالثمرة.

### ومن أهم مميزات تغليف الثمار المفردة، ما يلى:

- ١- تأخير النضج بسبب التغير فى تركيب الهواء المحيط بالثمرة والناشئ عن النشاط البيولوجى للمنتج ذاته.
- ٢- يعمل الغشاء كحاجز جيد ضد فقد الرطوبة، مع الاحتفاظ بالطعم.
- ٣- يمنع الغشاء انتشار الأمراض من ثمرة لأخرى.
- ٤- يُحسّن الغشاء من عمليات تداول المنتجات ويوفر لها أمان ضد التلوث.
- ٥- يمكن عن طريق الغشاء تسعير كل ثمرة على حدة.
- ٦- زيادة فترة الصلاحية للتخزين بمقدار ٢-٣ أضعاف فيما يخص صفات الجودة.

ومن أهم عيوبه تغليظه الثمار الممزقة، ما يلي،

- ١- احتمال ظهور نكهة غير مرغوب فيها بسبب ضعف تبادل الغازات.
- ٢- احتمال زيادة فرصة الإصابات المرضية الفطرية بسبب الرطوبة العالية التي يحجزها الغشاء.

ولتجنب تلك المشاكل تستعمل أغلفة مثقبة تغطي فيها الثقوب حوالي ١٠٪ من سطح الغشاء، وتكون بقطر يتراوح بين ٠,٠٧، و ٠,١٦، ملليمترًا (Smith وآخرون ٢٠٠٣).

وقد شاع تغليف ثمار الفلفل والباذنجان المفردة في أغشية البولي فينيل كلورايد المرنة PVC stretch film، إلا أن هذه الأغلفة غير مفضلة لضرورة إزالتها قبل عرض المنتج للبيع؛ حتى يمكن للمستهلك رؤية الثمار بوضوح. كما استعملت أغشية Cryovac لنفس الغرض؛ وهي أكثر شفافية من أغلفة الـ PVC، وأفضل مظهرًا، إلا أنها تترك انسلاخات صغيرة غير مرغوب فيها بجلد الثمرة عند إزالتها.

ويمكن التغلب على تلك العيوب باستعمال هذه الأغلفة في تبطين صناديق من الكارتون، ولكن ذلك يؤدي – غالبًا – إلى زيادة نسبة الأعفان بالثمار؛ بسبب تكثف قطرات الماء على الغشاء المبطن للصندوق. وقد تمكن Fallik وآخرون (١٩٩٤) من التغلب على هذه المشكلة بوضع ١٠ طبقات من المناشف الورقية tissue paper بين الغشاء والثمار؛ لتمتص الرطوبة الحرة التي قد تتكثف داخل العبوة.

### الأغشية الصالحة للأكل

تعرف تغطية الخضر والفاكهة بمواد صالحة للأكل – لأجل زيادة قدرتها على التخزين – منذ أمد بعيد. وأكثر أنواع الأغذية شيوعًا الشمع الذي يحد من التنفس والفقد الرطوبي ويؤخر الشيخوخة. وقد استعمل لأجل ذلك مستحلب مائي من الشمع الساخن المنصهر مع زيت الكارنوبا carnauba، وخاصة مع التفاح والطماطم والباذنجان.

ولقد ازداد حديثًا الاهتمام بتلك النوعية من المواد الصالحة للأكل والتي يمكن أن

تغلف بها منتجات الخضر والفاكهة. ومن أهم الخصائص التي يجب أن تتوفر فيها أن تشكل مانعاً جيداً أمام فقد الرطوبة وتبادل الغازات، وأن يمكن دمج إضافات أخرى معها مثل مضادات الميكروبات ومضادات الأكسدة، والمغذيات، ومكسبات اللون.

ومن أكثر الأغشية الصالحة للأكل استعمالاً عديدات التسكر، والبروتين، والدهون. يمكن أن يتكون عديد التسكر من النشا والدكستريانات والسيليلوز، وتتكون الأغلفة البروتينية من الكولاجين collagen، والجيلاتين وجلوتين القمح والذرة، والزيين zein. أما الأغشية الدهنية فقد تتكون من الشموع الطبيعية والناشرات surfactants. ومن المواد الأخرى التي استعملت كأغشية صالحة للأكل الألجينات alginate، والشيتوسان chitosan، والـ acetylated monoglyceride (Smith وآخرون ٢٠٠٣).

هذا .. ونلقى مزيداً من الضوء على هذا الموضوع في الفصل التاسع.

### الشروط التي تجب مراعاتها عند التعبئة

إن الهدف الأساسي الذي يجب أخذه – في الحساب – عند التعبئة هو تداول الحاصلات البستانية بأقل تكلفة ممكنة. مع المحافظة عليها من التلف لأكبر درجة ممكنة. ولتحقيق ذلك يجب عند التعبئة مراعاة الشروط التالية:

١- اختيار العبوة المناسبة للمحصول. ولدة الشحن، وللأسواق، وللتبريد المبدئي precooling في حالة إجرائه. فعبوات الحقل والشحن تكون – بطبيعة الحال – أكبر حجماً من عبوات المستهلك. وعبوات الحاصلات التي تتحمل التداول – كالبصل، والبطاطس – تكون أكبر حجماً من عبوات الحاصلات الرهيفة، كالفراولة، ويزيد حجم عبوات الحاصلات ذات الثمار الكبيرة عن حجم عبوات الحاصلات ذات الثمار الصغيرة. فبينما يبلغ وزن عبوة الفراولة ٣ كجم. فإن عبوة البسلة تكون ٣-٦ كجم، والطماطم نحو ١٠ كجم، والبصل نحو ٥٠ كجم. كذلك يزيد حجم عبوات السوق المحلي عن حجم عبوات التصدير، ولكن الاتجاه العالمي هو تصغير العبوات تمشياً مع توصية منظمة العمل الدولية الخاصة بتحديد الحد الأقصى للوزن الذي يمكن أن يتداوله الفرد. وإذا

احتاج الأمر إلى إجراء عملية التبريد المبدئي بعد التعبئة، فيجب أن تكون العبوات مناسبة لذلك؛ من حيث توصيلها الحرارى والتهوية.

هذا ويناسب الثمار الطرية مثل العنب والفراولة والبرقوق العبوات المصنوعة من البلاستيك نصف الجامد semirigid، مثل البوليثلين عالي الكثافة high-density polyethylene (اختصاراً: HDPE)، والبولي بروبيلين polypropylene (اختصاراً: PP)، مع غطاء بلاستيكي من البوليسترين polystyrene (اختصاراً: PS)، ويكون هذا الغطاء مثقّباً لمنع التكثف المائى.

أما الثمار الصلبة، مثل الخوخ. والكمثرى، والطماطم فهي أقل حساسية لعمليات التداول، ومن أكثر المواد المستخدمة فى تعبئتها صوانى البوليسترين أو الكرتون المفتوحة، مع غطاء بلاستيكي من بوليثلين قليل الكثافة أو بولى فينيل كلورايد.

٢- الحرص عند التعبئة على وضع كل ثمرة أو منتج فى مكانه الصحيح؛ حتى يبقى فى مكانه دون تحرك لحين وصوله إلى الأسواق؛ لأن كثرة الاهتزازات واحتكاك الثمار بعضها ببعض، وبجدار العبوة - يحدث خدوشاً بسيطة تتحول فيها الأنسجة إلى اللون البنى؛ الأمر الذى يخفض من قيمتها التسويقية، ويزيد من سرعة التنفس، ومعدل التدهور، وفرصة الإصابة بالأمراض. ويمكن تحقيق ذلك بلف الثمار كل على حدة، أو بعزلها بعضها عن بعض بقصاصات الورق، أو باستخدام الصوانى ذات الفجوات المناسبة أو الخلايا فى التعبئة.

٣- أن تكون العبوات ممتلئة جيداً. بشرط ألا يؤدي إغلاق الغطاء إلى الضغط على الثمار؛ حتى لا تتخلخل أثناء النقل والتسويق.

٤- عدم زيادة طبقات الثمار عما يمكن أن تتحملة الطبقة السفلى.

٥- الأمانة فى التعبئة؛ بحيث لا توضع منتجات مخالفة للدرجة وسط العبوة؛ لأن ذلك شئ يسئ إلى المسئول عن الإنتاج والتعبئة؛ وبعود عليه بالضرر.

٦- تتوقف طريقة ترتيب الثمار فى العبوات على أساس شكلها، وما إن كانت بأعناق أم بدون أعناق كالتالى:

أ- توضع رؤوس القنبيط متبادلة من حيث اتجاه الأقراص لأعلى أو لأسفل، مع وضع قصاصات ورق بينها.

ب- تعبأ ثمار الشام متبادلة أفقيًا مع استخدام وسادة تحمى الثمار.

ج- تتبادل كذلك رؤوس الخرشوف مع الأعناق عند التعبئة.

د- توجه عروش الجزر إلى داخل العبوة.

هـ- ترتب ثمار الباذنجان فى صفوف طويلة مع توجيه أعناق الثمار لأعلى.

و- تعبأ ثمار الطماطم إما بطريقة منتظمة تسمح بملء فراغ العبوة جيدًا وثبات الثمار لضمان عدم تحركها بالاهتزاز، وإما فى صوان ذات انخفاضات فى طبقات لا يزيد عددها عن مقدرة الثمار السفلى على تحمل الضغط الواقع عليها. ويتوقف ذلك على صلابة الثمار وطور النضج.

ز- تعبأ ثمار الكوسة فى ثلاث طبقات، مع وضع قصاصات ورق بينها؛ وذلك لضمان ثباتها فى مكانها.

ح- يوجد من الخضر ما يعبأ بتفريغ المحصول داخل العبوة حتى تمتلئ، ثم تهز العبوة حتى تأخذ الثمار أماكن ثابتة داخلها. ويستمر ذلك حتى وصول العبوة إلى وزن معين، كما هى الحال فى تعبئة البصل. والثوم، والبطاطس فى أجولة.

٧- يحسن دائماً تبطين العبوات لتقليل احتكاك الثمار بجسم العبوة؛ وبالتالي تقليل الأضرار الميكانيكية. ومن أهم المواد المستخدمة فى التبطين: ورق الكرافت، والبارشمنت، والزبدة، والكرتون المضلع الرفيع، والبلايوفيلم، والبوليثلين، والورق المحشو بالقطن.

٨- يراعى عند إغلاق العبوة أن يملأ الجزء المتبقى منها بقصاصات الورق.

٩- من الضرورى وضع بعض البيانات الخاصة؛ وذلك بطبعها على العبوة مباشرة، أو على بطاقة خاصة تلتصق على العبوة. على أن تشتمل هذه البيانات على اسم

المحصول، والرتبة، والعلامة التجارية، واسم المصدر وعنوانه، أو أحدهما، والوزن الصافي، ومكان الإنتاج، ورقم الرسالة المسلسل.

وفي مصر يشترط - في العبوات المعدة للتصدير - كتابة جميع البيانات السابقة الذكر باللغة العربية في حالة التصدير إلى الدول العربية، وبإحدى اللغتين: الإنجليزية أو الفرنسية في حالة التصدير إلى الدول الأخرى. ويشترط الكتابة بألوان خاصة للدرجات المختلفة، مع إعطاء الرموز (I و II) للدرجتين الأولى والثانية (عن الإدارة العامة للتدريب ١٩٧٣).

### وضع البالتات في المخازن

يتم رص أو "تستيف" stacking البالتات في المخازن بطريقة تسمح بأفضل استغلال للحيز التخزيني المتاح، وبحركة الهواء بصورة مناسبة ومتجانسة بين البالتات، وبسهولة الوصول إلى المنتج.

ويراهى في هذا الشأن، ما يلي:

١- جعل الرصات على مسافة ٨ سم من الحوائط الخارجية، مع زيادة تلك المسافة إلى ١٠-١٢ سم إذا كانت تلك الحوائط تتعرض للشمس. تسمح تلك المسافة بحرية حمل أية حرارة تنتقل من خلال الحوائط - مع الهواء - إلى ملفات التبريد دون مرورها على المنتج المخزن.

٢- ترك مسافة ٢٥ سم بين قمة الرصة وصواني تلقى الماء المتكثف على ملفات التبريد التي توجد أعلاها.

٣- ترك مسافة مترين بين الهواء البارد المدفوع من المبردة وبداية الرصة للسماح بتوزيع الهواء بشكل مناسب مع عدم تجمد المنتج الذي يوجد في الواجهة.

٤- ترك مسافة ٨ سم بين الأرضيات والرصة الأولى.

٥- ترك مسافة عمودية بعرض ١ سم بين العبوات المتجاورة في البالطة الواحدة.

٦- في حالة التخزين الحر بدون عبوات (in bulk) يجب ترك مساحة من

الأرضيات - بين أكوام المنتج المخزن - تبلغ نحو ٨٪-١٠٪ من المساحة الكلية (Wills وآخرون ١٩٩٨).



الفصل الثامن

التبريد الأولي

يجرى التبريد الأولي الأولي pre-cooling بغرض التخلص من حرارة الحقل field heat (خاصة عندما يكون الحصاد فى الجو الحار) لتقليل سرعة نضج وتدهور المحصول، خاصة وأن بعض الخضراوات والفاكهة الطازجة تتدهور خلال ساعة واحدة بعد الحصاد على ٢٦ م° بما يعادل تدهورها خلال أسبوع كامل على ١ م°، وخاصة إذا ما كان معدل تنفسها عالٍ بطبيعته (Rennie وآخرون ٢٠٠٣).

وتجرى عملية التبريد الأولي قبل التحميل على الشاحنات، أو بعد التحميل مباشرة. وتتراوح مدة العملية بين ٣٠ دقيقة و ٢٤ ساعة حسب الطريقة المتبعة.

وتختلف عملية التبريد الأولي عن التخزين المبرد فى أمرين،

- ١- يتم خفض درجة حرارة المنتج فى مدة وجيزة فى حالة التبريد الأولي، بينما قد يستلزم ذلك ٣-٥ أيام فى حالة مجرد وضع المحصول فى المخازن المبردة.
- ٢- تستعمل لأجل ذلك وسائل متنوعة ودرجات حرارة أكثر انخفاضاً من تلك المستخدمة فى التخزين العادى حتى تتم العملية بسرعة.

إن تبريد المنتجات الطازجة يثبط كل التغيرات البيولوجية التى تقلل من جودة المنتج، ومن أهم تلك التغيرات، ما يلى،

- ١- مظاهر الشيخوخة التى ترجع إلى النضج، والطرارة، والتغيرات فى القوام واللون.
- ٢- التغيرات الأيضية غير المرغوب فيها، وإنتاج حرارة التنفس.
- ٣- الفقد الرطوبى والذبول.
- ٤- التلف الذى يرجع إلى الإصابة بالبكتيريا والفطريات والخمائر.
- ٥- النمو غير المرغوب فيها، مثل تبرعم البطاطس.

إن من أهم وظائف التبريد التحكم فى معدل تنفس المنتج، وهى العملية التى تؤدى إلى انطلاق حرارة تنتج عن أكسدة السكريات والدهون والبروتينات فى خلايا المنتج؛ بما يعنى فقد مخزون الغذاء ونقص القيمة الغذائية، وفقدان المذاق، وسرعة التدهور. فضلاً عن النقص فى وزن المنتج الذى يمكن بيعه.

ومن الأهمية بمكان – المحافظة على سلسلة التبريد بعد تبريد المنتج أولياً حتى لا تتكثف الرطوبة على المنتج. وما يعنيه ذلك من زيادة فرصة الإصابة بالأعفان (Bachmann & Earles ٢٠٠٠).

### العوامل المؤثرة فى سرعة التبريد الأولى

تتوقف سرعة التبريد الأولى على العوامل الآتية:

- ١- الفرق فى درجة الحرارة بين المنتج ووسط التبريد.
- ٢- نوع وسط التبريد المستخدم.
- ٣- سرعة نفاذية البرودة خلال المنتج.

وتتحدد سرعة التبريد بما يسمى بمدة نصف التبريد half-cooling time، وهى المدة اللازمة لخفض الفرق فى درجة الحرارة بين المحصول ووسط التبريد إلى النصف. وتبقى هذه القيمة ثابتة خلال عملية التبريد الأولى، وهى مستقلة عن درجة حرارة المحصول الأولية، وتختلف باختلاف المحصول وطريقة التبريد الأولى المستخدمة.

ويجب أن يتبع التبريد الأولى دائماً بقاء المنتج بارداً أثناء الشحن والتخزين والتسويق، وكذلك بعد الشراء حتى الاستهلاك.

### التبريد الأولى أثناء الشحن

#### الشحن البحرى فى الحاويات المبردة

يجب تبريد المنتجات السريعة التعرض للتلف أولياً قبل تحميلها فى الحاويات المبردة. هذا .. إلا أن بعض مناطق الإنتاج لا يتوفر فيها بنية أساسية للتبريد. حيث

يعد التبريد أثناء الشحن البحري هو الوسيلة الشائعة الاستعمال. وذلك كما فى حالتى الموز والموايح المنتجة فى المناطق الاستوائية.

توفر الحاويات المبردة الهواء البارد من فتحات سفلية ويتحقق أسرع تبريد باستعمال عبوات تسمح بالتحرك الرأسى للهواء. مع رص العبوات بطريقة تسمح بمرور الهواء خلالها. ولذا .. يجب أن تحتوى الكراتين على فتحات علوية وسفلية، وألا تحتوى بداخلها على أى مواد تعبئة يمكن أن تعيق حركة الهواء من خلالها. كذلك يجب أن تغطى كراتين المنتج كل أرضية الحاوية لمنع الهواء البارد من التحرك بين البالتات دون المرور خلال المنتج ذاته. وإذا ما روعيت تلك الأمور فإن المنتج يمكن أن يستكمل تبريده فى خلال يوم واحد إلى يومين. وبغير ذلك يتأخر التبريد كثيراً وقد يصل المنتج دافئاً وبحالة سيئة.

### التبريد أثناء النقل فى الشاحنات

لا يجوز أبداً أن يُعتمد على الشاحنات كوسيلة للتبريد الأولى لأنه لا يتوفر فيها تيار كافٍ من الهواء البارد لأجل ذلك؛ فهو يكفى بالكاد للمحافظة على برودة المنتج المبرد أولياً بالفعل (عن Thompson ٢٠٠٤).

### التبريد الأولي فى غرف التبريد

تبريد الغرفة room cooling هو مجرد وضع المنتج فى مخزن مبرد. يكفى ذلك لسرعة تبريد المنتج إن وضع فى مواجهة مباشرة للهواء البارد. هذا إلا أن الكراتين وبالتات المنتجات تحد من التعرض المباشر للمنتج للهواء البارد؛ مما قد يعنى احتياج استكمال التبريد لعدة أيام. وعموماً .. فإن المنتجات المعبأة قد يُستكمل تبريدها فى خلال ٢٤ ساعة إذا ما كانت جوانب عبواتها بها فتحات بنسبة ٥٪ من مساحتها. ويجب أن تكون تلك الفتحات فى مواجهة بعضها البعض فى الباليتات، وعلى أن تترك مساحة ١٠-١٥ سم بين الباليتات المتجاورة. ولتحقيق تبريد الغرفة بكفاءة يجب أن تزود

حجرات التبريد بوسيلة لانسباب الهواء بتجانس خلالها بمعدل لا يقل عن ١٠٠ قدم مكعب (٢,٨٣٢ م<sup>٣</sup>) لكل طن من القدرة التخزينية للمنتج بالحجرة (Thompson\١٩٥٤).

وإلى جانب كون غرف التبريد (المخازن المبردة) تشكل جزءاً من محطات التعبئة فإنها قد تُقام على أرصفة الشحن؛ حيث يوضع بها المحصول لتبريده أولاً قبل شحنه. ويمكن إسراع التبريد الأولى بهذه الطريقة بخفض حرارة الهواء المستخدم في التبريد إلى صفر-٣ م°، إلى جانب الالتزام بالشروط التي أسلفنا بيانها.

وتصلح هذه الطريقة لتبريد جميع المحاصيل، وتعتبر هي الطريقة الوحيدة المتبعة - عادة - لتبريد البطاطس، والبصل، والثوم، كما يشيع استعمالها مع الموالح والتفاح المخزن في جو متحكم في مكوناته.

### التبريد الأولى بالثلج المجروش

إن تعبئة المنتجات مع الثلج المجروش أو رقائق الثلج تؤدي إلى سرعة تبريده أولاً مع المحافظة على حرارة المنتج منخفضة أثناء عمليات التداول التالية، كما يحافظ على بقاء الرطوبة النسبية مرتفعة حول المنتج، مما يقلل من الفقد الرطوبي؛ إلا أنه يعيب هذه الطريقة احتياجها إلى تكلفة إنشائية وأخرى أثناء التشغيل، واحتياجها إلى عبوات يمكنها تحمل التعرض المستمر للماء. هذا بالإضافة إلى ما يضيفه الثلج من وزن للعبوة، وما قد يسببه الثلج المذاب من مشاكل للمنتجات المجاورة له عند تواجد منتجات مختلفة معاً أثناء الشحن أو التخزين (Thompson ١٩٥٤).

وعلى الرغم من بساطة التبريد بهذه الطريقة وكونها من أقدم طرق التبريد الأولى. فإنه لم يعد مرغوباً فيها للأسباب التي أسلفنا بيانها. وعموماً.. فهي تناسب الخضرة الجذرية والورقية، وكذلك البسلة والأسبرجس والذرة السكرية، وما زالت مستعملة مع البروكولي.

أما الخضروات التالية فإنها تضرر جراء إضافة الثلج إليها.

الفراولة	الطماطم	الكوسة	الفاصوليا الخضراء
الخيار	الثوم	البامية	البصل
خس الرومين	الأعشاب		

(عن Boyette وآخرين ١٩٨٩).

إضافة الثلج للكراتين المعبأة كل على حدة:

إن أبسط طريقة للتبريد بالثلج هي إضافة كمية محدودة من الثلج المجروش يدوياً إلى قمة كل كرتونة معبأة بالمنتج، ولكن يعاب على هذه الطريقة عدم انتظام التبريد لأن الثلج يبقى - عادة - في مكانه الذي وضع فيه إلى حين ذوبانه. ونظراً لضرورة فتح كل كرتونة وإضافة الثلج إليها ثم إعادة إغلاقها. فإن هذه الطريقة لإضافة الثلج تعد بطيئة ومكلفة. ولقد أمكن ميكنة تلك الطريقة جزئياً باستعمال وسائل لدفع الثلج المجروش من خلال الفتحات التي توجد في قمة الكراتين مع استعمال سيور متحركة أو دُحروجات rollers لحركة الكراتين عليها.

إضافة الثلج على قمة البالتات:

يعرف إضافة طبقة من الثلج المجروش بسمك حوالي ٥-١٠ سم على قمة البالتات التي سبق تبريد المنتج فيها أولاً باسم top icing. يحدث ذلك - عادة - قبل تحرك الشاحنات الحاملة لتلك البالتات مباشرة.

هذا إلا أن هذه الطريقة لا تفيد سوى في منع حدوث زيادة كبيرة في درجة الحرارة داخل حمولة الشاحنة؛ لأن الثلج لا يكون له تأثير في التبريد سوى على الطبقة السطحية من المنتج؛ كما أن الماء المثلج الذي ينتج عن ذوبان الثلج يتسرب - عادة - من المسافات التي توجد بين الكراتين والبالتات دون أن يكون له تأثير كبير في تبريد المنتج ذاته (Boyette & Estes ١٩٩٢).

هذا .. ويتطلب خفض حرارة المنتج من ٣٥°م إلى ٢°م باستعمال الثلج إلى استخدام

كمية من الثلج تعادل ٣٨٪ بالوزن من المنتج المراد تبريده أولياً (Rennie وآخرون ٢٠٠٣).

ويفضل دائماً الاستعانة بآلات تصنيع الثلج المجروش عن كتل الثلج لأن الأخيرة أقل كفاءة في استهلاك الطاقة. ولكن يعاب على الثلج المجروش عدم إمكان تخزينه أو نقله؛ ذلك لأنه سريعاً ما يتحول إلى كتلة ثلجية؛ مما يجعل من الصعب استعماله. ولكن ما لم تكن الحاجة إلى الثلج المجروش مستمرة لفترات طويلة خلال العام، يصبح من الأوفر شراء كتل الثلج من المصانع.

يتعين دائماً تكسير وجرش كتل الثلج الكبيرة قبل استعمالها، حيث لا يجب أن يزيد قطرها عن السنتيمتر لئلا يمكنها التسرب من خلال الفجوات في العبوات، كما أن احتمالات إصابة المنتج بالأضرار الميكانيكية تزيد عند استعمال قطع الثلج الكبيرة عما يكون عليه الوضع عند استعمال القطع الصغيرة.

وجدير بالذكر أن إضافة الثلج على قمة البالتات أو الكراتين المعبأة بمنتج تم تبريده بالفعل تعد طريقة فعالة لتأكيد استمرارية تبريد المنتج لحين وصوله إلى مكان التسويق. هذا .. إلا أن استمرار التبريد بهذه الطريقة لا يوصى به لعدد كبير من المنتجات الطازجة مثل الفراولة التي لا تتحمل الابتلال، والطماطم والكوسة اللتان لا تتحملان التعرض لحرارة قريبة من درجة التجمد.

ومن أمثلة الخضراوات التي يمكن استمرار تبريدها بالثلج بنجاح: الأسبرجس، والبروكولي، والكنطلوب، والجزر. والقنبيط، والبصل الأخضر، والخضر الورقية، والذرة السكرية (Boyette & Estes ١٩٩٢).

### التبريد الأولي بالثلج المخلوط مع الماء المثلج

يستخدم مخلوط الثلج مع الماء ice slurry في عملية التبريد الأولي؛ بهدف توصيل الثلج إلى الفراغات المحيطة بالمنتج بدلاً من بقاءه فوق السطح كما في حالة الـ top

icing. ويتكون الملائ (المخلوط المتدفق) - عادة - من ٦٠٪ ثلج مجروش ناعم، و ٤٠٪ ماء. ويضاف إليهما ٠.١٪ كلوريد صوديوم لتخفيض درجة ذوبان الثلج. هذا .. إلا إنه قد تستعمل نسب أخرى من الثلج واء (Thompson ٢٠٠٣).

يفيد اتباع هذه الطريقة - خاصة - مع المنتجات الكثيفة التواجد داخل عبواتها والتي يصعب تبريدها بالدفع الجبرى للهواء. حيث يمكن أن يفيد معها إما إضافة الثلج على الباليئات top icing، أو إضافة الثلج مع الماء liquid icing (أو slush icing). ففى الحالة الأولى يضاف الثلج المجروش على قمة المنتج يدوياً أو آلياً. أما فى الحالة الثانية فإن خليط من الماء مع الثلج يتم حقنه داخل عبوات المنتج من خلال فتحات التهوية دونما تحريك للعبوات من الباليئات أو فتحها. تفيد هذه الطريقة - خاصة - مع المنتجات التى يرتفع فيها معدل التنفس مثل البروكولى، والذرة السكرية. ويكفى - عادة - كيلوجرام واحد من الثلج لخفض حرارة ثلاثة كيلوجرامات من المنتج من ٢٩ إلى ٤م (عن Boyette وآخرين ١٩٨٩).

وتلك هى الطريقة المثلى عند الحاجة لتبريد كمية كبيرة من المنتج فى وقت قصير. ولا تتطلب هذه الطريقة سوى آلة لجرش الثلج، وتانك مزود بخلاط لاستيعاب الثلج المخلوط بالماء، ومضخة، وخرطوم لإيصال الثلج السائل بالكراتين من خلال ما يوجد بها من فتحات.

تجمع هذه الطريقة بين مميزات إضافة الثلج للكراتين المعبأة والتبريد الأولي بالماء البارد. ذلك لما للماء المثلج فى المخلوط من تأثير فى سرعة التبريد. حيث يعطى حوالى ٤٠٪ من حاجة التبريد بسرعة كبيرة. بينما يُستكمل باقى التبريد مع ذوبان الثلج داخل الكراتين (Boyette & Estes ١٩٩٢).

### التبريد المائى

يتم التبريد المائى Hydrocoolin بالغمر فى الماء المثلج، أو بإمرار المنتج تحت رذاذ

من الماء المثلج. وهي من أكفاء وأسرع طرق التبريد الأولى، لكن يشترط لنجاحها أن تكون درجة حرارة الماء قريبة من الصفر المئوي، وأن يظل المحصول معرضاً للماء لفترة كافية حتى يتم تبريده. ومما يقلل من كفاءة هذه الطريقة ألا يكون الماء المستخدم بارداً بالقدر الكافي، أو ألا يتعرض المحصول له لمدة كافية.

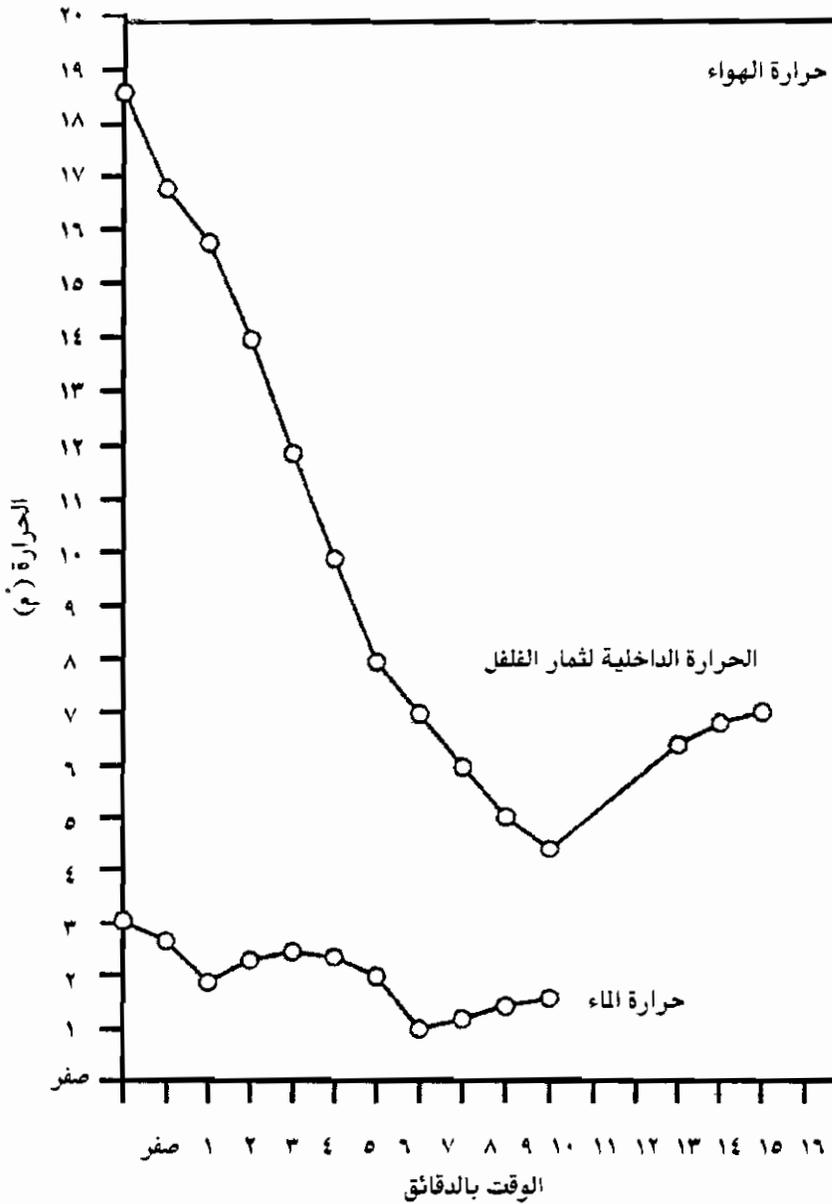
ومن مزايا هذه الطريقة: سرعة التبريد (شكل ٨-١)، وزيادة نضارة الخضروات الذابلة، ولكن يعيبها المساعدة على انتشار الكائنات المسببة للعفن في حالة إعادة استخدام الماء المثلج. وتصلح هذه الطريقة لتبريد كل من: الجزر، والفجل، والكرفس، والذرة السكرية، والخرشوف، والهندباء، والبطيخ، والبنجر، والبصل الأخضر، والسبانخ والأسبرجس. وبصفة عامة.. فهي تناسب الخضر الجذرية والساقية والورقية والزهرية والكتالوب.

ولا يناسب التبريد الأولى باستعمال الماء البارد المنتجات التي لا يمكنها تحمل الابتلال، مثل البطاطس، والبطاطا، والبصل، والثوم.

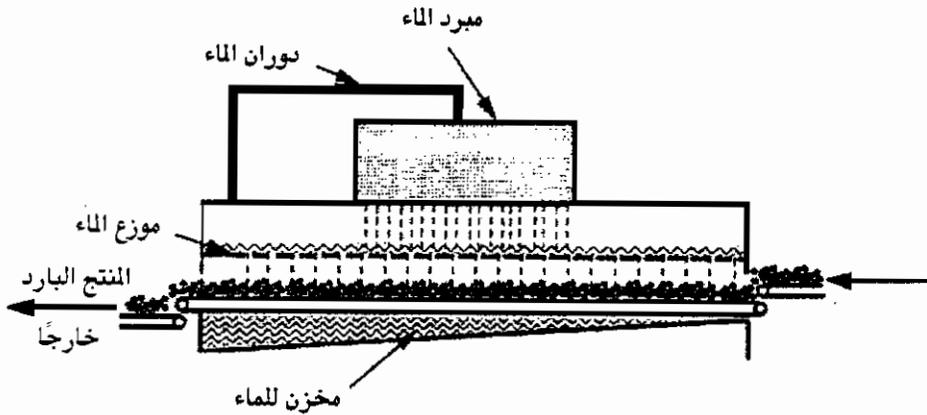
ويعد الماء البارد أسرع خمس مرات من الهواء في سرعة التخلص من الحرارة، ولكنه أقل كفاءة من الهواء البارد في استخدام الطاقة (Stewart & Couey ١٩٦٣، و Lutz & Hardenburg ١٩٦٨، و Boyette وآخرون ١٩٨٩).

ويجرى التبريد الأولى مائياً hydrocooling بتحرك ماء بارد حول المنتج إما رشاً (شكل ٨-٢)، وإما بغمر المنتج مباشرة في الماء البارد (شكل ٨-٣).

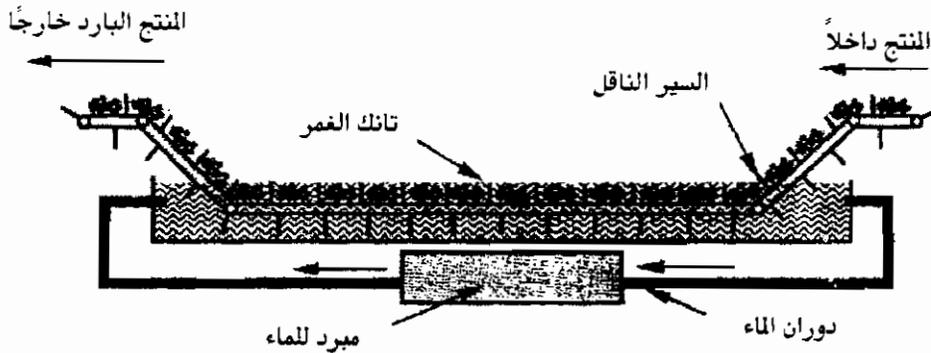
يمكن أن يتم التبريد بطريق الرش shower coolers بإمرار المنتج على سير متحرك تحت "دش" من الماء البارد. كما قد يستعمل السير المتحرك وهو مغمور في ماء بارد بما عليه من منتج، لكن طريقة الغمر لا تناسب إلا المنتجات التي لا تطفو على سطح الماء، كما أنها أقل كفاءة من طريقة "الدش" لأن حركة الماء حول المنتج تكون أقل فيها مما في طريقة رش الماء (Thompson ٢٠٠٤).



شكل (٨-١): معدل الانخفاض في حرارة التجويف الداخلي لثمار الفلفل الحلو مع الوقت مقارنة بدرجة حرارة ماء التبريد (Thompson ٢٠٠٣).



شكل (٨-٢): رسم تخطيطي لجهاز تبريد أوّلي بطريقة الرش المستمر بالماء البارد.



شكل (٨-٣): رسم تخطيطي لجهاز تبريد أوّلي بطريقة الغمر المستمر في الماء البارد.

يعد الماء وسطاً أفضل من الهواء لانتقال الحرارة؛ ولذا .. فإن التبريد الأوّلي المائي يكون أسرع مما في طريقة الدفع الجبري للهواء. ويمكن أن يتم تبريد المنتجات ذات الأحجام الثمرية الصغيرة - مثل الكريز - في خلال عشر دقائق تحت "الشدش البارد" على السير المتحرك، بينما يستغرق تبريد ثمار الكنتالوب بين ٤٥، و ٦٠ دقيقة بنفس النظام، وتزداد مدة التبريد عن تلك الحدود في حالة الغمر في الماء البارد مع السير المتحرك.

يجب أن تسمح عبوات المنتج - في حالة التبريد الأولي المائي - بالحركة الرأسية للماء. كما يجب أن تتحمل تلك العبوات التعرض للماء. وأنسب العبوات لذلك البلاستيكية والخشبية. وإذا ما استعملت العبوات الكرتونية فإنها يجب أن تكون معاملة بالشمع لكي تتحمل ملامسة الماء لها.

هذا .. ولا يتسبب التبريد الأولي المائي في أي فقد رطوبي من المنتج؛ بل إنه يمكن أن يكسب المنتج ماءه الذي يكون قد فقده بعد الحصاد وحتى التبريد. ويُعاب على هذه الطريقة أن ماء التبريد يعمل على انتشار الكائنات المسببة للعفن؛ ولذا يتعين أن يكون الماء المستعمل صالح للشرب وأن يعامل بالكور للحد مما قد يتواجد فيه من كائنات مسببة للعفن (Thompson ٢٠٠٤).

### وتتميز طريقة التبريد الأولي بالماء البارد بما يلي،

- ١- سرعة التبريد.
- ٢- تسمح بزيادة معدلات الحصاد حسب متطلبات الأسواق.
- ٣- تسمح بتداول كميات كبيرة من المنتج. كما يمكن تصميم وحدات صغيرة لتبريد الكميات المحدودة.
- ٤- تعتبر أقل طرق التبريد الأولي من حيث التكلفة الإنشائية.

ولكن توجد معضلاته لاتباع هذه الطريقة كما يلي:

- ١- لا تستعمل إلا مع المنتجات التي لا تكون حساسة للبلل؛ علمًا بأن كثيرًا من الأمراض تزداد سرعة انتشارها في وجود الرطوبة الحرة.
- ٢- تكون غالبًا أقل كفاءة في استهلاك الطاقة عن غيرها من طرق التبريد الأولي.
- ٣- توجد قيود على أنواع العبوات التي يمكن استعمالها مع التبريد الأولي بالماء البارد. وكذلك على طريقة تستيفها (Boyette وآخرون ١٩٩٢).

يمكن أن يحتوي ماء التبريد المثلج على كائنات دقيقة ضارة سواء أكان ضررها على المنتج أم على الإنسان. ويمكن التخلص من الأطوار الخضرية لتلك الكائنات بكلورة

الماء بتركيز ٥٥-٧٠ جزء في المليون، ولكن الأطوار الجرثومية لهذه الكائنات تزداد صعوبة قتلها بمقدار ١٠ إلى ١٠٠٠ ضعف الأطوار الخضرية ولا يفيد الكلورين في التخلص منها.

### بمضن التوضير في الطاقة عند استعمال وحدات التبريد بالماء المثلج بمراحلة ما يلي،

١- عزل كل الأسطح الباردة جيداً وجعل وحدات التبريد بعيدة عن التعرض للرياح وأشعة الشمس.

٢- وضع ستائر بلاستيكية مدلاه عند مدخل ومخرج المبردات العادية للحد من اكتساب ماء التبريد للحرارة جراء تلامسه مع الهواء الخارجى الدافئ.

٣- تشغيل وحدات التبريد بأقصى قدرتها ودونما انقطاع لأن عدم مراعاة ذلك يزيد دون مبرر من استهلاك الطاقة.

٤- استعمال تانك مناسب الحجم لاستيعاب الماء فى وحدات الغمر، لأن الحجم الزائد يعنى فقداً للطاقة التى استعملت فى تبريد الماء عندما يتم التخلص من الماء المستعمل فى نهاية الأمر.

توجد فى معظم وحدات التبريد بالماء البارد hydrocoolers مضخة تحرك الماء المثلج ليتلامس مع المنتج الدافئ. ثم يُجمع الماء ثانية ليعاد تبريده وضخه مرة أخرى. ويتم تبريد الماء بالاستعانة بمبردات عادية. هذا .. إلا أن بعض وحدات التبريد تعتمد على الثلج فى تبريد الماء، حيث يتم نقل كتل كبيرة من الثلج - قد يصل وزن الواحدة منها إلى ١٥٠ كجم - من مصانع الثلج إلى محطة التعبئة، حيث تُسحق وتضاف حسب الحاجة إلى تانك من الماء متصل بوحدة التبريد الأولى. وتعد هذه الطريقة فى التبريد أقل فى التكلفة الإنشائية وأنسب للاتباع عند محدودية كمية المنتج الذى يراد تبريده: أو قصر فترة موسم الحصاد، ولكن يتعين عند الاعتماد عليها التأكد من وجود مصدر للثلج موثوق فى استمراريته.

وأكثر أنواع العبوات استخداماً عند استعمال الماء البارد فى التبريد الأولى هى الكراتين

المشعة waxed fiberboard cartons. ويتعين أن توجد بتلك الكراتين فتحات بالقمة والقاع لكي تسمح بمرور الماء المثلج خلالها عندما ترتب في بالتات.

إن من بين أنواع المبردات بالماء الهارده hydrocoolers ما يلي:

#### ١- المبردات التقليدية conventional hydrocoolers :

تسمح المبردات التقليدية للمنتج - سواء أكان في كرتونات، أم في الصحارات الكبيرة bins - بالمرور على سير متحرك تحت دش من الماء المثلج. ويكون تحرك المنتج - عادة - بسرعة حوالي ٣٠ سم في الدقيقة ولكن يمكن تعديل هذه السرعة. ويتحدد - عادة - موديل المبرد بطول سير التبريد؛ فيقال - مثلاً - أنه ١٠ أقدام؛ بمعنى أن المنتج يخضع للتبريد فيه لمسافة ١٠ أقدام على الرغم من أنه قد يكون بطول ٢٠ قدماً. علماً بأن الفارق بين الطولين يخصص لكل من التزود بالمنتج، وإخراجه. وكلما ازداد طول جزء السير الذي يحدث فيه التبريد كلما ازدادت كفاءة المبرد. وتوجد مبردات يصل فيها طول السير الذي يحدث فيه التبريد إلى ٥٠ قدماً ويصل عرضه إلى ثمانى أقدام. هذا .. إلا أنه لا يكفي تحديد قدرة المبرد على التبريد بمجرد طول السير دون أن يؤخذ في الاعتبار سرعته، وعرضه. وحرارة ماء التبريد، ومعدل تدفقه، ومدى الانخفاض المطلوب في حرارة المنتج. ويتدفق الماء المثلج على السير المتحرك - عادة - بمعدل ٢٠ جالون (٧٥,٧ لتر) في الدقيقة لكل قدم<sup>٢</sup> (٠,٠٩٢٩ م<sup>٢</sup>) من مساحة التبريد بالسير. فمثلاً إذا كان السير الذي يحدث فيه التبريد بطول ٢٠ قدم (٦,٠٩٦ م) وبعرض ٤ أقدام (١,٢٢ م) أى بمساحة ٨٠ قدم مربع (٧,٤٣ م<sup>٢</sup>) فإنه يحتاج إلى ضخ الماء المثلج بمعدل ١٦٠٠ جالون (٦٠٥٦ لتر) في الدقيقة. ونظراً لضخامة هذه الوحدات فإنه يتعين وجود منتج كافٍ لتشغيلها بكفاءة لفترات طويلة من العام.

#### ٢- مبردات الوحدات batch hydrocoolers :

تحتوى مبردات الوحدات على مكان مغلق تبرد فيه كمية من المنتج وهي فى بالتات. تُحمل تلك البالتات باستعمال رافعة شوكية حيث يغلق مكان التبريد بعد ذلك ليتدفق عليه كميات كبيرة من الماء المثلج. حيث تجمع من أسفل ويعاد تبريدها واستعمالها.

وغالبًا .. لا يمكن لهذا النوع من المبردات تبريد أكثر من بالقة واحدة في وقت واحد، ولكن يمكن تصميم وحدات يمكنها تبريد حتى ثمانى بالقات فى المرة الواحدة. وعمومًا فهذه المبردات أقل تكلفة وتناسب صغار المزارعين.

ومن أهم عيوب المبردات العادية ومبردات الوحدات عدم تجانس عملية التبريد نظرًا لعدم تجانس توزيع الماء المثلج أثناء مروره على المنتج؛ مما يتسبب فى ضعف التبريد فى أجزاء منه. وللتغلب على هذه المشكلة تزود بعض مبردات الوحدات بمروحة عالية القدرة على جذب رذاذ دقيق من الماء المثلج خلال العبوات، علمًا بأن جذب المراوح للماء يكون بطريقة أكثر تجانسًا عما يحدث بتأثير الجاذبية وحدها. وتعرف هذه الوحدات باسم hydro-air cooling.

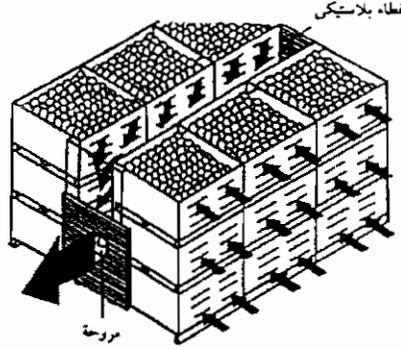
### ٣- مبردات الغمر immersion hydrocoolers :

تكون مبردات الغمر كبيرة وغير عميقة : ومستطيلة تسمح باستيعاب ماء بارد متحرك. توضع عبوات المنتج الدافئ فى أحد نهايتى حوض التبريد وتتحرك بسير متحرك مغسور فى الماء إلى النهاية الأخرى، حيث ترفع. ويمكن الاستفادة بثلج مسحوق للمحافظة على برودة الماء، وبمضخة للمحافظة على حركة الماء. وتتحدد مدة بقاء المنتج فى الماء بحرارته الابتدائية ومقدار الخفض المطلوب فى حرارته.

وتزيد كفاءة هذا المبرد بمقدار الضعف عن كفاءة تبريد النوعين الآخرين، بسبب ملامسة الماء البارد التامة لكل منتج (Boyette وآخرون ١٩٩٢).

### التبريد الأولى بطريقة السريان الجبرى للهواء

يتشابه التبريد بطريقة السريان أو الدفع الجبرى للهواء Forced Air Cooling مع الطريقة الأولى من حيث إجرائها على الخضر المعبأة والموضوعة فى غرف ثابتة؛ وتختلف عنها فى أن الهواء يتم توجيهه فى مسارات محددة يتخلل خلالها العبوات التى يتم رصها بطريقة معينة (شكل ٨-٤). وهى تعطى تبريدًا سريعًا جدًا. بالمقارنة بالطريقة الأولى.



شكل (٨-٤): مسار الهواء في التبريد الآلي بطريقة السريان الجبرى للهواء (عن Wills وآخرون ١٩٨١).

### تتوقف فترة التبريد الأولى بنظام الدفع الجبرى للهواء على العوامل التالية.

- ١- التعبئة والمواد التي تصنع منها العبوات.
  - ٢- تصميم الكراتين ومساحة التهوية الكلية بها.
  - ٣- نظام "تستيف: ورص الكراتين.
  - ٤- معدل تدفق الهواء وتصميم نفق التبريد.
  - ٥- قدرة الثلجات على التبريد ونظام التبريد المستخدم فيها.
- وللمقارنة .. فإن الفراولة المعبأة في الكراتين القياسية يمكن أن تبرد بنظام الدفع الجبرى للهواء حتى صفر إلى  $-1^{\circ}\text{C}$  في حوالى ساعة واحدة إلى ساعة ونصف الساعة. بينما يمكن تبريد الكنتالوب المعبأة في كراتين تحتوى على فتحات تهوية بنسبة ٤٪- ٥٪ من مساحة جدرانها إلى  $-1^{\circ}\text{C}$  إلى  $-3^{\circ}\text{C}$  فى نحو ساعتين ونصف إلى ثلاث ساعات (Tator ١٩٩٧).

### يتميز التبريد الأولي بالدفع الجبرى للهواء بما يلى:

- ١- تقصير الفترة التي تضى لحين تبريد المحصول؛ بما يعنى تقليل التدهور الذى يصاحب الارتفاع فى حرارته.

٢- تقصير فترة عملية التبريد؛ بما يعنى زيادة كفاءة الاستفادة من وحدات التبريد ذاتها.

٣- يمكن اتباع تلك الطريقة فى تبريد عدد متنوع من المنتجات فى عبوات مغلقة دونما حاجة إلى بلها أو إخضاعها لعمليات تداول إضافية.

٤- تكون هذه الطريقة أكثر كفاءة فى استهلاك الطاقة عن التبريد فى غرف التبريد عندما يُراد تبريد كمية كبيرة من المنتج.

٥- يمكن تحويل حجرة تبريد مبردة مزودة بوحدات تبريد جيدة إلى وحدات تبريد بالدفع الجبرى للهواء بقدر يسير من الاستثمار فى المراوح (Boyette وآخرون ١٩٨٩).

**مما .. ويعرضه طرازان من أجهزة التبريد المستخدمة فى المازن المبردة، ومع التبريد الأولى بطريقة الدفع الجبرى للهواء، هما:**

١- طراز الملف المبتل wet spray deck style.

٢- طراز الملف الجاف dry-coil high humidity.

لكل من الطرازين مميزات وعيوبه، ولكن طراز الملف الجاف هو الأكثر انتشاراً (Tator ١٩٩٧).

ونلقى مزيداً من الضوء على طرازى أجهزة التبريد فى الفصل العاشر.

لا يمكن الاعتماد على المراوح التى تدفع الهواء خلال ملفات التبريد فى الحجرات المبردة لأجل التبريد بطريقة الدفع الجبرى للهواء. فهذه المراوح لا تكون كبيرة بالقدر الكافى، ولا يتناسب مكانها مع عملية التبريد الأولى. كذلك فإن الهواء الخارج من الملفات مباشرة يكون شديد البرودة ولا يجوز استعماله - مباشرة - فى عملية التبريد الأولى؛ وإنما يلزم خلطه أولاً بالهواء الدافئ - نسبياً - الموجود فى باقى أجزاء الغرفة؛ بما يعنى الحاجة إلى مراوح إضافية لتحريك الهواء خلال المنتج. ولتحقيق أفضل توزيع للحرارة فإن تلك المراوح يجب أن تسحب - لا أن تدفع - الهواء خلال المنتج.

ولأن الهواء يُجبر على أن يمر خلال عبوات المنتج بسبب الفرق فى ضغط الهواء بين

جانبي تلك العبوات، فإن يكون من الضروري أن تكون العبوات ممثلة جيداً، وأن تكون مرصوفة بطريقة تكون معها الفجوات والفتحات في حدها الأدنى: لأن الهواء يمر خلالها بسرعة أكبر مما يمر بها من خلال المنتج، مما يتطلب زيادة فترة التبريد. كذلك يجب الاكتفاء بصف واحد من البالتات بعرض ٩٠-١٢٠سم لصعوبة مرور الهواء من خلال صفيين من البالتات مع استعمال مراوح قوية جداً (Boyette وآخرون ١٩٨٩).

**ومن أهم ما تجب ملاحظته بشأن المراوح المستخدمة في الدفع الجبري للهواء البارد، ما يلي:**

- ١- يجب أن تكون المروحة أو المراوح المستعملة قادرة على سحب الهواء بمعدل ٢,٥-٣,٤ م<sup>٣</sup> في الساعة لكل كيلوجرام واحد من المنتج المراد تبريده عند حد أدنى لضغط الهواء قدره ٢٥,٤-٣٨,١ مم ماء).
- ٢- يجب أن تكون المروحة أو المراوح المستعملة مصممة بسرعات مختلفة يمكن التحكم فيها لتناسب مختلف المنتجات. وسرعة التبريد أثناء دورات التبريد.
- ٣- يمكن استعمال مراوح إضافية لتوجيه الهواء الخارج من النفق نحو ملفات التبريد.
- ٤- يجب تصميم دفع الهواء بحيث لا يزيد الارتفاع في درجة حرارة الهواء الخارج من النفق عن الهواء الداخل فيه عن ١٠,٥-٢,٠ م على الأكثر.
- ٥- يجب أن يتخلل الهواء الداخل إلى النفق والخارج منه كل الكراتين بالنفق حتى لا يحدث تفاوت كبير في حرارة المنتج بها.
- ٦- يجب أن يكون النفق واسعاً بقدر يسمح بزيادة سرعة الهواء عن ٣٠٠ متر في الدقيقة؛ ذلك لأن السرعة العالية تسبب عدم تجانس توزيع الهواء وعدم تجانس الضغط في الأجزاء المختلفة من النفق.

إن فترة التبريد الأولى التي تلزم عند اتباع طريقة الدفع الجبري للهواء تتحدد بكل من سرعة وحجم تيار الهواء البارد وقطر ثمار المنتج الذي يُراد تبريده. وغالباً ما تعمل هذه التبريدات بمعدل لتر واحد من الهواء لكل كيلوجرام واحد من المنتج في الثانية (حوالي قدم

مكعب من الهواء لكل رطل من المنتج في الدقيقة) بمدى يتراوح بين ٠.٥ إلى ٢.٠ لتر لكل كيلوجرام في الثانية.

وبمعدل لتر واحد من الهواء البارد المدفوع لكل كيلوجرام من المنتج في الثانية يلزم لتبريد محصول مثل العنب حوالى ساعتين، بينما يلزم لتبريد الكنتالوب – الأكبر حجماً – أكثر من خمس ساعات.

يجب أن تحتوى جوانب الكراتين على فتحات بجدرانها بنسبة حوالى ٥٪ من مساحة الجدران؛ لتسمح بمرور الهواء من خلالها بحرية دون أن يحدث انخفاض كبير لضغط الهواء بداخلها. أما مواد التعبئة الداخلية فإنه يجب اختيارها بحيث لا تؤثر كثيراً على تحرك تيار الهواء من خلال الكراتين.

يتسبب الدفع الجبرى للهواء فى فقد بعض الرطوبة من المنتج أثناء تبريده، وقد يكون هذا الفقد ضئيلاً جداً فى المنتجات التى يقل فيها كثيراً معدل النتح مثل ثمار الموالح، وقد يصل إلى نسبة يعتد بها من الوزن الأسمى للمنتج فى المنتجات التى يرتفع فيها معدل النتح. ويرتبط الفقد الرطوبى خطياً مع الفرق بين درجتى الحرارة الابتدائية والنهائية للمنتج؛ وبذا .. تؤدى الحرارة الابتدائية العالية للمنتج على زيادة الفقد الرطوبى عما لو كان المنتج ذا حرارة منخفضة – نسبياً – ابتداءً. ويمكن خفض الفقد الرطوبى بتعبئة المنتج فى أكياس أو لفة بالبلاستيك ولكن ذلك يتطلب زيادة فترة التبريد.

تعد طريقة الدفع الجبرى للهواء أقل طرق التبريد الأولى كفاءة فى استهلاك الصاقة. ولكنها أكثر الطرق شيوعاً نظراً لصلاحيتها لمدى واسع من المنتجات ونظم التعبئة، ويمكن تجهيز حجرات التبريد القائمة بوحدات صغيرة منها (Thompson ٢٠٠٤).

ونظراً لأن الدفع الجبرى للهواء يعمل على زيادة فقد المنتج لبخار الماء؛ ومن ثم ذوبله وفقدانه لجودته، فإنه يتعين المحافظة على رطوبة نسبية عالية تتراوح بين ٩٠٪ و ٩٨٪ فى المخازن المبردة إذا ما تركت فيها المنتجات المبردة ولو لساعات قليلة قبل شحنها.

وإذا ما كان الماء المتكثف على ملفات التبريد ينصرف على الخارج فإن الرطوبة النسبية داخل الغرف 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  $6^{\circ}\text{C}$  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 بلل 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 أولاً 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).

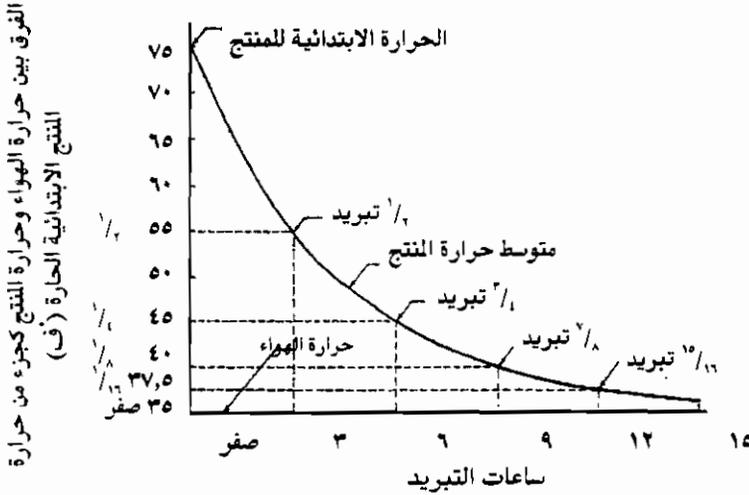
جدول (٨-١): حرارة المنتجات بعد ٢٥-٣٠ دقيقة من التبريد تحت تفريغ عند ٠,٤-٤,٦ ملليمتر زئبق، مع حرارة مكثف قدرها ١,٧ إلى صفر م، وحرارة ابتدائية للمنتج قدرها ٢٠-٢٢,٥ م (عن Barger ١٩٦٣).

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

## سرعة التبريد الأولى

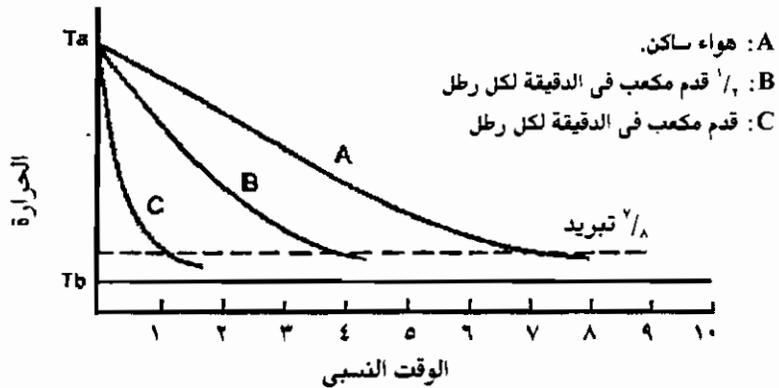
إن سرعة التبريد ترتبط بالفرق الحرارى بين حرارة الوسط وحرارة المنتج. وفى البداية عندما يكون المنتج دافئاً فإن الحرارة تنخفض بسرعة، ولكن تنخفض سرعة التبريد بعد ذلك مع انخفاض حرارة المنتج. وتتبع حرارة المنتج أثناء تبريده المنحنى المبين فى شكل (٨-٥).

يعتبر المنتج نصف مبرد عندما تنخفض حرارته بمقدار نصف الفرق بين حرارته الابتدائية وحرارة وسط التبريد. وبعد مرور فترة نصف تبريد أخرى يعتبر المنتج مبرداً بمقدار ثلاثة أرباع المستهدف ويكون تبريد المنتج مستكماً - عادة - بعد تبريده بمقدار سبعة أثمان أو  $\frac{1}{11}$  من المستهدف (عن Thompson ٢٠٠٤).



شكل (٨-٥): منحنى الانخفاض الحرارى للمنتج مع الوقت أثناء التبريد الأولى. تمثل الكسور الاعتيادية المبينة على المنحنى الجزء من اكتمال التبريد المتحصل عليه، والذي يحسب بقسمة الفرق بين حرارة المنتج الفعلية وحرارة الهواء فى المبرد على الفرق بين حرارة المنتج الابتدائية وحرارة الهواء (عن Brecht ٢٠٠٣).

تزداد كثيراً الفترة التى تلزم لتبريد المنتج إذا ما ترك ساكناً فى الحجرات المبردة عما فى حالة الدفع الجبرى للهواء البارد. كما تقصر الفترة اللازمة لاكمال التبريد بزيادة معدل الدفع الجبرى للهواء (شكل ٨-٦).



شكل (٨-٦): فترة التبريد الأولى التي تلزم عند اختلاف معدل سريان الهواء.

إن معدل التبريد - الذي يعبر عنه انحدار المنحنى - يقل كلما اقتربت حرارة المنتج من حرارة هواء الغرفة.

وتقارن سرعة التبريد لعدد من طرق التبريد الأولى بمقارنة الوقت الذي يلزم لخفض حرارة اللب الداخلى للمنتج إلى ⅛ الفرق بين الحرارة الابتدائية للمنتج ( $T_a$ ) وحرارة هواء غرفة التبريد ( $T_b$ ). وباتباع هذه الطريقة كأساس للمقارنة .. نجد في شكل (٨-٦) أن هذا الوقت يزيد في حالة التبريد في الغرف بساكن من ٧ مرات الوقت الذي يلزم بطريقة الدفع الجبرى للهواء بمعدل قدم مكعب واحد في الدقيقة لطل رطل من المنتج (Boyette وآخرون ١٩٨٩).

### مقارنة بين طرق التبريد الأولى

يعطى جدول (٨-٢) مقارنة بين طرق التبريد الأولى (عن Thompson ٢٠٠٤).  
 جدول (٨-٢): مقارنة بين طرق التبريد الأولى.

تبريد	الرش	التبريد	الدفع الجبرى	المنتج	
الغرفة	بالتلج	بالماء	بالتبريد	للغذاء	
			المائى		
١٠٠-٢٠	٠,٣-٠,٠١	٢,٠-٠,٣	٢,٠-٠,٣	١٠-١	الوقت اللازم للتبريد (ساعة)
٢,٠-٠,١	غير معلوم	غير معلوم	٤,٠-٢,٠	٢,٠-٠,١	الفقد الرطوبى من المنتج (%)

تابع جدول (٨-٢).

المنتج	المنجج	المنجج	التبريد بالتفريغ	التبريد بالماء	الرش بالتفريغ	التبريد بالتفريغ	المنجج
ملاسة الماء للمنتج	لا	لا	نعم	لا	نعم	نعم ما لم يكن مكيفاً	لا
احتمالات التلوث الميكروبي	منخفضة	منخفضة	عالية	عالية	منخفضة	منخفضة	منخفضة
التكلفة الإنشائية	منخفضة	منخفضة	متوسطة	متوسطة	منخفضة	عالية	منخفضة
كفاءة استخدام الطاقة	منخفضة	منخفضة	عالية	عالية	منخفضة	منخفضة	منخفضة
الحاجة إلى عبوات مقاومة للماء	لا	لا	نعم	لا	نعم	نعم	لا
القابلية للنقل من مكان لآخر	أحياناً	أحياناً	نادرة	نادرة	نادرة	شائعة	شائعة
إمكانية التبريد في خط التعبئة والتداول	نادرة	نادرة	نعم	لا	لا	نادرة	نادرة

### تقسيم الخضروات حسب طرق التبريد الأولى التي تناسبها

تُقسم الخضروات – حسب طرق التبريد الأولى المناسبة لها – كما يلي:

#### أولاً: الخضر الورقية والساقية الغضة والزهرية

تضم هذه المجموعة ما يلي:

١- الخضر الورقية: الخس، والكرنب، والكرنب الصيني، وكرنب بروكسل، والكرفس، والروبارب، والسبانخ، والسلق، والكيل، والهندباء، والبقدونس، والبصل الأخضر.

٢- الخضر الساقية الغضة: الأسبرجس، وكرنب أبو ركية، والفينواليا.

٣- الخضر الزهرية: الخرشوف، والبروكولي، والقنبيط.

#### وتتبع مع هذه الخضروات طرق التبريد الأولى التالية:

١- التبريد بالتفريغ: يناسب خس الرؤوس ذا الأوراق الغضة السهلة التقصف

Crisphead، والخس الورقي، والسبانخ، والقنبيط، والكرنب الصيني، والكرنب وغيرها من الخضراوات الورقية.

- ٢- التبريد بالتفريغ مع البيل بالماء: يناسب الكرفس وغيره من الخضراوات الورقية.
- ٣- التبريد المائي: يناسب الخس الورقي، والكرفس، والسبانخ، والبقدونس، والبصل الأخضر وكرنب بروكسل.
- ٤- التبريد بالثلج داخل العبوات: يناسب البروكولي، والسبانخ، والبقدونس، والبصل الأخضر وكرنب بروكسل.
- ٥- التبريد في غرف التبريد: يناسب الخرشوف والكرنب.
- ٦- التبريد بطريقة السريان الجبري للهواء: يناسب القنبيط بصفة أساسية، كما يستعمل إلى درجة محدودة، مع الخضراوات الساقية وبعض الخضراوات الورقية.

### ثانياً: الخضراوات الدرنية والبصلية

تضم هذه المجموعة ما يلي:

- ١- الخضراوات الدرنية: البنجر، والجزر، والفجل، وفجل الحصان، والجزر الأبيض، واللفت، والبطاطا، والكاسافا.
- ٢- الدرناوات: البطاطس، والطرطوفة، واليام.
- ٣- الكورمات: القلقاس.
- ٤- الأبصال: البصل والثوم.

### وتتبع هذه الخضراوات طرق التبريد الأولى التالية

- ١- التبريد المائي: يناسب البنجر، والجزر، والفجل، وفجل الحصان، والجزر الأبيض، واللفت، ويستعمل - كذلك - مع البطاطس في الجو شديد الحرارة.
- ٢- التبريد في غرف التبريد: يناسب لبطاطس، والبصل، والثوم، والبطاطا، والكاسافا، والطرطوفة، واليام، والقلقاس.
- ٣- التبريد في عربات الشحن المبردة: يناسب البطاطس التي تشحن في الجو الحار.

٤- التبريد بطريقة السريان الجبرى للهواء: يناسب البطاطس والبصل.

### ثالثاً: الخضر الثمرية

تضم هذه المجموعة ما يلى:

١- الخضر ذات الثمار غير المكتملة التكوين: البقوليات (فاصوليا الليما، و الفاصوليا العادية الخضر، والبسلة الخضر، واللوبيبا الخضر)، والخيار، والكوسة، والبادنجان، والفلفل، والبامية: والذرة السكرية.

٢- الخضر ذات الثمار المكتملة التكوين: القاوون، والبطيخ، والقرع العسلى، وقرع الشتاء، والطماطم، والفراولة.

### وتتبع مع هذه الخضر واثم طرق التبريد الأولى التالية،

١- التبريد بطريقة السريان الجبرى للهواء: يناسب القاوون، والبسلة، والفلفل، والكوسة: والطماطم.

٢- التبريد بطريقة السريان الجبرى للهواء مع بل المنتج Forced-air Evaporative Cooling: يستعمل بدرجة محدودة مع الكوسة، والفلفل، والبادنجان، والطماطم الكريزية.

٣- التبريد المائى:

يستعمل قبل التدرج والتعبئة فى تبريد القاوون، والذرة السكرية. ويجرى الفرز قبل فترة التبريد الأولى وبعدها. والتى نادراً ما تكفى لتبريد المنتج إلى درجة الحرارة المطلوبة.

٤- التبريد بالثلج: يستعمل بدرجة محدودة مع القاوون، كتبريد إضافى للذرة السكرية المعبأة (عن Kader وآخريين ١٩٨٥).

وهذا .. ويبين جدول (٨-٣) طرق التبريد الأولى المناسبة لمختلف محاصيل الخضر والفاكهة مع بيان لظروف التخزين المناسبة لكل منها من حيث درجة الحرارة والرطوبة النسبية (عن Rennie وآخريين ٢٠٠٣).

## الفصل الثامن – التبريد الأولي

جدول (٨-٣): طرق التبريد الأولى المناسبة لعدد من محاصيل الخضرا والفاكهة. وظروف التخزين المناسبة لكل منها.

ظروف التخزين المناسبة	طريقة التبريد الأولى <sup>(١)</sup>	المحصول
0°C to 5°C, 1%-3% O <sub>2</sub> , 1%-5% CO <sub>2</sub>	RC, FA, HC	التفاح
0°C to 2°C, 95% to 100% RH	HC, PI	الأسبرجس
0°C to 5°C, 95% RH, 2% to 3% O <sub>2</sub> , 2% to 3% CO <sub>2</sub>	RC, FA	البنمشمش
0°C to 5°C, 90% to 95% RH, 2% to 3% O <sub>2</sub> , 2% to 3% CO <sub>2</sub>	HC, FA, PI	الخرشوف
8°C, 2% to 3% O <sub>2</sub> , 4% to 7% CO <sub>2</sub>	RC, FA, HC	الفاصوليا الخضراء
0°C to 4°C, 95% RH	RC	البنجر
-0.5°C to 0°C, 90%-95% RH	FA, RC	البلاكبرى
Optimal at 1°C (3°C-4°C), 90% RH	FA	البلوبرى
Optimal at 0°C (0°C-5°C), 90%-95% RH, 1%-3% O <sub>2</sub> , 5%-10% CO <sub>2</sub>	FA, HC, PI, LI	البروكولى
0°C, 95%-100% RH	FA, HC, PI	كرنب بروكسل
0°C, 92% RH	RC, FA	الكرنب
2°C-5°C, 95% RH	HC, FA, PI	الكنتالوب (نصف انفصال)
0°C-2°C, 95%-98% RH	HC, FA, PI	الكنتالوب (انفصال كامل)
0°C, 95%-98% RH	HC, VC	القنبيط
0°C to 2°C, 95% RH	RC, PI	الجزر
0°C, 95%-100% RH	RC, FA, HC	الكرنب الصينى
0°C-5°C, 90%-95% RH, 2%-4% O <sub>2</sub> , 3%-5% CO <sub>2</sub>	FA, HC, VC, WV	الكرفس
10°C-13°C, 50%-55% RH	RC, FA	الخيار
8°C-12°C, 90%-95% RH	RC, FA	الباذنجان
0°C-5°C, 5%-10% O <sub>2</sub> , 15%-20% CO <sub>2</sub>	RC, FA, HC	التين
0°C	RC	الثوم
-1°C to 0°C, 85% RH	FA	العنب
-0.5°C to 0°C, 90%-95% RH, 1%-2% O <sub>2</sub> , 3%-5% CO <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> must be below 20 ppb	FA, RC, HC	الكىوى
0°C, 95%-100% RH	HC, PI	الكرات
0°C, 95% RH	HC, PI, VC	الخبس
Optimal at 0°C (0°C-5°C), normal O <sub>2</sub> , 10%-25% CO <sub>2</sub>	FA, VC	عيش الغراب

تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

تابع جدول (٨-٣):

ظروف التخزين المناسبة	طريقة التبريد الأولى <sup>(١)</sup>	الحصول
-0.5°C-0°C, 90%-95% RH	FA, HC	النكتارين
7°C-12°C, 90%-95% RH, normal O <sub>2</sub> , 4%-10% CO <sub>2</sub>	RC, FA	البامية
0°C, 75% RH	لا يوجد تبريد أولى	البصل
-1°C to 0°C, 85% RH	FA, HC	الخوخ
-1.5°C to -0.5°C, 90%-95% RH	FA, RC, HC	الكمثرى
0°C, 95%-98% RH	FA, HC	البسلة الخضراء
4°C-5°C, 95% RH	FA, HC	اللوبياء
0°C-10°C, 32%-50% RH	RC, FA, VC	الفلفل الحار
7°C-13°C, 45%-55% RH	RC, FA, VC	الفلفل الحلو
-0.5°C-0°C, 90%-95% RH	FA, HC	البرقوق
3°C-10°C, 90% RH	RC, FA	البطاطس
10°C-13°C, 70% RH	لا يوجد تبريد أولى	القرع العسلي
0°C, 90%-95% RH, 1%-2% O <sub>2</sub> , 2%-3% CO <sub>2</sub>	PI	الفجل
0°C to 0.5°C, 90% to 95% RH	FA	الراسبري
0°C, 98%-100% RH	RC	الروتاباجا
0°C, 95%-100% RH	HC, VC, PI	السبانخ
5°C-10°C, 95% RH	RC, FA	الكوسة
10°C, 50%-70% RH	لا يوجد تبريد أولى	قرع الشتاء
0°C, 95% RH, 5% to 10% O <sub>2</sub> , 15% to 20% CO <sub>2</sub>	RC, FA	الفراولة
0°C-5°C, 3%-10% O <sub>2</sub> , 10%-15% CO <sub>2</sub>	RC, FA, HC	الكريز
0°C, 95% RH	HC, VC, LI	الذرة السكرية
10°C-15°C, 85% RH	لا يوجد تبريد أولى	البطاطا
Optimal at 12°C (12°C-20°C), 3%-5% O <sub>2</sub> , 0%-3% CO <sub>2</sub>	RC, FA	الطماطم
0°C, 95% RH	RC, HC, VC, PI	اللغت
4°C-10°C, 80%-85% RH	لا يوجد تبريد أولى	البطيخ

(أ) معاني الاختصارات:

RC, room cooling تبريد الغرفة; FA, forced-air cooling للدفع الجبري للهواء; HC, hydrocooling; إضافة الثلج للعبوات بالتبريد بالتفريغ; VC, vacuum cooling; التبريد المائي; LI, liquid icing إضافة ملامح الثلج مع الماء النسبية الرطوبة النسبية: RH, relative humidity.

## الفصل التاسع

### معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

#### مقدمة

نتناول بالشرح فى هذا الفصل كافة العوامل التى يجب أخذها فى الحسبان، والوسائل التى يمكن اتباعها بغرض إطالة فترة احتفاظ المنتجات البستانية بجودتها أثناء التخزين.

#### وبحماية .. تجنب معالجة ما يلى،

١- قَصْرُ التخزين على المنتجات البستانية التى تكون قد وصلت إلى طور النضج

المناسب:

يجب أن تكون المنتجات المخزنة فى طور النضج المناسب لعملية التخزين؛ فتكون قد وصلت إلى مرحلة النضج البستانى. ولم تصبح زائدة النضج بعد.

٢- عدم تخزين المنتجات المخدوشة والمصابة بالآفات:

يصاحب التخزين دائماً نقص مستمر فى نوعية المنتجات، بالرغم من توفير أفضل الظروف للتخزين؛ وعليه .. فلا يجب أن تخزن إلا أفضل المنتجات. حتى لا يصبح هذا النقص فى النوعية شديداً بعد فترة قصيرة من التخزين. ولذا:

أ- تلزم معاملة المنتجات برفق؛ لتجنب إحداث أية خدوش أو أضرار ميكانيكية بها، أو تقليل ذلك إلى أدنى حد ممكن.

ب- تستبعد كل الثمار والنباتات المصابة بالعفن؛ لأنها غالباً ما تضر غيرها من الثمار أو النباتات السليمة.

ج- يلزم إجراء عملية العلاج لدرنات البطاطس، وجذور البطاطا، وأبصال البصل

والثوم.

د- لا تجب محاولة تخزين درنات البطاطا التي حدثت بها أضرار من جراء تعرضها لأشعة الشمس القوية المباشرة عند الحصاد.

٣- العناية بنظافة المخازن والحماية من القوارض:

أ- ليس من الحكمة تخزين منتجات عالية الجودة في أماكن غير نظيفة. فيجب إبقاء المكان نظيفاً قدر المستطاع، مع تعقيمه من آن لآخر كلما أفرغ المخزن من محتوياته. وبرغم أن تنظيف المكان وتعقيمه لا يمنع حدوث العفن كلية، إلا أنه يقلله إلى أدنى مستوى ممكن.

ب- تجب تنقية الهواء من الغازات التي قد تكسب الحاصلات الطازجة مذاقاً غير مرغوب فيه، ويستخدم لذلك نوع خاص من الفحم ( 6-14 mesh activated coconut shell carbon ).

ج- يجب أن تكون المخازن محكمة الغلق تماماً ضد القوارض؛ مثل الفئران وغيرها. فهذه الحيوانات تزيد من الفاقد في المحصول بطريقة مباشرة، وبطريقة غير مباشرة من خلال زيادة العفن بسبب مهاجمة الكائنات المسببة للعفن للأجزاء المقروضة ( Lutz & Hardenburg ١٩٦٨ ).

٤- الاهتمام بإجراء عمليات التداول - التي أسلفنا بيانها - بأفضل صورة ممكنة.

وبالإضافة إلى ما تقدم بيانه .. فإنه تجرى للحاصلات البستانية عديد من المعاملات الأخرى التي تعمل على إطالة فترة احتفاظها بجودتها أثناء التخزين، والتي نناقشها - فيما يلي - بشئ من التفصيل.

### المعاملات الحرارية السابقة للتخزين

تعرف المعاملة الحرارية للثمار والحاصلات البستانية الأخرى بعد الحصاد باسم معالجة curing لأنها تعمل على علاج الجروح والأضرار التي تحدث بالثمار أثناء التداول. كما تُعرف - كذلك - باسم "تهيئة" conditioning لأنها تمكن المنتج من تحمل الظروف القاسية مثل الحرارة الأقل من الحرارة المثلى أثناء النقل والتخزين.

## الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

إن للحرارة تأثيرات قاتلة على كل من الفطريات والحشرات، ولكن المدى الحرارى المثالى لمكافحة الحشرات قد لا يكون مثاليًا لمكافحة الأمراض. ويجب ألا تؤدي أى معاملة حرارية لمكافحة الأمراض أو الحشرات إلى إحداث أى أضرار بالمنتج.

وفى واقع الأمر .. نجد فى بعض الأحيان أن الحرارة العالية التى قد تعرض لها المنتجات الطازجة قبل التخزين قد يكون لها تأثيرات مفيدة على تلك المنتجات، ومن بين تلك الفوائد ما يلى:

- ١- إبطاء نضج الثمار والخضر الكلايمكتيرية.
- ٢- زيادة حلاوة المنتج بزيادة كمية السكر أو خفض الحموضة.
- ٣- منع أضرار التخزين الفسيولوجية: مثل الانسفاغ scald السطحى فى التفاح وأضرار البرودة فى الخضر والفاكهة تحت الاستوائية.

إن سبق التهيئة الحرارية قد يعنى - كذلك - فترة يترك فيها المنتج فى حرارة الجو العادى (١٦-٢٥ م°)، أو حرارة أقل من حرارة الجو العادى ولكنها أعلى من تلك التى قد يتعرض معها للإصابة بأضرار البرودة (٥-١٢ م°)، حسب المحصول. وتعرف تلك المعاملة - عادة - باسم معالجة curing، وهى تجرى على منتجات مثل البطاطس والبصل والجزر، ويكون الهدف منها زيادة مقاومة تلك المنتجات للإصابات المرضية، كما أنها تزيد مقاومة ثمار الموالح لأضرار الحرارة المنخفضة (Lurie & Klein، ٢٠٠٤).

تعد المعالجة هى الهدف من معظم المعاملات الحرارية، فهى تعالج الجروح والأضرار التى تحدث أثناء الحصاد وعمليات التداول التالية له. أما التهيئة فإنها معاملة حرارية خاصة تمكن المنتج من تحمل عوامل الشد الكبيرة، مثل التعرض لحرارة منخفضة بدرجة غير مناسبة. وقد قسمت تلك المعاملات إلى قصيرة المدة (من عدة ثوانٍ حتى ٦٠ دقيقة فى الماء على حرارة ٤٥-٦٠ م°)، أو طويلة المدة (١٢ ساعة إلى ٤ أيام فى الهواء على حرارة ٣٨-٤٦ م°). والمعاملة الطويلة المدة هى التى تعرف أحيانًا باسم المعالجة curing،

وهي الأسرع والأقل تكلفة، كما استخدمت معها معاملة التفريش brushing من الأتربة اللاصقة والتبقيات العالقة سطحياً. كذلك وجد أن تلك المعاملة تزيد كثيراً من فاعلية المبيدات الفطرية (مثل imazalil. والـ thiabendazole) التي يمكن استخدامها - حينئذٍ - بتركيزات أقل جوهرياً مما يلزم عادة (Schirra وآخرون ٢٠٠٠).

### ومن أمثلة حالات المعالجة ما يلي،

- ١- تعالج البطاطس بتعريضها لحرارة ١٢°م لمدة ١٠-١٢ يوماً قبل تخزينها على ٩-٤°م حسب الصنف، وما إذا كانت الدرناات مخصصة للتصنيع أم للاستهلاك الطازج.
- ٢- تعالج البطاطا بتعريضها لحرارة ٣٠°م لمدة خمسة أيام قبل تخزينها على ١٢°م. وفي كل من البطاطس والبطاطا تسمح عملية المعالجة بالتثام الجروح وترسيب مواد على الجدر الخلوية تعمل كحاجز ضد المسببات المرضية.
- ٣- تعالج ثمار الكيوى على حرارة ١٠°م قبل تخزينها فى الحرارة المنخفضة.
- ٤- يؤدى تعريض أبصال البصل لحرارة ٢٨°م لمدة ثلاثة أيام إلى زيادة فترة تحملها للتخزين.

### ومن أمثلة المعاملات الحرارية التجارية المتخذة للتخلص من الفطريات ما يلي،

- ١- معالجة الباباظ بالماء الساخن .. وهي التي تجرى منذ منتصف القرن العشرين.
- ٢- معاملة تفريش بالماء الساخن فى خطوط التعبئة وهي التي تعد حديثة نسبياً وتجرى مع الذرة السكرية، والمانجو. والفلفل. يتم رش الماء وهو على حرارة ٥٠ إلى ٦٥°م على المنتج أثناء مروره على مدحرجات أسطوانية rollers. تؤدى هذه المعاملة إلى التخلص من الأتربة والجراثيم. كما تؤدى معاملة التفريش فى وجود الماء الساخن إلى ملئ الشقوق السطحية بالشمع الطبيعى للمنتج المعامل (Lurie & Klein ٢٠٠٤).

إن الاستجابة للصدمة الحرارية تظهر فى معظم الكائنات الحية على صورة حث أو

## **الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية**

زيادة تمثيل بروتينات خاصة تعرف باسم بروتينات الصدمة الحرارية heat shock proteins (اختصاراً: HSPs). ويعتقد بأن هذه البروتينات هي التي توفر القدرة على تحمل الحرارة العالية بحمايتها للبروتينات من الدنترة - التي لا عودة فيها - والتحلل. ولقد تأكد ذلك في عديد من الأعضاء النباتية بما في ذلك الثمار. كما وجد أن تعرض النباتات ذاتها لتلك الصدمة الحرارية يؤدي إلى زيادة تمثيل هذه البروتينات في الثمار، فضلاً عن زيادتها في الثمار التي تتعرض للصدمة الحرارية بعد الحصاد (Ferguson وآخرون ٢٠٠٠).

ومن المعروف أن المعاملة الحرارية تثبط النضج في الثمار الكلايمكتيرية مثل الطماطم، على الرغم من أنها تسرع النضج في المانجو (Schirra وآخرون ٢٠٠٠).

تؤدي المعاملة الحرارية بعد الحصاد إلى تحويل في التعبير الجيني، كما قد يتأخر - أحياناً - نضج الثمار أو يصبح أكثر تبكيراً. ويتوقف مدى التحور في سرعة نضج الثمار على كل من حرارة التعرض ومدتها، ومدى سرعة تبريد المنتج بعد التعرض للحرارة العالية. ومن بين أكثر مكونات التغيرات المصاحبة للنضج التي يتم قياسها طراوة الثمار، والتغيرات في الأغشية الخلوية وفي المذاق. ومعدل التنفس، وإنتاج الإثيلين، وإنتاج المركبات المتطايرة. وأكثر ما يتعطل أو حتى يتوقف إنتاجه جراء المعاملة الحرارية أو يتعطل ظهورها إنزيمات تحليل الجدر الخلوية وإنتاج الإثيلين. أما العمليات الأخرى المرتبطة بالنضج فإنها لا تتأثر كثيراً بالمعاملة الحرارية، أو أنها سريعاً ما تعود إلى حالتها الطبيعية بعد المعاملة.

وتتأثر حساسية الثمار لمعاملة الصدمة الحرارية بكل من الظروف البيئية التي كانت سائدة قبل الحصاد، والصف، ومعدل الارتفاع في درجة الحرارة، وظروف التخزين التالية. ويتوقف مدى الحساسية أو التحمل للشد الحرارى على مستوى تواجد البروتينات الحامية من الحرارة عند الحصاد. وعلى إنتاج تلك البروتينات بالمعاملة الحرارية بعد الحصاد.

### وبعوضه نولمان من الامتجابه للسحمانه الحراريه، مما،

- ١- استجابة خلوية طبيعية للحرارة الأقل من ٤٢ م° تقود إلى تقليل الحساسية للبرودة. وتأخير النضج أو إبطاءه وإحداث تغيرات في الجودة.
- ٢- تحدث الاستجابة الثانية قريباً من الدرجة التي يحدث عندها الضرر - وهي التي تزيد عن ٤٥ م° - وتتحوّل بالظروف البيئية السابقة للتعرض لحالة الشدّ. وتمثل في فقد الأغشية الخلوية لخصائصها (Paul & Chen ٢٠٠٠).

### المعاملات الحرارية التجارية لأجل التخلص من الحشرات الحية

تجرى أكثر المعاملات الحرارية التجارية باستعمال البخار الساخن أو الدفع الجبرى للهواء الساخن بغرض التخلص من التواجد الحشرى بالمنتج insect disinfestation، وتتوفر معاملات خاصة لكل منتج ولكل حشرة (جدول ٩-١).

ومن الأمثلة على ذلك معاملات ثمار المانجو الكسيكية التي قد تكون مصابة بذبذب الفاكهة ويتواجد بها يرقات الذباب وبيضه. وتجرى المعاملة الحرارية إما بطريقة الدفع الجبرى للهواء الساخن، وإما بالغمر في الماء الساخن قبل التخزين والشحن. يستمر تعريض الثمار للهواء الساخن حتى يصل مركزها إلى حرارة ٤٨ م°. أما معاملة الغمر في الماء الساخن فتتوقف مدتها على حجم الثمار وتتراوح بين ٤٥، و ٩٠ دقيقة، حيث تصل حرارة مركز الثمرة إلى ٤٦.١ م°.

وتختلف معاملة التعريض للبخار الساخن عن التعريض للهواء الساخن المدفوع جبرياً في أن الرطوبة تتجمع على سطح الثمرة عند اتباع الطريقة الأولى. مع نقل قطرات الماء للحرارة بكفاءة أعلى عما ينقلها الهواء، بما يسمح بتسخين الثمار بسرعة أكبر، ولكن تلك المعاملة قد تحدث أضراراً فيزيائية بالثمار. وفي هاواي تعامل ثمار الباباظ بالبخار الساخن قبل تصديرها إلى اليابان.

ويمكن تطهير ثمار الموالح بالغمر في الماء الساخن على ٤٤ م° لمدة ١٠٠ دقيقة يسبقها نحو ٩٠ دقيقة أخرى لكى ترتفع حرارة الماء إلى ٤٤ م°. هذا .. إلا أن تطهير ثمار الموالح

## الفصل التاسع – معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

يتم عادة بتعريضها لحرارة صفر إلى ٢٠.٢°م لمدة ١٠-١٦ يوماً قبل رفع الحرارة إلى حرارة التخزين العادية التي تتراوح بين ٠.٦ و ١١°م حسب الصنف. ونظراً لحساسية الموالح لأضرار البرودة، فإن الثمار تحفظ - عادة - على حرارة ٢٠°م أو ١٦°م لمدة ٣ إلى ٥ أيام قبل تعريضها للحرارة المنخفضة. تؤدي المعاملة الأخيرة إلى تقليل قابلية الثمار للإصابة بأضرار البرودة لدى تعريضها بعد ذلك لمعاملة التطهير بالحرارة المنخفضة.

هذا .. وتوجه أكثر من ٥٠٪ من معاملات التطهير من الإصابات الحشرية نحو تخليصها من بيض ويرقات ذبابة الفاكهة (Lurie & Klein ٢٠٠٤).

جدول (٩-١): المعاملات الحرارية للتخلص من الحشرات في ثمار الخضر والفاكهة.

الحشرات	الاسم العلمي	المحصول	المعاملة	الحرارة (°م)/الوقت
ذبابة الفاكهة				
Caribbean fruit fly	<i>Anastrepha suspense</i>	جريب فروت	المعاملة بالهواء الساخن	51.5°/125 min
		المانجو	المعاملة بالهواء الساخن	51.5°/125 min
		برتقال	المعاملة بالهواء الساخن	51.5°/125 min
Mediterranean fruit fly	<i>Ceratitits capitata</i>	زبدية	المعاملة بالهواء الساخن	40°/24 h
		مانجو	حرارة عالية جداً	47°/15 min
		باباظ	المعاملة بالهواء الساخن	47.2° at pulp for 3.5 h
Melon fruit fly	<i>Dacus cucurbitae</i>	زبدية	المعاملة بالهواء الساخن	40°/ 24 h
	<i>Bactrocera cucurbitae</i>		المعاملة بالهواء الساخن	
		خيار	المعاملة بالهواء الساخن	32.5°/24 h then 45-
			ثم بالماء الساخن	46°/50-60 min
		باباظ	المعاملة بالهواء الساخن	47.2° at pulp for 3.5 h
		كوسة	حرارة عالية جداً	

تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

تابع جدول (٩-١).

الحشرات	الاسم العلمي	المحصول	المعاملة	الحرارة (م°)/الوقت
Mexican fruit fly	<i>Anastrepha ludens</i>	جريب فروت	المعاملة بالهواء الساخن	44°/2 h in 1% O <sub>2</sub>
	<i>Bactrocera cucumis</i>		وجو متحكم فيه	
		كوسة	حرارة عالية جداً	45°/ 30 min
Oriental fruit fly	<i>Dacus dorsalis</i>	خيار	المعاملة بالهواء الساخن	32.5°/24 h then 45-
	<i>Bactrocera dorsalis</i>		المعاملة بالماء الساخن	46°/ 50-60 min
		باباظ	المعاملة بالهواء الساخن	47.2° at pulp for 3.5 h
Papaya fruit fly	<i>Bactrocera papayae</i>	مانجو	حرارة عالية جداً	47°/ 15 min
Queensland fruit fly	<i>Bactrocera tyroni</i>	زبدية	المعاملة بالماء الساخن	46°C/3 min then
			مع البينوميل	1°/7 days
		مانجو	حرارة عالية جداً	46.5°/ 10 min
			المعاملة بالماء الساخن ثم	53°C/ 15 min then
			ثم حرارة عالية جداً	47°C/ 15 min
حشرات أخرى				
Codling moth	<i>Cydia pomonella</i>	تفاح	المعاملة بالهواء الساخن	44°/120 min then
			أو حرارة عالية جداً	0°/4 weeks
		كريز	المعاملة بالهواء الساخن	47°/44 min in 1%
			وجو متحكم فيه	O <sub>2</sub> : 15% CO <sub>2</sub>
		كمثرى	المعاملة بالهواء الساخن	44°/120 min then
			أو حرارة عالية جداً	0°/4 weeks
			المعاملة بالهواء الساخن	30°/ 30 h in 0.3%
			وجو متحكم فيه	O <sub>2</sub>
Fuller's rose beetle	<i>Asynonychus godmani</i>	ليمون أزاليا	المعاملة بالماء الساخن	52°/8 min
Leafroller	<i>Cnephasia jactatana</i>	تفاح	المعاملة بالهواء الساخن	40°/10 h in 0.4% O <sub>2</sub>
			وجو متحكم فيه	45°/5 h in 0.4% O <sub>2</sub>

## الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

تابع جدول (٩-١).

الحشرات	الاسم العلمي	المعاملة	الحرارة (م°)/الوقت
	<i>Ctenopseustis obliquana</i>	المعاملة بالهواء الساخن	40°/5.7 h in 0.4% O <sub>2</sub>
		جو متحكم فيه	40°/6 h in 2% O <sub>2</sub> ; 5% CO <sub>2</sub>
Light brown apple moth	<i>Epiphyas postvittana</i>	المعاملة بالهواء الساخن	40°/17-20 h in 1.2% O <sub>2</sub> ; 1% CO <sub>2</sub>
		جو متحكم فيه	
	كيوى	المعاملة بالماء الساخن وإيثانول	45°/13 min in 50% ethanol
		المعاملة بالهواء الساخن وجو متحكم فيه	
	كمثرى	المعاملة بالهواء الساخن وجو متحكم فيه	30°/30 h in 0.3% O <sub>2</sub>
Longtailed mealybug	<i>Pseudococcus longispinus</i>	المعاملة بالماء الساخن أو المعاملة بالهواء الساخن	48°/26 min or 50°/22 min
New Zealand flower thrips	<i>Thrips obscuratus</i>	المعاملة بالماء الساخن	48°/3 min then 50°/2 min
	نكتارين خوخ		
Obscure mealybug	<i>Pseudococcus affinis</i>	المعامل بالهواء الساخن وجو متحكم فيه	40°/10 h in 0.4% O <sub>2</sub>
			45°/5 h in 0.4% O <sub>2</sub>
Oriental fruit moth	<i>Grapholita molesta</i>	المعامل بالهواء الساخن وجو متحكم فيه	30°/30 h in 0.3% O <sub>2</sub>
Two spotted spider mite	<i>Tetranychus urticae</i>	المعاملة بالماء الساخن وإيثانول	45°/13 min in 50% ethanol

## تداول الحاصلات البستانية - تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

تابع جدول (٩-١).

الحشرات	الاسم العلمي	الحصول	المعاملة	الحرارة (م°)/الوقت
		كيوى	المعامل بالهواء الساخن وجو متحكم فيه	44°/211 min
		كاكى	المعاملة بالماء الساخن	47°/67 min
White peach scale	<i>Pseudaulacaspis pentagona</i>	باباظ	حرارة عالية جداً	47.2°/4 h

### المعاملات الحرارية التى تجرى بهدف مكافحة الإصابات المرضية

تعد المعاملة الحرارية لمنتجات الخضر والفاكهة بعد الحصاد وسيلة مناسبة لمكافحة الأعفان أثناء الشحن التخزين. ويمكن إجراء تلك المعاملة بالغمس فى الماء الحار، أو بالتعريض لحرارة البخار أو للهواء الساخن، أو للشطف بالماء الساخن مع التفريش brushing لفترة قصيرة.

جدول (٩-٢): المعاملات الحرارية للتخلص من الفطريات الممرضة والحماية منها (عن

Lurie & Klein ٢٠٠٤).

الفطر	المرض	الحصول	المعاملة	الحرارة (م°)/الوقت
<i>Alternaria alternata</i>	البقعة السوداء	جزر	شطف وتفريش بالماء الساخن	100°/3 sec
		المانجو	شطف وتفريش بالماء الساخن	60-70°/15-20 sec
	العفن الأسود	فلفل	المعاملة بالماء الساخن	50°/3 min
<i>Botrytis cinerea</i>	العفن الرمادى	تفاح	المعاملة بالهواء الساخن وكلوريد كالسيوم	38°/4 days and CaCl <sub>2</sub> dip
		فلفل	المعاملة بالماء الساخن	50°/3 min

## الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

تابع جدول (٩-٢).

الفطر	المرض	الحصول	المعاملة	الحارارة (م°)/الوقت
		فراولة	المعاملة بالماء الساخن	45°/15 min
		طماطم	المعاملة بالماء الساخن	50°/2 min
			المعاملة بالهواء الساخن	38°/2 days
	<i>Botryodiplodia</i>		المعاملة بالهواء الساخن	49°/20 min
	أعفان الساق و سطح باباظ <i>theobromae</i> الثمرة			32°/30 min then 49°/20 min
	<i>Chalara paradoxa</i>	موز	المعاملة بالماء الساخن	45°/20 min or 50°/10 min
	<i>Colletotrichum</i>	مانجو	حرارة عالية جداً	46-48°/24 sec - 8 min
	<i>gloeosporioides</i>		المعاملة بالماء الساخن	
			المعاملة بالهواء الساخن	51.5°/125 min
	<i>Diplodia</i>	مانجو	المعاملة بالهواء الساخن	51.5°/125 min
	عفن طرف العنق <i>natalensis</i>		المعاملة بالماء الساخن	
	<i>Mycospharella</i>		المعاملة بالهواء الساخن	49°/20 min
	أعفان الساق و سطح باباظ الثمرة spp.			42°/30 min then 49°/20 min
	<i>Penicillium</i>	جريب فروت	المعاملة بالهواء الساخن	46°/6 h
	العفن الأخضر <i>digitatum</i>		شطف وتفريش بالماء الساخن	59-62°/15 sec
		ليمون أضايا	المعاملة بالهواء الساخن	36°/3 days

تابع جدول (٩-٢).

الفطر	المرض	الحصول	المعاملة	الحرارة (م°)/الوقت
			المعاملة بالماء الساخن + 2%	45°/150 sec
			+ كربونات الصوديوم $\text{Na}_2\text{CO}_3$	
		يرتقال	المعاملة بالماء الساخن	53°/3 min
			المعاملة بالماء الساخن +	41-43°/1-2 min
			+ كربونات الصوديوم $\text{Na}_2\text{CO}_2$ 6%	
	<i>Penicillium</i>	تفاح	المعاملة بالهواء + 4%	38°/4 days
	<i>expansum</i>		الساخن وكلوريد $\text{CaCl}_2$	
			الكالسيوم	
			المعاملة بالهواء	38°/4 days
			الساخن	
	<i>Penicillium spp.</i>	ليمون أخاليا	المعاملة بالماء الساخن +	50°/3 min
			إيمزاليل <i>imazalil</i>	
	<i>Rhizopus</i>	طماطم	المعاملة بالماء الساخن	50°/2 min
	<i>stolonifer</i>			

تؤثر المعاملة الحرارية بصورة مباشرة بإبطاء استطالة الأنابيب الجرثومية، أو بوقف نشاط الجراثيم النابتة أو قتلها، وبذا يقل الحمل الجرثومي وتقل الأعفان.

كذلك يمكن أن تؤثر المعاملة الحرارية على الأعفان بصورة غير مباشرة من خلال الاستجابات الفسيولوجية للأنسجة النباتية، تتضمن إنتاج مركبات مضادة للفطريات تثبط تطورها في النسيج النباتي. أو إنتاج مركبات تسرع من التئام الجروح. ويمكن للمعاملة الحرارية حث إنتاج البروتينات ذات العلاقة بهذا الشأن. مثل الشيتينيز *chitinase*، و  $\beta$ -1.3 *glucanase*. كما يمكنها تثبيت وضع الأغشية الخلوية، أو منع تمثيل الإنزيمات المحللة للجدر الخلوية (إنزيمات البولى جالاكتيرونيوز *polygalacturonases*)، وتأخير معدل تحلل المركبات المضادة للفطريات السابقة التكوين في الأنسجة النباتية.

## الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

كذلك فإن المعالجة - كمعاملة حرارية - يمكن أن تؤدي إلى اختفاء الصفائح الشمعية التي تتواجد طبيعياً على سطح الثمار غير المعاملة؛ مما يجعل سطح الثمار أكثر تجانساً؛ حيث تمتلئ جزئياً أو كلياً التشققات الأديمية والجروح الدقيقة ومعظم الثغور بالشمع المنصهر، كذلك تُحاط الجراثيم في المراحل المبكرة لإنباتها بذلك الشمع؛ مما يوقف نشاطها، وكل ذلك مما يعد عوامل إضافية تساعد في حماية الثمار من الإصابة بالأعفان (Schirra وآخرون ٢٠٠٠).

### **ونقمة المعاملات الحرارية التي تجرى بمصدر التلصق من الإصابات المرضية إلى فئتين،**

- ١- المعاملة لفترة قصيرة لا تزيد عن الساعة - في الماء - على حرارة ٤٥-٦٠ م°.
  - ٢- المعاملة لفترة طويلة تستمر من ١٢ ساعة إلى أربعة أيام في الهواء على حرارة ٣٨-٤٦ م°، وتلك هي التي يطلق عليها - غالباً - اسم معاملة المعالجة.
- ونظراً للتكلفة العالية لمعاملة المعالجة - والتي تستلزم تعريض كل المنتج للحرارة العالية لمدة قد تصل إلى ثلاثة أيام - فإن المعاملة الأكثر شيوعاً هي الغمر في الماء على حرارة ٥٠-٥٣ م° لمدة ٢-٣ دقائق. ولقد أثبتت هذه المعاملة فاعليتها مع عديد من الثمار.

تفيد المعاملة بالماء الساخن قبل التخزين مع عديد من الخضر والفاكهة الاستوائية وتحت الاستوائية وكذلك خضر وفاكهة المناطق الباردة. ومن أبرز مميزات تلك المعاملة سهولة تطبيقها، وقصر فترة المعاملة؛ وإمكان مراقبة حرارة الماء والمنتج بدقة، وقتل الكائنات المسببة للأعفان التي تُحمل سطحياً. هذا بالإضافة إلى أن تكلفة إنشاء وحدة تجارية للمعاملة بهذه الطريقة تبلغ نحو ١٠٪ من تكلفة وحدة مماثلة للمعاملة بالبخر.

وتجرى المعاملة بالماء الساخن إما بطريقة الغمر، وإما بالشطف والتفريش. يجرى الغمر في "تانكات" كبيرة تحتوي على ماء ساخن يتم التحكم في حرارته بمنظم للحرارة، وتزود التانكات بنظام التحريك ودوران الماء لضمان تجانس درجة الحرارة. أما

طريقة الشطف والتفريش - وهي التي بدأ اتباعها تجارياً في عام ١٩٩٦ - ففيها يُشطف المنتج بماء ساخن دوار (يُعاد دورانه) يدفع تحت ضغط من بشابير علوية. بينما يتدحرج المنتج على فرش متوسطة النعومة (شكل ٩-١).

تغسل الثمار أولاً بدش علوى من ماء الصنبور غير الساخن والذي لا يُعاد استخدامه، بينما يتم تفريشه في الوقت ذاته لمدة حوالي ١٠ ثوان؛ بهدف التخلص من الأتربة والمبيدات والجراثيم الفطرية التي توجد على سطح المنتج. تستمر الثمار في التدحرج فوق الفرش إلى أن تصل إلى الجزء الذي تغسل فيه بماء تحت ضغط يُعاد استخدامه يمكن أن تتراوح حرارته - حسب المحصول والصنف - بين ٤٨، و ٦٣ م° لمدة ١٠-٢٠ ثانية.

ويلى الغسيل بالماء الساخن تجفيف الثمار بالهواء المدفوع بواسطة مراوح لفترة تقل عن دقيقتين داخل أنفاق بطول ٣-٤ أمتار.

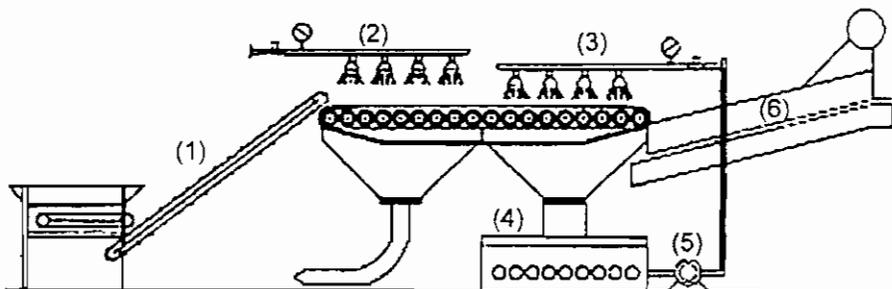
وعموماً .. لوحظت أضرار الحرارة عندما كانت حرارة الماء المستخدم تزيد عن ٦٠ م°. وحُصِلَ على أحسن النتائج عندما كانت فرش التنظيف تدور بمعدل ٦٠ دورة في الدقيقة.

وتستخدم معاملة الغمر في الماء الساخن لأغراض الحجر الزراعى باستعمال ماء تتراوح حرارته بين ٤٣، و ٤٩ م° مع الغمر لمدة تتراوح بين عدة دقائق إلى ساعتين. وتتوقف الفترة على حجم الثمار. حيث تزداد المدة بزيادة حجم الثمرة. ولقد ساعدت هذه المعاملة في التخلص من عدد من الآفات في عدد من المحاصيل مثل الموالح. والباباظ، والكرامبول والتفاح.

ولقد أدى غمر ثمار الفلفل الأخضر في الماء الساخن على ٥٣ م° لمدة ٤ دقائق قبل التخزين إلى الحد من الإصابة بالأعفان لمدة ٢٨ يوماً من التخزين على ٨ م°. ويتطلب الأمر تعبئة الثمار في الأغشية لمنع فقدها للرطوبة والمحافظة على جودتها. كذلك فإن غسيل الفلفل بالماء الساخن على ٥٥ م° لمدة ١٢ ثانية. - مع التفريش - بعد الحصاد

## الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

مباشرة خفّض جوهرياً من الإصابة بالأعفان مع المحافظة على الجودة مقارنة بما حدث في الثمار التي لم تعامل (Fallik ٢٠٠٤).



شكل (٩-١): آلة شطف وتفريش الثمار بالماء الساخن: (١) سير متحرك، (٢) وحدة الشطف والتفريش بماء الصبور، (٣) وحدة الشطف والتفريش بالماء الساخن السدى يُعاد استخدامه، (٤) خزان الماء الساخن، (٥) مضخة لضخ وإعادة استخدام الماء الساخن، (٦) مجفف بالدفع الجبرى للهواء (Fallik ٢٠٠٤).

كذلك وجد أن غمس ثمار القفل الحلو الحمراء المصابة طبيعياً بأى من الفطر *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى، أو الفطر *Alternaria solani* مسبب مرض العفن الأسود، أو الثمار المحقونة (المعدية) بأى من الفطرين .. أدى غمسها فى الماء على حرارة ٥٠ م° لمدة ثلاث دقائق إلى وقف نمو الفطر *B. cinerea* كلية، وإلى تقليل العفن الذى سببه الفطر *A. solani* جوهرياً. هذا .. وقد لوحظت أضرار للحرارة العالية على الثمار عندما كان غمسها فى الماء على حرارة ٥٠ م° لمدة خمس دقائق، أو على حرارة ٥٥ م° لمدة دقيقة واحدة، أو لمدة تزيد عن ذلك، وكانت الأضرار على صورة تشققات ونقر ظهرت على سطح الثمرة (Fallik وآخرون ١٩٩٦).

وعموماً .. فإن معاملة الغسيل بالماء الساخن مع التفريش تكون مُصاحبة - غالباً - بانخفاض قدره ٣-٤ لوغار يتم فى الحمل الميكروبي للخضر والفاكهة الطازجة.

ومن بين التأثيرات الأخرى التى لوحظت لمعاملة الماء الساخن مع التفريش تأخير نضج الثمار، وانخفاض معدلى التنفس وإنتاج الإثيلين أثناء التخزين، وظهر التأخير فى

النضج على صورة تثبيط للتلوين في الكنتالوب والطماطم. كذلك انخفض نشاط إنزيمات الـ polygalacturonase، والـ exo-cellulase، والـ endo-cellulase في ثمار الفلفل التي عوملت بالماء الساخن مع التفريش. وذلك أثناء التخزين. هذا في الوقت الذي أدت فيه معاملة ثمار الفلفل الأخضر على 53°م لمدة 4 دقائق إلى منع ظهور أضرار البرودة بعد 4 أسابيع من التخزين على 8°م (Fallik 2004).

وعند اقتران المعاملة الحرارية مع المبيدات – مثل الـ imazalil والـ thiabendazole – فإن ذلك يزيد من فاعلية المبيدات ويقلل من الجرعة التي تلزم استخدامها منها. بسبب زيادة المعاملة الحرارية لسرعة نفاذية المبيد من خلال أديم الثمار.

وفي ثمار الأفوكادو يتواجد المركب diene المضاد للفطريات في الجدار الثمري الخارجى .. هذا المركب ينخفض تركيزه إلى أن يختفى مع نضج الثمرة. وفي الوقت ذاته يمكن أن يتواجد بالثمار إصابات كامنة (غير نشطة) بالفطر *Colletotrichum gloeosporioides*. وتؤدى المعاملة الحرارية الجافة إلى تأخير نضج ثمار الأفوكادو، بينما يؤدى غمس الثمار في حرارة 55°م لمدة 10 دقائق إلى إسراع ظهور أعراض المرض وكذلك إسراع تحلل المركب diene.

وتجدر الإشارة إلى أن تأثير المعاملة الحرارية يكون بتثبيط نشاط الفطر (fungistatic effect) وليس بقتله (fungicidal effect) (Schirra وآخرون 2000).

### المعاملات الحرارية التي تهدف إلى الحد من أضرار البرودة

يؤدى التعرض للبرودة في المحاصيل الحساسة لها إلى حدوث تغير في سرعة عديد من التفاعلات الأيضية. وفيما يترتب عليها من نواتج أيضية، وإلى حد تمثيل إنزيمات ومرافقات إنزيمية خاصة. ويبدو أن بعض المعاملات – مثل التدفئة المتقطعة intermittent warming – تُقلل من حدوث أضرار البرودة لأنها تغير من الاتجاه نحو تمثيل تلك المركبات السامة وتسمح بإصلاح المكونات الخلوية المضارة.

## الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

كذلك فإن التعرض لصدمة حرارية لفترة قصيرة أو للمعاملة الحرارية لفترة طويلة تُكسب عديد من الأنسجة النباتية قدرة على تحمل الحرارة المنخفضة. وقد يعود تأثير الحماية التي توفرها معاملة الحرارة العالية إلى منعها لإنتاج الإنزيمات التي تفضي إلى ظهور أعراض أضرار البرودة، وليس إلى إنتاج بروتينات خاصة بالصدمة الحرارية، وقد ترجع الحماية إلى العاملين معاً.

قد يعاب على معاملة الصدمة الحرارية أنها تؤدي إلى زيادة معدل التنفس؛ مما يقلل من فترة الصلاحية للتخزين. هذا إلا أن فترة المعاملة الحرارية تقل - عادة - عن دقيقتين، ويتبعها تبريد سريع يكون إلى الصفر المئوي في حالة الخس. ولكن ذلك يختلف عما يكون عليه الحال عند حفظ الثمار الكاملة على 38°م لمدة حوالى ثلاثة أيام لزيادة قدرتها على تحمل البرودة فيما بعد. ففي حالة كهذه تحدث زيادة في معدل التنفس خلال تلك الفترة الطويلة. وعلى الرغم من ذلك فإن الانخفاض الشديد في معدل التنفس الذي يحدث مع الخفض الكبير في درجة الحرارة الذي يعقب المعاملة - والذي لا يكون ممكناً بغير المعاملة الحرارية - يؤدي إلى زيادة كبيرة في فترة الصلاحية للتخزين (Saltveit 2000).

### استعراض لمختلف المعاملات الحرارية بالماء الساخن

نقدم في جدول (9-3) بياناً بمختلف المعاملات الحرارية (التجارية والتجريبية) التي أجريت أو تجرى مع مختلف الخضر والفاكهة الطازجة، ودرجة الحرارة المثلى، والغرض من المعاملة (عن Fallik 2004).

هذا .. وتجرى المعاملات بالماء أو بالماء الساخن في مختلفه مراحل الخضر  
والفاكهة الأغراض التالية (من Lurie & Klein ٢٠٠٤).

المحصول	الهدف
أولاً: الحد من أضرار البرودة	
التفاح	الحد من الاسمرار السطحي (الانسفاع) scalding
الأفوكادو	الحد من التلون البنى للجلد والتلون البنى الداخلى والتنقيير
الموالح	الحد من التنقيير
المانجو	الحد من التنقيير
الكاكي	الحد من تكوين الجل
الفلفل الأخضر	الحد من التنقيير
الخيار	الحد من التنقيير
الطماطم	الحد من التنقيير
الكوسة	الحد من التنقيير
ثانياً: تحسين الجودة	
التفاح	زيادة الصلابة
الأسبرجس	تشبيط الانحناء
البروكوى	تقليل الاصفرار
الكولارد	تقليل الاصفرار
البصل الأخضر	تشبيط الاستطالة
الجوافة	تقليل فقد الصلابة والاصفرار
الكيل	تقليل الاصفرار
البطاطس	منع التزريع

## الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

جدول (٩-٣): معاملات الماء الساخن للمحاصيل البستانية، ودرجة الحرارة المثلى، والهدف من المعاملة.

الهدف	الحرارة المثلى (الوقت)	المعاملة	المحصول
	44 (35 min) حجر زراعى	غمر أو غمس فى الماء الساخن	تفاح رويال جالا
	55 (15 s) مكافحة الأعفان	شطف وتفريش بالماء الساخن	تفاح جولدن ديلش
	تشبيط النضج		
	47.5 (2-5 min) تقليل الانتحاء الأرضى	غمر أو غمس فى الماء الساخن	أسيرجس
	40-42 (20-30 min) مكافحة الأعفان	غمر أو غمس فى الماء الساخن	زبدية
	المحافظة على الجودة		
	38 (60 min) تقليل أضرار البرودة	غمر أو غمس فى الماء الساخن	
	45 (2.5 min) مكافحة الأعفان	غمر أو غمس فى الماء الساخن	كلمنتين
	59-62 (20 s) مكافحة الأعفان	شطف وتفريش بالماء الساخن	جريب فروت
	تقليل أضرار البرودة		
	المحافظة على الجودة		
	55 (2 min), 52.5 (4 min) منع النمو	غمر أو غمس فى الماء الساخن	بصل أخضر
	58 (20 s) مكافحة الأعفان	شطف وتفريش بالماء الساخن	كمكوات*
	المحافظة على الجودة		
	52-53 (2 min) مكافحة الأعفان	غمر أو غمس فى الماء الساخن	ليون أزاليا
	62.8 (15 s) مكافحة الأعفان	شطف وتفريش بالماء الساخن	ليمون أزاليا
	المحافظة على الجودة		
	50-54 (3 min) مكافحة الأعفان	غمر أو غمس فى الماء الساخن	يوسفى
	43-49 (65-90 min) حجر زراعى	غمر أو غمس فى الماء الساخن	مانجو*
	46.1 (110 min) حجر زراعى	غمر أو غمس فى الماء الساخن	مانجو*
	48-65 (10-25 s) مكافحة الأعفان	شطف وتفريش بالماء الساخن	مانجو*
	59 (15 s) مكافحة الأعفان	شطف وتفريش بالماء الساخن	كنتالوب جاليا*
	تشبيط النضج		
	المحافظة على الجودة		

تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

تابع جدول (٩-٣).

المحصول	المعاملة	الحرارة المثلى (الوقت)	الهدف
برتقال شموتى*	شطف وتفريش بالماء الساخن	56 (20 s)	مكافحة الأعفان
			المحافظة على الجودة
برتقال	شطف وتفريش بالماء الساخن	62.8 (15 s)	مكافحة الأعفان
	غمر أو غمس فى الماء الساخن	53 (3 min)	مكافحة الأعفان
			تقليل أضرار البرودة
برقوق	غمر أو غمس فى الماء الساخن	40-45 (35-30 min)	مكافحة الأعفان
			تقليل أضرار البرودة
بطاطس	غمر أو غمس فى الماء الساخن	57.5 (20-30 min)	منع التزريع
			المحافظة على الجودة
نبت فول الصويا	غمر أو غمس فى الماء الساخن	60 (30 min)	تثبيت التزريع
فلفل حلو*	شطف وتفريش بالماء الساخن	55 (15 s)	مكافحة الأعفان
			تثبيت النضج
			المحافظة على الجودة
فلفل حلو	غمر أو غمس فى الماء الساخن	45 (15 min), 53 (4 min)	تقليل أضرار البرودة
			مكافحة الأعفان
			تحفيز إنتاج البولى أمينات
طماطم	شطف وتفريش بالماء الساخن	52 (15 s)	مكافحة الأعفان –
			تثبيت النضج
			تقليل أضرار البرودة
			تحفيز إنتاج البولى أمينات
طماطم	غمر أو غمس فى الماء الساخن	39, 45 (60 min)	تقليل أضرار البرودة
			مكافحة الأعفان

\* = معاملة تجارية.

### **المعاملة بمركبات حيوية للمحافظة على الجودة**

#### **الإيثانول والأسيتالدهيد**

يتواجد كل من الإيثانول والأسيتالدهيد في ثمار الطماطم بتركيزات متزايدة أثناء نضجها. ويمكن أن تؤدي المعاملة بالأسيتالدهيد إلى تحفيز النضج. وإذا ما حدثت زيادة في التركيز الطبيعي لأى من المركبين في الثمار بالمعاملة بهما فإن النضج قد يتوقف. ويبدو أن الأسيتالدهيد يثبط تكوين الإثيلين بمنع فعل الـ ACC synthase، و ACC oxidase. وقد تؤدي التركيزات المنخفضة من الإيثانول إلى منع حدوث التنفس الكلايكتيري الطبيعي. أما التركيزات المرتفعة من الإيثانول فإنها قد تؤدي إلى زيادة نفاذية الأغشية الخلوية بإضرار الإيثانول بطبقتي الليبيدات في الأغشية، حيث يُعتقد بوجود مواقع فعل الإثيلين (Podd & Staden 1998).

وأدى تعريض شرائح من ثمار طماطم خضراء مكتملة التكوين لأبخرة أى من الأسيتالدهيد بتركيز لا يزيد عن 500 ميكروجرام/جرام/طنازج، أو الكحول الإيثيلي بتركيز لا يزيد عن 3 مجم/جم وزن طنازج إلى تحفيز النضج، بينما أدى تعريضها لتركيزات أعلى من ذلك إلى تثبيط النضج.

هذا علماً بأن الكحول الإيثيلي ينتج في عديد من النباتات في الظروف اللاهوائية وكذلك الهوائية. ويمكن عزله من كل مراحل التلون في ثمار الطماطم المكتملة التكوين. أما الأسيتالدهيد فهو مركب ذو علاقة بالنكهة في معظم الأنسجة النباتية، ويزداد تركيزه في الثمار الكلايكتيرية عند نضجها. ويقوم الإنزيم alcohol dehydrogenase بالإسراع بتمثيل الكحول الإيثيلي من الأسيتالدهيد في النباتات (Beaulieu & Saltveit 1997).

#### **المثيل جاسمونيت**

أدت معاملة ثمار الخوخ بالك methyl jasmonate بتركيز 10 مللى مولار ست مرات إلى إسراع النضج وتحسين التلون باللون الأحمر (Janoudi & Flore 2003).

## المعاملة بمركبات كيميائية للمحافظة على الجودة

### مركبات تمنع التزريع فى المخازن

تفيد المعاملة ببعض المركبات الكيميائية فى منع تزريع الخضروات التى لا يمكن تخزينها فى درجات حرارة منخفضة. لعدم توفر المخازن المبردة، أو لأن الحرارة المنخفضة تحدث أضراراً بالخضروات المخزنة. وقد تجرى هذه المعاملات قبل الحصاد أو بعده.

وجميع المعاملات السابقة للحصاد تكون برش النباتات بالماليك هيدرازيد. فترش نباتات البطاطس عندما يكون قطر الدرناات حوالى ٥ سم. ويجب أن تظل الأوراق خضراء لعدة أسابيع بعد المعاملة. وترش نباتات البصل عند ميل نحو ٥٠٪ من الأوراق لأسفل. ويجب أن تكون الأبصال ناضجة عند الرش وأعناقها طرية، مع وجود ٥-٧ أوراق خضراء على الأقل.

أما المعاملات التالية للحصاد. فتكون بمركبات كيميائية مختلفة. فدرناات البطاطس ترش أو تعفر بالـ methyl ester of naphthalene acetic acid أثناء وضعها فى المخازن. أو قد يمكن خلط الدرناات بورق مشبع بهذه المادة. وتؤدى المعاملة إلى بقاء الدرناات ساكنة لمدة ٤-٥ أشهر فى حرارة ١٠-١٣ م. كما يستخدم الـ nonanol alcohol تجارياً بتبخيره بمعدل معين بأجهزة خاصة وإمراره فى جو المخزن من خلال أجهزة التهوية. تبدأ المعاملة عند بدء نمو البراعم. وتكرر عند الضرورة. وكذلك يستخدم الـ chloro-IPC فى المخازن بعد الحصاد بنحو ٢-٣ أسابيع (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

### مركبات الكالسيوم وكاتيونات أخرى

تعامل بعض المنتجات البستانية بالكالسيوم - بصورة مباشرة بعد الحصاد - لإبطاء التغيرات الحيوية المؤدية إلى اكتمال نضجها؛ وبذا .. تزداد فترة صلاحيتها للتخزين وتجرى المعاملة بغمس الثمار غير المكملة النضج (مثل: الكمثرى، والزبدية، والمانجو، والطماطم) فى محلول كلوريد الكالسيوم تحت تفريغ جزئى (١٢٥-٣٧٥ مم زئبق). تؤدى هذه المعاملة إلى تأخير وصول الثمار إلى مرحلة اكتمال النضج دون التأثير على جودتها.

## **الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية**

ويكون الكالسيوم فعّالاً في الطماطم عندما يزيد تركيزه على ٤٠ مجم/١٠٠ جم من الوزن الطازج. حيث يؤدي إلى إبطاء كل من عمليات: التلون، وإنتاج الإثيلين، والتنفس. وكان تأثير المعاملة كبيراً؛ حيث لم يظهر بالثمار أية علامات للنضج حتى بعد أن استمر تخزينها لمدة ٦ أسابيع على حرارة ٢٠م، ولم تُجدِ معها المعاملة بالإثيلين بتركيز ١٠٠٠ جزء في المليون لمدة ثلاثة أسابيع. كذلك أوقفت المعاملة بالكالسيوم أية تحولات حيوية خاصة بالنضج كانت قد بدأت من قبل بالفعل؛ حيث أدت المعاملة بالكالسيوم في أية مرحلة من التلون إلى وقف التغيرات في اللون وخفض معدل التنفس وإنتاج الإثيلين (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤ ب).

ومن بين المنتجات الأخرى التي يؤدي غمرها في محاليل من كلوريد الكالسيوم إلى المحافظة على صلابتها أو تحسينها: ثمار التفاح الكاملة، وثمار الفلفل الكاملة، وثمار الفراولة الكاملة والمقطعة إلى شرائح. وقطع الطماطم المكعبة، وثمار الخوخ الكاملة.

كذلك تستعمل المعاملة بكلوريد الكالسيوم - تجارياً - كعامل مثبت لصلابة الطماطم المعلبة والخيار المخلل.

### **ويمكن تفسير دور الكالسيوم في المحافظة على الصلابة بما يلي:**

- ١- دخول أيونات الكالسيوم في تراكيب معقدة مع الجدر الخلوية والصفیحة الوسطى.
- ٢- تثبيت أيونات الكالسيوم للغشاء الخلوى.
- ٣- تأثير الكالسيوم على ضغط الامتلاء بالخلايا.

وقد وجد أن المعاملة الحرارية تؤدي إلى تثبيت صلابة منتجات مثل: البطاطس الكاملة، والكريز، والطماطم، والكنتالوب. وربما يرجع هذا التأثير للمعاملة - منفردة أو مع الغمر في كلوريد الكالسيوم - إلى فعل الـ pectin methyl esterase المنشط بالحرارة، وزيادة انتشار الكالسيوم خلال الأنسجة.

هذا .. إلا أن المعاملة بكلوريد الكالسيوم تضى على المنتجات طعماً مرّاً، بما تتركه المعاملة من آثار من كلوريد الكالسيوم على سطح المنتج.

وبالمقارنة فإن لكتات الكالسيوم لا تضى على المنتجات ذلك الطعم المر، بينما أفاد الغمر في محاليل منها بتركيز ٠.٥٪-٢٪ إلى تثبيت صلابة الفراولة والجريب فروت (Luna-Guzmán & Barrett ٢٠٠٠).

وقد وجد أن خاصية إبطاء النضج ليست مقصورة على أيون الكالسيوم؛ حيث أظهرت كاتيونات أخرى ثنائية الشحنة – مثل المنجنيز، والكوبالت، والمغنيسيوم – تأثيرات مماثلة للكالسيوم. هذا .. بينما كانت الكاتيونات الأحادية الشحنة – مثل الصوديوم والبوتاسيوم – أقل تأثيراً من الكالسيوم (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤ ب).

### أكسيد النيتريك

أدت معاملة ١١ نوعاً من الخضر والفاكهة بأكسيد النيتريك NO في النيتروجين لمدة ساعتين ثم تخزينها لمدة ٢٤ ساعة في الهواء على ٢٠ م° و ٦٠٪ رطوبة . أدى إلى خفض الفقد الرطوبي بنسبة ٢٠٪ عما في حالة المنتجات التي خزنت في الهواء مباشرة (Ku وآخرون ٢٠٠٠).

### السيتوكينين

يعتبر السيتوكينين بنزلة أدنين من أهم منظمات النمو المؤثرة في حفظ الخضر من التدهور بعد الحصاد؛ حيث يحافظ على اللون الأخضر والمظهر الطازج لكل من الهندياء، والسبانخ، والفجل، والبقدونس، والبصل الأخضر، وكذلك النموات الخضرية للمحاصيل الجذرية التي تسوق بعروشها؛ مثل: الجزر، والفجل.

كذلك يستعمل البنزلة أدنين بتركيز ٥-١٠ أجزاء في المليون في المحافظة على المظهر الطازج ومنع التدهور في كل من: الكرنب، والخس، والأسبرجس، والبروكولي، والكرفس، وكرنب بروكسل (عن Weaver ١٩٧٢).

## **الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية**

ويستدل من دراسات Rushing (١٩٨٨) على أن معاملة رؤوس البروكولى - بعد الحصاد - بالسيتوكينين ABG 3062 (إنتاج Abbott Laboratories) بتركيز ٥٠ جزءاً في المليون أعطت نتائج جيدة جداً - مقارنة بالكنترول - عند تعبئتها فى أكياس من البوليثلين المثقب وتخزينها على حرارة ١٦ م. فقد أدت المعاملة إلى خفض معدل التنفس بنحو ٥٠٪ خلال الأربعة أيام الأولى من التخزين، مع الإبقاء على الكلورفيل فى الأنسجة المعاملة. وزيادة القدرة التخزينية للرؤوس بمقدار ٩٠٪ مقارنة بالكنترول.

### **تغليف المنتجات الطازجة بأغشية من مواد مأكولة**

يجرى تغليف المنتجات الطازجة بالأغشية المأكولة بهدف إبطاء تدهورها والحد من إصابتها بالأمراض.

يتوفر عدة أنواع من التحضيرات التجارية التى يمكن أن تغمس فيها الثمار أو ترش بها بعد الحصاد لتحسين مظهرها أو تأخير تدهورها، وهى تعرف باسم مغلفات الثمار fruit coatings.

### **ومن أنواعها التجارية المستخدمة، ما يلى**

١ - Tal Prolong :

يتكون من إسترات الأحماض الدهنية للسكروز مع الـ carboxymethylcellulose.

٢ - Semperfresh :

يشبه Tal Prolong.

٣ - الشيتوسان Chitosan :

عبارة عن N.O-Carboxymethylchitosan ويستخدم فى إنتاج أغشية للثمار تكون ذات نفاذية اختيارية لغازات مثل الأكسجين وثانى أكسيد الكربون والإثيلين.

٤ - Vapor Gard :

وهو فى الأساس مضاد للنتح ويستعمل - كذلك - فى تغليف الثمار.

٥ – Biofresh :

هو – كذلك – إستر أحماض دهنية للسكروز.

٦ – Trehalose :

يتكون سكر التريهالوز من جزيئين من الجلوكوز المرتبطين معاً، وهو يستخدم كمغلف للثمار (Thompson ٢٠٠٣).

### ومن أشهر الأنظمة المأخوذة استخداماً ما يلي،

Carnuba wax	شمع الكرنوبا
Paraffin wax	شمع البارافين
Shellac	الشيلاك
Gum	الصفغ
Mineral oil	الزيوت المعدنية
Emulsifiers	المستحلبات
Polysaccharide films	أغشية عديدة التسكر
Vegetable waxes	الشموع النباتية
Cellulose	السيليلوز
Lecithin	الليسيثين
Beeswax	شمع النحل
Chitosan	الشيتوسان

### استخدمت تلك الأنظمة مع كل من،

البروكولى	البنجر	الأسبرجس
الباذنجان	الخيار	الجزر
الكتنلوب	فاصوليا الليما	كرنب أبو ركة
البطاطس	القلقل	الجزر الأبيض
الفاصوليا الخضراء	الروتاباجا	القرع العسلى
الطماطم	البطاطا	الكوسة
		اللفت

**وحدات أهم فوائد استخدام ما يلي:**

- ١- تثبيط فقد الماء من المنتج وتأخير ذوبوله وانكماشه.
- ٢- تأخير الشيخوخة.
- ٣- خفض معدل التنفس.
- ٤- إطالة فترة التخزين.
- ٥- تثبيط أضرار البرودة.
- ٦- تأخير التحلل.
- ٧- تثبيط تمثيل الكلوروفيل والسولانين في درنات البطاطس.
- ٨- تأخير النضج في الطماطم (عن Baldwin ٢٠٠٣).

**معاملات الهواء المعدل لأجل التخلص من الحشرات الحية**

وجد أن التركيزات المنخفضة من الأكسجين وكذلك التركيزات المرتفعة من ثاني أكسيد الكربون أو كلاهما معاً يفيدان في التبريد من الإصابات الحشرية، إلا أن فترة المعاملة التي تلزم للتخلص التام من الحشرات تختلف باختلاف النوع الحشري، والطور الحشري المتواجد، ودرجة الحرارة أثناء المعاملة، وتركيز الأكسجين وثاني أكسيد الكربون. والرطوبة النسبية (جدول ٩-٤).

ويتحدد تحمل الخضر والفاكهة لتركيز ٥٠٪-٩٠٪ ثاني أكسيد كربون بمدى حساسيتها لأضرار ثاني أكسيد الكربون التي تظهر - عادة - بعد نحو ٣-٨ أيام من بدء المعاملة. كذلك يعد تكوين الروائح الكريهة والطعم غير المقبول من عيوب التعريض لتركيز من الأكسجين يقل عن ١٪.

وعلى الرغم من تلك الأضرار المحتملة فإن كثيراً من الحشرات يمكن التخلص منها قبل ظهور الأعراض، بما يسمح بالاستفادة من هذه المعاملة لأغراض الحجر الزراعي (Ke & Kader ١٩٩٢).

تداول الحاصلات البستانية - تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

جدول (٩-٤): الوقت اللازم لقتل بعض الأطوار الحشرية في بعض الخضراوات الطازجة تحت ظروف الجو المتحكم في مكوناته (عن Ke & Kader ١٩٩٢).

المحصول	الحشرة		المرحلة	الحرارة (م)	الجو المتحكم فيه		الفترة لحين قتل الحشرة تماماً (يوم)
	النوع	المرحلة			CO <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> %	
التفاح	Greenheaded	First/third	٠,٥	٣	٣	٥٩	
	<i>(Planartrix excessana)</i>						
	Brownheaded	First/fifth	٠,٥	٣	٣	٦٠-٣٢	
	<i>(Ctenopseustis obliquana)</i>						
	leafrollers	Instars					
	Apple maggot	Egg	صفر	صفر	—	٢٤	
	<i>(Rhagoletis pomonella)</i>	Egg	٢٠	صفر	—	٧	
	Apple rust mite	Egg	٢,٨	١	١	١٦٠	
	<i>(Aculus schlechtendali)</i>						
	European red mite	Egg	٢,٨	١	١	١٦٠	
	<i>(Panonychus ulmi)</i>	Egg	٧,٥	١	١,٥	١٤	
	Codling moth	Larvae	صفر	٢,٠-١,٥	١,٥	٩١	
	<i>(Cydia pomonella)</i>	Larvae	٢٧	١	٩٥	٢	
	Light brown	First/fifth	٠,٥	٣	٣	٦٠-٣٢	
	Apple moth	First/third	٢	٣	٣	٩٠	
	<i>(Epiphyas postvitana)</i>	First	٢٠	٠,٤	٥	٠,٩	
		First	٣٠	٠,٤	٥	٠,٥	
		Fifth	٤٠	٠,٤	٥	٠,٢	
		instars					
	San Jose scale	Cap/nymph	٢	٣	٣	١١٢	
	<i>(Quadraspidious perniciosus)</i>	Cap/nymph	١٢	١	٩٠	٢	
	Wheat bug	Adult	٠,٥	٣	٣	٥٩	
	<i>(Nysius hutton)</i>						

## الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

تابع جدول (٩-٤):

المحصول	الحشرة	المرحلة	الحرارة (م)	الجو المتحكم فيه		الفترة لحين قتل الحشرة تمامًا (يوم)
				CO <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> %	
الفاكهة ذات النواة الحجرية	Codling moth	Adult	٢٥	١٠	٠,٥	٣-٢
	( <i>Cydia pomonella</i> )	Egg	٢٥	١٠	٠,٥	٣-٢
		Pupa	٢٥	١٠	٠,٥	١٢-٦
		Egg	٢٥	٦٠	٨,٤	٣-٢
		Pupa	٢٥	٦٠	٨,٤	١٠-٦
	الموالح	Caribbean fruit fly	Egg	١٥,٦	٣٠	٢,٠-٠,٥
( <i>Anastrepha suspense</i> )		Pupa	١٥,٦	٣٠	٢,٠-٠,٥	١٠
الفراولة	Western flower thrips	Adult/pupa	٢,٥	١	٩٠-٥٠	٢-١
الكاكي	Leafroller	Third instar	٢٠	٥	٠,٥	٤
	( <i>Planotortrix excessana</i> )					
	Mealy bug	Larvae/adult	٢٠	٥	٠,٥	٧
	( <i>Pseudococcus longispinus</i> )					
الأسبرجس	Thrips	Larvae/adult	٢٠	١١-٨	٣-٢	٧
	( <i>Heliothrips</i> spp.)					
	Thrips	Adult	٢	٧	٧	١٤
البطاطا	Aphids	Adult	٢	٧	٧	١٤
	Sweet potato weevil	Adult	٢٥	٤-٢	٦٠-٤٠	٧-٢
	( <i>Cylas formicarius elegantulus</i> )	Adult	٣٠	٨	٦٠-٤٠	٨-٤

### التخزين تحت ضغط منخفض لأجل مكافحة الأمراض

أدى تعريض ثمار الفراولة بعد الحصاد لضغط جوى منخفض لمدة ٤ ساعات إلى تقليل الإصابة بالبوترتيس *Botrytis cinerea* عندما كان الانخفاض حتى ٠,٢٥ ضغط جوى، وإلى تقليل الإصابة بالعفن الريزوبى *Rhizopus rot* عندما كان الانخفاض فى الضغط حتى ٠,٥ ضغط جوى (Romanazzi وآخرون ٢٠٠١).

### المعاملة بالأشعة المؤينة

إن أنواع الطاقة المؤينة (الأشعة المؤينة) التى يمكن استخدامها فى معاملة الخضضر والفاكهة الطازجة تتضمن أشعة جاما (من كوبالت ٦٠ أوسيزيم ١٣٧)، وأشعة إكس، وأشعة الإليكترونات المسرعة accelerated electrons. وقد سمح باستخدام الأشعة المؤينة فى معاملة الخضضر والفاكهة الطازجة بجرعات تصل فى حدها الأقصى إلى كيلوجراى kGy واحد.

ومما يميز معاملة التعريض للإشعاع أن إجرائها ممكن بعد تعبئة المنتج؛ مما يقلل من فرصة تلوثها ثانية، كما أنها لا تترك أى متبقيات بالمنتج.

إن وحدة قياس الإشعاع فى النظام الدولى للوحدات هى الجراى Gray (اختصارها Gy)، علمًا بأن الجراى الواحد يعادل جول واحد (1J) من الطاقة لكل كيلوجرام من المنتج المشع.

### ويستخدم الإشعاع بواحدة من ثلاث جرعات، كما يلى:

- ١- عالية، وهى تزيد عن ١٠ كيلوجراى.
- ٢- متوسطة، وهى تتراوح بين كيلوجراى واحد. و ١٠ كيلوجراى.
- ٣- منخفضة، وهى تقل عن كيلوجراى واحد.

يؤدى التعريض للجرعة العالية إلى تعقيم المنتج، بينما تحدث بستره للمنتج لدى تعريضه للجرعة المتوسطة وهى جرعة تؤدى إلى زيادة فترة صلاحية المنتج للتخزين إما

## الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

بسبب خفض أعداد الكائنات الدقيقة الممرضة به، وإما بسبب التخلص التام من معظمها. أما التعريض للجرعة المنخفضة فإنه يؤدي إلى تخليص المنتج من الحشرات والكائنات الأخرى غير الدقيقة. مع تأخير نضج الثمار. وتأخير تبرعم البطاطس والبصل، وإحداث تغييرات في معظم العمليات الفسيولوجية.

يُسمح في الولايات المتحدة بتطهير الخضر والفاكهة الطازجة بالتعريض لجرعات إشعاع تقل عن كيلوجراى واحد، بينما تزيد الجرعة المسموح بها لأجل تعقيم المنتجات الجافة والخضر المجففة حتى ٣٠ كيلوجراى. ويتعين فى جميع أنحاء العالم تعليم المنتجات المشعة بخاتم الـ radura (شكل ٩-٢) الذى يميزها عن غيرها من المنتجات التى لم تشع، وهو يكون بلون أخضر.



شكل (٩-٢): خاتم الإشعاع، وهو يعنى أن المنتج قد عومل بالأشعة المؤينة. يتعين وضع هذا الخاتم (الذى يكون باللون الأخضر على المنتجات التجارية) على جميع المنتجات المعاملة بالإشعاع فى جميع أنحاء العالم.

يؤدي التعريض لأشعة جاما أو للإليكترونات إلى أكسدة الأوكسجين في الهواء المحيط وتوليد الأوزون. ويتعين التخلص من هذا الأوزون من حجرة المعاملة وكان تداول المنتج قبل تعرض العاملين له. ويجرى ذلك بسحب الهواء من داخل المكان والسماح للهواء الخارجى لأن يحل محله؛ الأمر الذى لا يستكمل إلا بعد سحب كل الهواء الداخلى؛ مما يجعل من غير العملى تبريد مكان معاملة الإشعاع. ولهذا السبب يجب عدم بقاء المنتج فى مكان المعاملة لفترة طويلة حتى لا ترتفع حرارته، خاصة وأن معاملة التعريض للإشعاع بالجرعة المنخفضة تؤدي – فى حد ذاتها وفى حرارة الغرفة – إلى رفع حرارة المنتج بنحو درجة واحدة مئوية (HortScience 1997).

**ومن بين أهم تأثيراته معاملات الضرر والفائضة الطازجة بالأشعة المؤينة، ما يلى:**

**١- تثبيط التزريع فى الخضر الدرنية والبصلية والجذرية:**

وجد – على سبيل المثال – أن المعاملة بجرعة ٠,١٥ إلى ٠,١٥ كيلوجراى من الأشعة المؤينة يثبط التبرعم فى كل من البطاطس واليام والطرطوفة والبطاطا والجنجر ginger (الزنجبيل) والبنجر واللفت والجزر والبصل والثوم. وتزداد فاعلية المعاملة إذا أجريت أثناء فترة السكون. ولا تتأثر نوعية الخضر بجرعات تقل عن ٠,١٥ كيلوجراى. إلا أن الجرعات الأعلى قد تُحدث تأثيرات غير مستحبة، مثل ضعف القدرة على التئام الجروح (ضعف تكوين البيريدوم فى درنات البطاطس)، ودكنة لون الأنسجة، وزيادة تركيز السكر فى درنات البطاطس. ونقص محتوى الفيتامينات، وزيادة القابلية للإصابة بمسببات أمراض بعد الحصاد (Kader 1986).

وفى البطاطس أمكن تقليل انكماش الدرناات وتزريعها – إلى حد كبير – بمعاملتها بـ ٥٠٠٠ رونتجن، كما أمكن وقف الانكماش والتزريع كلية بالمعاملة بـ ٢٠٠٠٠ رونتجن من أشعة جاما باستعمال كوبات ٦٠.

وقد أدت الجرعات الأعلى إلى إحداث فقد كبير فى الوزن مع انكماش الدرناات.

## **الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية**

كذلك دلت اختبارات التذوق على وجود طعم حلو في الدرنات بعد الإشعاع، كما أثبتت التجارب التي تلت ذلك وجود اختلافات بين الأصناف في استجابتها للإشعاع. ولكن لا يوجد أى شك في فائدة وجدوى هذه الطريقة في منع انكماش وتزريع درنات البطاطس. وقد أمكن تخزين البطاطس بهذه الطريقة لعدة سنوات.

كذلك أدت معاملة أبصال البصل إلى منع تزريعها، سواء أكانت الأبصال كبيرة، أم صغيرة، برغم أن النسيج الميرستيمي المسئول عن التزريع يوجد في وسط البصلة، بعكس عيون البطاطس التي يوجد فيها النسيج المرستيمي قريباً من سطح الدرنة.

كما وجد أن التعريض للإشعاع يمنع التزريع في الجزر، والبنجر، واللفت، والطرفوفة، لكن حدثت أيضاً نسبة عالية من العفن. وبرغم أنه أمكن التغلب على العفن في حالة الجزر بالغسيل والتنظيف والتخزين في أكياس بلاستيكية، إلا أن الضرر المحتمل حدوثه للخلايا الخارجية السطحية يجعل الجذور أقل مقاومة للعفن. كما أن الإشعاع يقلل من تكوين طبقة البيريدرم؛ وبالتالي من فرصة التثام الجروح كما هو حادث في البطاطس. وعموماً.. فإن سرعة التعفن تتوقف على درجة حرارة المخزن (عن Grosch ١٩٦٥).

وبصفة عامة.. فإن أشعة جاما تعتبر مكلفة في استخدامها، ونتائجها ليست دائماً إيجابية. فمن بين ٢٢ نوعاً من الخضار والفاكهة التي عوملت بالإشعاع كانت هناك آثار سلبية للمعاملة في عشرين نوعاً منه. كظهور لون غير طبيعي، أو طراوة، أو نضج غير طبيعي، أو فقد في الطعم، بينما لم تظهر آثار سلبية في أى من عيش الغراب أو التين. وبرغم أن الإشعاع بجرعة صغيرة (٨-١٠ كيلوراد) يفيد في منع تبرعم البطاطس والبصل، إلا أن هذه المعاملة لا تمنع حدوث العفن. وإلى جانب ذلك.. فإن معاملات الإشعاع تحدث زيادة في التبقع الأسود الداخلى في البطاطس؛ وتلون النوات القمية الداخلية في البصل (عن McGurie & Sharp ١٩٩٥).

٢- تثبيط نمو مهاميز الأسبرجس بعد الحصاد:

يفيد في هذا الشأن تعريض المهاميز لجرعة قدرها ٠.٠٥ إلى ٠.١٥ كيلوجراى من

الأشعة المؤينة، حيث تمنع استطالة المهاميز وانحناءها. إلا أن شحن المهاميز وهي في وضع رأسى مع استعمال جو معدل تزيد فيه نسبة ثاني أكسيد الكربون إلى ١٠٪-١٥٪ يعد إجراء أكثر واقعية لتحقيق نفس أهداف التعريض للأشعة.

٣- منع نمو عيش الغراب بعد الحصاد:

يؤدى تعريض عيش الغراب بعد الحصاد لجرعة قدرها ٠,٠٦ إلى ٠,٥ كيلوجراى إلى منع تفتح القطنسوة واستطالة الساق، وتقليل الأعفان السطحية، والحد من دكنة الخياشيم، والمحافظة على المظهر الطازج للمشروم. هذا إلا أن التبريد السريع للمشروم والمحافظة على حرارته على الصفر المئوى يحقق نفس أهداف التعريض للأشعة.

٤- التخلص من التلوث الحشرى والإصابات المرضية بالمنتجات:

يمكن أن تُحمل عديد من الأنواع الحشرية مع منتجات الخضرا والفاكهة الطازجة، وكثير من تلك الحشرات وخاصة ذباب الفاكهة من العائلة Tephritidae (مثل ذبابة فاكهة البحر الأبيض المتوسط، وذبابة فاكهة الشرق، وذبابة فاكهة المكسيك، وذبابة فاكهة الكاريبي) يمكن أن تؤثر سلباً على التجارة بين الدول. وتعد المعاملة بالأشعة المؤينة أفضل وأضمن وسيلة للتخلص من ذلك التلوث الحشرى (عن Kader ١٩٨٦).

وقد أدى تعريض جذور البطاطا لأشعة جاما (بجرعات وصلت إلى ١٠٠٠ Gy) إلى التخلص من سوسة البطاطا *Cylas formicarius*، كما أحدثت المعاملة زيادة في نسبة السكر في الجذور المشوية (McGuire & Sharp ١٩٩٥).

وتفيد المعاملة بالإشعاع في تقليل أمراض المخازن بتقليل الميكروبات السطحية. وقد أدت هذه المعاملة بالفعل إلى زيادة مدة التخزين، وكان التغيير طفيفاً فى الطعم والرائحة. ومن المحاصيل التى استجابت بدرجة جيدة للإشعاعات .. الكرنب، والسيانخ.. والأسبرجس، والبروكولى، وكذلك الفاصوليا، والبسلة، والذرة السكرية (عن Grosch ١٩٦٥).

## الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

ويمكن إيجاز تأثير الجرعات المتزايدة من الأشعة المؤينة على الضرر والفاخمة اللازجة فيما يلي:

التأثير	الجرعة (كيلوجراي kGy)
تشبيط التزريع فى الدرنات والأبصال والجنذور - تشبيط النمو فى الأسبرجس وعيش الغراب	٠,١٥-٠,٠٥
التخلص من الحشرات	٠,٧٥-٠,١٥
تأخير نضج بعض الثمار الاستوائية مثل الموز والمانجو والباباظ	٠,٥٠-٠,٢٥
مكافحة أمراض ما بعد الحصاد	١,٧٥ <
إسراع الطراوة وفقد الصلابة - ظهور طعم غير مرغوب فيه فى بعض المنتجات	٣,٠-١,٠
فقد شديد للصلابة - النضج غير الطبيعى - حدوث بعض العيوب الفسيولوجية - تغير الطعم	٣,٠ <

ويمكن تقسيم الضرر والفاخمة اللازجة حسب حملها لجرعة من الأشعة المؤينة نقل عن كيلوجراي واحد كما يلي (عن Kader ١٩٨٦).

الحاصلات	الحمل النسبي
التفاح - الكريز - السبلح (التمس) - الجوافة - المانجو - الكنتالوب - النكتارين - الباباظ - الخوخ - الراسبرى - الفراولة - الطماطم	عال
المشمش - الموز - التين - الجريب فروت - الكمكوات - البرتقال - الكمثرى - الأناناس - البرقوق - التانجرين	متوسط
الزبدية - الخيار - العنب - الفاصوليا الخضراء - الليمون الأضاليا - الليمون البنزهير - الزيتون - الفلفل - الكوسة - الخضر الورقية - البروكولى - القنبيط.	منخفض

ويظهر فى جدول (٩-٥) حدود جرعة الإشعاع لإحداث تأثيرات معينة فى عدد من الحاصلات البستانية (عن Wills وآخريين ١٩٩٨).

تداول الحاصلات البستانية - تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

جدول (٩-٥): حدود جرعة الإشعاع لإحداث تأثيرات معينة في بعض الحاصلات البستانية.

محددات التطبيق التجارى	الجرعة (kGy)		التأثير المستهدف للإشعاع	الحصول
	الحد الأدنى اللائم	الحد الأقصى الممكن تحمله		
توفر بدائل أرخص وأكثر كفاءة - فقد الأنسجة لصلايتها	١,٥	١,٥-١	مكافحة الامرار السطحي والقلب البنى	التفاح
طراوة الأنسجة	٢,٠٠	١,٠-٠,٥	مكافحة العفن البنى	الشمش والخوخ والنكتارين
غير اقتصادى - قصر موسم الحصاد - المساحات المزروعة صغيرة	٠,١-٠,٠٥	٠,١٥	تثبيط النمو	الأبرجس
توفر بدائل أرخص وأكثر كفاءة - طراوة الأنسجة وتلونها باللون البنى	—	٠,٢٥	تثبيط النضج والأعقان	الزبدية
توفر بدائل أرخص وأكثر كفاءة	٠,٣٥-٠,٣٠	٠,٥	تثبيط النضج	الموز
تحدث أضرار شديدة بالثمار عند جرعة ٠.٥ كيلوجراى أو أعلى من ذلك - توفر بدائل أرخص وأكثر كفاءة	٢,٠-١,٥	٠,٢٥	تثبيط أعفان <i>Penicillium</i>	الليمون الأضاليا
توفر بدائل أرخص وأكثر كفاءة	٢	١	تثبيط نمو الساق وتفتح القلنسوة	عيش الغراب
توفر بدائل أرخص وأكثر كفاءة	٢	٢	تثبيط أعفان <i>Penicillium</i>	البرتقال

## الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

تابع جدول (٩-٥).

الحصول	التأثير المستهدف للإشعاع	الجرعة (kGy)		معدلات التطبيق التجاري
		الحد الأدنى اللازم	الحد الأقصى الممكن تحمله	
الباباظ	التطهير من ذبابة الفاكهة	٠,٢٥	١-٠,٧٥	عدم توفر مساحات مزروعة كافية للتمميم التجاري
الكمثرى	تثبيط النضج	٠,٢٥	١	عدم انتظام النضج - توفر بدائل أرخص وأكثر كفاءة
البطاطس	تثبيط التوزيع	٠,١٥-٠,٠٨	٠,٢	توفر بدائل أرخص وأكثر كفاءة
الفراولة	تثبيط العفن الرمادى	٢	٢	توفر بدائل أرخص وبنفس الكفاءة
عنب المائدة	تثبيط العفن الرمادى	—	٠,٥-٠,٢٥	طراوة الأنسجة وتكون طعم غير مقبول - توفر بدائل أرخص وأكثر كفاءة
الطماطم	تثبيط عفن ألترناريا	٣	١,٥-١	عدم انتظام النضج - طراوة الأنسجة

هذا .. إلا أن الاستفادة من تقنية معالجة منتجات الخضار والفواكه بالطاقة الأخرى المؤينة لا تخلو من المحددات والمخاطر التي تواجهها، والتي يمكن تلخيصها على النحو التالي:

- ١- عدم توفر التقنيات اللازمة للمعاملة بالقرب من أماكن الإنتاج.
- ٢- مخاطر التعريض لجرعات زائدة وتأثيرها السلبي الكبير على المنتجات المعاملة.
- ٣- التكلفة العالية.
- ٤- عدم تقبل المستهلكين لفكرة تناول منتجات سبق تعريضها للإشعاع على الرغم من عدم وجود أى مخاطر على الصحة جراء تداولها واستعمالها فى الغذاء.

٥- المشاكل اللوجيستية الخاصة بتداول ومعاملة كميات كبيرة من مختلف المنتجات (عن Kader ١٩٨٦).

### المعاملة بالزيوت الأساسية لأجل مكافحة الأمراض

تلعب الزيوت الأساسية دوراً كمضادات فطرية، واستخدام بعضها لهذا الغرض في دراسات بعد الحصاد. ومن أهم مميزاتها صلاحيتها للاستعمال في صورة أبخرة، ويعتقد بأنها تلعب دوراً في آليات الدفاع النباتي ضد الكائنات الدقيقة الممرضة.

وقد اختبر تأثير عديد من المكونات المتطايرة لبعض الزيوت الأساسية على نمو كثير من الفطريات - التي تسبب مشاكل مرضية لمنتجات الخضر والفاكهة بعد الحصاد - وذلك في البيئة الصناعية. تضمنت المكونات المتطايرة ما يلي:

(E)-anethole	p-anisaldehyde	carvacrol
(-)-carvone	1,8-cineole	(+)-limonene
myrcene	(+/-)-alpha-phellandrene	(+)-alpha-pinene

أما الفطريات التي أجرى عليها الاختبار فقد اشتملت على مايلي:

<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Monilina laxa</i>
<i>Mucor piriformis</i>	<i>Panicillium digitatum</i>
<i>Penicillium italicum</i>	<i>Penicillium expansum</i>
<i>Rhizopus stolonifer</i>	

ولقد حصل على أفضل النتائج باستعمال الـ carvacrol (وهو فينول)؛ فعند تركيز ١٢٥ جزءاً في المليون توقف نمو جميع الفطريات بصورة تامة ونهائية (بفعل fungicidal أى قاتل للفطريات) فيما عدا بالنسبة للفطر *P. italicum*، كذلك توقف إنبات جراثيم *M. laxa*، و *M. piriformis*، و *R. stolonifer* عند نفس التركيز، ولكن ليس عند تركيز ٦٢ جزءاً في المليون.

## الفصل التاسع - مهمات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

كذلك ظهر تأثير موقف مؤقت للنمو الفطري (fungistatic) عندما كانت المعاملة بأى من المركبات *p-anisaldehyde* (وهو ألدهايد)، أو *carvone* (-) (وهو كيتون)، أو *(E)-anethole* (وهو إثير ether) عند ٢٥٠-١٠٠٠ جزء فى المليون. وذلك بترتيب تنازلى لتأثير تلك المركبات (Caccioni & Guizzardi ١٩٩٤).

وأوضحت عديد من الدراسات فاعلية بعض الزيوت الأساسية فى وقف نمو الفطر *Botrytis cinerea*. ومن بين الزيوت التى تأكد جدواها فى هذا الشأن كلاً من الزعتر الأحمر *Thymus zygis*، والفصوص البرعمية لـ *Eugenia caryophyllata*، وأوراق القرفة *Cinnamomum zeylanicum*. كذلك فإن الزيت الأساسى لكل من *Monarda citrodora*، و *Melaleuca alternifolia* تظهر نشاطاً مضاداً لمدى واسع من الفطريات التى تصيب الخضر والفاكهة بعد الحصاد.

ويبدو أن تأثير الزيوت لا يرجع إلى مركب واحد بعينه فى الزيت الأساسى، وإنما إلى تأثير تداؤبى synergistic لعدد من تلك المركبات، وهى التى تتواجد فى كل زيت - عادة - بالعشرات وربما بالمئات (Sydney Postharvest Laboratory Information Sheet - الإنترنت - ٢٠٠٧).

وقد أدى غمس ثمار الطماطم فى مستحلب زيت الزعتر *thyme* بتركيز ٥٪ أو زيت الـ *oregano* بتركيز ١٠٪ إلى خفض إصابتها أثناء التخزين بكل من الفطرين *Botrytis cinerea*، و *Alternaria arborescens* (Plotto وآخرون ٢٠٠٣).

كما أدت معاملة ثمار الطماطم بالمركب *trans-cinnamaldehyde* بتركيز ١٣ مللى مول (وهو مركب يتواجد طبيعياً فى النباتات) إلى خفض أعداد البكتيريا والفطريات على سطح الثمرة إلى العُشر عندما كان غمس الثمار لمدة ١٠ دقائق، وإلى تأخير ظهور أى نموات فطرية لمدة أسبوع كامل عندما كان الغمس لمدة ٣٠ دقيقة مع حفظ الثمار بعد ذلك فى جو معدل على ١٨ م°؛ علماً بأن *Penicillium sp.* كان هو الفطر السائد على كأس الثمار المخزنة (Smid وآخرون ١٩٩٦).

وفى الكمثرى .. أمكن مكافحة الفطر *Penicillium expansum* – مسبب مرض العفن الأزرق – فى الثمار المخزنة بالمعاملة بأبخرة بعض المركبات المتطايرة ذات الأصول النباتية . مثل :

trans-2-hexenal

carvacrol

trans-cinnamaldehyde

citral

وكانت أفضل المعاملات فى مكافحة الفطر هى التعريض لأبخرة trans-2-hexenal بمعدل ١٢,٥ ميكروليتر/لتر على مدى ٢٤ ساعة تبدأ بعد ٢٤ ساعة من الحقن بالفطر المرض (Neri وآخرون ٢٠٠٦).

ومن بين الزيوت الأساسية التى أعطت نتائج إيجابية فى هذا المجال الثيمول thymol الذى يُتَّحَصَل عليه من الزعتر thyme (وهو: *Thymus capitatus*)، والذى استخدم فى تبخير الكريز لحمايته من الإصابة بالعفن الرمادى (*B. cinerea*) والعفن البنى (*Monilia fructicola*) بتركيزات ٣٠، و ٤ مجم/لتر للفطرين؛ على التوالى. هذا .. مع العلم بأن الثيمول يدخل ضمن غذاء الإنسان وإضافات للأغذية.

كذلك استخدم الكارفون carvone- الذى يُتَّحَصَل عليه من الزيت الأساسى للنبات *Carum carvi* – تجارياً فى منع تزرير البطاطس فى المخازن إضافة إلى أنه وفر لها حماية من الإصابة بالأعفان. وهو يتوفر تجارياً فى هولندا تحت الاسم التجارى TALENT (عن Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

هذا .. ويمكن أن تنتقل يرقانة القواقع slugs (*Deroceras reticulatum*) مع درنات البطاطس من الحقول إلى المخازن إذا ما كان الموسم رطباً وأجرى الحصاد والتربة رطبة. حيث تنتقل اليرقانة مع الطين الذى قد يكون ملتصقاً بالدرنات؛ بما يعنى استمرار حدوث الأضرار فى المخازن. وقد وجد أن معاملة الدرنات المخزنة بمانع التبرعم المحتوى على الكارفون carvone (التحضير التجارى Talent) بمعدل ٥٠ مل من المركب التجارى لكل طن من الدرنات أدت إلى مكافحة اليرقانات فى خلال أيام قليلة (Ester & Trul ٢٠٠٠).

## الفصل التاسع – معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

وإضافة إلى ما تقدم بيانه فقد أثبتت الزيوت الأساسية لنباتات أخرى جدواها في حماية بعض منجذات لبسنانية من الإصابة بالأعفن بعد الحصاد. وكان منها (عن Tripathi & Dubey ٢٠٠٤)

*Salvia officinalis*

*Mentha arvensis*

*Zingiber officinale*

وقد دُرِس تأثير المعاملة بخمسة زيوت أساسية (هي تلك الخاصة بالزعتر *thyme*، والمريمية *sage*، وجوزة الطيب *nutmeg*، الإيوكابتس *eucaptus*، والسَّنَا *cassia*) ضد الفطر *Alternaria alternata*، وظهر لكل من زيت السَّنَا والزعتر نشاط مضاد للفطر، ولكن بدرجة أكبر لزيت السَّنَا وذلك عندما استعمل بتركيز ٣٠-٥٠٠ جزء في المليون (Feng وآخرون ٢٠٠٧).

### **المعاملة بمركبات حيوية مضادة للفطريات والبكتيريا حامض الخليك**

يفيد التبخير بحامض الخليك كوسيلة للتعقيم السطحي لمنتجات الخضار والفاكهة الطازجة. وهو منتج طبيعي لا ضرر منه على صحة الإنسان. ولا يقتصر فعل حامض الخليك على خفض الرقم الأيدروجيني فقط. وإنما يتعداه إلى اختراقه للخلايا الميكروبية. وإحداث سميته فيها. ولقد أفادت المعاملة بأبخرة حامض الخليك في مكافحة عديد من الأعفان في التفاح والعنب والمشمش والبرقوق والكريز (Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

وأوضحت دراسات Sholberg & Gaunce (١٩٩٥) أن تبخير ثمار بعض المحاصيل (الطماطم، والتفاح، والعنب، والبرتقال، والكيوي) بعد الحصاد بحامض الخليك *Acetic Acid* بتركيزات تراوحت بين ٢.٠ و ٤.٠ مجم/لتر من الهواء (بعد حقنها بفطريات متنوعة؛ هي: *Botrytis cinerea*، و *Penicillium expansum*، و *P. italicum*) منع تعفنهما دون أن تحدث أية تأثيرات سلبية بها وقد أدت زيادة

الرطوبة النسبية (من ١٧٪ إلى ٩٨٪) إلى زيادة فاعلية المعاملة عندما أجريت على  
أى من ٥ م أو ٢٠ م.

### حامض الأوكساليك

أفاد عمر ثمار المانجو فى محلول حامض أوكساليك بتركيز ٥ مللى مولار لمدة ١٠  
دقائق على ٢٥ م ثم تخزينها على ١٤ ± ١ م لمدة خمسة أسابيع فى تثبيط تدهور الثمار  
وإطالة فترة الصلاحية للتخزين. وذلك من خلال تأخير اكتمال نضج الثمار، بالإضافة  
إلى تثبيط إصابتها بالفطر (*Colletotrichum gloeosporioides* Zheng وآخرون ٢٠٠٧).

### الجلوكوسينولات

تعد الجلوكوسينولات glucosinolates من المركبات الطبيعية ذات النشاط المضاد  
للميكروبات، وهى مجموعة تتضمن نحو ١٠٠ مركب تنتجها الصليبيات. يؤدى تحليل  
الجلوكوسينولات إلى إنتاج الـ D-glucose وأيون الكبريتات وسلسلة من المركبات مثل  
الأيزوثيوسيانات isothiocyanate، والثيوسيانات thiocyanate، والنيتريل nitrile. ولقد  
تأكدت سمية الجلوكوسينولات التى تم اختبارها ضد بعض الكائنات الدقيقة المسببة  
للأعفان بعد الحصاد فى الكمثرى (Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

### البروبوليس

إن البروبوليس propolis منتج راتينجى طبيعى يُحصل عليه من براعم وقلف الحور  
وأشجار الصنوبر. يحتوى البروبوليس على بروتين، وأحماض أمينية، وفيتامينات،  
وعناصر، وفلافونات، ويتميز بكونه مضاد حيوى لكل من الفطريات والبكتيريا وقدرته  
على الحد من بعض مسببات الأعفان بعد الحصاد مثل *Botrytis cinerea*.  
و (*Penicillium expansum*) (Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

### مستخلصات الفطر *Fusarium semitectum*

يستعمل الفطر *Fusarium semitectum* – الذى يعيش فى التربة – فى مكافحة

## الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

الحيوية. وقد عزل منه مركبان. هـ fusapyrone و deoxyfusapyrone وجد أنهما يحدن من نمو فطر *botrytis cinerea* - مسبب مرض العفن الرمادي - في كرس لبيئات لصناعية والعنب. وقد استخدمه fusapyrone بتركيز ١٠٠ جزء في المليون - بنجاح - مع العنب في منع الإصابة بالعفن الرمادي. ونظراً لضعف سمية هذين المركبين للإنسان والحيوان. وعدم سميتهما للنباتات. فإن استعماله على نطاق تجارى آخذ في الانتشار على العنب وغيره من المحاصيل (Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

### المعاملة بمركبات كيميائية مضادة للفطريات والبكتيريا

#### مركبات الكالسيوم

أقترح معاملة ثمار الخيار بالكالسيوم قبل تعرضها للإصابة بالفطر *Botrytis cinerae* لأن المعاملة يمكن أن تزيد من مقدار الكالسيوم المرتبط بالجدر الخلوية؛ وبذا تقل فرصة هضم الكالسيوم بواسطة إنزيمات الفطر البكتينوليتية pectinolytic enzymes (Chardonnet & Doneche ١٩٩٥).

كما أدى غمر ثمار الكنتالوب المجروحة صناعياً في محلول كلوريد كالسيوم بتركيز ١١٪  $Ca^{+2}$  إلى خفض إصابتها بالفطر *Myrothecium roridum* المسبب للعفن إلى نحو ٦٦٪ من شدة إصابة ثمار كنترول. ونظراً لأن الكالسيوم لم يكن له تأثير مباشر على الفطر في البيئات الصناعية؛ لذا.. يعتقد بأن العنصر يحدث تأثيره بطريق غير مباشر، وذلك من خلال تأثيره على تطور الفطر الممرض في النسيج الثمرى (De Lima وآخرون ١٩٩٨).

ووجد أن مقاومة البطاطس لبكتيريا العفن الطرى، والتفاح للفطر *Penicillium expansum* تزداد بزيادة محتوى أنسجتها من عنصر الكالسيوم (عن Conway وآخرون ١٩٩٤).

#### أكسيد النيتروز

أدى تعريض بعض أنواع الثمار لغاز أكسيد النيتروز nitrous oxide ( $NO_2$ ) بتركيز

## تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

١٠، أو ٣٠، أو ٥٠، أو ٨٠. مخلوطاً مع الأكسجين بنسبة ٢٠٪ إلى تأخير ظهور الإصابة بعدد من الفطريات التي حقنت بها، وإلى إبطاء اتساع البقع المرضية. وتوقف مدى تأثير المعاملة على تركيز الغاز ومدة المعاملة. ويعتقد بأن ذلك التأثير يرجع إلى التأثير المثبط المباشر للغاز على النمو الفطري، بالإضافة إلى دور المعاملة في زيادة المقاومة الطبيعية لأنسجة العائل.

وقد حازت الفطريات التي استخدمت في الدراسة وتأثيرها بالمعاملة كما يلي:

العائل	الفطريات
التفاح	<i>Alternaria alternata</i>
	<i>Penicillium expansum</i>
الفراولة	<i>Botrytis cinerea</i>
	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>fragariae</i>
	<i>Rhizopus stolonifer</i>
اليوسفي	<i>Geotrichum candidum</i>
الطماطم	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>
الكاكي	<i>Colletotrichum acutatum</i>
الجوافة	<i>R. stolonifer</i>

(٢٠٠١ Qadir & Hashinaga).

## أملاح البيكربونات

أفادت المعاملة بأي من بيكربونات البوتاسيوم، أو بيكربونات الصوديوم في مكافحة الفطر *Alternaria alternata* في ثمار الفلفل بعد الحصاد (Ziv وآخرون ١٩٩٤).

## حامض الجبريلليك

أدت معاملة الكرفس بحامض الجبريلليك قبل التخزين على ٢ م° إلى خفض نسبة الإصابة بالعفن – بعد شهر من التخزين – إلى ٧٪ فقط مقارنة بنسبة ٣٤٪ في معاملة

## الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

الشاهد. ويبدو أن هذا التأثير كان مرده إلى إبطاء الجبرالين لتحويل مركب mamesin (+) الشديد الفاعلية ضد الفطريات إلى مركب psoralens الأقر فاعلية والمسنول في نفس الوقت عن الحالة الطبيعية phytophotodermatitis التي تصيب العاملين في حقول الكرفس والمشتغلين بتداول المحصول بعد الحصاد (Afek وآخرون ١٩٩٥).

### المعاملة بمثيرات المقاومة المستحثة للأمراض

تتضمن مثيرات المقاومة المستحثة للأمراض في المنتجات البستانية بعد الحصاد، ما

يلي :

أولاً: المثيرات الكيميائية :

تقسم المثيرات الكيميائية - بدورها - إلى الفئات التالية :

١- مثيرات عضوية طبيعية :

من أمثلة تلك المثيرات ما يلي :

أ- حامض السلسيلك .

ب- الشيتوسان .

٢- مثيرات غير عضوية :

من أمثلة تلك المثيرات ما يلي :

أ- حامض الفوسفونيك phosphate .

ب- أملاح حامض الفوسفونيك مثل فوسفونات البوتاسيوم .

٣- مثيرات عضوية مخلقة صناعياً :

من أمثلة تلك المثيرات ما يلي :

أ- الـ INA (وهو 2,6-dichloroisonicotinic acid) .

ب- الـ Acibenzolar (وهو: benzo-(1,2,3)-thiadiazole-7-carbothioic acid S-

(methyl ester) ، ويعرف اختصاراً بالأسماء: ASM ، و BTH ، و CGA 245704 ، ومن

منتجاته التجارية Bion ، و Actigard .

## تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

ويظهر في جدول (٩-٦) أمثلة لبعض المستحضات الكيميائية للمقاومة ضد أمراض بعد الحصاد في الحاصلات البستانية

جدول (٩-٦): أمثلة لبعض المستحضات الكيميائية للمقاومة ضد أمراض بعد الحصاد في الحاصلات البستانية (Terry & Joyce ٢٠٠٤).

المستحضر الكيميائي	المسبب الفطري المستهدف	المحصول	
Salicylic acid	<i>B. cinerea</i>	<i>Actinidia deliciosa</i> (kiwifruit)	الكوي
Gibberellic acid	<i>B. cinerea</i>	<i>Apium graveolens</i> (celery)	الكرفس
Salicylic acid	<i>Alternaria</i> sp.	<i>Chamelaucium uncinatum</i> (Geraldton waxflower)	
Jasmonic acid	<i>P. digitatum</i>	<i>Citrus paradise</i> (grapefruit)	الجريب
Methyl jasmonate	<i>P. digitatum</i>		فروت
Acibenzolar	<i>Alternaria</i> sp.	<i>Cucumis melo</i> (rock and hami melon)	الكتنلوب
Gibberellic acid	<i>A. alternata</i>	<i>Diospyros kaki</i> (persimmon)	الكاكي
Acibenzolar	<i>B. cinerea</i>	<i>Fragaria ananassa</i> (strawberry)	الفراولة
Salicylic acid	<i>C. gloeosporioides</i>	<i>Mangifera indica</i> (mango)	المانجو
Carbon dioxide	<i>C. gloeosporioides</i>	<i>Persea americana</i> (avocado)	الزبدية
Cytokinins	<i>C. gloeosporioides</i>		
Gibberellic acid	<i>B. cinerea</i>	<i>Rosa hybrida</i> (rose)	الورد
Methyl jasmonate	<i>B. cinerea</i>		
Acibenzolar	<i>Fusarium semitectum</i>	<i>Solanum tuberosum</i> (potato)	البطاطس

### ثانياً: المثبريات الفيزيائية:

أن من بين المثبريات الفيزيائية لحث المقاومة في النباتات ما يلي:

١- المعاملة الحرارية السابقة للتخزين.

٢- زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون.

٣- التعريض للأشعة المؤينة.

٤- التعريض للأشعة فوق البنفسجية عند طول موجى معين UV-C.

ثالثاً: المثيرات البيولوجية:

تتضمن المثيرات البيولوجية عدداً كبيراً من الكائنات الدقيقة (Terry & Joyce ٢٠٠٤).

ونقدم تحت العناوين الرئيسية القليلة التالية شرحاً لعدد من مختلف مثيرات المقاومة الطبيعية.

### **العاملة بالمركبات الكيميائية المثيرة للمقاومة الطبيعية**

نتناول بالشرح تحت هذا العنوان بعض الأمثلة، كما يلي:

#### **الـ BTH**

أحدث رش نباتات الكنتالوب مرة واحدة بالـ benzothiadiazole (اختصاراً: BTH) قبل الحصاد بأسبوعين خفصاً معنوياً فى إصابات الثمار بعد الحصاد - بأمراض المخان، وخاصة تلك التى تسببها فطريات *Fusarium*، و *Alternaria*، و *Rhizopus*، كذلك أعطى الرش أربع مرات كل ١٢ يوماً خلال مرحلتى الإزهار ونمو الثمار بكل من  $\beta$ -aminobutyric acid (اختصاراً: BABA)، و 2,6-dichloroisonicotinic acid (اختصاراً: INA) نتائج مماثلة. أما قبل الحصاد فقد أدت المعاملة بأى من الـ INA أو الـ BTH إلى خفض إصابة النباتات بكل من البياض الدقيقى والبياض الزغبى (Bokshi وآخرون ٢٠٠٦).

#### **الـ harpin**

أدى غمر ثمار الكنتالوب فى محلول harpin (وهو حاث بكتيرى لتفاعل فرط الحساسية) بتركيز ٩٠ جزءاً فى المليون إلى خفض إصابتها بالأعفان التى تسببها

فطريات *Trichothecium* و *Fusarium semitectum* و *Alternaria alternata* و *roseum*. وذلك من خلال حث المقاومة ضدها. علماً بأن الـ harpin ليس ساماً لتلت الفطريات في البيئات الصناعية (Yang وآخرون ٢٠٠٧).

## الـ BFO

تؤدي المعاملة بالمركب burdock fructooligosaccharide (اختصاراً: BFO) إلى حث الجهاز المناعي في النباتات وإكسابها مقاومة جهازية. ففي الطماطم .. أدت المعاملة إلى تثبيط الإصابة بأمراض ما بعد الحصاد سواء أكانت الإصابة بها طبيعية. أم بالحقن كما في *Botrytis cinerea*.

## وقد أحدثت المعاملة بالـ BFO التغيرات الإنزيمية التالية،

- ١- زيادة مستوى الـ mRNA للجينات التي تشفر للبروتينات ذات الصلة بالنشاط المرضي (PRs)، مثل PR-1a و PR-2a (وهو extracellular  $\beta$ -1,3-glucanase)؛ و PR-2b (وهو intracellular  $\beta$ -1,3-glucanase)؛ و PR-3a (وهو extracellular chitinase)؛ و PR-3b (وهو intracellular chitinase).
  - ٢- تراكم الـ mRNA الخاص بالجين phenylalanine ammonia lyase في ثمرّة الطماطم.
  - ٣- زيادة نشاط إنزيمات البيروكسيداز peroxidases.
  - ٤- زيادة تمثيل الفينولات.
- إلا أن المعاملة لم تؤثر في نشاط إنزيم البولي فينول أوكسيداز polyphenol oxidase (Wang وآخرون ٢٠٠٩).

## الأوزون

أظهرت معاملة جذور الجزر – أثناء التخزين – بالأوزون بتركيز ٦٠ ميكروليتر/لتر نقصاً قدره ٥٠٪ في النمو اليومي لكل من الفطرين *Botrytis cinerea* و *Sclerotinia*

*sclerotiorum* . مما يدل على أن للأوزون تأثير فطري مثبت fungistatic ) Liew & Prange (١٩٩٤).

كما أدى تعريض ثمار الطماطم - بعد الحصاد - للأوزون بتركيزات تراوحت بين ٠.٠٠٠٠٥ و ٥.٠٠ ميكرومول/مول إلى الحد من إصابتها بكل من الفطرين *Alternaria alternata* مسبب مرض البقع السوداء. و *Colletotrichum coccodes* مسبب مرض الأنثراكنوز، كما ازداد تأثير المعاملة بزيادة تركيز الأوزون المستعمل، إلا أن تركيز ٠,٢ ميكرومول/مول - وهو الحد الأقصى الحرج المسموح به في دول السوق الأوروبية لكى لا تتأثر صحة الإنسان - كان مؤثراً للغاية فى الحماية من إصابة الثمار بأى من الفطرين. هذا .. ولم تكن المعاملة بالأوزون مؤثرة على الفطر فى البيئات الصناعية؛ بما يدل على أن تأثير الأوزون فى النبات يرجع - ولو جزئياً - إلى تغيرات يحدثها فى التفاعلات بين الثمار والمسببات المرضية (Tzortzakis وآخرون ٢٠٠٨).

### **المعاملة بمركبات الأيض الثانوية كمثيرات للمقاومة**

يُعرف حالياً حوالى ١٠٠٠٠ من مركبات الأيض النباتى الثانوية - التى أمكن التعرف على تركيبها الكيميائى - والتى ثبت أن لها خاصية التضادية الحيوية للمسببات المرضية، ولكن العدد الحقيقى قد يصل إلى ٤٠٠٠٠٠ مركب يمكن أن يلعب معظمها دوراً أساسياً فى التفاعلات بين العوائل النباتية والمسببات المرضية. ونظراً لأصلها النباتى فإن تلك المركبات تتحلل بيولوجياً ولا يتبقى أثر منها فى البيئة (Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

ونلقى الضوء تحت عناوين أخرى من هذا الفصل على المعاملات التى تتضمن بعض مركبات الأيض الثانوية، مثل:

### **المثيل ساليسيلات**

أدى تبخير ثمار الفراولة بال methyl salicylate إلى خفض إصابتها بالعفن الرمادى

بنسبة الثلث مقارنة بالإصابة فى ثمار الكنترول. وقد تحول الـ methyl salicylate فى الثمار إلى حامض سلسيك وأدى إلى زيادة نشاط الشيتينيز (Kim & Choi ٢٠٠٢).

### حامض الجاسمونك والميثيل جاسمونيت

يعد كل من حامض الجاسمونك jasmonic acid، والميثيل جاسمونيت methyl jasmonate – اللذان يطلق عليهما معاً اسم jasmonates – من الهرمونات الطبيعية المنظمة للنمو النباتى، والتي يعرف وجودها فى المملكة النباتية على نطاق واسع. وهى تتراكم فى الأنسجة النباتية التى تتعرض للإصابة بالسببات المرضية، بما يفيد بأنها تلعب دوراً فى حث النظام الدفاعى فى النباتات. ولقد تبين أنها تنشط الجينات التى تشفر لتمثيل مضادات الفطريات مثل الـ thionin، والـ osmotin، وبعض الفيتوأكسينات.

ولقد استخدم الـ methyl jasmonate كمعاملة بعد الحصاد للحد من إصابة الفراولة بالعفن الرمادى الذى يسببه الفطر *Botrytis cinerea*.

ومما يميز الـ methyl jasmonate أنه متطاير فلا توجد حاجة لغمر الثمار فى الماء. كما أن رائحته زكية، ومن خصائصه الارتباط بالمواد البوليميرية، مما يطيل من فترة تواجده فى المخازن المعاملة. أما حامض الجاسمونيك فهو قابل للذوبان فى الماء، مما يجعله صالحاً لمعاملات الغمر (Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

تفيد معاملة ثمار الفراولة بالمثيل جاسمونيت methyl jasmonate فى مكافحة الأعفان. وهذا المركب رخيص نسبياً ولا يلزم للمعاملة به سوى كميات بسيطة، فلا يحتاج الأمر لأكثر من ٢٥ مل (سم<sup>٢</sup>) منه لمعاملة حمولة شاحنة كاملة، وهو لا يترك أى أثر متبق.

تجرى المعاملة فى حرارة ٢٠م° باستعمال أبخرة المركب، ولهذا السبب فإنها ربما لا تكون مجدية مع محصول التصدير الذى يتعين تبريده أولياً فى خلال ساعة واحدة من حصاده، بينما تتطلب المعاملة بالمركب ساعتين على الأقل.

وقد درس Perez وآخرون (١٩٩٧) تأثير المثلث جاسمونيت على نضج ثمار الفراولة لنقضوفة وذلك بحصادها وهي خضراء غير مكتملة النمو. وزراعتها في بيئة تحتوى على ٨٨ مللى مول سكروز في إضاءة مقدارها ٣٠٠ ميكرومول لكل م<sup>٢</sup> فى الثانية. لمدة ١٦ ساعة يومياً. مع حرارة مقدارها ٢٥ م<sup>٢</sup> نهاراً. و ١٥ م<sup>٢</sup> ليلاً. ورطوبة نسبية ٨٥٪. مع إضافة المثلث جاسمونيت إلى البيئة بتركيز ٥٠ ميكرومولاً. وقد وجدوا أن إضافة المثلث جاسمونيت أحدثت زيادة معنوية فى كل من معدل التنفس وإنتاج الإثيلين بكل من الثمار البيضاء والوردية. كما ازداد نمو الثمار المعاملة بالمثلث جاسمونيت بمقدار ٥٥٪. مقارنة بزيادة مقدارها ٣٣٪ فقط فى ثمار الكنترول. وأدت المعاملة كذلك إلى إحداث تأثيرات معنوية فى تلوين الثمار. حيث حفزت تمثيل الأنثوسيانين فى خلال يومين من المعاملة. مع زيادتها لمعدل تحلل كلوروفيل أ. وكلوروفيل ب. وبدرجة أقل البيتاكاروتين والزانتوفيلات xanthophylls.

كما أدت معاملة ثمار الطماطم بأبخرة المثلث جاسمونيت إلى تثبيط إنتاج الجراثيم وإنباتها فى الفطر المسبب للأنثراكنوز *Colletotrichum coccodes* على الرغم من عدم تأثير تلك الأبخرة على إنبات جراثيم الفطر وتكوين مستعمراته فى البيئات الصناعية. بما يعنى أن المثلث جاسمونيت يؤثر على الفطر فى الثمار من خلال دوره فى التفاعلات بين الثمار والفطر المرض (Tzortzakis ٢٠٠٧).

### مركبات عطرية طبيعية أخرى تنتجها الثمار

تتميز المركبات الطبيعية المسئولة عن النكهة المميزة لعديد من النباتات بخصائص تجعلها مناسبة لاستعمالها فى معاملات بعد الحصاد للمحاصيل البستانية، ومن أهم تلك الخصائص أنها متطايرة volatile. وقليلة الذوبان فى الماء، وسهلة الإدمصاص، وقليلة أو عديمة السمية نظراً لكونها مركبات طبيعية، وتعطى تأثيرها عند تركيزات شديدة الانخفاض.

ولقد وجد - على سبيل المثال - أن عدداً من المركبات المتطايرة التى تنتجها ثمار

الخوخ أثناء نضجها تعد شديدة السمية للفطريات. كما وجد أن مقاومة الفراولة للإصابة بالأعفان عند تخزينها في تركيزات عالية من ثاني أكسيد الكربون مردها إلى إنتاج الثمر لتركيزات عالية من الأسيتالدهيد وخلات الإثيل ethyl acetate تحت تلك الظروف. ولقد تبينت فاعلية الأسيتالدهيد في مكافحة عديد من الكائنات الدقيقة – الفطرية والبكتيرية – المسببة للأعفان.

**ومن المواد الأخرى القابلة للتطاير الممنولة عن النضج والتي أظهرته قدرة على الحد من الإصابة بالأعفان نخر الأسيتالدهيد ما يلي،**

benzaldehyde	cinnamaldehyde	ethanol
benzyl alcohol	nerolidol	2-nonanone
(E)-2-Hexanal	Hexenel	(C <sub>6</sub> )aldehydes

(Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

وقد وجد أنه يفيد تبخير ثمار الفراولة ببعض الغازات والمركبات العطرية القابلة للتطاير والتي تنتجها ثمار الفراولة بصورة طبيعية .. يفيد استعمالها في تثبيط نمو الكائنات المسببة للأعفان؛ ولكن يتعين تحديد التركيز الذي يحقق الهدف دون التأثير على طعم الثمار أو نكهتها. ودون ترك أى متبقيات غير مرغوب فيها على المنتج الطازج. فمثلاً .. وجد أن المعاملة بغاز الأسيتالدهيد acetaldehyde بتركيز ١٥٠٠ جزء في المليون لمدة ٤ ساعات أدى إلى خفض الإصابة بالعفن الرمادى بنسبته ٢٠٪ مع تحسين طعم الثمار ونكهتها كذلك. هذا .. إلا أن الأسيتالدهيد يمكن أن يقلل من حموضة الثمار ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة، وإلى زيادة محتواها من الكحول الإيثيلي، والإثيل أسيتيت ethyl acetate، والإثيل بيوتريت ethyl butyrate. كذلك يمكن للمركبين الطبيعيين اللذان تنتجهما ثمار الفراولة؛ وهما: benzylaldehyde، و 2-nonanone .. يمكنهما تثبيط نمو الفطر *B. cinerea* دون إحداث تأثير سلبي على طعم الثمار أو نكهتها (عن Perkins-Veazie & Collins ١٩٩٥).

## الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

كذلك أثبت المركب (E)-2-hexenal فاعلية في مكافحة أعفان الثمار. وظهر - في البيئات الصناعية - أن عملية إنبت جرثيم لفطر *B. cinerea* كانت أكثر حساسية للمركب عن عملية نمو الغزل الفطري. وقد أدت التركيزات المنخفضة من المركب إلى تحفيز النمو الفطري. وهو الأمر الذي حدث - كذلك - عند معاملة الثمار ذاتها. مما يعنى ضرورة زيادة تركيز المركب لكي يكون فعالاً في تثبيط أعفان الثمار بعد الحصاد (Fallik وآخرون ١٩٩٨).

كذلك أدت معاملة الفراولة بهذا المركب العطري المتطاير (E)-2-hexenal إلى إحداث نقص جوهري في الإصابة بالعفن الرمادى عند إجراء المعاملة أثناء تخزين الثمار لمدة ٧ أيام على ٢ م. ثم نقلها - بعد توقف المعاملة - إلى ٢٢ م لمدة ٣ أيام، وذلك مقارنة بثمار معاملة الكنترول. وبالمقارنة فإن المعاملة بأى من المركبات العطرية (E)-2-hexenal diethyl acetal، أو benzaldehyde. أو methyl benzoate لم تكن مؤثرة (Ntirampemba وآخرون ١٩٩٨).

وعندما عرضت ثمار فراولة مصابة طبيعياً بالفطر *B. cinerea* لأبخرة عديد من المركبات المتطايرة التى تتواجد طبيعياً فى الثمار. وجد أن الكثير من تلك المركبات، مثل: benzaldehyde، و methyl benzoate، و methyl salicylate، و 2-nonanone، و 2-hexenal diethyl acetal، و hexanol، و (E)-2-hexen-1-ol تثبط نمو الفطر عند تركيزات منخفضة تقدر بالجزء فى المليون. كذلك كان لبعض المركبات تأثيرات سلبية على جودة الثمار. وبينما كانت بعض المركبات فعالة بعد فترة قصيرة من المعاملة بها، لزم استمرار المعاملة على الدوام بمركبات أخرى لكى تكون فعالة (Archbold وآخرون ١٩٩٧).

### الشيتوسان

إن الشيتوسان chitosan صورة ذائبة من الشيتين chitin. ويتميز الشيتوسان والمركبات التى تشتق منه بكونها قادرة على حماية النباتات من الإصابات الفطرية بما لها من قدرة على أن تكون مضادة لها. يمكن لتلك المركبات بتركيزات شديدة الانخفاض

أن تستحث آليات دفاعية في النباتات ضد المسببات المرضية، ويمكن استعمالها على صورة محاليل، أو مساحيق، أو كأغلفة للبذور والثمار (Tipathi & Dubey 2004).

يعد الشيتوسان أحد المكونات الهامة للجدر الخلوية لبعض مسببات الأمراض الفطرية.

ويُستخلص الشيتوسان من محارات الأحياء البحرية، كما ينتج من الشيتينين chitin الذى يتواجد بالهيكل الخارجى للحشرات، وهو مركب عديد التسكر ذات وزن جزيئى عال وقابل للذوبان فى الأحماض العضوية المخففة. هذا المركب غير سام وآمن بيولوجياً. ويعد من أفضل المركبات التى يمكن استعمالها فى تغليف ثمار الخضر والفاكهة الطازجة لمنع فقدانها للرطوبة وتحويل تركيب جوها الداخلى، فضلاً عما يحدثه المركب من حث لإنتاج إنزيم الشيتينيناز chitinase الذى يعمل كإنزيم دفاعى.

ولقد وجد أن استعمال الشيتوسان بتركيز 1٪ أو 2٪ (وزن/حجم) كغلاف لثمار الفراولة أدى إلى خفض أعفان الثمار جوهرياً عند تخزينها على 13°م، وأحدث زيادة جوهرياً فى نشاط كل من الشيتينيناز و  $\beta$ -1,3-gluconase مقارنة بما حدث فى معاملة الكنترول. ولقد كان تأثير استعمال الشيتوسان فى مكافحة الأعفان التى يسببها الفطرين *Botrytis cinerea*، و *Rhizopus spp.* مماثلاً – تقريباً – لتأثير المعاملة بالمبيد الفطرى TBZ. وفضلاً عن ذلك كان للشيتوسان تأثيرات إيجابية على كل من صلابة الثمار، وحموضتها المعايرة، ومحتواها من حامض الأسكوريك والأنثوسيانين (Zhang & Quantick 1998).

وإلى جانب تأثير الشيتوسان على إصابات الفراولة المرضية، فقد وجد أن له – كذلك – تأثير مضاد لعديد من الفطريات. كما اتضح من دراسات استعمل فيها المركب كغلاف لثمار الطماطم والقلقل الحلو والخيار (عن Reddy وآخرين 2000).

وقد أدت معاملة مكان اتصال عنق ثمرة الطماطم بالثمرة (مكان قطف الثمرة) بالشيتوسان chitosan إلى تثبيط إصابة الثمرة بالفطر *Alternaria alternata* مسبب

## الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

مرض العفن الأسود. وذلك عندما تم حقنها بالفطر وخزنت على ٢٠ م لمدة ٢٨ يوماً. وكان ذلك التأثير لمعاملة الشيتوسان مصاحباً بضعف في نشاط الإنزيمات المحللة للأنسجة (polygalacturonase, cellulase, و pectic lyase) في النسيج المجاور للبقع المرضية. حيث انخفض نشاطها إلى أقل من ٥٠٪ مما كان عليه الحال في ثمار المقارنة التي لم تُعامل بالشيتوسان. كذلك ثبتت المعاملة بالشيتوسان إنتاج الثمار لكل من حامض الأوكساليك والفيوماريك (oxalic & fumaric acids) وهما من المركبات المخليبية، وكذلك سموم العائل alternariol، و alternariol monomethylether، وحفزت إنتاج الفيتوأكسين ريشتين rishitin في أنسجة الثمرة (Reddy وآخرون ٢٠٠٠).

كما أدت معاملة الجزر المخزن بال chitosan hydrolysate (وهو الذي يحضر من الـ chitosan بفعل الإنزيم *Streptomyces N-174 chitosanase*) بتركيز ٠,٢٪ (وزن/حجم) إلى حماية جذور الجزر من الإصابة بالفطر *Sclerotinia sclerotiorum* أثناء التخزين، بحثها الجذور على تطوير مقاومة ضد الفطر (Molloy وآخرون ٢٠٠٤).

### المعاملات الفيزيائية المثيرة للمقاومة الطبيعية

#### الصدمات الحرارية

تؤثر معاملة ثمار الحمضيات بالصدمة الحرارية بعد الحصاد في إنتاج الكيومارينات coumarins المضادة للفطريات في قشرتها. وفي الليمون الأضاليا أدت المعاملة الحرارية إلى إنتاج الـ scoparone بعد التعرض للإصابة بالفطر *Penicillium sp.*، وقد ارتبط هذا التراكم معنوياً بالمقاومة (Da Rocha & Hammerschmidt ٢٠٠٥).

#### الأشعة فوق البنفسجية

تجرى معاملة التعريض للأشعة فوق البنفسجية - أساساً - لأجل مكافحة بعض الإصابات المرضية، من خلال حثها للمقاومة الطبيعية في الأنسجة النباتية الحية.

أدى تعريض درنات البطاطس للأشعة فوق البنفسجية بجرعة ١٢.٥ أو ١٥ كيلوجول/م<sup>٢</sup> (kJ/m<sup>2</sup>) إلى تثبيط إصابتها بكل من العفن الجاف الذى يسببه الفطر *Fusarium solani* . والعفن الطرى الذى تسببه البكتيريا *Erwinia carotovora* بصورة تامة. وذلك عندما كان تخزين الدرنات فى حرارة ٨ م<sup>٢</sup> لمدة ٣ شهور. دون أى تأثير للمعاملة على التبرعم، أو على قوام الدرنات أو صلابتها أو لونها (Ranganna وآخرون ١٩٩٧).

كما أدت معاملة جذور البطاطا بالأشعة فوق البنفسجية UV-C بجرعة ٣.٦ كيلوجول/م<sup>٢</sup> إلى الحد - بشدة - من إصابتها بالفطر *Fusarium solani* - المسبب لعفن الجذور الفيوزارى - أثناء التخزين، وكان ذلك مصاحباً بزيادة فى نشاط ال phenylalanine ammonia-lyase فى الجذور المعاملة (Stevens وآخرون ١٩٩٩).

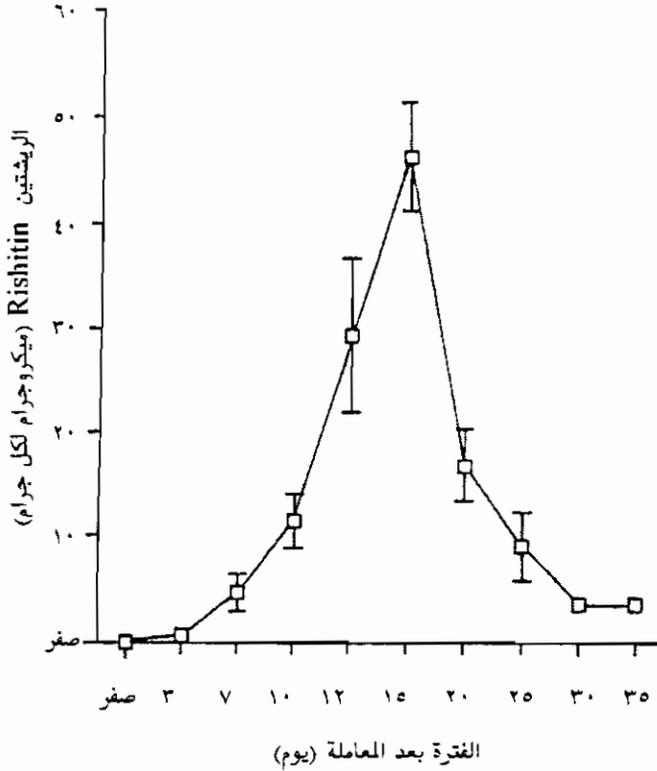
كذلك أدى تعريض الأسبرجس للأشعة فوق البنفسجية UV-C بطول موجى ٢٥٤ نانوميتر بجرعة قدرها أكثر من ٠.٠١ جول/سم<sup>٢</sup> إلى نقص جوهرى فى معدل إصابة المهاميز بالفطر *Botrytis cinerea* تحت ظروف العدوى الصناعية به (Marquenie وآخرون ٢٠٠٢).

ويؤدى تعريض ثمار الطماطم للأشعة فوق البنفسجية أثناء تخزينها إلى تراكم الفيتوألوكسين phytoalexin. ريشيتين rishitin بها (شكل ٩-٣)، وهو الذى يلعب دوراً فى مقاومة بعض الإصابات المرضية (عن Arul وآخرون ٢٠٠١).

وأدت معاملة ثمار الفلفل الحلو والطماطم بتقنية (تسمى SYNERGOLUX) تستخدم فيها الأشعة فوق البنفسجية والأوزون إلى تقليل إصابتها بالأعفان، علماً بأن المعاملة تراوحت بين ٠.١٥ و ٦٠ ثانية. وقد خفضت المعاملة من نشاط الإنزيم pectinesterase فى ثمار الطماطم مقارنة بما حدث فى ثمار الكنترول (Mednyánszky وآخرون ١٩٩٤).

أدى تعريض ثمار الفلفل للأشعة فوق البنفسجية UV-C بأى جرعة (من ٠.٢٢ إلى

٢.٢٠ كيلوجول/م<sup>٢</sup> (kJm<sup>-٢</sup>) إلى حث تكوين مقاومة جهازية بالثمار أمكن معها مقاومة لإصابة باليوتريتس (*Botrytis cinerea*) في الثمار المخزنة على ١٣ أو ٢٠ م<sup>٢</sup> (Mercier وآخرون ٢٠٠١).



شكل (٩-٣): تراكم الريشيتين rishitin بشار الطماطم استجابة لتعرضها للأشعة فوق البنفسجية أثناء التخزين.

وأدت المعاملة بال UV-C إلى حث المقاومة ضد الإصابات المرضية في أبصال البصل وجذور الجزر وثمار الفلفل والطماطم (Da Rocha & Hammerschmidt ٢٠٠٥).

ويظهر في جداول (٩-٧) بياناً بعدد من الأمثلة لاستخدام الأشعة فوق البنفسجية UV-C في مكافحة أمراض المخازن في المحاصيل البستانية.

## تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

جدول (٩-٧): أمثلة للمعاملة بالأشعة فوق البنفسجية UV-C لأجل مكافحة أمراض المخازن في المحاصيل البستانية, عن Terry & Joyce (٢٠٠٤).

المسبب المرضي المستهدف	جرعة الـ UV-C المثلى (kJ m <sup>-2</sup> )	المحصول والصفة
<i>B. cinerea</i>	٠,٥	<i>A. deliciosa</i> (kiwifruit) cv. Hayward الكيوي
لم يحدد	٧,٣٣-٣,٥٨	<i>Allium cepa</i> (onion) cv. Walla Walla البصل
<i>B. cinerea</i>	٠,٨٨	<i>Capsicum annuum</i> (bell pepper) cv. Bell Boy and Delphin الفلفل الحلو
<i>P. digitatum</i>	٥,٠	<i>Citrus aurantifolia</i> (lime) cv. Tahiti الليمون البنزهير
لم يحدد	٠,٥-١,٣	<i>Citrus cinensis</i> (orange) cvs. Biondo Comune and Washington Navel البرتقال
لم يحدد	١,٥-٠,٥	cvs. Tarocco and Valencia Late البرتقال
<i>P. digitatum</i>	٥,٠	cvs. Shamouti and Valencia البرتقال
<i>P. digitatum</i>	٥,٠	<i>Citrus limon</i> (lemon) cv. Eureka الليمون الأضاليا
<i>P. digitatum</i>	٥,٠	<i>C. paradise</i> (grapefruit) cv. Marsh الجريب فروت Seedless
<i>P. digitatum</i>	٨,٠-١,٦	
<i>P. digitatum</i>	٢,٢	
<i>P. digitatum</i>	٠,٥	cv. Star Ruby الجريب فروت
<i>Alternaria citri</i>	٠,٨٤	<i>Citrus reticulata</i> (tangerine) cv. Dancy التانجرين
<i>Geotrichum candidum</i>	٣,٦	
<i>P. digitatum</i>	١,٣	
لم يحدد	٩,٨٦-٤,٩٣	<i>Cucurbita pepo</i> (zucchini squash) cv. Tigress الكوسة
<i>B. cinerea</i>	٨,٨-٤,٤	<i>Daucus carota</i> (carrot) cv. Caropak الجزر
<i>Fusarium spp.</i> and <i>Rhizopus spp.</i>	٤,٨	<i>Ipomea batatas</i> (sweet potato) cv. Jewel and Carver البطاطا

## الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

تابع جدول (٩-٧).

المسبب المرضي المستهدف	جرعة الـ UV-C المثلى (kJ m <sup>-2</sup> )	المحصول والصنف
<i>Rhizopus</i> spp.	٣.٦	cv. Georgia Jet البطاطا
<i>Fusarium solani</i>	٣.٦	cv. Jewel البطاطا
<i>P. digitatum</i>	٥.٠	<i>Fortunella margarita</i> (kumquat) cv. Nagami الكمكوات
<i>P. digitatum</i>	١.٥	
<i>B. cinerea</i>	١.٠-٠.٥	<i>F. ananassa</i> (strawberry) cv. Pajaro الفراولة
<i>B. cinerea</i>	٠.٢٥	cv. Kent الفراولة
<i>B. cinerea</i>	١٥.٠-٠.٥	cv. Elsanta الفراولة
<i>Alternaria alternata</i>	٧.٥	<i>Solanum lycopersicum</i> (tomato) الطماطم
<i>B. cinerea</i> and <i>Erwinia</i> spp.	٧.٥	cv. Tuskegee 80-130
<i>Rhizopus stolonifer</i>	٣.٦	
<i>B. cinerea</i>	٣.٧	
<i>Alternario</i> sp. And <i>Monilinia</i> sp.	٧.٥	<i>Maius domestica</i> (apple) التفاح cv. Golden Delicious
<i>Alternaria</i> sp. And <i>Monilinia</i> sp.	٤.٨	
<i>C. gloeosporioides</i>	٧.٥	
<i>B. cinerea</i> and <i>P. digitatum</i>	١,٣٨	cv. Empire التفاح
لم يحدد	لم يحدد	<i>M. indica</i> (mango) cv. Tommy atkins المانجو
<i>Monilinia fructicola</i>	٢٠	<i>Prunus persica</i> (peach) cv. Loring الخوخ
<i>Monilinia fructicola</i>	٢٠-٤,٨	cv. Elberta الخوخ
<i>Monilinia fructicola</i>	٧.٥-٤,٨	cv. Loring and Elberta الخوخ
<i>B. cinerea</i>	٧.٦	cv. Loring الخوخ
<i>B. cinerea</i>	٠.٥-٠,١٢٥	<i>Vitis vinifera</i> (table grape) cv. Italia عنب المائدة

## المكافحة الحيوية للأمراض أثناء التخزين

### مكافحة الأمراض الفطرية بالبكتيريا

أمكن مكافحة الفطر *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى بمعاملة ثمار الطماطم

- بعد الحصاد - بالبكتيريا *Bacillus amyloliquefaciens* (Mari وآخرون ١٩٩٦).

وأعطت معاملة درنات البطاطس بالبكتيريا *Entrobacter cloacae* (السلالة

S11:T:07) عند تخزينها نقصاً قدره ٢١٪ فى إصابتها بالعفن الجاف الفيوزارى. مقارنة

بنقص قدره ١٤٪ فقط عندما عولمت الدرنات بالمبيد الفطرى *thiabendazole* (Schisler

وآخرون ٢٠٠٠).

كما أدى رش درنات البطاطس - أثناء مرورها على السيور قبل تخزينها - بمعلق

للسلالة S11:T:07 من البكتيريا *Entrobacter cloacae* إلى إحداث مقاومة للفطر

*Fusarium sambucinum* مسبب مرض العفن الجاف الفيوزارى بدرجة تزيد بمقدار ٥٠٪

عن تلك التى يحققها استعمال المبيد الوحيد المصرح به للاستعمال مع البطاطس المخصصة

للاستهلاك الآدمى، وهو *thiabendazole* (عن وزارة الزراعة الأمريكية - الإنترنت -

٢٠٠٧).

وكانت لمعاملة ثمار الطماطم بأى من عدد من الأنواع البكتيرية المتوسطة القدرة على

تحمل الملوحة قدرة عالية على خفض الإصابة بالفطر *Botrytis cinerea* مسبب مرض

العفن الرمادى. ومن بين الأنواع البكتيرية التى تم اختبارها وأعطت نتائج جيدة، ما يلى

(Sadfi-Zouaoui وآخرون ٢٠٠٨):

*Bacillus spp. (subtilis or licheniformis)*

*Planococcus rifietoensis*

*Halomonas subglaciescola*

*Halobacillus lutorglis*

*Marinococcus litoralis*

*Salinococcus roseus*

*Halovibrio variabilis*

*Halobacillus halophilus*

*Halobacillus trueperi*

### مكافحة الأمراض الفطرية بالخميرة

أدى رش نباتات الفراولة أثناء إزهارها بالخميرة *Cryptococcus albidus* (وهي التي كانت قد عُزلت - أصلاً - من ثمار فراولة ناضجة) إلى خفض معدل إصابة الثمار الناضجة بالفطر *Botrytis cinerea* - مسبب مرض العفن الرمادى بنسبة تراوحت بين ٢١٪ و ٣٣٪ (Helbig ٢٠٠٢).

كما أدت المعاملة المختلطة بكل من الخميرة *Candida utilis* والشيتوسان chitosan إلى مكافحة عفن ثمار الطماطم الذى يسببه الفطرين *Alternaria alternata*، و *Geotrichum candidum* (Neeta وآخرون ٢٠٠٦).

وأدت معاملة ثمار الطماطم بعد الحصاد بالخميرة *Pichia guilliermondii* إلى حمايتها من الإصابة بكل من الفطريات *Alternaria solani*، و *Rhizopus stolonifer*، و *Botrytis cinerea* دون التأثير على صفات جودة الثمار (Zhao وآخرون ٢٠٠٨).

وقد أظهرت الخميرة *P. guilliermondii* الحية (وليس مزارعها المقتولة بالأتوكليف أو راشح مزارعها) قدرة على الحد من إصابة ثمار الطماطم بالفطر *Rhizopus nigricans* أثناء التخزين إذا ما عوملت الثمار بالخميرة أولاً. هذا ولا تنتج الخميرة مركبات مضادة للفطر. وإنما هي تُعد منافساً قوياً له على كل من الغذاء والجروح التي ينفذ منها الفطر ليصيب الثمرة (Zhao وآخرون ٢٠٠٨).

هذا .. تؤدي الجروح - فى ثمار التفاح على سبيل المثال - إلى حث تكوين العناصر النشطة فى الأكسدة reactive oxygen species مثل فوق أكسيد الأيدروجين  $H_2O_2$ . وقد تبين أن الخمائر المستعملة فى مكافحة أمراض ما بعد الحصاد تقاوم تلك العناصر، وقد يكون ذلك هو الميكانيزم الذى تقوم عن طريقه بفعلها فى مكافحة بعض أمراض بعد الحصاد مثل البوتريتس (Castoria وآخرون ٢٠٠٣).

كما أدت المعاملة بالسيليكون في صورة sodium metasilicate إلى زيادة كفاءة الخميرة *Cryptococcus laurentii* – بتركيز  $1 \times 10^{-1}$  خلية/مليلتر – في مكافحة الفطرين *Penicillium expansum* و *Monilinia fructicola* بثمار الكريز الحلو على  $20^\circ\text{C}$ . ويعتقد بأن مرد ذلك إلى أن معاملة السيليكون مع الخميرة تؤدي إلى زيادة أعداد الخميرة. بالإضافة إلى خاصية السمية المباشرة للسيليكون على مسببات المرضية. فضلاً عن إحداث السيليكون لزيادة معنوية في نشاط كل من الـ phenylalanine ammonialyase والـ polyphenol oxidase والـ peroxidase بثمار الكريز (Qin & Tian 2005).

### مكافحة الأمراض الفطرية بالميكوريزا

أدى تلقيح درنات الياق الأبيض *Discorea roundata* بالجراثيم الكونيدية للميكوريزا *Trichoderma viride* قبل تخزينها لمدة أربعة شهور في الجو العادي إلى خفض إصابته بشدة بالفطريات المسببة للأعفان أثناء التخزين، مثل: *Aspergillus niger* و *Botryodiplodia theobromae* و *Penicillium oxalicum* (Okigbo & Ikediugwu 2000).

### المعاملة بالمبيدات الفطرية والمطهرات للتخلص من مسببات الأمراض والوقاية منها

يستخدم للوقاية من الكائنات الدقيقة المسببة للتعفن عدد من المركبات التي لا تترك أثراً ضاراً على الخضار المخزنة. أو على الإنسان. وتستخدم هذه المواد في صورة محاليل مائية ترش بها الخضار، أو تغمس فيها. أو تشبع بها الأوراق التي تلف فيها الثمار. أو تبطن بها صناديق التعبئة.

#### ومن أهم المركبات التي تستخدم لهذا الغرض ما يلي،

- 1- البوراكس، أو حامض البوريك. أو مخلوط منهما.
- 2- هيبوكلوريت الصوديوم sodium hypochlorite – وهو يستخدم بكثرة – وهيبوكلوريت الكالسيوم.

## الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

- ٣- التدخين بمادة ثلاثي كلوريد النيتروجين nitrogen trichloride .
- ٤- المبيدات الفطرية . مثل: البنليت Benlate ، والكابتان Captan . والثيرام Thiram ، والبوترام . و OPP ، و SOPP .
- ٥- غاز ثاني أكسيد الكبريت sulfur dioxide .
- كما يستعمل - في تطهير الأجهزة المستخدمة في التداول . والعبوات ، والمخازن -  
 عديد من المركبات التي سبق بيانها . ومركبات أخرى؛ مثل : الفورمالدهيد ، و zinc petroleum sulfonate (جدول ٨-٩) .

جدول (٨-٩): قائمة ببعض المعاملات التي تفيد في حماية الخضر من الإصابة بالأعفان في المخازن (عن Ogawa & Manji ١٩٨٤) .

التركيز المتبقى	التركيز المناسب المسموح به	طريقة المعاملة	الكائن الذي تجرى المعاملة لأجل مكافحته	المركب ومحصول الخضر
هيبوكلوريت الكالسيوم Calcium Hypochlorite				
حتى ٢٠ كلورين	٢٥ كلورين	الغسل دقيقتين ثم الشطف	البكتيريا	مختلف الخضروات
الكابتان Captan :				
٢٥	١٥٠٠	الغمس أو الرش	مسببات العفن	القاوون والخيار والبطاطس
٥٠ (بصل أخضر)	١٥٠٠	الغمس أو الرش	أعفان المخازن	البصل
٢٥	١٥٠٠	الغمس	أعفان المخازن	البطاطس
				صناديق التعبئة
				الكائنات المسببة للعفن :
				<i>Rhizopus</i>
				<i>Botrytis</i>
				<i>Colletotrichum</i>

تداول الحاصلات البستانية - تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

تابع جدول (٨-٩).

التركيز المتبقى	التركيز المناسب	طريقة المعاملة	الكائن الذي يتجرى المعاملة لأجل مكافحته	المركب ومحصول الخضار
دى هيدروخلات الصوديوم Sodium dehydroacetate (DHAS):				
٦٥	٤٠٠٠	الغمس لمدة ٣٠ ثانية	الكائنات المسببة للعفن: <i>Asperigllus</i> <i>Botrytis</i> <i>Penicillium</i> <i>Rhizopus</i>	الفراولة
٦٥	٢٠٠٠	الغمس	أعفان المخازن	الكوسة البوتران (DCNA)
١٠	٩٠٠	الغمس لمدة ١٠ ثوان	<i>Sclerotinia</i>	الجزر
١٠	٩٠٠	الرش أو الغمس	<i>Rhizopus</i>	البطاطا الفورمالدهيد:
٦٠ لتر/لتر محلول			البكتيريا والفطريات	أجهزة تداول البطاطس
٥٠٠ + لتر برمنجنات البوتاسيوم/م <sup>٢</sup> لمدة ٥ ساعات ثم التهوية			البكتيريا والفطريات	المخازن
أورثوفينيل فينول Orthophenylphenol (OPP):				
٢٠	٥٠٠٠	تجارية	الفطريات	الجزر
١٠	٢٥٠٠٠-١٠٠٠٠	تجارية	الفطريات	الخيار والفلفل

## الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

تابع جدول (٩-٨).

التركيز المتبقى	التركيز المناسب	طريقة المعاملة	المكان الذي تجرى المعاملة لأجل مكافحته	المركب ومحصول الخضر
١٠	٢٥٠٠٠-٢٠٠٠٠	تجارية	الفطريات	الطماطم صوديوم ثنائي ميثيل الداى ثيوكارباميت Sodium dimethldithyocarbamate :
٢٥			مسببات العفن	القاوون هيبوكلوريت الصوديوم Sodium hypochlorite :
—	٧٠-٥٠ كلورين	الغمس ثم الشطف	البكتيريا والفطريات والخمائر	الخضروات الطازجة مركب Sodium O-phenylphenate (SOPP) :
١٢٥ (١٠ فى الجزء المأكول)	٠,٥-٢,١٥ %	الغمس أو الرش ثم الشطف	البكتيريا والفطريات	القاوون
—	٠,٥-١,٠ %	الغمس أو الرش بدون شطف	الفطريات	الجزر
١٠	٠,٥-١,٠ %	الغمس أو الرش ثم الشطف	البكتيريا والفطريات	الخيار والفلفل
١٥	٠,٤-١,١ %	الغمس أو الرش	العفن الأسود عفن بوتريتس الطرى	البطاطا
١٠	٠,٤٥ % لمدة دقيقتين	الغمس أو الرش ثم الشطف	البكتيريا والفطريات	الطماطم
١٠	١ % لمدة ٢٠-٣٠ ثانية			
—	٠,١-٠,٣ %	الغمس أو الرش أو التفريش	البكتيريا والفطريات	معدات التعبئة
—	—	الغمس أو التفريش	الأعفان	مركب Zine petroleum sulfonate : العبوات

## تداول الحاصلات البستانية - تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

ويظهر فى جدول (٩-٩) بيأناً بعديد من المركبات الكيمائية التى استخدمت كمبيدات فطرية بعد الحصاد مع الحاصلات البستانية (عن Wills وآخرين ١٩٩٨).

جدول (٩-٩): أمثلة لمركبات كيمائية استخدمت كمبيدات فطرية بعد الحصاد مع الحاصلات البستانية

المحصول	المسبب المرضى المستهدف	المركب
		<i>Allealine inorganic salts</i>
	<i>Penicillium</i> الموالح	sodium tetraborate
	<i>Penicillium</i> الموالح	sodium carbonate
	<i>Penicillium</i> الموالح	sodium hydroxide
		<i>Ammonia and aliphatic amines</i>
	<i>Penicillium</i> , الموالح <i>Diplodia</i> , <i>Rhizopus</i>	ammonia gas
	أعنان طرف العنق <i>Penicillium</i> الموالح	sec-butylamine
		<i>Aromatic amines</i>
	<i>Rhizopus</i> , <i>Botrytis</i> الفاكهة ذات النواة الحجرية. والجزر والبطاطا	dicloran
		<i>Benzimidazoles</i>
	<i>Penicillium</i> الموالح	benomyl, thiabendazole, thiophanate methyl
	<i>Colletotrichum</i> الموز والتفاح والكمشرى والأناناس والفاكهة ذات النواة الحجرية	carbendazim
		<i>Triazoles</i>
	أعنان طرف العنق <i>Penicillium</i> الموالح	imazalil
	<i>Penicillium</i> الموالح	Prochloraz, guanidine
	<i>Penicillium</i> , <i>Geotrichum</i> الموالح	guazitine
		<i>Hydrocarbons and derivatives</i>

تابع جدول (٩-٩).

المركب	المسبب المرضي المستهدف	المحصول
biphenyl	<i>Penicillium, Diplodia</i>	الموالح
methyl chloroform	أعفن طرف العنق <i>Penicillium</i>	الموالح
<i>Oxidising substances</i>		
hypochlorous acid	البكتيريوم والفصريات في ماء الغسيل	حاصلات عديدة
iodine	البكتيريوم والفصريات	الموالح والعنب
nitrogen trichloride	<i>Penicillium</i>	الطماطم والموالح
<i>Organic acids and aldehydes</i>		
dehydroacetic acid	<i>Botrytis</i>	الفراولة
sorbic acid	<i>Alternaria, Cladosporium</i>	التين
formaldehyde	الفطريات	
<i>Phenols</i>		
o-phenylphenol (HOPP)	<i>Penicillium</i>	الموالح
sodium o-phenylphenate (SOPP)	البكتيريوم والفطريات <i>Penicillium</i>	حاصلات عديدة
<i>Phomopsis, Salicylanilide</i>	<i>Penicillium,</i>	الموالح والموز
	<i>Nigrospora</i>	
<i>Sulphur (inorganic)</i>		
sulphur dust	<i>Monilinia</i>	الخنوخ
lime-sulphur	<i>Sclerotinia</i>	
sulphur dioxide gas, bisulphate	<i>Botrytis</i>	العنب
<i>Sulphur (organic)</i>		
captan	أعنان الخازن	حاصلات عديدة
thiram	أعنان طرف العنق <i>Cladosporium</i>	الفراولة والموز
ziram	أعنان طرف العنق <i>Alternaria</i>	الموز
thiourea	جراثيم الـ <i>Penicillium</i>	
thioacetamide	<i>Diplodia</i>	الموالح

هذا .. ويعد المبيد الفطرى imazalil من أكثر المبيدات استخداماً بعد الحصاد. وهو يستعمل – عادة – بإضافته إلى الشموع التى تعامل بها الثمار التى يتم تشميعها بالرش بتلك الشموع أثناء سير الثمار على فرش دوارة. هذا إلا أن مكافحة الأعفان تكون أفضل إذا ما عوملت الثمار بالمبيد فى الماء عنه فى الشمع. ويرجع ذلك إلى أن جزءاً كبيراً من المبيد يفقد قدرته على الحركة والتأثير فى فطريات الأعفان وهو فى الشمع. ذلك لأن الشموع هى بطبيعتها أكثر لزوجة من الماء، كما أنها تكون أقل قدرة من الماء على اختراق الجروح الدقيقة التى تشكل منافذ للإصابة بالفطر *Penicillium digitatum* المسبب للعفن الأخضر فى قشرة الموالح على سبيل المثال.

ولزيادة كفاءة المبيد تغمر الثمار فى ماء مدفاً يحتوى على المبيد، حيث تبقى كمية أكبر من المبيد على سطح الثمرة عما فى حالة رشه عليها. وتساعد تدفئة الماء على سرعة تراكم المبيد بالثمرة؛ بما يفيد فى منع تجرثم الفطر *P. digitatum* على ثمار الموالح. وقد كانت المعاملة المناسبة هى بتركيز ٥٠٠ ميكروجرام من الـ imazalil لكل مليلتر واحد من الماء (٥٠٠ جزء فى المليون) على حرارة ٣٧,٨ م° مع غمس الثمار فى محلول المبيد لمدة ٣٠-٦٠ ثانية (Smilanick وآخرون ١٩٩٧).

### معاملات التبخير لأجل التخلص من الحشرات الحية

تعد معاملات الحجر الزراعى ضرورية عند تصدير كثير من الخضر والفاكهة. ولقد كان التبخير بثانى بروميد الإثيلين وبروميد المثيل هما أكثر المعاملات شيوعاً لأجل التطهير – بعد الحصاد – من الإصابات الحشرية. هذا .. إلا أن تلك المركبات تعد شديدة السمية للإنسان وتشكل خطورة على العاملين؛ كما أن لهما أضرارهما المعروفة على البيئة. ولقد استبعد استخدام ثانى بروميد الإثيلين منذ عام ١٩٨٤ وأصبح استخدام بروميد المثيل فى هذا المجال مقيداً بشدة. ولذا .. كان الاتجاه نحو اتباع وسائل أخرى للتخلص من التلوث الحشرى فى الخضر والفاكهة المصدرة (عن Ke & Kader ١٩٩٢).

وعلى الرغم من ذلك فإن التبخير ببروميد الميثايل مسموح به فى إجراءات الحجر

## الفصل التاسع - مهمات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

الزراعى . وتوجد قواعد تطبيق فى هذا الشأن مع ٧٨ من محاصيل الخضبر والفاكهة (Julian وآخرون ١٩٩٨).

### أمراض المخازن البكتيرية ومكافحتها

تعد الإصابات البكتيرية من أهم أمراض المخازن ، ولذا .. نولى وسائل مكافحتها اهتماماً خاصاً.

### الإصابات البكتيرية التى تستمر من الحقل فى المخازن

تستمر كثير من الإصابات البكتيرية فى المخازن ، وتؤثر على جودة ونوعية الخضبر المخزنة ، بعد أن تكون قد بدأت فى الحقل. ومن أهم الأنواع البكتيرية المسببة لتلك الإصابات ما يلى :

الحصول	البكتريا
الطماطم	<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>
البطاطس	<i>C. michiganensis</i> subsp. <i>sepdonicus</i>
البطاطس	<i>Pseudomonas solanacearum</i>
الكرفس	<i>P. syringae</i> pv. <i>apii</i>
الخيار ، وشهد العسل	<i>P. syringae</i> pv. <i>lachrymans</i>
القنبيط	<i>P. syringae</i> pv. <i>maculicola</i>
الفاصوليا	<i>P. syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i>
البسلة	<i>P. syringae</i> pv. <i>pisi</i>
الفاصوليا	<i>P. syringae</i> pv. <i>syringae</i>
الطماطم	<i>P. syringae</i> pv. <i>tomato</i>
البطاطس والبنجر	<i>Streptomyces scabies</i>
الكرنب والقنبيط	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>
الفاصوليا	<i>X. campestris</i> pv. <i>phaseoli</i>
الطماطم ، والقلقل ، والفجل	<i>X. campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i>

## مقارنة بين الظروف المناسبة لكل من الإصابات الفطرية والبكتيرية

تعرض الثمار ومختلف الخضر غير الثمرية للإصابات الفطرية والبكتيرية بعد الحصاد. إلا أن الثمار تكون أكثر تعرضاً للإصابات الفطرية عن تعرضها للإصابات البكتيرية؛ ذلك لأن الثمار تكون حامضية، مما يجعلها أكثر مقاومة للبكتيريا. هذا إلا إنه مع نضج الثمار فإنها تصبح أكثر عرضة للإصابة بجميع الكائنات المرضية لأنها تصبح أقل حامضية وأكثر طراوة. وتزداد فيها نسبة السكريات، وتضعف فيها الحواجز الدفاعية الطبيعية. وبالمقارنة فإن الخضر غير الثمرية تكون قريبة من التعادل وقابلة للإصابة بكل من المسببات المرضية الفطرية والبكتيرية.

ويمكن أن تؤثر حرارة التخزين على الأمراض التي يُصاب بها المنتج. ففي البطاطس - على سبيل المثال - يمكن للفطريات التي تحدث عفناً جافاً أن تنمو سريعاً على حرارة ١٥-٢٥ م°، بينما لا تنمو البكتيريا المسببة للعفن الطرى إلا على حرارة تزيد عن ٢٥ م° (Jobling ٢٠٠٧ ب).

## الأنواع البكتيرية المسببة للأعفان الطرية

تعد الأعفان الطرية من أهم الأمراض البكتيرية في مصر وأكثرها انتشاراً. ويبين جدول (٩-١٠) قائمة بأهم هذه الأنواع - على المستوى العالمي - والأنواع المحصولية التي تصاب بها، والمجال الحرارى لانتشارها.

## طرق مكافحة أمراض المخازن البكتيرية

إن من أهم وسائل مكافحة أمراض المخازن البكتيرية ما يلي:

١- إجراء عملية العلاج أو المعالجة Curing بصورة جيدة عند الحصاد؛ بهدف العمل على التئام الجروح التي تشكل منافذ جيدة للإصابات البكتيرية؛ كما في البطاطس، والبطاطا، والبصل.

## الفصل التاسع - معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

جدول (٩-١٠): أهم الأنواع البكتيرية المسببة للأعمان الطرية، والمحاصيل التي تصيبها، والمجال الحراري المناسب لنموها (عن Lund ١٩٨٣).

درجات الحرارة لنموها (م)			المحاصيل التي تصاب بها	البكتيريا
المدى	المثلى	الحد الأقصى		
٣٥	٢٧	٣	معظم الخضروات. وخاصة البطاطس	<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>atroseptica</i>
٤٢-٣٧	٣٠-٢٨	٦	معظم الخضروات	<i>E. carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i>
٤٥ <	٣٧-٣٤	٦	البطاطس	<i>E. chrysanthemi</i>
٤١ <	٣٠-٢٥	٠,٢ <	معظم الخضروات	<i>Pseudomonas marginalis</i>
—	—	—	الفاصوليا	<i>P. viridiflava</i>
٤١ <	حوالي ٣٠	—	الشيكوريا، والهندباء، والكرنب، والخس	<i>P. chichorii</i>
٤١-٤٠	٣٥-٣٠	٤ <	البصل	<i>P. cepaci</i>
٤١-٤٠	٣٥-٣٠	٤ <	البصل	<i>P. gladioli</i> pv. <i>allicola</i>
٤٠-٣٥	—	١٠-٥	البطاطس والفلفل	<i>Bacillus polymyxa</i>
٥٥-٤٥	—	٢٠-٥	البطاطس والطماطم	<i>B. subtilis</i>
٣٩	—	٧	البطاطس	<i>Clostridium puniceum</i>

٢- إجراء الحصاد في مرحلة النضج المناسبة لذلك، مع تعريض المحصول لأقل قدر من التجريح.

٣- عدم تلويث المحصول بقدر كبير من التربة وبقايا النموات النباتية التي يمكن أن تشكل مصدرًا خطيرًا للإصابات المرضية في المخازن.

٤- تبريد المحصول سريعاً واتباع أساليب التخزين المناسبة لتجنب انتشار أمراض المخازن.

٥- معاملة المحصول بمحاليل لمركبات كيميائية مؤثرة على البكتيريا بعد الحصاد:

لم تُجد هذه الوسيلة كثيراً في مكافحة أمراض المخازن البكتيرية. وحتى في الحالات

التي أمكن إحراز نجاح فيها فإن أخطار الأعفان – التي يمكن أن تنتشر بسبب الماء الذى يتبقى على المنتج بعد المعاملة بالكيميائيات – تفوق عملية مكافحة الأولية ذاتها ويعد استعمال الكلور فى الماء الذى تشطف فيه الخضروات أنجح المعاملات الكيميائية حتى الآن. ويضاف الكلور إلى ماء الشطف إما فى صورة غازية. وإما فى صورة أحد أملاح الهيبيوكلوريت. ويعتبر تركيز ١٠ أجزاء فى المليون فى الماء – عند درجة التعادل ( $v = pH$ ) لدقائق قليلة – كافياً لقتل الخلايا البكتيرية غير المتجرّمة. ولكن – مع تواجد التربة وبقايا النموات النباتية مع المحصول – يلزم زيادة تركيز الكلور فى محلول الشطف إلى ٥٠ جزءاً – ١٠٠ جزء فى المليون لكى يكون فعالاً. وتجدر الإشارة إلى أن معاملة الكلور هى للتطهير السطحى فقط للمنتج، ولا يمكنها القضاء على ما قد يوجد بداخله من إصابات بكتيرية.

٦- المعاملة بالمضادات الحيوية:

تعد المضادات الحيوية من أنجح المركبات التى تقضى على الإصابات البكتيرية ومن أمثلة هذه المضادات الحيوية ما يلى:

Streptomycin

Oxytetracycline

Polymyxin

Neomycin

وبالرغم من الفاعلية الفائقة للمضادات الحيوية فى مكافحة أمراض المخازن البكتيرية فى محاصيل الخضر، إلا أن معظم الدول تُحرّم استعمالها عندما يكون الجزء المأكول من النبات هو الجزء المعامل. لكى لا يتناول الإنسان كميات كبيرة من المضادات الحيوية مع طعامه. والتى يمكن أن تؤدى إلى مخاطر صحية كبيرة.

ولهذا السبب .. فإن المضادات الحيوية الهامة طبيياً لا يجوز استخدامها فى معاملة الخضروات المعدة للاستهلاك (عن Lund ١٩٨٣).

الفصل العاشر

طرق التخزين والمخازن المبردة

أهمية تخزين الحاصلات البستانية

- إن أهم مزايا تخزين الحاصلات البستانية، ما يلي:
- ١- توفير المنتجات للمستهلك لأطول فترة ممكنة.
  - ٢- زيادة استهلاك المنتجات نتيجة إطالة موسم عرضها بالأسواق.
  - ٣- زيادة سعر البيع بالنسبة للمنتج بصورة عامة؛ بسبب عدم تكديس المحصول وقت الحصاد. وبذلك يمكن تجنب الانخفاض الحاد في الأسعار.
  - ٤- تسهيل عمليات النقل والشحن.
  - ٥- المساعدة على تصدير المنتجات السريعة التلف.

ويتوقف قرار التخزين من محمده على عدة عوامل، منها:

- ١- السعر الحالي والسعر المرتقب بعد انتهاء فترة التخزين.
- ٢- تكاليف التخزين.
- ٣- الفقد في المحصول نتيجة الذبول وفقد الرطوبة والإصابات المرضية أثناء التخزين.
- ٤- تكاليف إعادة الفرز والتعبئة بعد التخزين.

طرق التخزين

- إن من أهم الطرق المتبعة في تخزين الحاصلات البستانية، ما يلي:
- ١- التخزين على النباتات، كما في أصناف طماطم التصنيع والبرتقال.
  - ٢- التخزين في الحقل:
  - أ- التخزين في التربة في المناطق الجافة؛ كما في البطاطا. والقلقاس، والطرطوفة.

ب- التخزين في حفر أو خنادق في تربة جافة؛ كما في البطاطا، والقلقاس، والجزر، والبنجر بدون أوراق.

٣- التخزين في أبنية خاصة:

أ- التخزين في حجرات تحت سطح التربة.

ب- التخزين في حجرات فوق سطح التربة.

ج- التخزين تحت جمالونات؛ كما في البطاطس والبصل.

د- التخزين في عنابر.

٤- التخزين البارد:

أ- في الجو الطبيعي؛ مثل حجرات التبريد، وعربات النقل المبردة، والثلاجات المنزلية.

ب- في الجو المعدل والمتحكم فيه.

### التخزين في الحقل

يمكن تخزين بعض المنتجات كالكرنب، ومعظم الخضر الجذرية - في الحقل في خنادق، أو في حفر خاصة. أو تحت كومة من الأتربة. ويشترط لنجاح هذه الطريقة أن يكون المكان جافاً وجيد الصرف. يتم التخزين بوضع الخضروات في كومات تحاط بالقش، ثم تغطي بغطاء من التربة يكفي لحمايتها من الحرارة الشديدة أو البرودة والتجمد. ويمكن توفير التهوية اللازمة بعمل فتحة خاصة تمتد عبر أنبوب من وسط الكومة إلى خارج الغطاء. ويتم إغلاق هذه الفتحة في الجو القارس البرودة.

ويعيب مخازن الحقل عدم إمكانية التحكم في درجة الحرارة أو الرطوبة النسبية بها، وتعرضها للإصابة بالقارضات، كما يكون من الصعب سحب الخضروات المخزنة في الجو غير المناسب. فضلاً على أنه يحتاج إلى أيدٍ عاملة كثيرة.

### التخزين في الأبنية غير المبردة

تستعمل الأبنية غير المبردة بصفة خاصة في تخزين الخضروات التي تحتاج إلى جو

## الفصل العاشر - طرق التخزين والمخازن المبردة

جاف نسبياً، كالبصل. والبطاطا. ويمكن التحكم في درجة الحرارة والرطوبة النسبية إلى حد ما بالتحكم في التهوية.

وتنشأ بعض هذه الأبنية تحت سطح التربة عندما تسمح حالة الصرف بذلك، وتسمى "Cellars". وتجب العناية بعملية التهوية في هذه المنشآت؛ لأنها تكون - عادة - عالية الرطوبة النسبية، وتخزن فيها البطاطا وغيرها من الخضروات الجذرية بنجاح.

وفي مصر تخزن البطاطس في نوالات، وهي أبنية ذات فتحات كافية للتهوية في الجدران، وتغلق نهاراً، وتفتح ليلاً لاستقبال الهواء البارد.

### التخزين البارد مع التحكم في الرطوبة النسبية

يعتبر التخزين في المخازن المبردة هو أكثر طرق التخزين شيوعاً؛ نظراً لأنه يساعد على حفظ المنتجات بحالة جيدة لفترة طويلة نسبياً. ويتم في هذه الطريقة التحكم في درجة الحرارة والرطوبة النسبية، لكي تبقى مكونات الهواء الجوى كما هي.

### المخازن المبردة

#### تصميم البناء

يمكن حساب مساحة أرضية المخزن المبرد بتحديد الحد الأقصى لكمية المنتج التي يمكن أن تتواجد في المخزن في وقت واحد بالتر المكعب وقسمتها على ارتفاع التخزين. ويكون ارتفاع التخزين - عادة - مترين، وهو ارتفاع حمل البالطة. ويمكن زيادة ارتفاع التخزين بإضافة حوامل بالطات، أو - إذا كانت الكراتين قوية بما فيه الكفاية - بوضع البالطات فوق بعضها بارتفاع ثلاث منها. يُضاف إلى تلك المساحة مساحة أخرى للممرات ولحركة الرافعات الشوكية

#### حركة الهواء

يلزم أن يتحرك هواء المخزن المبرد في جميع أنحاء المخزن لأجل المحافظة على

التجانس فى درجة الحرارة. وتصمم معظم المخازن المبردة بقدره تحريك للهواء بمعدل  $2,83 \text{ م}^3$  فى الدقيقة لكل طن من المنتج الذى يمكن أن يحتويه المخزن (100 قدم مكعب/طن). هذا .. ويصل المنتج إلى الحرارة المستهدفة فى خلال أيام قليلة حتى أسبوع من ملئ المخزن بالمنتج. وبعد ذلك يمكن خفض حركة الهواء داخل المخزن إلى نحو 20٪ إلى 40٪ من القدره المصمم عليها المخزن مع استمرار المحافظة على حرارة المنتج التى وصل إليها واستمرار تجانس درجة الحرارة داخل المخزن. ويمكن أن يتم ذلك التخفيض إما بتشغيل المراوح على فترات بالاستعانة بجهاز توقيت، وإما باستعمال مراوح يمكن تشغيلها بسرعات مختلفة. هذا .. مع العلم بأن خفض سرعة حركة الهواء يقلل من فقد المنتج لرتوبته (Thompson 2004).

### القدره التبريدية

كقاعدة عامة .. فإن المخزن المبرد يلزمه حوالى 10-14 كيلوات kW من القدره التبريدية لكل  $1000 \text{ م}^3$  من حجم المخزن (0,08-0,11 طن تبريد لكل 1000 قدم مكعب)، ويلزم الحاويات 14 إلى 25 كيلوات لكل  $1000 \text{ م}^3$  (0,11-0,2 طن لكل 1000 قدم مكعب).

### وسائل التبريد

تعتمد معظم المخازن المبردة على التبريد بإعادة ضغط البخار vapor recompression، وهى الطريقة التى تعرف بالتبريد الميكانيكى.

إن أهم ما يجب الاهتمام به فى تصميم المبردات هو المحافظة على التجانس فى كل من درجة الحرارة والرطوبة النسبية فى المخزن. ويتحقق التجانس فى درجة الحرارة بتوفير قدره تبريدية مناسبة، مع تجانس فى توزيع حركة الهواء؛ الأمر الذى يقلل من الاختلافات فى درجة الحرارة بين ملف التبريد والهواء، مع توفر نظام دقيق للتحكم الحرارى. ويلزم توفر رطوبة نسبية عالية لخفض الفقد الرطوبى من المنتج. وتتطلب معظم الخضروات رطوبة نسبية تتراوح بين 85٪، و 95٪ إلا أن بعض الخضضر مثل البصل

(الأبصال) تتطلب رطوبة نسبية منخفضة عن تلك. وتتحقق الرطوبة النسبية العالية بالحد من التباين في درجة الحرارة بين أجزاء المخزن، وبتشغيل ملف التبريد على حرارة قريبة من تلك المستهدفة في المخزن. ويتحقق ذلك باستعمال ملف تبريد ذات مساحة سطحية كبيرة وبالاعتماد على نظام تحكم يمكنه المحافظة على عمل المبرد قياساً على أعلى حرارة في المخزن.

### بدائل التبريد الميكانيكي

قد يمكن اللجوء إلى بعض بدائل التبريد الميكانيكي في المناطق التي لا تتوفر فيها البنية الأساسية للتبريد، ومن هذه البدائل ما يلي:

١- التبريد الصحراوي:

يعرف نظام التبريد الصحراوي - كذلك المستخدم في تبريد البيوت المحمية - باسم evaporative cooling، أو نظام الوسادة وال مروحة pad and fan system. يفيد استعمال هذا النظام في خفض حرارة الهواء إلى درجة قريبة من درجة حرارة الترمومتر المبتل بالهواء الخارجي؛ وهو يفيد - خاصة - في الأجواء الجافة، وهي التي يكون الليل فيها مائلاً للبرودة، حيث يمكن استمرار التبريد ليلاً بمجرد التهوية.

٢- الاستفادة من حقيقة أن حرارة التربة على عمق مترين تكون معادلة للمتوسط السنوي لحرارة الهواء؛ وذلك بالتخزين على هذا العمق.

٣- الاستفادة كذلك من أن مياه الآبار تكون حرارتها معادلة - تقريباً - للمعدل السنوي لحرارة الهواء. وذلك باستعماله في تبريد المنتجات أولياً.

٤- استعمال الثلوج التي تتكون شتاءً.

٥- التخزين في أماكن مرتفعة.

### مولدات الرطوبة

ربما يحتاج الأمر إلى مولدات رطوبة humidifiers لإضافة رطوبة إلى مواد التعبئة الورقية والخشبية. وإلا فإن مواد التعبئة سوف تمتص احتياجاتها من الرطوبة من المنتج

ذاته. وكبديل لذلك .. يمكن استعمال عبوات بلاستيكية لا تمتص الرطوبة، واستخدام أكياس بلاستيكية تقلل الفقد الرطوبي. ويفيد استعمال مواد بلاستيكية بأقل قدر من التثقيب في خفض الفقد الرطوبي من المنتج، وقد تسمح بالمحافظة على مستوى أقل من الرطوبة النسبية في هواء المخزن.

وبالنسبة للمنتجات ذات معدلات النتج المنخفضة فإنها تفقد الرطوبة ببطء، وقد لا تحتاج إلى تجهيزات خاصة لرفع الرطوبة النسبية بالمخزن، خاصة إن لم تكن هناك حاجة لتخزينها لفترات طويلة.

### وسائل التحكم فى الإثيلين ومكونات الهواء

يمكن تزويد المخازن بوسائل للتحكم فى الإثيلين وفى مكونات الهواء.

ف نجد أن بعض المنتجات تتضرر بشدة من الإثيلين الذى يتعين خفض مستواه فى هواء المخزن لتجنب حدوث تلك الأضرار. وما لم تكن حرارة الهواء الخارجى شديدة الارتفاع أو شديدة الانخفاض فإن التهوية تعد هى الطريقة الأقل تكلفة لخفض تركيز الإثيلين. كذلك يمكن امتصاص الإثيلين ببرمنجنات البوتاسيوم التى تحضر فى صورة حبوب صغيرة لهذا الغرض. ويمكن أحياناً معاملة بعض المنتجات – كالزهور ونباتات الزينة – كيميائياً لجعلها غير حساسة للإثيلين.

أما التحكم فى مكونات هواء المخزن فإنه يمكن أن يتحقق بزيادة تقدر بنحو ٥% من تكلفته الإنشائية. وتنفق تلك التكلفة الإضافية فى لحام الوصلات بين الحوائط والسقف والأرضيات، وفى توفير أبواب غير منفذة للغازات وتحتاج تلك المخازن – كذلك – إلى أجهزة للتحكم فى غازات هواء المخزن بالتركيزات المطلوبة (Thompson ٢٠٠٤).

### أمور أساسية تتعلق بالتصميم والتشغيل

إن من أهم ما تجب ملاحظته بشأن تصميم وتشغيل وإدارة المخازن المبردة ما يلى:

## الفصل العاشر - طرق التخزين والمخزن المبردة

- ١- تزويد المخازن بوحدات لجعل الهواء رطباً humidifiers حتى لا تنخفض رطوبته النسبية عما ينبغي.
- ٢- تأمين دوران جيد لهواء المخزن بحجم وسرعة مناسبتين لضمان تجانس حرارة المخزن في كل جزء منه، ولكن مع مراعاة عدم زيادة سرعة حركة الهواء عما ينبغي، لكي لا يؤدي ذلك إلى زيادة فقد المنتج للرطوبة. ويكفى - عادة - تدفقاً للهواء بمعدل ٣٤-٦٨ م<sup>٣</sup>/ساعة.
- ٣- توفير مراوح متعددة السرعات تسمح بزيادة سرعة الهواء في بداية التخزين، ثم خفضها بعد ذلك عندما تصبح كل حجرة التبريد في الحرارة المرغوب فيها.
- ٤- تخفيض حرارة المخازن المبردة إلى أقل حرارة يمكن أن يتحملها المنتج المخزن فيها، والتي تزيد - عادة - بمقدار نصف درجة إلى درجة واحدة مئوية عن الحرارة التي يمكن أن تصيبه بأضرار البرودة.
- ٥- يتعين قياس درجة الحرارة في أجزاء مختلفة من المخزن للتأكد من تجانسها وعدم وجود مناطق دافئة أو أبرد مما ينبغي. كما يجب عدم تثبيت وحدات قياس الحرارة على الجدران التي تفصل المخزن عن الجو الخارجي؛ لأنها قد تتأثر بالحرارة الناتجة عن الأشعة الشمسية التي تسقط عليها بالخارج.
- ٦- ضرورة استعمال شرائح طولية من البلاستيك الثقيل على أبواب المخازن المبردة للحد من تسرب الهواء الدافئ داخلها.
- ٧- يجب تبريد الممرات وأرضية تحميل الشاحنات والحاويات للمحافظة على سلسلة التبريد، ويكتفى - عادة - بتبريدها إلى حوالي ٥-٧ م.
- ٨- ضرورة تصميم المبنى بطريقة تسمح بسهولة تطهيره.
- ٩- ضرورة تطهير أرضيات وجدران المخزن بالمطهرات المسموح بها مع استخدام الماء الساخن أو البخار عند تغيير المنتجات المخزنة، أو إخراجها من المخزن.
- ١٠- ضرورة غسيل أرضيات وجدران المخزن والممرات على فترات منتظمة (Tator

(١٩٩٧).

## أضرار تنشأ عن عيوب فى المخازن

تصاب الحاصلات البستانية بأضرار معينة نتيجة لوجود عيوب خاصة فى المخازن. ومن هذه الأضرار ما يلى :

### أضرار الأمونيا

تحدث أضرار الأمونيا ammonia injury عندما يتسرب الغاز من أجهزة التبريد؛ حيث تتلون الأنسجة الخارجية للمنتجات المخزنة بلون بنى أو أخضر مُسَوِّدٌ. وقد تؤدي الأضرار الشديدة إلى ليونة الأنسجة الداخلية، وفقد المنتجات صلاحيتها للتسويق. ويحدث الضرر – عادة – عندما يصل تركيز الأمونيا فى جو المخزن إلى ٠,١٪، ولكنه لا يظهر إلا بعد عدة ساعات من التعرض لهذا التركيز؛ ولهذا يوصى بوضع أجهزة للتنبيه بتسرب الغاز.

ويمكن التخلص من أبخرة الأمونيا بالتهوية، أو بغسيل هواء المخزن بالماء إذا كان ذلك ممكناً، أو بمعادلة الأمونيا بغاز ثانى أكسيد الكبريت sulfur dioxide إن كانت الخضراوات المخزنة غير حساسة لذلك الغاز، مع عدم زيادة تركيزه على ٠,١٪ (Lurtz & Hardenburg ١٩٦٨).

### أضرار نقص الأكسجين

يحدث النقص فى الأكسجين من جراء تنفس المنتجات المخزنة مع عدم توفر تهوية جيدة فى المخازن، ويكون ذلك مصحوباً بزيادة فى نسبة ثانى أكسيد الكربون. وتختلف المنتجات فى مدى حساسيتها لذلك.

ومن الأضرار التى يحدثها نقص الأكسجين ما يلى :

- ١- ظهور حالة القلب الأسود فى درنات البطاطس.
- ٢- تبقع قرون الفاصوليا الخضراء ببقع بنية اللون.

**المصطلحات المستخدمة في مجال التبريد**

**١- الوحدات الحرارية Heat Units :**

أكثر الوحدات الحرارية شيوعاً هي: الكالورى، والكيلو كالورى، والوحدة الحرارية البريطانية.

أ- الكالورى calori (اختصاراً: cal)، هو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة واحدة مئوية.

ب- الكيلو كالورى kailocalori (اختصاراً: kcal): هو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو جرام واحد من الماء درجة واحدة مئوية.

ج- الوحدات الحرارية البريطانية British Thermal Units (اختصاراً: BTUs): هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء درجة واحدة فهرنهايتية (الوحدة الحرارية البريطانية = ٢٥٣ كالورى).

**٢- الحرارة النوعية Specific Heat :**

الحرارة النوعية هي كمية الحرارة - مقدره بالكالورى - اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من المادة درجة واحدة مئوية. وكلما ازدادت الحرارة النوعية لمادة ما، احتاجت إلى كمية أكبر من الطاقة الحرارية لرفع حرارتها، وكانت أقل تعرضاً للتغير فى درجة الحرارة مع التغيرات فى الظروف البيئية. وفيما يلي الحرارة النوعية لعدد من المواد:

المادة	الحرارة النوعية
الماء	١,٠٠
الثلج	٠,٥٠
البخار	٠,٤٨
كحول الإيثانيل	٠,٥٨
الخشب	٠,٤٢
الزجاج	٠,٢٠
الصلب	٠,١١

## تداول الحاصلات البستانية - تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

وللحرارة النوعية العالية أهمية كبيرة في حفظ الأنسجة النباتية من التغيرات في درجة حرارتها مع التغيرات البيئية (Halfacre & Barden 1979).

ويمكن تقدير الحرارة النوعية (س) فوق درجة التجمد لأي نوع من المنتجات بالمعادلة التالية:

$$س = 0,008 \text{ (نسبة الرطوبة في المنتج) } + 0,20$$

علمًا بأن (س) في هذه المعادلة هي تقدير لعدد الوحدات الحرارية البريطانية BTU التي تلزم لرفع حرارة رطل واحد من المنتج درجة واحدة فهرنهايتية.

ويعطى جدول (١٠-١) بيئاتاً بالحرارة النوعية المقدرة لعددٍ من محاصيل الخضر على أساس المعادلة السابقة.

جدول (١٠-١): بيان بالحرارة النوعية لعدد من محاصيل الخضر.

الحرارة النوعية	أعلى درجة تجمد	الحرارة النوعية	المنتج
BTU/رطل لكل درجة فهرنهايتية	(ف)	(%)	
٠,٨٧	٢٩,٩	٨٣,٧	الخرشوف
٠,٨٤	—	٧٩,٨	الطرطوفة
٠,٩٤	٣٠,٩	٩٣,٠	الأسبرجس
٠,٩١	٣٠,٧	٨٨,٩	الفاصوليا الخضراء
٠,٧٣	٣١,٠	٦٦,٥	فاصوليا الليما
٠,٩٠	٣٠,٣	٨٧,٦	البنجر
٠,٩٢	٣٠,٩	٨٩,٩	البيروكولي
٠,٨٨	٣٠,٥	٨٤,٩	كرنب بروكسل
٠,٩٤	٣٠,٤	٩٢,٤	الكرنب
٠,٩٦	—	٩٥,٠	الكرنب الصيني
٠,٩١	٢٩,٥	٨٨,٢	الجزر
٠,٩٣	٣٠,٦	٩١,٧	القنبيط

## الفصل العاشر - طرق التخزين والمخازن المبردة

تابع جدول (١٠-١).

المنتج	أعلى درجة تجمد (°ف)	المحتوى الرطوبي (%)	الحرارة النوعية BTU/رطل لكل درجة فهرنهايتية
السليريكاك	٣٠,٣	٨٨,٤	٠,٩١
الكرفس	٣١,١	٩٣,٧	٠,٩٥
الكولارد	٣٠,٦	٨٦,٩	٠,٩٠
الذرة السكرية	٣٠,٩	٧٣,٩	٠,٧٩
الخيار	٣١,١	٩٦,١	٠,٩٧
الباذنجان	٣٠,٦	٩٢,٧	٠,٩٤
الهندباء	٣١,٩	٩٣,١	٠,٩٥
الثوم	٣٠,٥	٦١,٣	٠,٦٩
الكيل	٣١,١	٨٦,٦	٠,٨٩
كرنب أبو ركة	٣٠,٢	٩٠,٣	٠,٩٢
الكرات أبو شوشة	٣٠,٧	٨٥,٤	٠,٨٨
الخنس	٣١,٧	٩٤,٨	٠,٩٦
الكتنلوب	٢٩,٩	٩٢,٠	٠,٩٤
شهد العسل	٣٠,٣	٩٢,٦	٠,٩٤
البطيخ	٣١,٣	٩٢,٦	٠,٩٤
عيش الغراب	٣٠,٤	٩١,١	٠,٩٣
البامية	٢٨,٧	٨٩,٨	٠,٩٢
البصل (الأبصال)	٣٠,٦	٨٧,٥	٠,٩٠
البصل الأخضر	٣٠,٤	٨٩,٤	٠,٩١
البقدونس	٣٠,٠	٨٥,١	٠,٨٨
الجزر الأبيض	٣٠,٤	٧٨,٦	٠,٨٣
البسلة الخضراء	٣٠,٩	٧٤,٣	٠,٧٩
الفلفل الحلو	٣٠,٧	٩٢,٤	٠,٩٤
البطاطس	٣٠,٩	٨١,٢	٠,٨٥
القرع العسلي	٣٠,٥	٩٠,٥	٠,٩٢

تابع جدول (١٠-١).

الحرارة النوعية	أعلى درجة تجمد	المحتوى الرطوبي	المنتج
BTU/رطل لكل درجة فهرنهايت	(ف)	(%)	
٠,٩٦	٣٠,٧	٩٤,٥	الفجل
٠,٩٦	٣٠,٣	٩٤,٩	الروبارب
٠,٩١	٣٠,١	٨٩,١	الروتاباجا
٠,٨٣	٣٠,٠	٧٩,١	السلفيل
٠,٩٤	٣١,٥	٩٢,٧	السبانخ
٠,٨٨	٣٠,٥	٨٥,١	قرع الشتاء
٠,٩٥	٣١,١	٩٤,٠	الكوسة
٠,٧٥	٢٩,٧	٦٨,٥	البطاطا
٠,٩٤	٣١,٠	٩٣,٠	الطماطم الخضراء مكتملة التكوين
٠,٩٥	٣١,١	٩٤,١	الطماطم الحمراء
٠,٩٣	٣٠,١	٩١,٥	اللفت
٠,٩٥	٣١,٤	٩٣,٣	الكرسون المائي

### ٣- حرارة التبخر Heat of Vaporization :

حرارة التبخر هي كمية الحرارة اللازمة لتغيير جرام واحد من المادة عند درجة الغليان من الحالة السائلة إلى حالة بخار. هذا .. ويلزم التخلص من نفس الكمية من الحرارة لتحويل جرام واحد من المادة من حالة بخار إلى الحالة السائلة عند درجة الغليان.

ويوضح جدول (١٠-٢) حرارة السيولة وحرارة التبخر لعدد من المواد. ويتضح من الجدول ارتفاع قيمة حرارة السيولة والتبخر بالنسبة للماء، بالمقارنة بالمواد الأخرى.

### ٤- انتقال الحرارة Heat Transfer :

تنتقل الحرارة بإحدى ثلاث وسائل. ويكون انتقالها دائماً من الأجسام الساخنة إلى الأجسام الأبرد.

## الفصل العاشر - طرق التخزين والمخازن المبردة

أ- بالتوصيل Conduction:

التوصيل هو انتقال الحرارة خلال مادة - ويتناسب معدل التوصيل مع مقطع مادة التوصيل والتدرج الحرارى من الجانب الساخن نحو الجانب الأبرد، كما يختلف حسب المادة التى يتم التوصيل الحرارى من خلالها. فالصلب ينقل الحرارة جيداً، بينما يعتبر الخشب موصلاً رديئاً للحرارة. ويعتبر الهواء موصلاً رديئاً جداً.

ب- بالحمل Convection:

الحمل هو انتقال الحرارة بواسطة مادة متحركة. ويتوقف ذلك على تولد تيارات حمل.

ج- بالإشعاع Radiation:

الإشعاع هو انتقال الطاقة دون ضرورة لوجود مادة موصلة. وتتكون الأشعة الحرارية من أشعة كهرومغناطيسية تنتقل بسرعة الضوء، وهى  $3 \times 10^{10}$  متر/ثانية.

جدول (١٠-٢): حرارة السيوالة أو الانصهار وحرارة التبخر لبعض المواد (بالكالورى).

المادة	حرارة السيوالة أو الانصهار	حرارة التبخر
الكحول الإيثلى	٢٥,٠	٢٠٤
الأكسجين	٣,٣	٥١
الماء	٨٠,٠	٥٤٠

٦- حرارة الحقل Field Heat:

هى الحرارة التى يلزم التخلص منها لخفض حرارة المنتج إلى الدرجة المناسبة للتخزين، تضاف إليها الحرارة النوعية Vital Heat، وهى الحرارة التى تنتج من تنفس المنتج أثناء تبريده حتى وصوله إلى درجة الحرارة المناسبة للتخزين.

٧- طن التبريد Ton of Refrigeration:

هو كمية الحرارة التى يلزم اكتسابها بواسطة طن من الثلج أثناء الذوبان فى درجة حرارة الصفر المئوى خلال فترة ٢٤ ساعة. ويتطلب الأمر ١٤٤ وحدة حرارية بريطانية

## تداول الحاصلات البستانية - تكنولوجيا وقسيولوجيا ما بعد الحصاد

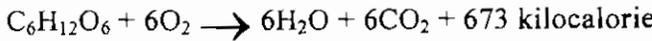
لإذابة رطل واحد من الثلج في درجة حرارة الصفر المئوي، أو حوالى ٢٨٨٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية لإذابة طن من الثلج في درجة حرارة الصفر المئوي؛ ويعنى ذلك ١٢٠٠٠ BTU/ساعة.

### ٨- الحرارة الحيوية Vital Heat :

الحرارة الحيوية هي الحرارة الناتجة من التنفس. ويمكن تقدير كمية الحرارة الحيوية لأى محصول أثناء التخزين بتقدير كمية غاز ثانى أكسيد الكربون المنطلقة منه أثناء التنفس بالمليجرام فى الساعة، وضرب الناتج فى عدد ثابت هو ٢٢٠.

فمثلاً .. إذا أنتج البروكولى ١٦٠ ملليجرام CO<sub>2</sub> فى ساعة/كيلوجرام من الخضار على حرارة ٤٠°ف (٤٠°م)، فإن ذلك يعنى أنه ينطلق من البروكولى:

١٦٠ × ٢٢٠ = ٣٥٢٠٠ BTU لكل طن من البروكولى فى اليوم، ويمثل الثابت ٢٢٠ كمية الحرارة المنطلقة عند التنفس، مقدرة بالوحدات الحرارية البريطانية إذا ما أنتج الطن الواحد من الخضار الطازجة ملليجرام واحد من غاز CO<sub>2</sub> فى مدة ٢٤ ساعة. ويقدر الثابت كالتالى:



$$\therefore 6 \text{ CO}_2 \leftarrow 673 \text{ كيلو كالورى}$$

$$\therefore 1 \text{ CO}_2 \leftarrow \frac{673}{6} = 112,1 \text{ كيلو كالورى}$$

$$\therefore 44 \text{ جم CO}_2 \leftarrow 112,1 \text{ كيلو كالورى}$$

$$\therefore 1 \text{ ملليجرام CO}_2 \leftarrow \frac{112,1}{1000 \times 44} = 0,00255 \text{ كيلو كالورى}$$

$$= 2,55 \text{ كالوى (سعر حرارى)}$$

وللتحويل من السرعات الحرارية لكل كجم/ ساعة إلى وحدات حرارية بريطانية لكل طن/يوم نضرب فى ٨٦,٣ ليصبح الناتج ٨٦,٣ × ٢,٥٥ = ٢٢٠ وهو الثابت المطلوب (عن Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

### **التبريد الميكانيكي**

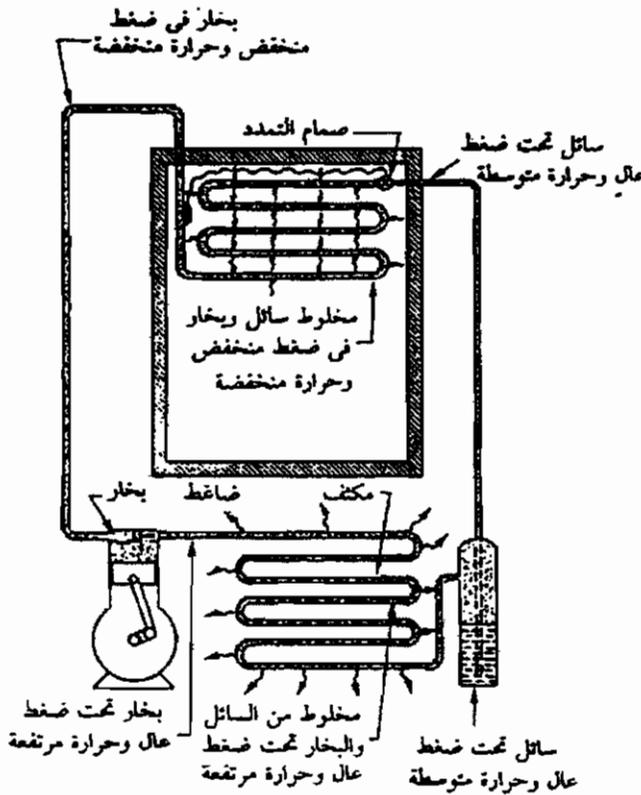
تعتمد معظم المخازن المبردة على التبريد الميكانيكي mechanical refrigeration كوسيلة للتحكم في درجة حرارة المخزن. ويعتمد هذا النظام على خاصية اكتساب السوائل للحرارة عند تحولها إلى غاز. وأبسط طريقة لتحقيق ذلك هي إطلاق النيتروجين السائل في حيز المخزن، ولكن ذلك يتطلب إمدادات خارجية مستمرة من الغاز المسال. ولا يتبع ذلك إلا في تبريد الشاحنات، حينما يكون للتركيز العالي من النيتروجين والتركيز المنخفض من الأكسجين أهمية إضافية في احتفاظ المنتج بجودته أثناء الشحن.

وتستخدم نظم التبريد الميكانيكي الأكثر شيوعاً غازات أخرى مثل الأمونيا وعدد من الهاليدات السائلة halide fluids (والتي يشار إليها أحياناً بالاسم التجاري "فريون")؛ حيث يتم تجميع البخار بواسطة ضاغط compressor، ويزود النظام بوسيلة لتبادل الحرارة مع الوسط المحيط به

ويبين شكل (١٠-١): مكونات هذا النظام الميكانيكي للتبريد. يلاحظ في الشكل أن سائل التبريد يمر من خلال صمام التمدد؛ حيث ينخفض الضغط فجأة؛ ليتبخر السائل وتنخفض حرارته إلى درجة مؤثرة في إزالة الحرارة من حيز التخزين. ويحصل على الحرارة المستولة عن تبخر السائل من المادة أو المنتج الذي يُراد تبريده؛ حيث تنتقل الحرارة منه إلى هواء المخزن، ثم إلى ملف التبريد الذي يتحول بداخله سائل التبريد إلى الحالة الغازية؛ ولذا.. فإن ملف التبريد يقع - بالضرورة - في داخل الحيز الذي يُراد تبريده.

وبعد أن يكتمل تحول سائل التبريد إلى غاز، فإن الغاز يُعاد ضغطه بضاغط؛ ليمر من خلال مكثف condenser، ويتم تبريده إلى سائل من جديد. ويقع المكثف - بالضرورة - خارج الحيز الذي يُراد تبريده؛ لأنه طارد للحرارة. يخزن السائل المكثف بعد ذلك في مستقبل؛ ليتم إخراجه - تدريجياً - حسب مدى الحاجة إلى التبريد.

ويعرف طرازان من ملفات التبريد: مبتل وجاف.



شكل (١٠-١): تخطيط للنظام الميكانيكي للتبريد.

### طراز الملف المبثلي

يعتمد هذا النظام للتبريد على وجود ملف بارد يرش عليه رذاذ من الماء، الذي يتجمع أسفل الملفات ليعاد ضخه من جديد، في الوقت الذي يُدفع فيه الهواء المراد تبريده ليمر على الملفات المثبتة لتتخفض حرارته، وتزداد رطوبته النسبية حتى ٩٨٪.

يجب أن يكون الماء المستخدم في هذا النظام ماءً صنبور صالح للشرب، وأن تتم معاملته بالكلورين بتركيز ١٠٠-١٥٠ جزء في المليون كلورين حر، علمًا بأن حرارة هذا الماء تكون قريبة من الصفر المئوي، وأنه يكون عرضه للتلوث باستمرار.

## الفصل العاشر - طرق التخزين والمخازن المبردة

ومن أهم مميزات التبريد بنظام الملفات المبتلة ما يلي:

- ١- يمكن تصميم وحدات صغيرة منه، كما يمكن زيادة أحجامها حسب الحاجة.
- ٢- لا يتعرض المنتج للتجمد أثناء التشغيل العادي.
- ٣- انخفاض التكلفة.
- ٤- يناسب المنتجات التي يلزمها تبريد إلى حرارة  $5^{\circ}\text{م}$  وأعلى من ذلك.
- ٥- يعطى أعلى قدر من الرطوبة النسبية، والتي تتراوح - عادة - بين ٩٧٪، و ٩٨٪.

ويُعابى على نظام الملفات المبتلة ما يلي:

- ١- لا يمكن لهذا النظام تبريد المنتجات لأقل من  $2.5-3^{\circ}\text{م}$ .
- ٢- يتطلب فترة أطول لإتمام التبريد الأولى، حيث لا تقل حرارة الهواء المستخدم في التبريد عن  $1-1.5^{\circ}\text{م}$ .
- ٣- يمكن أن يتسبب في التلوث الميكروبي للمنتجات عن طريق الماء المعاد دورانه.
- ٤- تزيد فيه تكلفة التشغيل واستهلاك الطاقة.
- ٥- يحتاج إلى معاملة الماء بالمطهرات.
- ٦- يزيد امتصاص الكراتين للرطوبة مما يجعل الكراتين غير المشبعة عرضه للانهايار.

### طراز الملف الجاف

يعتمد هذا النظام على استعمال ملف تبريد إضافي محدود القدرة يعمل على المحافظة على تواجد رطوبة نسبية عالية في تيار الهواء المار على المنتج. ويمكن بالتشغيل الجيد لهذا النظام المحافظة على رطوبة نسبية بين ٩٠٪، و ٩٥٪.

ومن أهم مميزات هذا النظام ما يلي:

- ١- يمكن المحافظة على رطوبة نسبية تتراوح بين ٩٠٪، و ٩٥٪.
- ٢- لا يوجد ماء يتعرض للتلوث الميكروبي لعدم ملامسته للمنتجات المبردة.

- ٣- تزداد فيه سرعة تدفق الهواء.
- ٤- يوفر أقل حرارة تلزم لتبريد المنتج ، حتى الصفر المئوي.
- ٥- يعطى أسرع تبريد أولى.
- ٦- تقل فيه تكلفة التشغيل والصيانة.
- ٧- يمكن تبخير بعض المنتجات (مثلاً: العنب بثاني أكسيد الكبريت) أثناء التبريد الأولى.

#### ومن أهم محيويج نظام الملفات الجافة ما يلي:

- ١- يحتاج النظام إلى استعمال مسطح أكبر للملفات يزيد بمقدار ثلاثة أضعاف عن نظام الملفات المبتلة.
- ٢- زيادة التكلفة الإنشائية.
- ٣- احتمال تعرض المنتج للتجمد إن لم يتم تشغيل النظام بطريقة سليمة (Tator ١٩٩٧).

#### الرطوبة النسبية

تُعرّف الرطوبة النسبية Relative Humidity بأنها: "النسبة المئوية لما يحمله حيز من الهواء من بخار الماء إلى أقصى ما يمكن أن يحمله نفس هذا الحيز من بخار الماء فى نفس درجة الحرارة".

يحتوى الهواء الجوى على عديد من الغازات بالإضافة إلى بخار الماء. ويتكون الهواء الجاف من ٧٨٪ نيتروجين، و ٢١٪ أكسجين، و ١٪ أرجون وثانى أكسيد كربون ومكونات أخرى. أما الهواء الرطب فإنه يكون خليطاً من مكونين، هما: الهواء الجاف وبخار الماء. وتتراوح كمية بخار الماء المتواجد فى الهواء من صفر٪ (فى الهواء الجاف) إلى الحد الأقصى (حد التشبع) الذى يعتمد على درجة الحرارة والضغط. وعلى الرغم من أن بخار الماء يمثل فقط من ٠,٤٪ إلى ١,٥ من وزن الهواء، فإنه يلعب دوراً جوهرياً جداً فى التأثير على المنتجات الطازجة بعد الحصاد.

المتغيرات السيكرومترية المستعملة فى قياس الرطوبة النسبية إن المتغيرات التى تستخدم فى قياس رطوبة الجو psychrometric variables أربعة، هى: الحرارة، والرطوبة النسبية؛ وحرارة نقطة الندى dew point temperature، وحرارة الترمومتر المبتل wet bulb temperature، وهى المتغيرات التى تتضمنها لوحات قياس الرطوبة والتى تعرف باسم اللوحات السيكرومترية psychrometric charts.

وتستخدم عدة أجهزة فى قياس الرطوبة النسبية Relative Humidity، ويعد السيكروميتر psychrometer أكثرها شيوعاً. يحتوى هذا الجهاز على ترمومتريين: تُتْرَك بصيلة (مستودع الزئبق) أحدهما دون غطاء (التومومتر الجاف)، بينما تُغَطَّى بصيلة الترمومتر الآخر بقطعة من القماش المبلل بماء مقطر wick (الترمومتر المبتل). يقيس السيكروميتر "قوة تجفيف" drying power الهواء. وتعتمد النظرية التى يعمل على أساسها على أنه لو كان الهواء المحيط بالبصيلة المبتلة غير مشبع بالماء فإن الماء سيتبخّر من القماش المبلل المحيط به؛ مما يؤدي إلى انخفاض حرارته.

وتنخفض حرارة الترمومتر المبتل إلى قيمة معينة حينما تتعادل الحرارة التى تصل - بالحمل convection والتوصيل conduction - من الهواء المناسب حول البصيلة مع الحرارة اللازمة لتبخير الماء النقى الموجود فى قطعة القماش المبللة. ويمكن حساب الرطوبة النسبية من الفرق بين قراءتى الترمومتريين الجاف والمبتل بالاستعانة بجداول أو رسوم بيانية خاصة.

وتعد الحركة السريعة للهواء حول الترمومتريين ضرورية لدقة القياس، ويتحقق ذلك بسحب تيار مستمر من الهواء بالقرب من بصيلتى الترمومتريين، مع تسجيل القراءة فى كليهما فى وقت متقارب وبدقة، ومع الاحتراس لكى لا تؤثر فيها حرارة الجسم أو الحرارة المنبعثة من الأجسام الأخرى المحيطة بهما. ويتحقق ذلك بحفظ السيكروميتر بداخل صندوق خشبى يسمح بمرور الهواء بحرية من خلاله وحول الجهاز.

يلاحظ أنه – عند الصفر المئوى أو الحرارة الأقل من ذلك – يؤدى أى خطأ ولو بمقدار نصف درجة مئوية فى قراءة أى من الترمومترين الجاف أو المبتل إلى خطأ يقدر بنحو ٥٪-١٠٪ فى قراءة الرطوبة النسبية؛ ولذا .. يجب أن تستخدم ترمومترات معايرة جيداً لهذا الغرض.

تستخدم اللوحة السيكرومترية psychrometric chart (شكل ١٠-٢) فى التوصل إلى قيمة الرطوبة النسبية من واقع قراءة تى الترمومترين الجاف والمبتل.

### **الخصائص السيكرومترية الهامة**

نناقش – فيما يلى – الخصائص السيكرومترية psychrometric properties ذات الأهمية فيما بعد حصاد المنتجات البستانية :

١- درجة حرارة الترمومتر الجاف dry bulb temperature (db) :

إن حرارة الترمومتر الجاف هى حرارة الهواء الفعلية المقيسة بترمومتر عادى.

٢- درجة حرارة الترمومتر المبتل wet bulb temperature (wb) :

تقاس حرارة الترمومتر المبتل بترمومتر عادى يغطى فيه مستودع الزئبق بشريط مبتل يصل إلى كأس به ماء مقطر، مع تعرض الشريط لتيار من الهواء. يؤدى تعرض الشريط المبتل لتيار الهواء إلى تبخر الماء منه، وتُسْتَمَد حرارة تبخير الماء من الجو المحيط بالشريط. ويتعين أن يكون تيار الهواء كافياً لمنع حدوث تغير جوهرى فى حرارة الهواء المحيط. ويؤدى تبخر الماء إلى تبريد مستودع الزئبق، وكلما كان الهواء المار به جافاً كلما ازداد معدل تبخر الماء من الشريط. وكلما ازداد الانخفاض فى حرارة الترمومتر المبتل. وتعد حرارة الترمومتر المبتل هى أقل حرارة يمكن أن يبرد إليها مخلوط الهواء اعتماداً – فقط – على إضافة الماء إليه دون إزالة لأى حرارة منه، وهى العملية التى تعرف باسم التبريد بالتبخير evaporative cooling.

٣- نقطة الندى :

إذا ما بُرد الهواء دون إحداث تغيير فى محتواه من الرطوبة فإنه يفقد القدرة على

## الفصل العاشر - طرق التخزين والمخازن المبردة

الاحتفاظ بالرطوبة. وإذا ما استمر تبريده فإنه يصل إلى درجة التثبيح، ثم - مع استمرار التبريد - يفقد ماء على صورة ندى أو صقيع. وتعرف الحرارة التي يحدث عندها التكتف الرطوبي باسم "نقطة الندى" dew point إن كانت الحرارة أعلى من الصفر المئوي، وباسم "نقطة الصقيع" frost point إن كانت أقل من الصفر.

٤- الرطوبة النسبية (RH) relative humidity :

هي أكثر القيم استعمالاً للتعبير عن حالة بخار الماء في الهواء الرطب، وهي نسبة ضغط بخار الماء في الهواء إلى ضغط بخار الماء الذي يحدث عنده التثبيح في نفس درجة الحرارة، ويعبر عنها كنسبة مئوية.

٥- نسبة الرطوبة humidity ratio :

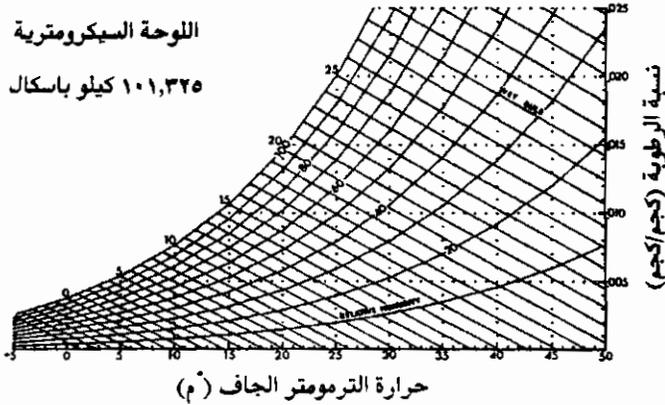
تعرف نسبة الرطوبة بأنها نسبة وزن بخار الماء في الهواء الرطب إلى وزن الهواء الجاف في العينة، ويعبر عنها بالكيلوجرام من الماء لكل كيلوجرام من الهواء الجاف، كما أنها تعرف - كذلك بال mixing ratio، وبالرطوبة المطلقة absolute humidity. ولهذه الخاصية فائدة كبيرة إذ إنها تسمح بمقارنة حالتين فيما يتعلق بالانحدار الرطوبي بينهما، فبخار الماء ينتقل من حالة تكون فيها الرطوبة عالية إلى حالة تكون فيها الرطوبة أقل (Talbot & Baird ٢٠٠٢).

### اللوحة السيكرومترية

تظهر درجة حرارة الترمومتر الجاف على المحور الأفقي للوحة السيكرومترية (شكل ١٠-٢)، بينما يمثل المحور الرأسي المحتوى الرطوبي للهواء، وهو ما يعرف بالرطوبة المطلقة absolute humidity أو نسبة رطوبة بخار الماء إلى الهواء (humidity ratio). وتكون وحدة قياس الرطوبة المطلقة - عادة - هي وزن بخار الماء لكل وزن معين من الهواء الجاف. ويعبر عنها بالجرام/كجم (أو بالكيلوجرام/كيلوجرام في النظام الدولي للوحدات).

وعادة .. تتراوح الرطوبة المطلقة من ٠,٠٠٤-٠,٠١٥ كجم/كجم. وبالرغم من أن

نسبة بخار الماء تتراوح فى هذا المدى الرطوبى بين ٠,٤٪ و ١,٥٪ - بالوزن - من الهواء، فإن بخار الماء يلعب دوراً جوهرياً فى التأثير على فترة بقاء الخضر المخزنة بحالة نضرة.



شكل (١٠-٢): اللوحة السيكرومترية Psychrometric chart.

ويظهر على أعلى خط منحنٍ فى اللوحة الحد الأقصى لكمية بخار الماء التى يمكن أن يحملها الهواء عند كل درجة حرارة. يلاحظ أن الهواء تزيد قدرته على حمل بخار الماء - تدريجياً - مع كل ارتفاع فى درجة حرارته. ويعرف هذا المنحنى العلوى كذلك بمنحنى الـ ١٠٠٪ رطوبة نسبية. أما المنحنيات الأخرى، فإنها - كما تظهر فى الشكل - من أعلى إلى أسفل - منحنيات الـ ٨٠٪، و الـ ٦٠٪، و الـ ٤٠٪، و الـ ٢٠٪ رطوبة نسبية. ويمثل المحور الأفقى منحنى الـ صفر٪ رطوبة نسبية.

ويمكن رسم منحنى لـ ٥٠٪ رطوبة نسبية؛ حيث إنه يمر بالنقط التى تمثل رطوبة مطلقة تعادل نصف أقصى رطوبة مطلقة فى أى درجة حرارة؛ أى إنه يقع - دائماً - فى منتصف المسافة العمودية بين منحنى الـ ١٠٠٪ رطوبة نسبية والمحور الأفقى الذى يمثل صفر٪ رطوبة نسبية. ويمكن رسم أية خطوط أخرى للرطوبة النسبية باتباع نفس الطريقة.

## الفصل العاشر – طرق التخزين والمخازن المبردة

وكقاعدة عامة – كما يلاحظ من الشكل – فإن قدرة الهواء على حمل الرطوبة تزداد – تقريباً – بمقدار الضعف مع كل ارتفاع قدره  $11^{\circ}\text{C}$  في درجة الحرارة.

وإذا انخفضت درجة حرارة الهواء في المخازن، فإن قدرته على حمل بخار الماء تنخفض تبعاً لذلك، وربما يصبح مشبعاً ببخار الماء؛ أي تصبح رطوبته النسبية  $100\%$ . وإذا استمر الانخفاض في درجة حرارة الهواء، فإنه يفقد جانباً من رطوبته في صورة ندى أو تكثف لبخار الماء. وتعرف الحرارة التي يحدث عندها التكثف باسم "حرارة الندى" dew point temperature. وقد يكون الفقد الرطوبي في صورة صقيع إذا انخفضت الحرارة إلى أقل من الصفر المئوي، وتعرف الحرارة حينئذٍ باسم "حرارة الصقيع" frost point temperature.

وتجدر ملاحظة أن الرطوبة النسبية المقدره لا تمثل – وحدها – قيمة ذات معنى؛ فهي لا بد وأن تكون مصاحبة لأي متغير سيكرومترى آخر. وكما يتبين من شكل (١٠) – (٢) فإن حالة الهواء الذي يحتوى على  $80\%$  رطوبة نسبية تختلف كثيراً جداً عند الصفر المئوي منه عند  $20^{\circ}\text{C}$  مع نفس الرطوبة النسبية.

وتظهر درجة حرارة الترمومتر المبتل بالخطوط المائلة التي تمتد قطريا إلى أعلى – من اليمين إلى اليسار – عبر الشكل. تُستعمل هذه الخطوط في تحديد المنطقة التي تمثل حالة الهواء بدقة على اللوحة السيكرومترية كما قيست باستخدام السيكرومتر؛ حيث إن نقطة تقاطع خط قراءة الترمومتر المبتل مع الخط العمودي – الذي يمثل قراءة الترمومتر الجاف – تمثل حالة الحرارة والرطوبة الجوية (عن Grierson & Wardowski، ١٩٧٥، و Kader وآخرين ١٩٨٥).

وتحدد نقطة الندى لأي حالة معينة بالتقاطع بين خط أفقى يرسم ليصل بين تلك الحالة (التي تمثلها نقطة) وخط التشبع الذي يمثل  $100\%$  رطوبة نسبية.

أما ضغط بخار الماء فإنه لا يظهر في كل اللوحات السيكرومترية، ولكنه قيمة هامة عند تداول المنتجات الطازجة. ونجد عند ضغط بارومتري معين أنه يوجد ارتباط مباشر

بين نسبة الرطوبة وضغط بخار الماء أيًا كانت درجة الحرارة. ويستخدم ضغط بخار الماء – غالبًا – كتعبير عن مستوى الرطوبة، وخاصة فيما يتعلق بالفرق في ضغط بخار الماء بين نقطتين، وهو الذى يعرف باسم vapor pressure deficit. هذا وينساب بخار الماء من نقطة ذات ضغط عالٍ إلى أخرى ذات ضغط أقل. ويحدد الـ vapor pressure deficit معدل الفتح، وبالتالي معدل فقد الماء من المنتجات البستانية، الأمر ذات الأهمية عند تداول تلك المنتجات (Talbot & Baird 2002).

### **وسائل أخرى لقياس الرطوبة النسبية**

يمكن أخذ قراءات مباشرة للرطوبة النسبية باستعمال الـ hair hygrometers. ويتعين فى هذه الحالة معايرة هذه الأجهزة دوريًا باستعمال سيكروميتر. وتستخدم الـ electrical hygrometers – كذلك – بصورة متزايدة لقياس الرطوبة، وللتحكم فى أجهزة الترطيب humidifying equipments. وأساس عمل هذه الأجهزة هو قدرة الغشاء الهيجروسكوبي hygroscopic film على تغيير مقاومته للكهرباء مع أى تغير صغير فى الرطوبة النسبية. وتجب معايرة هذه الأجهزة بصورة دورية.

### **وسائل التحكم فى الرطوبة النسبية**

إذا لم تكن رطوبة المخزن بعد التبريد كافية، فإنه ينصح بإضافة رذاذ الماء إلى هواء المخزن، أو رش الأرضيات بالماء على فترات، وعادة ما تكفى ٤ لترات من الماء فى الساعة/لكل طن تبريد؛ للحفاظ على ٩٥٪ رطوبة نسبية (Ware & MaCollum 1983). ومما يساعد على تأمين الرطوبة النسبية المناسبة استعمال الثلج المجروش، ورش المنتجات بالماء، وعدم اختلاف حرارة ملفات التبريد عن حرارة هواء المخزن بأكثر من ثلاث درجات مئوية – لمنع تكثف الرطوبة عليها – ويتحقق ذلك باستعمال ملفات كبيرة.

والأكثر شيوعًا هو استخدام أجهزة الترطيب، التى تقوم بإضافة الماء آليًا – عند

اللزوم – على صورة ضباب. ويتم التحكم الآلي عن طريق الـ electrical hygrometers التي سبقت الإشارة إليها.



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 جداً، 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 مواضع 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 غالباً 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 فقداً فى الوزن، ولكنه

## تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

يعد - كذلك - فقدًا أكبر في الطزاجة، وأحد الأسباب الرئيسية لتدهور المنتجات وفقدان صلاحيتها للتسويق.

فيؤدي فقد الرطوبة إلى انكماش عديد من المنتجات البستانية، وذبول الأوراق مما يتطلب تقليصها قليلاً جازراً لأجل المحافظة على صلاحيتها للتسويق.

ونجد - بصورة عامة - أن سرعة فقد المنتج الطازج للرطوبة تكون على حرارة ٢٥ م<sup>٠</sup> ورطوبة نسبية ٣٠٪ أسرع بمقدار ٣٦ مرة عن فقده للرطوبة على حرارة صفر م<sup>٠</sup> و ٩٠٪ رطوبة نسبية.

ويبين جدول (١١-١) الحد الأقصى للفقء الرطوبي في محاصيل الخضـر. والتي يصبح بعدها المنتج غير صالح للتسويق.

جدول (١١-١): الحد الأقصى الممكن للفقء الرطوبي من محاصيل الخضـر، والتي يصبح بعدها المنتج غير صالح للتسويق (Ben-Yehoshua & Radov ٢٠٠٣).

الحصول	الحد الأقصى الممكن للفقء الرطوبي (%)
الأسيرجس	٨
الفول الرومي	٦
فاصوليا ملتي فلورا (المدادة)	٥
البنجر (جنور)	٧
البنجر (بالأوراق)	٥
كرنب بروكسل	٨
الكرنب	٧
الجزر (جنور)	٨
الجزر (بالأوراق)	٤
القنبيط	٧
الكرفس	١٠
الخيار	٥
الكرات أبو شوشة	٧

تابع جدول (١١-١).

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

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

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

## تداول الحاصلات البستانية - تكنولوجيا وقسيولوجيا ما بعد الحصاد

كما يعطى جدولاً (١١-٤)، و (١١-٥) معدل الفقد المائي من كل من الخضضر الورقية، والثمارية - على التوالي - تحت ظروف معينة من الحرارة والرطوبة.

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

المنتجات	نسبة المساحة/ الحجم (سم <sup>٢</sup> /سم <sup>٣</sup> )
الأوراق المفردة المأكولة (المساحات لما بين الخلايا)	١٠٠٠-٥٠٠
الأوراق المفردة المأكولة (المساحات الخارجية)	١٠٠-٥٠
معظم محاصيل الحبوب	١٥-١٠
بنور البقوليات	١٠-٥
قرون البقوليات - جوز الهند - الفراولة - الروبارب - الثالوت	٥-٢
الدرنات - الجنور المتدنة (مثل الياق الكبير الحجم) - الجنور الوتدية الكبيرة - التفاحيات - الفاكهة ذات النواة الحجرية - الموالح - ثمار القرعيات عدا الكوسة - الموز - البصل	١,٥-٠,٥
الكرنب شديد الإندماج	٠,٥-٠,٢

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

مدى معامل النتح كما وجد فى دراسات متنوعة	معامل النتح (mg kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> mPa <sup>-1</sup> )	الحصول
١٠٠-١٦	٤٢	التفاح
٩٧٧٠-٣٢٥٠	٦١٥٠	كرنب بروكسل
٦٦٧-٤٠	٢٢٣	الكرنب
٣٢٥٠-١٠٦	١٢٠٧	الجزر
٣٣١٣-١٠٤	١٧٦٠	الكرفس
١٦٧-٢٩	٨١	الجريب فروت

تابع جدول (١١-٣).

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

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

الفقد المائي (على أساس الوزن الطازج)	ظروف التقدير		المحصول
	الرطوبة النسبية (%)	الحرارة (م)	
٧٥٠	٦٥-٤٥	١٥	الخنس
١١٠٠	٦٥-٤٥	١٥	السبانخ
٣٥٠٠	٦٥-٤٥	١٥	الكرسون المائي
٢٨٠	٦٥-٤٥	١٥	كرنب بروكسل
٥٠	٨٥	٢-٠	الكرنب

تداول الحاصلات البستانية - تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

تابع جدول (١١-٤).

الفقد المائي (على أساس الوزن الطازج)	ظروف التقدير		المحصول
	الرطوبة النسبية (%)	الحرارة (م)	
١٠	٧٥-٦٠	١٠	كرونب شديد الإندماج
٩٠	٦٥-٤٥	١٥	الكرات أبو شوشة
٢	٧٥-٦٠	١٠	بصل (الأبصال)
٣٦٠	٧٥-٦٠	١٠	الأسبرجس
٢٨٠	٦٥-٤٥	١٥	الكرفس
٢٣٠	٧٥-٦٠	١٠	الروبارب
٢٤٠	٦٥-٤٥	١٥	البروكولي
١٩٠	٦٥-٤٥	١٥	القنبيط

جدول (١١-٥): معدل الفقد الرطوبي بعد الحصاد من عدد من الخضراوات الثمرية والفاكهة (Ben-Yehoshua & Rodov, ٢٠٠٣).

الفقد المائي (على أساس الوزن الرطب) (% loss day <sup>-1</sup> Pa wvpd <sup>-1</sup> )	ظروف التقدير		المحصول
	الرطوبة النسبية (%)	الحرارة (م)	
٢١٠	٦٥-٤٥	١٥	القول الرومي
١٨٠	٦٦-٤٥	١٥	فاصوليا ملتي فلورا
١٣٠	٦٥-٤٥	١٥	البسلة
٢٧٠	٨٠	١٥	بذور البسلة
١٤٠	٦٥-٤٥	١٥	نرة سكرية بدون أغلفة
٥٠	٧٥-٦٠	١٠	بلاكبرى
٢٥٠	٧٥-٦٠	١٠	راسبرى
٧٠	٦٥-٤٥	١٥	فراولة
٧	٩٠-٨٥	صفر	التفاح

## الفصل الحادى عشر – التخزين البارد

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

المحصول	ظروف التقدير		الفقد المائى
	الرطوبة النسبية (%)	الحرارة (م)	(على أساس الوزن الرطب) (% loss day <sup>-1</sup> Pa wvpd <sup>-1</sup> )
الموز	٩٠	١٢,٥	٦
الخيار	٦٥-٤٥	١٥	٤٠
الباذنجان	٩٠-٨٧	١٣-١١	٦٠
الجوافة	٩٠-٨٥	١٠-٨	٣٠
المانجو	٩٠-٨٥	٧-٦	١٠
البرتقال	٩٢-٨٢	٣,٣	٦
الكمثرى	٩٢-٨٥	صفر	٥
الفلفل الأخضر	٧٥-٦٠	١٠	٦
البرقوق	٨٠	٥	١٠
الطماطم	٧٥-٦٠	١٠	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 الدوار؛ علماً بأن الفرق الحرارى الكبير يؤدي إلى تكثف بخار الماء الذى يحمله الهواء على الملفات؛ فيصبح الهواء جافاً.

ب- تركيب نظام للتحكم فى الرطوبة.

ج- 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 أولياً 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 أولياً بأسرع ما يمكن ثم حفظه فى أقل حرارة يمكن أن يتحملها، وهى تكون – غالباً – 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.

وعلىنا أن نتذكر أن تأثير التعرض للحرارة العالية هو تأثير متجمع، وتتناسب شدة الأضرار التى تحدثها الحرارة العالية طردياً 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.

**ويعمل التخزين فى درجة حرارة منخفضة على تثبيت حل من:**

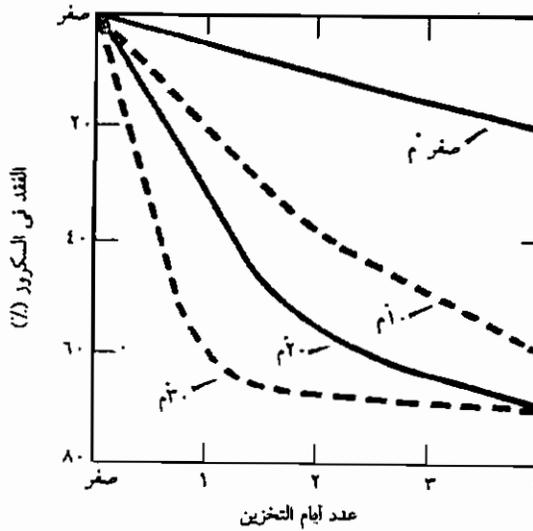
- ١- التنفس والأنشطة الحيوية الأخرى.
- ٢- التدهور الذى يحدث مع زيادة النضج وفقدان الثمار لصلابتها والتغيرات فى القوام واللون.
- ٣- الفقد فى الرطوبة والذبول.
- ٤- التلف الناتج من الإصابة بالبكتيريا والفطريات والخمائر.
- ٥- النموات غير المرغوبة، كما يحدث فى البصل والبطاطس.

وكما أسلفنا .. فإن سرعة التنفس تتضاعف من ١-٥ مرات مع كل ارتفاع فى درجة الحرارة قدره ١٠ درجات مئوية بين الصفر المئوى و ٣٥ م. وتصاحب ذلك زيادة فى معدل التدهور سبق تناولها بالشرح كذلك. ونكتفى - فى هذا المقام - بمثالين يوضحان التغير فى معدل التدهور فى السبانخ (جدول ١١-٦)، وفى الفقد فى نسبة السكر فى الذرة السكرية (شكل ١١-١)، مع التغير فى درجة حرارة التخزين.

جدول (١١-٦): معدل التدهور فى السبانخ مع التغير فى درجة الحرارة (عن Claypool وآخرين ١٩٥٨).

درجة الحرارة (م)	فترة التخزين	معدل التدهور نسبة إلى التدهور فى الصفر المئوى (ضعف)
صفر	٦٦	١
٥	٤٢	١,٥
١٠	١٣	٥
١٥	٧	٩
٢٠	٤	١٦
٢٥	٣	٢١
٣٠	٢	٣١

ومن الأهمية بمكان أن تكون درجة حرارة المخزن متجانسة تماماً؛ إذا إن عدم التجانس يعنى أن الثمار الموجودة فى حرارة مرتفعة تنضج أسرع من غيرها؛ وبالتالي يحدث خلط لثمار فى درجات مختلفة من النضج. وقد تصبح بعض الثمار زائدة النضج، وتبدأ فى التعفن.



شكل (١١-١): النسبة المئوية للفقء فى محتوى الذرة السكرية من السكروز أثناء التخزين فى درجات الحرارة المختلفة (عن Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

ويمكن تحقيق التجانس فى درجة حرارة المخزن بالعناية بترتيب العبوات واستعمال مبردات جيدة، وبقراءة درجة الحرارة فى أماكن مختلفة من المخزن بصفة دورية. كما تجب قراءة الحرارة فى وسط العبوات أيضاً.

كذلك يجب العمل على تحريك هواء المخزن بصورة مستمرة؛ لأن الفشل فى تحقيق ذلك يؤدى إلى اختلاف فى درجة الحرارة فى الأجزاء المختلفة من المخزن. وبعد تبريد المنتج والتخلص من حرارة الحقل يكفى أن يكون تحرك الهواء خلال المنتج بسرعة ٢٠-٢٥ متراً فى الدقيقة؛ للتخلص من الحرارة الناتجة من التنفس، والحرارة التى تدخل من الأبواب المفتوحة. هذا .. ولا تعد سرعة الهواء الذى يتخلل المنتجات كافية

## الفصل الحادى عشر – التخزين البارد

إذا كانت درجة حرارة الهواء الخارج من المخزن أعلى بأكثر من ١ م° عن حرارة الهواء الداخلى إليه.

ويتبع الهواء أثناء تحركه المسارات التى يجد فيها أقل مقاومة؛ وعليه .. فإن عدم تجانس ترتيب العبوات قد يؤدي إلى حدوث عدم تجانس فى درجة حرارة المخزن؛ حيث يمر الهواء بمعدلات أكبر فى الممرات الواسعة. ولهذا السبب يجب تجنب عمل ممرات واسعة فى اتجاه تيار الهواء، كما يجب ترك مسافة ٥-٨ سم بين الصناديق المرتبة فوق بعضها، وأن يكون تيار الهواء فى اتجاه الصفوف، وليس متعامداً عليها. كذلك يجب ترك مسافة ١٠-٢٠ سم على امتداد الحوائط الجانبية لتسهيل مرور الهواء على الجوانب أيضاً.

وتجب المحافظة على التبريد فى كل مراحل تداول المنتج؛ فيما يعرف بسلسلة التبريد cold chain.

**ويمكن تقسيم سلسلة التبريد إلى أربع مراحل تحتاج كل منها إلى إحدارة جيدة ومستقلة؛ ليمكّن المحافظة على السلسلة، وهى كما يلى،**

- ١- الحصاد الحقلى والنقل إلى محطة التعبئة.
- ٢- وصول المنتج لمحطة التعبئة؛ وتعبئته؛ وتجهيزه فى بالتات.
- ٣- التبريد الأولى.
- ٤- التخزين المبرد.
- ٥- الشحن.

**ومن بين الأمور التى يجب توخيها للمحافظة على سلسلة التبريد ما يلى،**

- ١- نقل المحصول فى سيارات النقل إلى محطة التعبئة فى مواعيد منتظمة وعدم الانتظار أكثر من اللازم لحين امتلائها.
- ٢- قصر الحصاد على الفترات الباردة من اليوم، فذلك يسمح ببعض التأخير لحين التبريد فى حالة الضرورة.

- ٣- بقاء المحصول فى مكان مظلل حتى وهو داخل سيارات النقل لأجل المحافظة على حرارته من الارتفاع بفعل أشعة الشمس.
  - ٤- يفيد تركيب وتشغيل شبكة للتبريد بالرذاذ الدقيق misting فى المكان المظلل فى بقاء حرارة المنتج منخفضة نسبياً لحين نقله إلى محطة التعبئة.
  - ٥- لا يجب الاعتماد على وسائل النقل المبردة فى تبريد المنتج الذى ترتفع حرارته؛ ذلك لأن قدرة تلك السيارات على التبريد منخفضة، وقد تبقى حرارة المنتج فيها عالية لفترة طويلة، خاصة إن لم تكن فتحات التهوية بالكراتين متوافقة مع نظام تيار الهواء البارد المندفع من الحاوية.
  - ٦- يفضل - دائماً - ضبط درجة الحرارة بالحاوية عند الدرجة المثلى للمنتج أو أقل منها بقليل.
  - ٧- يجب ضبط سرعة تيار الهواء البارد بالمخازن لتكون حوالى ١٠٠ قدم مكعب فى الدقيقة لكل طن من المنتج (أو نحو ٠,٠٤٧ م<sup>٣</sup> فى الثانية لكل طن من المنتج).
  - ٨- يلاحظ أن فحص المنتج للأغراض الجمركية لا يتم فى أماكن مبردة؛ لذا .. يلزم الانتهاء منه بسرعة للمحافظة على سلسلة التبريد.
  - ٩- بوضع جهاز لتسجيل درجة الحرارة خلال جميع مراحل تداول وانتقال المنتج، يمكن التعرف على مواضع الضعف التى تنحرف فيها الحرارة عن تلك الموصى بها؛ بما يسمح بوضع الحلول المناسبة لها (عن Thompson ١٩٩٨).
- هذا .. ويصاحب إخراج المنتجات من المخزن تكثف بخار الماء على المنتج، وهى الظاهرة التى تعرف باسم "التعرق" sweating. ويزداد التعرق بزيادة الرطوبة النسبية فى الجو الخارجى. وهذه الظاهرة ضارة، ويجب الحد منها قدر المستطاع؛ حتى لا تساعد على انتشار العفن. ويتم ذلك بالسماح للمنتجات المخزنة بأن تفقد برودتها بصورة تدريجية، أو بإخراجها من المخزن فى الأوقات التى تقل فيها الرطوبة النسبية فى الجو الخارجى. هذا .. ويمكن الإسراع فى تخليص المنتجات من بخار الماء المتكثف عليها بتعريضها لتيار من الهواء.

### **ظروف التخزين الملائمة للحاصلات البستانية**

يوضح جدول (٧-١١) درجات الحرارة والرطوبة النسبية الملائمة لتخزين مختلف الحاصلات البستانية، مع بيان فترة التخزين التي تظل خلالها الخضرا بحالة جيدة تحت هذه الظروف، وكذلك درجة حرارة التجمد وظروف الجو المتحكم فيه (CA) المناسبة لكل محصول منها.

### **تقسيم محاصيل الخضرا حسب درجات الحرارة والرطوبة النسبية المناسبة لتخزينها**

يمكن تقسيم محاصيل الخضرا - حسب درجات الحرارة والرطوبة النسبية المناسبة لتخزينها - إلى ثلاث مجموعات، كما يلي:

أولاً: الخضرا الورقية والغضة الساقية والزهرية:

١- الخضرا الورقية: تتضمن الخس، والكرنب، والكرنب الصيني، والكرنب بروكسل، والكرفس، والروبارب، والسبانخ، والسلق، والكيل، والهندباء، والبقدونس، والبصل الأخضر.

٢- الخضرا الساقية: تتضمن الأسبرجس، وكرنب أبو ركة، والفينوكيا.

٣- الخضرا الزهرية: تتضمن الخرشوف، والبروكولي، والقنبيط.

يتطلب تخزين هذه الخضروات سرعة تبريدها إلى  $1 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ، مع تجنب تعريضها للتجمد. ثم تخزينها تحت نفس الظروف الحرارية، مع رطوبة نسبية ٩٠٪-٩٥٪.

ولا يوصى بتخزين خضروات هذه المجموعة لفترات طويلة باستثناء الكرنب، والكرنب الصيني. والكرفس.

ويتعين تحريك هواء المخزن بين الخضرا المخزنة للمحافظة على درجة الحرارة المطلوبة. مع التخلص من غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من عملية التنفس أولاً بأول، وتأمين مستوى مناسب من الأكسجين، وعدم تعريض الخضروات المخزنة لغاز الإثيلين.

جدول (٧-١): ظروف التخزين للماتمة للحصول البستانية الطازجة (خضرة وفاكهة وأعشاب).

ظروف الناضجة CA	فترة التخزين	النسبة للإيثيلين (م)	التجمد (%)	الرطوبة	إنتاج الحساسية	حرارة إنتاج الحساسية	حرارة التخزين (م)	الاسم العلمي	الاسم العادي
	١٤-١٠ يوم	M	VL	١٠٠-٩٥	٢-٢	صفر	٢-٢	<i>Anaranthus</i> spp.	الأمانث (رجل الأوزن)
	٣-٢ أسابيع	H	VH	٩٥-٩٠	١,١-	صفر	٢-٢	<i>Foeniculum vulgare</i>	البنسون
2-3% O <sub>2</sub> + 1-2% CO <sub>2</sub>	٦-٣ أشهر	H	VH	٩٥-٩٠	١,٥-	صفر إلى ١,١-	١,١-	<i>Malus pumila</i>	التفاح غير الحساس للبرودة
	٢-١ شهر	H	VH	٩٥-٩٠	١,٥-	٤	٤		التفاح الحساس للبرودة
2-3% O <sub>2</sub> + 2-3% CO <sub>2</sub>	٣-١ أسابيع	M	M	٩٥-٩٠	١,١-	صفر إلى ٠,٥-	٠,٥-	<i>Prunus armeniaca</i>	الشمش
2-3% O <sub>2</sub> + 3-5% CO <sub>2</sub>	٣-٢ أسابيع	L	VL	١٠٠-٩٥	١,٢-	--	--	<i>Cynara scolymus</i>	الخرفوف
	٤ أشهر	L	VL	٩٥-٩٠	٢,٥-	صفر	١,٥-	<i>Helianthus tuberosus</i>	الطرطوقة
	١٠-٧ أيام	H	VL	١٠٠-٩٥	٢,٥-	صفر	١,٥-	<i>Erica vesicaria</i> var. <i>sativa</i>	الجرجير
5-12% CO <sub>2</sub> in air	٣-٢ أسابيع	M	VL	١٠٠-٩٥	١,٦-	٢,٥	٢,٥	<i>Asparagus officinalis</i>	الأبرجس
2-5% O <sub>2</sub> + 3-10% CO <sub>2</sub>	٤-٢ أسابيع	H	H	٩٠-٨٥	١,٦-	٧-٣	٧-٣		الزبدية
2-5% O <sub>2</sub> + 2-5% CO <sub>2</sub>	٤-١ أسابيع	H	M	٩٥-٩٠	٠,٨-	١٥-١٣	١٥-١٣	<i>Musa paradisiaca</i> var. <i>sapientium</i>	الموز
2-3% O <sub>2</sub> + 4-7% CO <sub>2</sub>	١٠-٧ أيام	M	L	٩٥	٠,٧-	٧-٤	٧-٤	<i>Phaseolus vulgaris</i>	الفاصوليا الخضراء
	٢-١ أسبوع	M	L	٩٥-٩٠	٠,٦-	صفر	صفر	<i>Vicia faba</i>	القول الرومي
	٧-٥ أيام	M	L	٩٥	٠,٦-	٦-٥	٦-٥	<i>Phaseolus limatus</i>	فاصوليا الليما
	٤ أسابيع	M	L	٩٠	١٠	١٠	١٠	<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>	الفاصوليا المجنحة
	١٠-٧ أيام	M	L	٩٥-٩٠	٧-٤	٧-٤	٧-٤	<i>Vigna sesquipedalis</i>	اللوبيا الهليونية

تابع جدول (١-٧).

ظروف CA المناسبة	التخزين	فترة إنتاج الحساسية	حرارة التخزين (°م)	الرطوبة النسبية (%)	حرارة التجمد (°م)	الإيلين للإيلين	الاسم العلمي	الاسم العادي
5-10% O <sub>2</sub> + 15-20% CO <sub>2</sub>	٤ شهور	L	٠,٩-	١٠٠-٩٨	٠,٩-	L	<i>Beta vulgaris</i>	البنجر
2-5% O <sub>2</sub> + 12-20% CO <sub>2</sub>	٦-٣ أيام	L	٠,٨-	٩٥-٩٠	٠,٥-	L	<i>Rubus</i> spp.	بلاكبرى
5-10% O <sub>2</sub> + 15-20% CO <sub>2</sub>	١٨-١٠ يوم	L	١,٣-	٩٥-٩٠	٠,٥-	L	<i>Vaccinium corymbosum</i>	بلوبيري
5-10% O <sub>2</sub> + 15-20% CO <sub>2</sub>	٦-٣ أيام	L	٠,٩-	٩٥-٩٠	٠,٥-	L	<i>Rubus idaeus</i>	راسبري
5-10% O <sub>2</sub> + 15-20% CO <sub>2</sub>	١٠-٧ أيام	L	٠,٨-	٩٥-٩٠	٠,٥-	L	<i>Fragaria</i> spp.	فراولة
2-3% O <sub>2</sub> + 5% CO <sub>2</sub>	٣-٢ أسابيع	M	٠,٩-	٩٠-٨٥	١٢-١٠	L	<i>Momordica charantia</i>	الشمام المر
	٦ شهور	L	٠,٩-	٩٨-٩٥	١-	VL	<i>Scorzonera hispanica</i>	السلفيل
	٣ أسابيع	H	٠,٦-	١٠٠-٩٥	١-	VL	<i>Brassica chinensis</i>	باك ثوري
1-2% O <sub>2</sub> + 5-10% CO <sub>2</sub>	١٤-١٠ يوم	H	٠,٦-	١٠٠-٩٥	١-	VL	<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i>	البروكولي
1-2% O <sub>2</sub> + 5-7% CO <sub>2</sub>	٥-٣ أسابيع	H	٠,٨-	١٠٠-٩٥	١-	VL	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>gemmifera</i>	كرنب بروكسل
1-2% O <sub>2</sub> + 5% CO <sub>2</sub>	٣-٢ شهور	M-H	٠,٩-	١٠٠-٩٥	١-	VL	<i>Brassica campestris</i> var. <i>pekinensis</i>	الكرنب الصيني
	٦-٣ أسابيع	H	٠,٩-	١٠٠-٩٨	١-	VL	<i>B. oleracea</i> var. <i>capitata</i>	الكرنب
CA	٦-٣ شهور	H	١,٤-	١٠٠-٩٨	١-	VL	<i>Daucus carota</i>	الجزر
CA	٢-١ شهر	L	٠,٨-	٩٠-٨٥	١-	VL	<i>Manihot esculenta</i>	الكاسافا
2-5% O <sub>2</sub> + 2-5% CO <sub>2</sub>	٤-٣ أسابيع	H	٠,٨-	٩٨-٩٥	١-	VL	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>	القبليط

تابع جدول (٧-١١).

ظروف	فترة التخزين	إنتاج الحساسية للإيثيلين	حرارة التجمد (م)	النسبة (%) التجمد (م)	الخبز (م)	الاسم العلمي	الاسم العادي
2-4% O <sub>2</sub> + 2-3% CO <sub>2</sub>	٨-٦ شهور	L VL	٠,٩-	١٠٠-٩٨	صفر	<i>Apium graveolens</i> var. <i>rapaceum</i>	السليريك
1-4% O <sub>2</sub> + 3-5% CO <sub>2</sub>	٢-١ شهر	M VL	٠,٥-	١٠٠-٩٨	صفر	<i>Apium graveolens</i> var. <i>dulce</i>	الكرفس
	١٤-١٠ يوم	H VL		١٠٠-٩٥	صفر	<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i>	السلق
	٦-٤ أسابيع			٩٠-٨٥	٧	<i>Sechium edule</i>	الشايوت
10-20% O <sub>2</sub> + 20-25% CO <sub>2</sub>	٢-٢ أسابيع	L VL	٢,١-	٩٥-٩٠	صفر إلى -١	<i>Prunus avium</i>	الكريز
						See <i>Endive</i>	الشكوريا
5-10% O <sub>2</sub> + 5-10% CO <sub>2</sub>	١٤-١٠ يوم	H VL		١٠٠-٩٥	صفر	<i>Brassica alboglabra</i>	البروكولي الصيني
	٣-٢ أسابيع	H VL		١٠٠-٩٥	صفر	<i>Allium schoenoprasum</i>	الشفيف
	٨-٦ أسابيع	M VL	١,١-	٩٠-٨٥	١٥-١٤	<i>Citrus paradisi</i>	الجريب فروت
5-10% O <sub>2</sub> + 0-10% CO <sub>2</sub>	٦-١ شهور		١,٤-	٩٠-٨٥	١٣-١٠	<i>Citrus limon</i>	الليمون الأخضر
5-10% O <sub>2</sub> + 0-10% CO <sub>2</sub>	٨-٦ أسابيع		١,٦-	٩٠-٨٥	١١-٩	<i>Citrus aurantifolia; C. latifolia</i>	الليمون البرتقال
5-10% O <sub>2</sub> + 0-5% CO <sub>2</sub>	٨-٣ أسابيع	M VL	٠,٨-	٩٠-٨٥	٩-٣	<i>Citrus sinensis</i>	برتقال بدمه
	٨-٣ أسابيع		٠,٨-	٩٥-٩٠	٧-٤		
	٤-٢ أسابيع	M VL	١,١-	٩٥-٩٠	٧-٤	<i>Citrus reticulata</i>	اليوسفي
	٢-١ شهر		٠,٩-	٨٥-٨٠	صفر -٢	<i>Cocos nucifera</i>	جوز الهند
	١٤-١٠ يوم	H VL	٠,٥-	١٠٠-٩٥	صفر	<i>B. oleracea</i> var. <i>acephala</i>	الكولارد

تابع جدول (١-٧).

ظروف CA المناسبة	فترة التخزين	فترة إنتاج الحساسية	حرارة التجمد (م)	الرطوبة	حرارة التخزين (م)	النسبة (%) التجمد	النسبة (%) التخزين (م)	الاسم العلمي	الاسم العادي
2-4% O <sub>2</sub> + 5-10% CO <sub>2</sub> ; to 4 wks, 5-10% O <sub>2</sub> + 15% CO <sub>2</sub>	٨-٥ أيام	L	٠,٦-	٩٨-٩٥	صفر			<i>Zea mays</i>	الذرة السكرية والبيبي
3-5% O <sub>2</sub> + 0-5% CO <sub>2</sub>	١٤-١٠ يوم	H	٠,٥-	٩٠-٨٥	١٢-١٠			<i>Cucumis sativus</i>	الخيار
	٤ أشهر	L		١٠٠-٩٥	صفر إلى ١			<i>Raphanus sativus</i>	الفجل الشرقي
	١٢-٦ أسبوع	L	١٥,٧-	٧٥	صفر إلى ١٨			<i>Phoenix dactylifera</i>	البلح
3-5% O <sub>2</sub> + 0% CO <sub>2</sub>	١٢-١ أسبوع	M	٠,٨-	٩٥-٩٠	١٢-١٠			<i>Solanum melongena</i>	الباذنجان
	٤-٢ أسابيع	M	٠,١-	١٠٠-٩٥	صفر			<i>Cichorium endivia</i>	الهندباء
	٤-٢ أسابيع	M		٩٨-٩٥	٣-٢			<i>Cichorium intybus</i>	الهندباء البلجيكية
3-4% O <sub>2</sub> + 4-5% CO <sub>2</sub>									
5-10% O <sub>2</sub> + 15-20% CO <sub>2</sub>	١٠-٧ أيام	L	٢,٤-	٩٠-٨٥	صفر إلى ٠,٥			<i>Ficus carica</i>	التين
0.5% O <sub>2</sub> + 5-10% CO <sub>2</sub>	٧-٦ شهور	L	٢,٠-	٧٠-٦٥	١-			<i>Allium sativum</i>	الثوم (أبصال)
	٦ شهور	L		٦٥	١٣			<i>Zingiber officinale</i>	الزنجبيل
2-5% O <sub>2</sub> + 1-3% CO <sub>2</sub> ; to wks, 5-10% O <sub>2</sub> + 10-15 CO <sub>2</sub>	٦-١ شهور	L	٢,٧- a	٩٥-٩٠	صفر إلى ٠,٥			<i>Vitis vinifera a=fruit; b=stem</i>	العنب
			٢,٠- b						
2% O <sub>2</sub> + 0 to <10% CO <sub>2</sub>	٣-٢ أسابيع	M		٩٠	١٠-٥			<i>Psidium guajava</i>	الجوافة
	٧ أيام	H		٩٠	١٠			<i>Ocimum basilicum</i>	الريحان

تابع جدول (٧-١١).

ظروف	فترة التخزين	إنتاج الحساسية	حرارة التجمد (م)	النضج (م)	الاسم العلمي	الاسم العادي
CA المناسبة	التخزين	إنتاج الحساسية	النسبية (%)	النضج (م)		
3% O <sub>2</sub> + 7-10% CO <sub>2</sub> ; air + 7-10 CO <sub>2</sub>	٢ أسبوع	M L	٠,٩- ١,٠٠-٩٥	صفر	<i>Allium schoenoprasum</i>	الشف
		H VL	١,٠٠-٩٥	١- صفر	<i>Coriandrum sativum</i>	البقدونس الصيني
5-10% O <sub>2</sub> + 5-10 CO <sub>2</sub>	٢-١ أسبوع	H VL	١,٠٠-٩٥	صفر	<i>Anethum graveolens</i>	الشبت
5-10% O <sub>2</sub> + 5-10 CO <sub>2</sub>	٢-٢ أسبوع	H VL	١,٠٠-٩٥	صفر	<i>Mentha spp.</i>	النعناع
	٢-١ أسبوع	M VL	٩٥-٩٠	٥ - صفر	<i>Origanum vulgare</i>	أوريغانو
5-10% O <sub>2</sub> + 5-10% CO <sub>2</sub>	٢-١ شهر	H VL	١,٠٠-٩٥	صفر	<i>Petroselinum crispum</i>	البقدونس
	٢-٢ أسابيع		٩٥-٩٠	صفر	<i>Salvia officinalis</i>	الريمية
	٢-٢ أسابيع		٩٥-٩٠	صفر	<i>Thymus vulgaris</i>	الزعتر
	١٢-١٠ شهر	L VL	١,٠٠-٩٨	١- صفر إلى	<i>Armoracia rusticana</i>	فجل الحصان
1-2% O <sub>2</sub> + 3-5% CO <sub>2</sub>	٥-٢ أشهر	H L	٩٥-٩٠	صفر	<i>Actinidia chinensis</i>	الكوي
	٣-٢ شهر	L VL	١,٠٠-٩٨	صفر	<i>Brassica oleracea var. gongylodes</i>	كرنب أبو ركبة
	١٤-١٠ يوم	H VL	١,٠٠-٩٥	صفر		الخضف الورقية الشتوية
	٧-٥ أيام	H VL	١,٠٠-٩٥	١-٧		الخضف الورقية الصيفية
1-2% O <sub>2</sub> + 2-5% CO <sub>2</sub>	٢ شهر	M VL	١,٠٠-٩٥	صفر	<i>Allium porrum</i>	الكرات
2-5% O <sub>2</sub> + 0% CO <sub>2</sub>	٢-٢ أسابيع	H VL	١,٠٠-٩٨	صفر	<i>Lactuca sativa</i>	الخس
	٢-١ أسبوع	M L	٩٥-٩٠	١٢-١٠	<i>Luffa spp.</i>	اللوب

تابع جدول (١١-٧).

ظروف CA المناسبة	فترة التخزين	إنتاج الحساسية للإيثيلين	حرارة التجمد (م)	النسبية الرطوبة (%)	حرارة التخزين (م)	الاسم العلمي	الاسم العادي
3-5% O <sub>2</sub> + 3-5% CO <sub>2</sub>	٥-٣ أسابيع	M	١,٤-	٩٥-٩٠	٢-١	<i>Lichi chinensis</i>	التشبة
3-5% O <sub>2</sub> + 5-10% CO <sub>2</sub>	٣-٢ أسابيع	M	١,٢-	٩٥-٨٥	١٣	<i>Mangifera indica</i>	المانجو
3-5% O <sub>2</sub> + 10-15% CO <sub>2</sub>	٣-٢ أسابيع	M	١,١-	٩٥	٥-٢	<i>Cucurbita melo var. reticulatus</i>	الكتناوب الشبكي
3-5% O <sub>2</sub> + 5-10% CO <sub>2</sub>	٤-٣ أسابيع	H	٠,٩-	٩٠	١٠-٥	<i>Cucurbita melo</i>	شهد العسل
3-21% O <sub>2</sub> + 5-15% CO <sub>2</sub>	١٤-٧ يوم	M	٠,٩-	٩٥-٩٠	صفر	<i>Agaricus, other genera</i>	عيش الغراب
1-2% O <sub>2</sub> + 3-5% CO <sub>2</sub>	١٤-٧ يوم	H	٠,٩-	٩٥-٩٠	صفر	<i>Brassica juncea</i>	المسترد
air + 4-10% CO <sub>2</sub>	٤-٢ أسابيع	M	١,٨-	٩٥-٩٠	صفر إلى ٠,٥	<i>Prunus persica</i>	الكتكوتين
2-3% O <sub>2</sub> + 0-1% CO <sub>2</sub>	١٠-٧ أيام	M	١,٤-	٩٠-٨٥	١٠-٧	<i>Abelmoschus esculentus</i>	البامية
1-3% O <sub>2</sub> + 5-10% CO <sub>2</sub>	٦-٤ أسابيع	M	٠,٨-	٧٠-٦٥	١٠-٥	<i>Olea europaea</i>	الزيتون
2-4% O <sub>2</sub> + 10-20% CO <sub>2</sub>	٨-١ شهر	L	٠,٩-	١٠٠-٩٥	صفر	<i>Allium cepa</i>	البصل (الأصبال)
2-5% O <sub>2</sub> + 5-8% CO <sub>2</sub>	٣ أسابيع	H	٠,٩-	٩٠-٨٥	صفر	<i>Allium cepa</i>	البصل الأخضر
1-2% O <sub>2</sub> + 3-5% CO <sub>2</sub>	٣-١ أسابيع	M	٠,٩-	١٠٠-٩٥	١٣-٧	<i>Carica papaya</i>	الباباظ
1-2% O <sub>2</sub> + 3-5% CO <sub>2</sub>	٦-٤ أشهر	H	٠,٩-	٩٥-٩٠	صفر	<i>Pastinaca sativa</i>	الجزر الأبيض
1-3% O <sub>2</sub> + 0-5% CO <sub>2</sub>	٤-٢ أسابيع	M	١,٧-	٩٥-٩٠	صفر إلى ٠,٥	<i>Prunus persica</i>	الخوخ
	٧-٢ أشهر	H			١,٥- إلى ٠,٥	<i>Pyrus communis</i>	الكمثرى

تتباين الأصناف

الإثيلين بسبب الحرارة

تابع جدول (١١-٧).

ظروف CA المناسبة	التخزين	فترة الحساسية	إنتاج الحساسية	حرارة التجمد (°م)	النسبية الرطوبة (%)	حرارة التخزين (°م)	الاسم العلمي and C.	الاسم العادي
2-3% O <sub>2</sub> + 2-3% CO <sub>2</sub>	٢-١ أسابيع	M	VL	٠,٦-	٩٨-٩٠	صفر	<i>Pisum sativum</i>	البصلة والبصلة السكرية
	٨-٦ أيام				٩٥	٥-٤	<i>Vigna sinensis = V. unguiculata</i>	اللوبيا
2-5% O <sub>2</sub> + 2-5% CO <sub>2</sub>	٣-٢ أسابيع	L	L	٠,٧-	٩٨-٩٥	١٠-٧	<i>Capsicum annuum</i>	الفلفل الحلو
3-5% O <sub>2</sub> + 5-10% CO <sub>2</sub>	٣-٢ أسابيع	M	L	٠,٧-	٩٥-٨٥	١٠-٥		الفلفل الحريف
							<i>frutescens</i>	
2-5% O <sub>2</sub> + 5-10% CO <sub>2</sub>	٤-٢ أسابيع	L	L	١,١-	٩٠-٨٥	١٣-٧	<i>Ananas comosus</i>	الأناناس
1-2% O <sub>2</sub> + 0-5% CO <sub>2</sub>	٥-٢ أسابيع	M	M	٠,٨-	٩٥-٩٠	صفر إلى ٠,٥-	<i>Prunus domestica</i>	البرقوق
3-5% O <sub>2</sub> + 5-10% CO <sub>2</sub>	٣-٢ شهور	L	VL	٣,١-	٩٥-٩٠	٧,٢-٥	<i>Punica granatum</i>	الرمان
	١٤-١٠ يوم لا تستخدم من ال CA	M	VL	٠,٨-	٩٥-٩٠	١٥-١٠	<i>Solanum tuberosum</i>	البطاطس المبكرة
	١٠-٥ شهور لا تستخدم من ال CA	M	VL	٠,٨-	٩٨-٩٥	٨-٤		البطاطس المتأخرة
	٣-٢ شهور	M	L	٠,٨-	٧٠-٥٠	١٥-١٢	<i>Cucurbita maxima</i>	القرع المسلي
	٣-٢ شهور	H	L	٢,١-	٩٠	صفر إلى ٠,٥-	<i>Cydonia oblonga</i>	السنجول
	٨-٤ أسابيع				١٠٠-٩٥	صفر - ١	<i>Cichorium intybus</i>	الشيكوريا
1-2% O <sub>2</sub> + 2-3% CO <sub>2</sub>	٢-١ شهر	L	VL	٠,٧-	١٠٠-٩٥	صفر	<i>Raphanus sativus</i>	الفجل
	٤-٢ أسابيع	L	VL	٠,٩-	١٠٠-٩٥	صفر	<i>Rheum raphaniticum</i>	الريوارب
	١-٤ شهور	L	VL	١,١-	١٠٠-٩٨	صفر	<i>Brassica napus var. napobrassica</i>	الروتاباجا
	٤-٢ شهور	L	VL	١,١-	٩٨-٩٥	صفر	<i>Trapogon porrifolius</i>	المسثقل

تابع جدول (١١-٧).

ظروف	فترة التخزين	إنتاج الحساسية	حرارة التجمد (م)	الرطوبة النسبية (%)	حرارة التخزين (م)	النسبة (%)	الاسم العلمي	الاسم العادي
3-10% O <sub>2</sub> + 5-10% CO <sub>2</sub>	١٠-١٤ يوم	L	٠,٧-	٧٠-٦٥	٢,٥-	صفر	<i>Allium cepa</i> var. <i>ascalonicum</i>	البصل
	٧ أيام	H	٠,٣-	١٠٠-٩٥	صفر	صفر	<i>Spinacia oleracea</i>	السبانخ
	٧-٩ أيام			١٠٠-٩٥	صفر	صفر	<i>Medicago sativa</i>	نبث بذور البرسيم الحجازي
	٥-٧ أيام			١٠٠-٩٥	صفر	صفر	<i>Phaseolus</i> sp.	نبث بذور الفاصوليا
	٥-٧ أيام			١٠٠-٩٥	صفر	صفر	<i>Raphanus</i> sp.	نبث بذور الفجل
3-5% O <sub>2</sub> + 5-10% CO <sub>2</sub>	١-٢ أسبوع	M	٠,٥-	٩٥	١٠-٧	١٠-٧	<i>Cucurbita pepo</i>	الكوسة
	٢-٣ شهور	M	٠,٨-	٧٠-٥٠	١٥-١٢	١٥-١٢	<i>Cucurbita moschata</i> ; <i>C. maxima</i>	قرع الشتاء
اختلافات كبيرة بين الأصناف	٤-٧ أسابيع	L	١,٣-	٩٥-٨٥	١٥-١٣	١٥-١٣	<i>Ipomoea batatas</i>	البطاطا
	١٠ أسابيع	M		٩٥-٨٥	٤-٣	٤-٣	<i>Cyphonandra betacea</i>	شجرة الطماطم
	٣-٤ أسابيع	VL	٣,٧-	٩٥-٩٠	٧-٢	٧-٢	<i>Tamarindus indica</i>	التمر هندي
لا يستفيد من الـ CA	٤ أشهر		٠,٩-	٩٠-٨٥	١٠-٧	١٠-٧	<i>Colocasia esculenta</i>	القلقاس
	٣ أسابيع	M		٩٠-٨٥	١٣-٧	١٣-٧	<i>Physalis ixocarpa</i>	الجزنكش
3-5% O <sub>2</sub> + 2-3% CO <sub>2</sub>	٢-٥ أسابيع	H	٠,٥-	٩٥-٩٠	١٣-١٠	١٣-١٠	<i>Solanum lycopersicum</i>	طماطم خضراء مكتملة التكوين
3-5% O <sub>2</sub> + 3-5% CO <sub>2</sub>	١-٣ أسابيع	L	٠,٥-	٩٠-٨٥	١٠-٨	١٠-٨		طماطم حمراء ناضجة
	٤-٥ أشهر	L	١,٠-	٩٥	صفر	صفر	<i>Brassica campestris</i> var. <i>rapifera</i>	لفت
	٢-٣ أسابيع	H	٠,٣-	١٠٠-٩٥	صفر	صفر	<i>Lepidium sativum</i> ; <i>Nasturtium officinale</i>	كرنبون الحديقة والكرنبون المائي

تابع جدول (١١-٧).

ظروف الـ CA المناسبة	فترة الحساسية	إنتاج الحساسية	حرارة الرطوبة	حرارة إنتاج الحساسية	الطوية	حرارة التخزين (م)	النسبة (%) التجمد (م)	الإيثيلين للإيثيلين	الاسم العلمي	الاسم العادي	البيطخ
CA	٣-٢ أسابيع	H	٠,٤-	VL	٩٠	١٥-١٠			<i>Citrus vulgaris</i>		اليوم
	٧-٢ أشهر	L	١,١-	VL	٨٠-٧٠	١٥			<i>Discorea spp.</i>		اليوم

معدل إنتاج الإيثيلين

VL = very low ( $<0.1 \mu\text{L/kg-hr}$  at  $20^{\circ}\text{C}$ )

L = low ( $0.1=1.0 \mu\text{L/kg-hr}$ )

M = moderate ( $1.0-10.0 \mu\text{L/kg-hr}$ )

H = high ( $10-100 \mu\text{L/kg-hr}$ )

VH = very high ( $> 100 \mu\text{L/kg-hr}$ )

L = Low sensitivity

M = moderately sensitive

H = highly sensitive

الحساسية للإيثيلين

ثانياً: الخضر الجذرية، والساقية المتدنة، والبصلية:

- ١- الخضر الجذرية: تتضمن البنجر، والجزر، والفجل، وفجل الحصان، والجزر الأبيض، واللفت، والبطاطا، والكاسافا.
- ٢- الخضر الساقية المتدنة: تتضمن البطاطس، والطرطوفة، واليام، والقلقاس.
- ٣- الخضر البصلية: تتضمن البصل والثوم.

### **وبناسب تخزين هذه المحاصيل الظروف التالية.**

١- تخزن الخضر الجذرية من محاصيل المواسم الباردة (مثل: البنجر، والجزر، والفجل، وفجل الحصان، والجزر الأبيض، واللفت) فى حرارة الصفر المئوى، مع رطوبة نسبية تتراوح بين ٩٥٪ - ٩٨٪، والتهوية الجيدة للتخلص من الحرارة وثانى أكسيد الكربون الناتجين من التنفس.

٢- يمكن تخزين البطاطس لمدة ١٠-١٢ شهراً، ولكن تتوقف ظروف التخزين المناسبة على الهدف الذى يخزن من أجله المحصول؛ فالبطاطس التى تخزن لأجل التسويق الطازج يناسبها حرارة ٤-٧ م°، و ٩٥٪-٩٨٪ رطوبة نسبية، والتهوية الجيدة (بمعدل ٠.٢ م<sup>٣</sup> هواء فى الدقيقة/٤٥ كجم من البطاطس المخزنة) لمنع تراكم غاز ثانى أكسيد الكربون، والإظلام التام لمنع اخضرار الدرناات.

أما البطاطس التى تخزن لأجل التصنيع (مثل صناعة الشبس) فيناسبها حرارة ٨-١٢ م°، ورطوبة نسبية من ٩٥٪-٩٨٪، والتهوية الجيدة، والإظلام التام كذلك.

ويناسب البطاطس التى تخزن لأجل استعمالها كتقاوى حرارة صفر-٢ م°، ورطوبة نسبية ٩٥٪-٩٨٪، وتهوية جيدة.

٣- تتوقف حرارة التخزين المناسبة للثوم على طول فترة التخزين المطلوبة؛ فهى صفر م° عند الرغبة فى تخزين المحصول لمدة ٦-٧ شهور، و ٢٨-٣٠ م° إذا كان التخزين لمدة لا تزيد على الشهر. وفى كل الأحوال يجب كذلك توفير ٧٠٪ رطوبة نسبية، وتهوية بمعدل متر مكعب واحد من الهواء فى الدقيقة لكل متر مكعب من محصول الثوم المُخزَّن.

٤- تتوقف فترة تخزين البصل الممكنة على كل من الصنف ودرجة حرارة التخزين؛ فتتراوح الفترة من شهر واحد بالنسبة للأصناف القليلة الحرافة - التي تنخفض فيها نسبة المواد الصلبة - إلى ٦-٧ شهور بالنسبة للأصناف العالية الحرافة التي ترتفع فيها نسبة المواد الصلبة. ويجب أن يكون التخزين إما في حرارة منخفضة (صفر-٥°م)، وإما في حرارة مرتفعة (٢٨-٣٠°م)؛ لأن الحرارة المعتدلة تحفز تنبيت الأبخال.

كذلك يجب أن تتوفر في مخازن البصل رطوبة نسبية تتراوح بين ٦٥٪، و ٧٠٪، وتهوية جيدة بمعدل ٠,٥-١,٠م<sup>٣</sup> من الهواء في الدقيقة لكل متر مكعب من البصل المخزن، مع عدم تعريض الأبخال للضوء.

٥- وتخزن الخضر الجذرية الاستوائية في الظروف التالية:

الحصول	درجة الحرارة (م)	الرطوبة النسبية (%)	مدة التخزين
الكاسافا	٨-٥	٩٠-٨٠	٢-٤ أسابيع
البطاطا	١٤-١٢	٩٠-٨٥	٦ شهور على الأقل
القلناس	١٥-١٣	٩٠-٨٥	٤ شهور على الأقل
اليام	١٥-١٣	قريباً من ١٠٠٪	٦ شهور على الأقل

ثالثاً: الخضر الثمرية:

١- الثمار غير المكتملة التكوين: تتضمن البقوليات (فاصوليا الليما، والفاصوليا العادية، والبسلة، واللوبياء)، والخيار، والكوسة، والبادنجان، والفلفل. والبابامية، والذرة السكرية.

٢- الثمار المكتملة التكوين: تتضمن القاوون، والبطيخ، والقرع العسلي والطماطم.

تعتبر معظم خضروات هذه المجموعة حساسة للبرودة (الحرارة الأقل من ١٢,٥°م)، ويتوقف مقدار الضرر على مدى الانخفاض في درجة الحرارة، وطول فترة التعرض للحرارة، والمحصول ذاته.

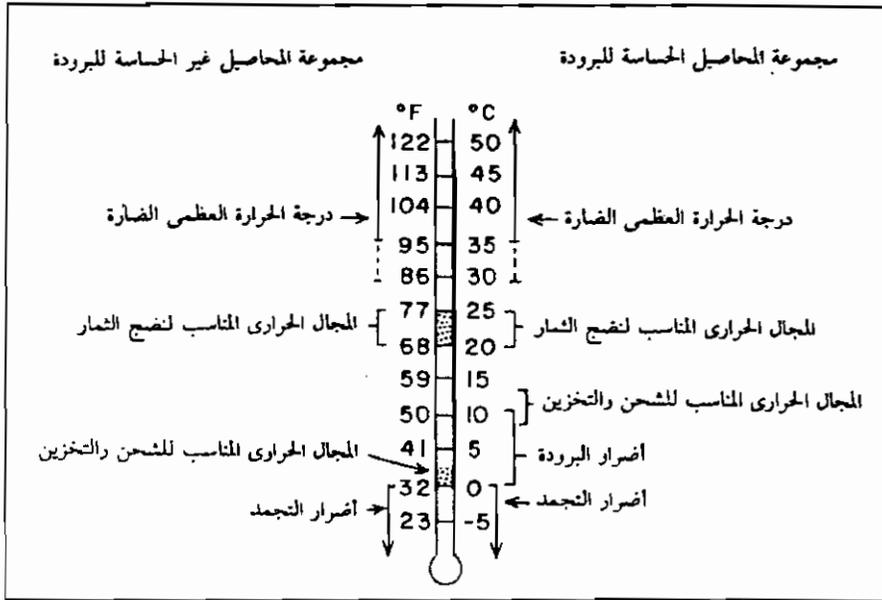
**وتحون ظروفه التخزين المناسبة كما يلى،**

- ١- الثمار المكتملة التكوين:
    - أ- الطماطم الخضراء المكتملة التكوين والقرع العسلى: ١٣-١٥.٥ م°.
    - ب- الطماطم الملونة جزئياً، والقاوون الشبكى، وشهد العسل فى بداية مراحل اكتمال النضج: ٥-٧ م°.
    - ج- الطماطم المكتملة النضج والبطيخ: ٧-١٠ م°.
    - د- القاوون المكتمل النضج: ٤-٦ م°.
  - ٢- الثمار غير المكتملة التكوين:
    - أ- الباذنجان، والخيار، والكوسة، والبامية: ١٠-١٣ م°.
    - ب- الفلفل: ٥-٧ م°.
    - ج- فاصوليا الليما، والفاصوليا العادية، واللوبيا: ٥-٨ م°.
    - د- البسلة، والفول الرومى، والذرة السكرية: صفر م°.
- ويناسب جميع الخضروات رطوبة نسبية تتراوح بين ٩٠٪ و ٩٥٪، فيما عدا القرع العسلى الذى تناسبه رطوبة نسبية تتراوح بين ٦٠٪ و ٧٠٪.

**حرارة التخزين المناسبة للخضر حسب حساسيتها للبرودة**

يبين شكل (١١-٢) الظروف الحرارية المناسبة لتخزين مختلف الخضروات، مقسمة حسب كونها حساسة للبرودة. أم غير حساسة لها.

ويمكن إجمالاً القول بأن الذرة السكرية وجميع خضر الجو البارد تخزن فى درجة الصفر المئوى، وتستثنى من ذلك البطاطس التى يفضل تخزينها فى حرارة ٤ م°. أما خضر الجو الدافئ، فيفضل تخزينها فى حرارة ٧-١٠ م°؛ لأن انخفاض درجة الحرارة عن ذلك يؤدى إلى تعرضها لأضرار البرودة.



شكل (١١-٢): الظروف الحرارية المناسبة لتخزين مختلف الخضروات حسب كونها حساسة للبرودة (مثل: الفاصوليا الخضراء، والخيار، والباذنجان، والقاوون، واليامية، والفلفل، والبطاطس، والموز، والجوافة، والمأنجو، والزيتون، والباباؤن، والأناناس، والزبدية، والقرع العسلى، وقرع الكوسة، والبطاطا، والطماطم، والبطيخ)، أم غير حساسة لها (مثل: التفاح، والمشمش، والكريز، والتين، والعنب، والنكتارين، والخوخ، والكمثرى، والخرشوف، وفاصوليا الليما، والبنجر والبروكولى، وكرنب بروكسل، والكرنب، والجزر، والكافى، والبرقوق، والفراولة، والأسبرجس، والقنبيط، والكرفس، والذرة السكرية، والثوم، والخس، والبصل، والبسلة، والفجل، والسبانخ، واللفت) (عن Kader وآخرين ١٩٨٥).

## التخزين المختلط

يمكن تقسيم الخضمر والفاكهة إلى ثلاث فئات تبعاً لدرجة الحرارة المناسبة لتخزينها. يجب أن تتراوح الرطوبة النسبية فى هواء المخزن بين ٨٥٪ و ٩٥٪، إلا أن المنتجات التى تخزن فى حرارة شديدة الانخفاض يجب أن تبقى فى رطوبة نسبية تتراوح بين ٩٠٪ و ٩٨٪. ويستعمل أقل مدى حرارى للتخزين - وهو الذى يتراوح بين الصفر و ٢°م - لمعظم الخضمر الورقية غير الثمرية، وثمار فاكهة المناطق الباردة.

## الفصل الحادى عشر – التخزين البارد

والكنتالوب. وإذا كانت مساحة المخازن تسمح بفصل الخضر عن الفاكهة فإن ذلك يكون مفضلاً، حيث يسمح ذلك بإمكان زيادة الرطوبة النسبية للخضر إلى ٩٠٪-٩٨٪ حتى لا تفقد رطوبتها وتذبل.

تكون معظم الخضر الورقية والزهرية حساسة لأضرار الإثيلين، ويجب أن تبقى بعيدة عن المنتجات المنتجة للغاز (Thompson & Kader ٢٠٠٤).

وتكون إمكانيات التخزين المختلط على النحو التالى (مع ضرورة خفض تركيز الإثيلين إلى ما دون جزء واحد فى المليون):

### المجموعة الأولى:

تخزن حاصلات هذه المجموعة على صفر-٢م، وهى تقسم بدورها إلى تحت مجموعتين أ، ب - حسب الرطوبة النسبية التى تلائمها - كما يلى:

#### ● المجموعة الأولى أ:

تناسبها رطوبة نسبية تتراوح بين ٩٠٪، و ٩٨٪ وتضم الحاصلات التالية:  
١- حاصلات حساسة للإثيلين:

الأسبرجس	الينسون	الأمارانث
البروكولى	الباك شوى	الهندباء البلجيكية
الجزر	الكرنب	كرنب بروكسل
السلق	الكرفس	القنبيط
الفجل الشرقى	الكولارد	الكرنب الصينى
الفيونوكيا	الشيكوريا	الهندباء
الكيل	الأعشاب (ليس منها الريحان)	البصل الأخضر
النعناع	الحس	الكرات
الشالوت	البقدونس	المستراد
البسلة	السبانخ	البسلة السكرية
	الكرسون المائى	السلق السويسرى

٢- حاصلات ليست حساسة كثيراً للإيثيلين، وهي:

نبت البرسيم الحجازي	الخرشوف	الفول الرومي
فاصوليا الليما	نبت الفاصوليا	البنجر
السيليريالك	الذرة السكرية	الذرة البيبي
الخضر المجهزة للمستهلك	الثوم	فجل الحصان
الطرطوفة	كرنب أبو ركية	عيش الغراب
الجزر الأبيض	الشيكوريا	الفجل
الروتاباجا	الروبارب	السلسفيل

اللفت

● المجموعة الأولى ب:

تناسبها رطوبة تتراوح بين ٨٥٪، و ٩٥٪، وتضم الحاصلات التالية:

١- حاصلات منتجة للإيثيلين، وهي:

التفاح	الشمش	الزبدية الناضجة
الكتالوب	الفاكهة المجهزة للمستهلك	الكيوي

٢- حاصلات حساسة للإيثيلين، هي:

الكيوي	الكاكي	البرقوق الناضج
السفرجل		

٣- حاصلات ليست شديدة الحساسية للإيثيلين، وهي:

البلاكبرى	البلوبري	الكريز
جوز الهند	البلح	التين
العنب	النكتارين	الخوخ
الكمثرى	الرمان	الراسبري
الفراولة		

المجموعة الثانية:

تخزن حاصلات هذه المجموعة على ٧-١٠ م°، مع رطوبة نسبية تتراوح بين ٨٥٪،

و ٩٥٪، وتضم الحاصلات التالية:

١- حاصلات منتجة للإثيلين، وهي:  
الزبدية غير الناضجة الجوافة الليمون الأضاليا  
المانجو الناضجة

٢- حاصلات حساسة للإثيلين، وهي:  
الريحان الشايوت الخيار  
الباذنجان البامية الكوسة  
الليمون الأضاليا الليمون البنزهير

٣- حاصلات ليست شديدة الحساسية للإثيلين، وهي:  
الفاصوليا الخضراء اللوبيا الخضراء اللوبيا الهليونية  
الفلفل الحلو الفلفل الحريف الفاصوليا المجنحة  
اليوسفي الزيتون البرتقال  
الأناناس التمر هندي

#### المجموعة الثالثة:

تخزن حاصلات هذه المجموعة على ١٣-١٨ م°، مع رطوبة نسبية تتراوح بين ٨٥٪-٩٥٪ وتضم الحاصلات التالية:

١- حاصلات منتجة للإثيلين، وهي:  
الموز شهد العسل الباباظ

٢- حاصلات حساسة للإثيلين، وهي:  
قرع الشتاء البطاطا اليام

٣- حاصلات ليست شديدة الحساسية للإثيلين، وهي:  
الشمام المر الكاسافا بصل الأبصال  
الزنجبيل البطاطس القرع العسلي  
القلقاس الطماطم البطيخ

ولا يجوز تخزين منتجات الخضار والفواكه التالية معاً لأن بعضها يحتسب  
الروائح المنبعثة من بعضها الآخر، كما يلي،

منتجات تمنبع للروائح	منتجات تكسب تلك الروائح
التفاح والكمثرى الكرات	الكرنب - الكرفس - الجزر - البصل - البطاطس المنب
البصل الطازج والمجفف الجزر والقليل	عيش الغراب - الذرة السكرية - الروبارب - التفاح - الكمثرى - الكرفس الكرفس - الفاصوليا الخضراء - الأفوكادو

الفصل الثاني عشر

أضرار البرودة والتجمد

نتناول بالشرح فى هذا الفصل نوعان من الأضرار التى يمكن أن تتعرض لها المنتجات البستانية بعد الحصاد، وهما:

١- أضرار البرودة chilling injury :

وتلك هى التى تصيب المنتجات لدى تعرضها لحرارة تقل عن الدرجة المثلى لتخزينها، ولكنها تزيد عن أعلى درجة يمكن أن تتجمد عليها.

٢- أضرار التجمد freezing injury :

وتلك هى التى تصيب المنتجات لدى تعرضها للحرارة التى يمكن أن تتجمد عليها.

تقسيم المحاصيل البستانية حسب حساسيتها لأضرار البرودة

تحدث أضرار البرودة chilling injury فى معظم المحاصيل الاستوائية وشبه الاستوائية عندما تخزن فى حرارة أعلى من درجة تجمدها، وأقل من ٥-١٥°م. ويتوقف الحد الأعلى للمجال الحرارى الذى تحدث فيه أضرار البرودة على نوع المحصول.

وتقسم المحاصيل البستانية - حسب حساسيتها لأضرار البرودة - إلى ثلاث مجموعات، كما يلى،

١- محاصيل تتحمل البرودة:

تناسب فترة صلاحية حاصلات هذه المجموعة للتخزين عكسياً مع درجة الحرارة ما دامت الحرارة أعلى من درجة التجمد.

٢- محاصيل حساسة للبرودة:

تزداد فترة صلاحية حاصلات هذه المجموعة للتخزين كلما انخفضت درجة الحرارة

حتى درجة معينة تختلف باختلاف المحصول، ثم تنخفض فترة الصلاحية للتخزين مع أى انخفاض أكثر من ذلك فى درجات الحرارة. وتعرف هذه الدرجة باسم درجة الحرارة الحرجة لحدوث أضرار البرودة، وهى تتراوح – عادة – بين حوالى ١٠-١٣ م. وتنتمى إلى هذه المجموعة معظم الخضر والفواكه الاستوائية وتحت الاستوائية.

٣- محاصيل حساسة قليلاً للبرودة:

تقل درجة الحرارة الحرجة – التى تحدث عندها أضرار البرودة – قليلاً فى حاصلات هذه المجموعة مقارنة بحاصلات المجموعة السابقة، وهى تتراوح – عادة – بين حوالى ٣ و ٤ م (عن Wang ١٩٩٤).

ومن أكثر الخضر والأعشاب حساسية لأضرار البرودة الخيار، والباذنجان، والكوسة، والباامية والبطاطا، والريحان. ومن المحاصيل المتوسطة الحساسية الفاصوليا الخضراء، والكنتالوب، والفلفل، وقرع الشتاء، والطماطم.

### **أعراض أضرار البرودة**

إن كثيراً من الخضر والفاكهة ونباتات الزينة الاستوائية وتحت الاستوائية حساسة لأضرار البرودة؛ فهى تُضار إذا تعرضت لحرارة منخفضة تقل عن ١٠-١٥ م وتزيد عن درجة تجمدها. كذلك فإن بعض المحاصيل البستانية من تلك التى تنتشر فى المناطق الباردة تعد حساسة للبرودة؛ إذ إنها – بصورة عامة – تصاب بأضرار البرودة لدى تعرضها لحرارة تقل عن ٥ م.

ولدى التعرض للحرارة التى تحدث معها أضرار البرودة تضعف الأنسجة النباتية؛ إذ لا يمكنها القيام بالعمليات الأيضية الطبيعية، وتحدث بها تحورات فسلوجية وبيوكيميائية عديدة، واختلال وظيفى خلوى فى الأنواع الحساسة لأضرار البرودة. وإذا ما طال أمد التعرض لذلك الشد فإن تلك الاختلالات الوظيفية الخلوية تقود إلى ظهور عديد من أعراض البرودة؛ مثل: النقر السطحية، والتغيرات اللونية الداخلية، والابتلال المائى للأنسجة، وفشل النضج الطبيعى. وغالباً .. فإن

المنتجات التي تكون قد أصيبت بأضرار البرودة بالفعل تظهر طبيعية ما بقيت في الحرارة المنخفضة، ولكن تظهر عليها أعراض الأضرار في خلال فترة وجيزة لدى نقلها إلى الجو الدافئ. وغالبًا ما تكون الخضر والفاكهة المصابة بأضرار البرودة أكثر قابلية للإصابة بالكائنات الدقيقة المسببة للأعفان، وبخاصة المسببات المرضية الضعيفة التطفل مثل *Alternaria spp.*، وهي التي لا تكون سريعة النمو في الأنسجة السليمة، ولكنها تنمو بسرعة في الأنسجة التي ضعفت جراء التعرض للبرودة (Wang 2004).

### ومن أهم أعراض البرودة هي محاسيل الخضر، ما يلي:

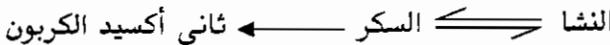
- 1- التنقير وقد موضعي للرطوبة.
  - 2- التلون البني الخارجى أو التلطخات اللونية السطحية (كما فى الباذنجان).
  - 3- التغير اللونى الداخلى (كما فى البطاطا).
  - 4- زيادة القابلية للإصابة بالأعفان السطحية (كما فى الفاصوليا والخيار).
  - 5- الفشل فى النضج أو عدم تجانس التلوين (كما فى الطماطم الخضراء المكتملة التكوين).
  - 6- فقدان المذاق، والمركبات المتطايرة المميزة للنكهة.
  - 7- ظهور طعم غير مرغوب فيه (كما فى البطيخ).
  - 8- المظهر المائى (كما فى الطماطم).
  - 9- الصلابة عند الطهى (كما فى البطاطا).
  - 10- زيادة الحلاوة (كما فى البطاطس).
  - 11- حدوث انهيار داخلى بالأنسجة النباتية.
  - 12- تكون الحاصلات أكثر عرضة للإصابة بالنموات الفطرية السطحية والتحلل.
- وتكون هذه الأعراض مصاحبة - عادةً - بزيادة فى معدل التنفس، وإنتاج الإثيلين، والقابلية للإصابة بالأمراض، وفى التغيرات المؤدية إلى الشيخوخة، وخاصة بعد إخراج المنتجات من المخازن الباردة إلى درجة الحرارة العادية لأجل تسويقها.

وتكون الأعراض الخارجية لأضرار البرودة انعكاساً لأضرار داخلية، لعل من أهمها وأبرزها تلك التي تحدث بالأغشية الخلوية. وعندما تفقد الأغشية الخلوية خاصية نفاذيتها الاختيارية للأيونات من جراء تعرضها للحرارة المنخفضة فإن الأيونات تتسرب من الخلايا دونما رابط. ولطالما استخدمت خاصية التوصيل الكهربائي لراشحات الأنسجة tissue leachates المتأثرة بالبرودة كدليل على مقدار الضرر الذي حدث بالأغشية الخلوية؛ حيث تؤدي زيادة الأضرار بالأغشية إلى زيادة الراشحات؛ ومن ثم زيادة قدرتها على التوصيل الكهربائي.

وقد وجد Côté وآخرون (١٩٩٣) ارتباطاً بين درجة التوصيل الكهربائي لراشحات أجزاء من نسيج بشرة ثمار الطماطم التي تعرضت لحرارة  $3^{\circ}\text{C}$  لفترات مختلفة وبين شدة أضرار البرودة التي ظهرت على الثمار (في صورة نقر وعدم تجانس في النضج) عندما نقلت بعد ذلك إلى حرارة  $20^{\circ}\text{C}$ . ولكن هذا الارتباط ظهر فقط عند إجراء اختبار التوصيل الكهربائي في الحرارة المنخفضة ( $3^{\circ}\text{C}$ )، وليس بعد نقل الثمار إلى حرارة الغرفة ( $20^{\circ}\text{C}$ ).

#### التوازن بين السكر والنشا:

يؤدي تخزين بعض الخضروات – ومن بينها البطاطس والبطاطا والذرة السكرية والبليلة الخضراء – في حرارة منخفضة إلى تغيير التوازن بين النشا والسكر نحو السكر. ففي أي درجة حرارة يوجد توازن ديناميكي (أي متغير) بين النشا والسكر، مع استنفاد بعض السكر في التنفس وانطلاق ثاني أكسيد الكربون؛ كما يلي:



وفي حرارة الهواء العادي يتجه توازن النشا والسكر في البطاطس والبطاطا كثيراً نحو تراكم النشا. وعند تخزينها في حرارة منخفضة ينخفض معدل التنفس وتحول السكر إلى نشا. وتختلف الحرارة الحرجة التي يبدأ عندها تراكم السكر باختلاف المحصول، فهو حوالي  $10^{\circ}\text{C}$  في البطاطس، وحوالي  $15^{\circ}\text{C}$  في البطاطا. ويعد تراكم

## الفصل الثاني عشر - أضرار البرودة والتجمد

السكر أمراً غير مرغوب فيه في عديد من الخضر النشوية؛ فالبطاطس التي يرتفع محتواها من السكر تكون رديئة القوام وذا طعم حلو عند غليها في الماء، كما تكتسب لوناً بنياً داكناً عند قليها بسبب تكميل السكر والتفاعلات بين الأحماض الأمينية والسكريات، وهي التي تعرف باسم تفاعل ميلارد Maillard reaction. ويمكن خفض تركيز السكر في البطاطس التي خزنت في حرارة منخفضة برفع حرارة التخزين إلى ١٠ م أو أعلى من ذلك، وربما يعود السكر إلى تركيزه الطبيعي في خلال أسبوع من التخزين على ١٥-٢٠ م، ولكن المدة قد تطول عن ذلك إذا كان التخزين في الحرارة المنخفضة قد دام لفترة طويلة (Wills وآخرون ١٩٩٨).

وفي خضروات أخرى كالبصلة الخضراء والذرة السكرية يكون المحتوى العالي من السكر مرغوباً فيه، ولذا فإنها تحصد وهي غير مكتملة التكوين immature ليكون محتواها من السكر عالياً؛ ثم تخزن سريعاً - بعد تبريدها أولاً - في حرارة قريبة من الصفر المئوي، لوقف تحول السكر إلى نشا.

ونقدم في جدول (١٢-١) بياناً بأعراض أضرار البرودة في عدد من الحاصلات البستانية (عن Kader ١٩٩٦، و Saltveit ٢٠٠٣، و Brecht ٢٠٠٣، و Mohammed & Brecht ٢٠٠٣، و Wang ٢٠٠٤).

جدول (١٢-١): بيان بأعراض أضرار البرودة في عدد من الحاصلات البستانية.

المحصول	أقل حرارة آمنة (م)	أضرار البرودة
الكننالوب	(٢-٥ للشبكي)	فقدان الصلابة - التنقيير - زيادة التحلل
	(٧-١٠ لشهد المسل)	السطحي - الفشل في استكمال النضج - ظهور مناطق مائية بجلد الثمرة - لزوجة - سطح الثمرة بسبب إفرازات العصير التي تحدث في حالات الإصابة الشديدة في شهد المسل - تغير لوني أسمر محمر بجلد شهد المسل.

تابع جدول (١٢-١).

المحصول	أقل حرارة آمنة (م)	أضرار البرودة
الفلفل	٧	التنقيير السطحي الكثيف - sheet pitting - الكرمشة - فقدان الصلابة - تغير لون البنور إلى البنى - تغير لون الكأس
القرع العسلى	١٠	الإصابة بعفن ألترناريا - alternaria rot - التحلل
الطماطم	(١٣ للخضراء المكنمة التكوين) تأخير النضج وعدم انتظامه - زيادة القابلية للإصابة بعفن ألترناريا - الكرمشة - التنقيير (٧-١٠ للناضجة)	- فقدان الصلابة - تغيرات لونية غير مرغوب فيها - تقل القابلية للإصابة بأضرار البرودة بزيادة النضج - تصبح الثمار الناضجة مثل كرة من الماء
البطيخ	٤,٥	تنقيير سطحي - أجزاء غائرة من القشرة تصبح جافة لدى نقل الثمار إلى حرارة غير محدثة لأضرار البرودة - ظهور بقع بنية صدئة داخلية بالقشرة - ظهور طعم غير مقبول - بهتان اللون الأحمر لللب
قرع الشتاء	١٠	الإصابة بعفن ألترناريا - التحلل
الأسبرجس	صفر-٢	شحوب اللون ليصبح أخضر رمادى - رخاوة قمة المهاميز
فاصوليا الليما	٤,٥-١	ظهور بقع أو نقط بنية صدئة - تحلل
الفاصوليا العادية الخضراء	٧	التنقيير - التلون الصدئ - شحوب اللون - تغير لون البنور - التحلل
الخيار	٧	التنقيير - ظهور بقع مائية - التحلل
الباذنجان	٧	الانسحاق السطحي البنى - الإصابة بعفن ألترناريا - اسوداد البنور - التنقيير - ظهور مناطق غائرة بالجلد - تغير لون كأس الثمرة - التلون البنى الداخلى

## الفصل الثاني عشر - أضرار البرودة والتجمد

تابع جدول (١٢-١).

أضرار البرودة	أقل حرارة آمنة (م)	الحصول
تغيرات لونية - ظهور مناطق مائية - التنقيير - تغير لون الكاس	١٠-٧	البامية
التلون البنّي الماهوجنى mahogany browning - ارتفاع نسبة السكر - ظهور مناطق حمراء بنية باللّب - تدهور صفات الجودة الأكلية.	٤-٣	البطاطس
التحلل - التنقيير - تغيرات لونية داخلية - صلابة القلب عند الطهي	١٣-١٢	البطاطا
تغيرات لونية داخلية - تحلل - فقدان الصلابة - كرمشة	١٦-١٣	النيام
انهيار داخلي - زيادة فقدان الرطوبة - الفشل في التثبيت - زيادة التحلل - فقدان صفات الجودة الأكلية.	٨-٥	الكاسافا
زيادة الطراوة - الكرمشة - افرازات مائية من السطح - التحلل	٧	الجنزبيل ginger
انهيار الأنسجة - تلون داخلي - زيادة فقدان الرطوبة - زيادة التحلل - تغيرات غير مرغوبة في الطعم	١٠-٧	القلقاس
التنقيير السطحى - التحلل	١٠-٥	الكوسة
لون أخضر شاحب عند النضج - تلون بنى داخلي	١٠-٧	الأناناس
تغير لوني بنى ضارب إلى الرمادى باللّب	١٣-٤,٥	الزبدية
لون شاحب عند النضج	١٣-١١,٥	الموز
اهتراء اللب - تحلل	٤,٥	الجوافة
انسحاق سطحى - تنقيير - انهيار مائى	١٠	الجريب فروت
تنقيير - تلطيخ أحمر - تغير لون الأغشية	١٣-١١	الليمون الأضاليا
تنقيير يصبح رمادى اللون مع الوقت	٩-٧	الليمون البنزهير

تابع جدول (١٢-١).

المحصول	أقل حرارة آمنة (م)	أضرار البرودة
المانجو	١٣-١٠	تلون الجلد بلون رمادي – عدم انتظام النضج
الزيتون	٧	تلون بني داخلي
الرمان	٤,٥	تفقير – تلون بني خارجي وداخلي
البرتقال	٣	تفقير – ظهور صبغات بنية

### العوامل المؤثرة في الإصابة بأضرار البرودة

تتأثر شدة الإصابة بأضرار البرودة بكل من مدى الانخفاض الحراري ومدة التعرض له. وقد يحدث الضرر خلال فترة وجيزة من التعرض للحرارة المنخفضة إن كانت شديدة الانخفاض، ولكن تزداد فترة التحمل للحرارة المنخفضة إن كانت في الحدود الحرجة للمحصول، وذلك قبل أن تصبح الأضرار بلا رجعة.

ولدرجة اكتمال النمو ومدى النضج عند الحصاد أهمية في تحديد مدى الحساسية لأضرار البرودة في بعض المحاصيل مثل الأفوكادو، وكنتالوب شهد العسل (الهني ديو)، والطماطم.

ولدرجة الحرارة المنخفضة تأثير متجمع cumulative؛ حيث يبدأ في الحقل قبل الحصاد، ويستمر مع التخزين في درجات الحرارة المنخفضة. وكثيراً ما تبدو الحاصلات طبيعية المظهر عند إخراجها من المخازن الباردة، إلا أنها سرعان ما تظهر عليها أعراض البرودة بعد بقائها في الجو العادي لمدة يوم أو يومين؛ أي أثناء فترة التسويق.

ولكن أعراض أضرار البرودة تظهر كذلك في المخازن إذا طالت فترة التخزين في حرارة أقل من الدرجة الحرجة الخاصة بالمحصول.

كذلك يسهم كلاً من التعرض للحرارة المنخفضة لفترات قصيرة، والتعرض للحرارة المنخفضة أثناء الشحن في شدة أعراض الإصابة بأضرار البرودة (Wang وآخرون

٢٠٠٤).

### **وسائل الحد من أضرار البرودة**

حاول الباحثون جعل المنتجات البستانية الاستوائية وتحت الاستوائية أكثر تحملاً لأضرار البرودة؛ حتى يمكن تخزينها في درجات حرارة أكثر انخفاضاً؛ وبذا .. تزداد فترة تخزينها. ومن أهم الوسائل التي اتبعت لتحقيق هذا الهدف ما يلي:

#### **التعريض لحرارة منخفضة**

يؤدي تعريض المنتجات البستانية الحساسة لأضرار البرودة لحرارة منخفضة تزيد قليلاً على الحرارة الحرجة - قبل تخزينها مباشرة - إلى خفض حساسيتها لتلك الأضرار. وقد أثبتت هذه الطريقة جدواها في كل من الخيار؛ والباذنجان، والقلفل، والطماطم، والكوسة؛ والجريب فروت.

ويتم التعريض - السابق للتخزين - للحرارة المنخفضة إما مرة واحدة، وإما بصورة تدريجية وهي الطريقة الأفضل. فمثلاً .. أظهرت ثمار الباذنجان التي عوملت بحرارة ١٥° م لمدة يومين، ثم بحرارة ١٠° م لمدة يوم واحد نُقراً أقل بعد تخزينها على ٦.٥° م عن تلك التي لم تعامل - قبل تخزينها - إلا بحرارة ١٥° م لمدة يومين.

وقد تبين أن المعاملة بالحرارة المنخفضة قبل التخزين البارد صاحبته زيادة في مستويات الليبيدات الفوسفاتية في الأغشية الخلوية، وفي درجة عدم التشبع للأحماض الدهنية التي توجد بالأغشية. وتثبيط للزيادة التي يسببها التخزين البارد في نسبة الاستيرول إلى الليبيدات الفوسفاتية، وزيادة في اليولي أمين والألدهيدات ذات السلاسل الطويلة. وربما تؤدي جميع هذه التغيرات إلى خفض أضرار البرودة.

#### **التعريض لحرارة مرتفعة**

عرف تأثير المعاملة بالحرارة المرتفعة قبل التخزين البارد في خفض أضرار البرودة منذ عام ١٩٣٦؛ حينما وُجد أن تعريض ثمار الجريب فروت لحرارة ٣٨° م لمدة ١٧ - ٢٢ ساعة قلل جوهرياً من ظهور النقر بها؛ عندما خزنت بعد تلك المعاملة على حرارة ٤.٥° م. ومنذ ذلك الحين ثبتت أهمية هذه المعاملة في تقليل أضرار البرودة في عديد

من الخضر الاستوائية وتحت الاستوائية؛ مثل: الخيار، والبطاطا، والطماطم، والبطيخ (عن Wang ١٩٩٤).

هذا إلا أن الحدود المأمونة لمعاملة التعريض للحرارة العالية تختلف من محصول لآخر؛ فبينما تستجيب الزبدية لحرارة ٣٦°م، وتزهو بها أضرار الحرارة العالية عند تعريضها لحرارة ٣٨°م، فإن الطماطم تستجيب لحرارة تتراوح بين ٣٦ و ٤٠°م (عن Klein & Lurie ١٩٩٢).

كما أدى تعريض ثمار الطماطم لحرارة ٣٨°م – لمدة ثلاثة أيام قبل تخزينها – إلى المكافحة الكاملة للفطر *Botrytis cinerea* الذي يصيب الثمار بالعفن والتحلل أثناء تخزينها (Fallik وآخرون ١٩٩٣).

وفي الكوسة أدت معاملة الثمار بالماء الدافئ على حرارة ٤٢°م لمدة ٣٠ دقيقة إلى تقليل أضرار البرودة عندما خزنت الثمار بعد ذلك على حرارة ٥°م، ثم نقلت إلى ٢٠°م، وقد ازدادت الفائدة من معاملة الحرارة العالية عندما تركت الثمار لمدة يومين على حرارة ١٥°م بعد معاملة الحرارة العالية وقبل تخزينها على حرارة ٥°م (Wang ١٩٩٤).

وبالمقارنة .. وجد Whitaker (١٩٩٤) أن إنضاج ثمار الطماطم جزئياً على حرارة ٢٠°م لمدة ثلاثة أيام – قبل تخزينها على حرارة ٥°م لمدة ٢٠ يوماً – كان أكثر كفاءة في خفض أضرار البرودة من تعريضها – قبل التخزين – لحرارة عالية مقدارها ٣٨°م لنفس فترة الثلاثة أيام.

ولا تقتصر فائدة معاملة الحرارة العالية على المحاصيل الحساسة للبرودة فقط، بل تتعداها كذلك إلى بعض محاصيل المناطق الباردة. ففي البروكولي .. وُجد أن غمس البراعم في الماء على حرارة ٤٥°م لمدة ١٤ دقيقة أدى إلى تأخير اصفرارها – على حرارة ٢٠°م – لمدة ٢-٣ أيام. كما أدت المعاملة – كذلك – إلى إبطاء فقد البروتينات الذائبة، وحامض الأسكوربيك. وخفض معدل التنفس، ومعدل إنتاج غاز الإثيلين. وفي دراسة أخرى وجد Forney (١٩٩٥) أن غمس البروكولي في الماء على حرارة ٥٠

م لمدة دقيقتين كان أفضل معاملة لتأخير الاصفرار والتحلل، مع تجنب ظهور الروائح غير المرغوبة، والفقد في الوزن.

وقد أرجعت الحماية التي توفرها معاملة التعريض للحرارة المرتفعة قبل التخزين البارد إلى أسباب مختلفة؛ منها: تكوين بروتينات معينة (heat shock proteins) في الطماطم، وزيادة فاعلية عملية المعالجة في البطاطا، وتكوين مركبات مضادة للفطريات - مثل الاسكوبارون scoparone - في الليمون الأضاليا.

### التدفئة المتقطعة

التدفئة المتقطعة intermittent warming هي تعريض المنتجات المخزنة في حرارة منخفضة - لفترة واحدة أو أكثر من فترة - في حرارة مرتفعة. ويجب أن تتم هذه المعاملة قبل أن تتقدم أضرار البرودة إلى مرحلة لا رجوع فيها؛ لأن ذلك إن حدث فهو يعنى أن معاملة التدفئة تؤدي إلى إسراع ظهور أعراض البرودة؛ ولذا .. فإن توقيت معاملة التدفئة يعد أمراً حيوياً، ومن الأهمية بمكان التعرف على بدايات حدوث أضرار البرودة.

وقد اتبعت طريقة التدفئة المتقطعة في تجنب أضرار البرودة في كل من الليمون الأضاليا، والبامية والخيار، والفلفل الحار، والكوسة، والخوخ، والنكتارين. ولكل محصول منها الفترات الحرجة - الخاصة به - المناسبة لمعاملة التدفئة.

فمثلاً .. وجد Cabrera & Saltveit (١٩٩٠) أن تدفئة ثمار الخيار بنقلها من ٢,٥ م° إلى ١٢,٥ م° لمدة ١٨ ساعة كل ثلاثة أيام قلل من أضرار البرودة التي ظهرت عليها. وبالمقارنة .. فقد ظهرت أضرار شديدة للبرودة - تمثلت في تنقير شديد وتحلل - عندما خزنت الثمار على حرارة ثابتة مقدارها ٢,٥ م° لمدة ١٣ يوماً، وذلك بعد ستة أيام من نلقها إلى ٢٠ م°. بينما لم تظهر أية أعراض لأضرار البرودة عندما خزنت الثمار على حرارة ثابتة مقدارها ١٢,٥ م°. ثم نقلت بعد ذلك إلى حرارة ٢٠ م°.

ومن بين النظريات الافتراضية التي اقترحت لتفسير تأثير التدفئة المتقطعة أن رفع درجة الحرارة في وسط معاملة البرودة يحفز النشاط الأيضي؛ الأمر الذي يسمح للأنسجة النباتية

بتصريف المركبات الوسطية أو المركبات السامة التي تتراكم خلال فترة التعريض للبرودة، بتحويلها إلى مركبات غير ضارة. كذلك قد تسمح تدفئة الأنسجة لفترات قصيرة بمعالجة الأضرار التي تحدث للأغشية الخلوية، وعضيات الخلية، والمسارات الأيضية خلال فترة التعريض للبرودة. كما قد تفيد في إعادة توفير المركبات التي تستنفذ أو التي لا يمكن تمثيلها خلال معاملة البرودة. وقد تلعب تلك التغيرات الحرارية الفجائية (من البرودة إلى الدفء ثم إلى البرودة) دوراً في زيادة تمثيل الأحماض الدهنية غير المشبعة؛ الأمر الذي يجعل الأغشية الخلوية أكثر مرونة، ويزيد من تحملها للحرارة المنخفضة (عن Wang 1994).

### التخزين في الجو المعدل

لا يكون للتخزين في الجو المعدل تأثير متساوٍ على أضرار البرودة في كل الثمار الاستوائية وتحت الاستوائية؛ فهو يقلل من أضرارها في البامية، والزبدية، والأناناس، والجريب فروت، ويزيد من أضرارها في الخيار، والقلقل، والليمون البنزهير، ولا تأثير له على أضرار البرودة في الليمون الأضاليا، والباباظ، والطماطم.

كذلك تفيد التعبئة في عبوات الجو المعدل MAP، والتخزين تحت تفريغ في تقليل احتمالات التعرض للإصابة بأضرار البرودة.

### المعاملات الكيميائية

من بين المعاملات الكيميائية التي أثبتت جدواها في خفض أضرار البرودة ما يلي:

الكالسيوم      الزيوت المعدنية

زيت القرطم      الزيوت المعدنية

الاسكوالين squalene      إيثوكسي كوين ethoxyquin

بنزوات الصوديوم

إيمازليل imazalil، وهو: 1-(2-(2,4-dichlorophenyl)-2-(2-propenyloxyethyl)

1-H-imidazole.

ثيابندازول thiabendazole، وهو: 2-(4-thiazolyl) benzimidazole.

## الفصل الثاني عشر – أضرار البرودة والتجمد

يبدو أن الكالسيوم يعمل على تقوية الجدر الخلوية والأغشية الخلوية، ويجعل الأنسجة أكثر قدرة على تحمل الشد الناتج من التعرض للبرودة. وقد قللت المعاملة بالكالسيوم أضرار البرودة في الزبدية والبامية.

وتعمل بنزوات الصوديوم والإيثوكسى كوين على منع حدوث الأكسدة peroxidation في الأحماض الدهنية غير المشبعة في ليبيدات الأغشية الخلوية؛ الأمر الذى يحافظ على سلامة الأغشية الخلوية حال تعرضها للبرودة. وقد أثبتت تلك المركبات فاعليتها مع كل من الخيار والفلفل.

أما المبيدات الفطرية thiabendazole، و imazalil فإنها تمنع الإصابات الكامنة، وتقلل تكوين النقر، وتؤخر شيخوخة القشرة فى البرتقال والجريب فروت.

وتمنع الزيوت المعدنية وزيت القرطم التغييرات فى اللون التى تحدث تحت القشرة فى الموز عند تعرضه للبرودة، وقد يكون لهما وللزيوت النباتية دور فى تقليل الفقد الرطوبى وخفض أضرار الأكسدة.

أما الاسكوالين squalene فهو شمع طبيعى يوجد فى قشرة الجريب فروت. وقد وجد أن إضافة المزيد منه إلى القشرة يحمى ثمار الجريب فروت من أضرار البرودة.

### معاملات منظمات النمو

من أهم معاملات منظمات النمو التى كان لها تأثير إيجابى فى خفض أضرار البرودة ما يلى:

١- حامض الأبسيسيك فى كل من الجريب فروت والكوسة.

٢- الإثيلين فى شهد العسل.

٣- تعمل التريازولات triazoles (مثل: البكلوبوترازول paclobutrazol، ويونى كوناзол uniconazole، والترايادميفون triadimefon) على حماية المركبات التى توجد فى الأغشية الخلوية من أضرار الأكسدة؛ وبذا .. فإنها تزيد من مقاومة النباتات -

وخاصة العشبية منها – لأضرار الصقيع ، ولكن لا يوصى بالمعاملة بأى منها، لأسباب صحية.

٤- كذلك تعمل البولي أمينات polyamines على حماية ثمار الكوسة من أضرار البرودة. وربما يحدث ذلك من خلال نشاطها المضاد للأكسدة (عن Wang ١٩٩٤).

وقد أوضحت دراسات Lurie وآخرين (١٩٩٥) أن معاملة نباتات الفلفل الحلو قبل الحصاد بأى من منظمات النمو: بكلوبترازول، ويونى كونازول، ومفليودايد mefluidide أدت إلى حماية الثمار – الخضراء والحمراء – من التعرض لأضرار الصقيع عندما خزنت على حرارة ٢م° لمدة ٢٨ يوماً، وجميعها – كذلك – معاملات لا يوصى بها.

### أضرار التجمد

تحدث أضرار التجمد freezing injury من جراء تكون البلورات الثلجية فى الخلايا بأنسجة الحاصلات البستانية، حيث يبدو النسيج المتجمد بعد إخراجها من المخزن وتعرضه لدرجة الحرارة العادية كما لو كان منقوعاً فى الماء water-soaked.

ويمكن أن يحدث التجمد أثناء نقل المحصول فى ظروف جوية تقل فيها الحرارة عن الصفر المئوى، أو نتيجة لعدم ضبط منظم الحرارة بطريقة صحيحة، أو لعدم كفاءة المنظم؛ أو نتيجة لتعرض المنتج لمادة شديدة الانخفاض فى درجة الحرارة مثل الثلج الجاف. وتتوقف درجة الحرارة التى يتجمد عندها المحصول على محتوى أنسجته من المواد الذائبة، حيث يزداد الانخفاض فى حرارة التجمد بزيادة الضغط الأسموزى للعصير الخلوى. وبينما تتجمد أوراق الخس على -٠,٢م°، فإن ثمار العنب (التي تحتوى على مالا يقل عن ١٤٪ سكر) لا تتجمد إلا بعد انخفاض الحرارة لأقل من ٢,٠م°.

### طبيعة أضرار التجمد

يؤدى تجمد الأنسجة إلى جفافها وحدوث شد أسموزى للتراكيب الخلوية، مثل الأغشية الخلوية، ومحتويات الخلية كالبروتين؛ ذلك لأن ماء الخلية يفقد أثناء نمو

## الفصل الثاني عشر - أضرار البرودة والتجمد

البُورَات الثلجية. كما أن تمدد الماء أثناء تجمده - وخاصة الماء المتجمد داخل الخلايا - يمكنه إحداث أضرار فيزيائية كبيرة بتركيب الخلية. وعند تفكك الأنسجة فإنه لا يمكنها - عادة - معاودة الأيض الطبيعي أو عودتها إلى قوامها العادي. تكون الأنسجة المفككة بعد التجمد - غالباً - طرية ومائية المظهر، إلا أن بعض المنتجات كالكرنب والبصل لا تتأثر بقدر كبير، وخاصة إذا كان الضرر الذي أحدثته البُورَات الثلجية محدوداً، وإذا كان معدل الارتفاع في درجة الحرارة عند التفكك بطيئاً؛ بما يسمح بإعادة توزيع ماء الخلايا والأنسجة بنظام، وإعادة النظام إلى مختلف مكونات الخلايا.

وتمر الأحداث التي تقود إلى الإصابة بأضرار التجمد بمرحلتين، تكون المنتجات في أولهما قابلة للعودة إلى الحالة الطبيعية؛ أما المرحلة الثانية فلا يكون فيها رجعة، وهي التي تقود إلى ظهور أعراض التجمد، وذلك كما يلي:

### ١- المرحلة الأولى:

يحدث فيها تغيرات فيزيائية في دهون الأغشية الخلوية وتحللاً بالإنزيمات والبروتينات.

### ٢- المرحلة الثانية:

يحدث فيها أضرار لا رجعة فيها في كل من:

أ- العمليات الأيضية، مثل التنفس وتمثيل البروتين.

ب- تحرك الأيونات خلال الأغشية الخلوية.

ج- حركة دوران السيتوبلازم.

تؤدي تلك الأضرار في نهاية المطاف إلى تحلل الأغشية الخلوية وظهور أعراض أضرار البرودة (Wills وآخرون ١٩٩٨).

## العوامل المؤثرة في شدة أضرار التجمد

إن درجة تجمد أى منتج لا تكون دليلاً على الأضرار التي يمكن توقعها فيه لدى

تجمده. وعلى سبيل المثال .. فإن كلا من الطماطم والجزر الأبيض يتجمدان على  $-1.1$  إلى  $-0.6$  م°، إلا أن الجزر الأبيض يمكنه التجمد والتفكك عدة مرات دون أن تظهر عليه أية أضرار، بينما تتلف ثمار الطماطم تماماً لدى تعرضها لتجمد واحد.

وتتأثر شدة أضرار التجمد بكل من درجة الحرارة ومدة التجمد. وعلى سبيل المثال .. فإن التفاح يُضار قليلاً بالتعرض لحرارة تقل قليلاً عن حرارة التجمد لأيام قليلة، ولكنه يُضار بشدة إذا ما تعرض لحرارة  $-7$  إلى  $-10$  م° ولو لعدة ساعات.

وقد لا تتشابه أنواع الخضر أو الفاكهة التي تنتمي لنوعية واحدة (مثل الخضر الورقية أو الجذرية ... إلخ) في قابليتها للإصابة بأضرار البرودة. فمثلاً يعد الخس الورقي حساساً لأضرار التجمد. بينما يمكن لبعض الخضر الورقية الأخرى كالكيل والكرنب تحمل عدة تجمدات بسيطة دون أن تحدث بها أضرار تذكر.

وإذا ما تركت المنتجات ساكنة فإنها قد تتحمل التبريد حتى عدة درجات أدنى من درجة تجمدها قبل أن تتجمد بالفعل، وهو ما يعرف باسم ظاهرة "تحت التبريد" *under-cooling* أو "التبريد الفائق" *super-cooling*. يمكن أن تبقى تلك المنتجات لعدة ساعات دون تجمد، ولكنها تتجمد في الحال لدى تعرضها لأي اهتزازات أو تحريك. وإذا ما دفنت المنتجات قبل تجمدها فإن كثيراً منها تفلت من التجمد. وكمثال على ذلك .. فإن البطاطس يمكنها أن تتحمل حرارة  $-3.9$  م° (وهي الأقل من درجة تجمدها بمقدار ثلاث درجات)، ولكنها تفلت من التجمد إذا ما دفنت بحرص (Wang 2004).

وتكون الأنسجة النباتية شديدة الحساسية لأضرار الخدش وهي متجمدة، وذلك سبب آخر للإبقاء على المنتجات المخزنة ساكنة لحين تدفنتها. هذا مع العلم أن اختيار حرارة تفكيك عالية يسرع من التفكك، ولكنه يزيد من الأضرار. بينما يسمح التفكك البطيء جداً (على صفر إلى  $-1$  م°) على سبيل المثال) بأن تبقى البلورات الثلجية في الأنسجة لفترة طويلة؛ مما قد تحدث معه أضرار. وتعد  $-4$  م° هي الدرجة المثلى لتفكك معظم المنتجات.

## الفصل الثاني عشر – أضرار البرودة والتجمد

ويمكن أن تتأثر حرارة التجمد بكل من الأصناف، وموقع الإنتاج، والظروف الجوية التي كانت سائدة قبل الحصاد.

وفي كل الحالات .. فإن المنتجات التي تتحمل التفكك بعد تجمدها تكون أقل صلاحية للتخزين وأكثر عرضة للإصابة بمسببات الأمراض (Lorenz & Maynard ١٩٨٠، و Wang ٢٠٠٤).

**تقسيم الخضر والفاكهة حسب قابليتها للإصابة بأضرار التجمد**  
تفاوتت الخضر والفاكهة في قابليتها للإصابة بأضرار التجمد؛ فبعضها يمكن تجمده وتفككه عدة مرات دون أن تظهر عليه أى أضرار، بينما يُضار بعضها الآخر ضرراً دائماً مع أقل تجمد.

**ويمكن تقسيم الخضر والفاكهة إلى ثلاث أقسام حسب قابليتها للإصابة بأضرار البرودة كما يلي (من Wang ٢٠٠٤):**

١- منتجات شديدة القابلية للإصابة: وهى التى تُضار - عادة - لدى تعرضها لتجمد واحد ولو كان بسيطاً، ومنها:

المشمش	الأسبرجس	الزبدية
الموز	الفاصوليا الخضراء	الخيار
الباذنجان	الليمون الأضاليا	الليمون البنزهير
الخبس	البامية	الخبوخ
الفلفل الحلو	البرقوق	البطاطس
الكوسة	البطاطا	الطماطم

٢- منتجات متوسطة القابلية للإصابة: وهى التى يمكنها التعرض لتجمد بسيط مرة أو مرتين، ومنها:

التفاح	البروكولى	الجزر
القنبيط	الكرفس	الجريب فروت

العنب	البصل (الأبصال)	البقدونس
الكمثرى	البسلة	الفجل
السبانخ	قرع الشتاء	

٣- منتجات أقل قابلية للإصابة، وهي التي يمكن أن تتعرض لتجمد بسيط (حتى -٦ م) عدة مرات دون أن تصاب بأضرار شديدة، ومنها:

البنجر	كرنب بروكسل	الكرفس
البلح	الكيل	كرنب أبو ركة
الجزر الأبيض	الروتاباجا	السلفيل
اللفت		

هذا .. ولا توجد علاقة بين درجة الحرارة التي تتجمد عندها الحاصلات وبين درجة تحملها لأضرار التجمد. فمثلاً .. تتجمد البطاطس عند حرارة -٢,٧ م، بينما يتجمد الكرنب عند حرارة -٠,٥ م. وبالرغم من ذلك .. يتحمل الكرنب التجمد عدة مرات دون ضرر يذكر، بينما لا تتحمل البطاطس التجمد ولو لفترة قصيرة. ومن الطبيعي أن تنخفض المقدرة على التخزين عند تعرض الخضروات المخزنة للتجمد.

### أعراض أضرار التجمد

إن أكثر أعراض أضرار التجمد شيوعاً هي اكتساب المنتج مظهرًا مائيًا water soaked appearance. وغالبًا ما تفقد الأنسجة التي تُضار بالتجمد صلابتها وتصبح زائدة الطروة لدى تفككها.

ومن أهم أعراض أضرار التجمد في محاصيل الخضر ما يلي (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠):

الأعراض	المحصول
انفصال البشرة وتلون الأجزاء التي تنفصل عنها البشرة - والتي تأخذ شكل تقرحات - بلون يعميل إلى الأبيض أو الرصاصي الفاتح، ثم لا يلبث أن يصبح اللون	الخرشوف

الأعراض	المحصول
بنياً بعد تكسر القروح.	
تصبح قمة المهاميز داكنة اللون، وبقية أنسجتها مائية المظهر. وعند تفكك التجمد فإن المهاميز تصبح مهترئة.	الأسبرجس
تصبح الجذور مائية المظهر خارجياً وداخلياً، وتكتسب الأوعية الناقلة أحياناً لوناً أسود.	البنجر
تكون أصفر البراعم الزهرية فى مركز القرص أكثر حساسية للتجمد. وتكتسب البراعم المتجمدة لوناً بنياً، وتعطى رائحة قوية غير مقبولة عند تفككها.	البروكولى
تصبح الأوراق مائية المظهر ونصف شفافة، وتتفصل عنها البشرة بعد تفككها.	الكرنب
تظهر بالجذور تقرحات. وشقوق متعرجة، كما تبدو الجذور من الداخل مائية المظهر بعد تفككها.	الجزر
تكتسب الأقراص لوناً بنياً، وتعطى رائحة قوية غير مرغوبة عند طهيها.	القنبيط
تبدو الأوراق وأعناق الأوراق ذابلة ومائية المظهر بعد تفككها. ويكون تجمد الأعناق أسرع من تجمد أنصال الأوراق.	الكرفس
تبدو الفصوص مائية المظهر بعد تفككها، وتأخذ لوناً أصفر ضارباً إلى الرمادى.	الثوم
تظهر تقرحات، وتموت خلايا البشرة بعد انفصالها، وتصبح بنية اللون، وتزداد حساسية الرؤوس للأضرار الميكانيكية والتحلل.	الخنس
تكون الأبصال المفككة طرية، وتأخذ لوناً أصفر ضارباً إلى الرمادى، وتبدو مائية المظهر فى المقطع العرضى. ويكون التجمد - عادة - محصوراً فى أعناق الأوراق (الحراشيف المتشحمة المكونة للبطيخة) كل منها منفردة.	البصل
يموت كل نسيج البشرة أو جزء منه، ويبدو مائى المظهر، وتعرض الثمرة للتقشير والانكماش، كما تتحلل بعد تفككها.	الفلفل الحلو
لا تبدو أضرار التجمد واضحة على الدرنة من الخارج، ولكنها قد تظهر على صورة مناطق رمادية أو رمادية ضاربة إلى الزرقة تحت جلد الدرنة، وتكون الدرنتات المفككة طرية ومائية المظهر.	البطاطس
تبدو الأنسجة المفككة نصف شفافة، وتكون الجذور طرية ومنكمشة.	الفجل

الأعراض	المحصول
تتلون الأنسجة الوعائية بلون بني ضارب إلى الصفرة، وتبدو بقية الأنسجة مائية المظهر، وتأخذ لوناً ضارباً إلى الصفرة. وتكون الجذور طرية وشديدة القابلية للإصابة بالتحلل.	البطاطا
تصبح الثمار مائية المظهر، وتكون طرية بعد تفكيكها. وعندما يكون تجعد الثمار جزئياً، يشاهد حد فاصل واضح بين النسيجين المتجمد وغير المتجمد، وخاصة فى الثمار الخضراء.	الطماطم
تظهر بقع صغيرة مائية المظهر على سطح الجذور. وتبدو الأنسجة المتأثرة بالتجمد رصاصية اللون أو رمادية، وتعطى رائحة غير مرغوبة.	اللفت

الفصل الثالث عشر

التخزين في الجو المتحكم في مكوناته

لقد كان المتبع في الماضي هو الاعتماد على التنفس الطبيعي للخضر في زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون وخفض نسبة الأكسجين، مع تنظيم مكونات هواء المخزن بعد ذلك بالتحكم في التهوية. ويسمى ذلك بـ "التخزين في الجو المعدل" Modified Atmosphere (MA)، لكن المتبع الآن - غالباً - هو التحكم التام في نسب الغازات الموجودة بالمخازن بخلطها بالخارج آلياً، بالنسبة المرغوبة، ثم دفعها إلى الداخل بانتظام. ويسمى ذلك بـ "التخزين في الجو المتحكم في مكوناته" Controlled Atmosphere (CA). ويراعى في كلتا الطريقتين عدم خلو المخزن تماماً من الأكسجين لأية فترة، وإلا حدث تنفس لا هوائي. وتكونت مركبات غير مقبولة الطعم نتيجة لذلك. ولا تحفى أهمية أن تكون المخازن ذات الجو المعدل محكمة الإغلاق تماماً؛ بحيث لا تتسرب منها الغازات.

عادة ما يستعمل عند التخزين في الهواء المتحكم في مكوناته تركيزاً من الأكسجين يقل عن ٨٪ (مقارنة بتركيز ٢١٪ في الهواء العادي)، وتركيزاً من ثاني أكسيد الكربون يزيد على ١٪ (مقارنة بتركيز ٠,٠٣٪ في الهواء العادي)، ويكون الباقي نيتروجيناً (مقارنة بنحو ٧٨٪ في الهواء العادي). كما قد يضاف غاز أول أكسيد الكربون - كذلك - بنسبة ٢٪-٣٪، وخاصة أثناء شحن الخس؛ لمنع تغيرات اللون البنّي في الأوراق؛ ولذلك محاذيره.

وللتخزين في الجو المعدل والجو المتحكم في مكوناته أهميته بالنسبة لكل من الحاصلات السريعة التلف، وتلك التي تكمل نضجها بعد الحصاد.

وبرغم نجاح التخزين في الجو المعدل والجو المتحكم في مكوناته في عديد من الحاصلات، إلا أن البعض منها يتأثر بزيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في جو المخزن،

وتظهر بعض العيوب الفسيولوجية بها، وهو الأمر الذى لا يحدث إلا فى الأنسجة النباتية الخالية من الكلوروفيل. فمثلاً.. تحدث أضرار بالقنبيط فى جو به ٥٪  $CO_2$ ، و ٢٪  $O_2$ ، بينما يظل البروكولى بحالة جيدة فى جو به ١٠٪  $CO_2$ ، و ٢٥٪،  $O_2$ . كما يتأثر خس الرؤوس ذو الأوراق السهلة التقصف بجو معدل به ٢٪  $CO_2$ ، بينما يتحمل الخس الرومين ذو الأوراق الخضراء نسبة  $CO_2$  تصل إلى ١٢٪ (Isenberg ١٩٧٩).

ويعتقد بصورة عامة أن خفض تركيز الأكسجين (فى صورة CA أو MA) يخفض معدل التنفس بمقدار ٥٠٪ فى حرارة ٢٠-٢٥ م، وبمقدار ٧٤٪ فى الحرارة المنخفضة التى يتحملها المنتج.

**وتتضمن العوامل التى تؤثر فى اختيار الجو المتعكف فى مكوناته CA أو الجو المعدل MA لتخزين المنتجات البستانية ما يلى،**

١- فترة التخزين الطبيعية فى الهواء العادى:

فإذا كان من الممكن تخزين المحصول بصورة مرضية فى الهواء العادى لكل فترة التسويق المرغوب فيها، لا تكون هناك حاجة إلى اللجوء لأى من الـ CA أو الـ MA.

٢- استجابة المحصول للـ MA ومدى تلك الاستجابة:

فيجب أن تكون هناك فائدة واضحة من التخزين فى الـ CA أو الـ MA، علمًا بأن تلك الاستجابة لا تتوفر بصورة واضحة ومؤثرة فى بعض المنتجات.

٣- القدرة العالية على تحمل التغيرات فى مكونات الهواء:

من الأهمية بمكان التأكد من قدرة المنتج على تحمل مدى واسع من كل من الأكسجين وثنانى أكسيد الكربون، وألا تتأثر جودته بالتغيرات البسيطة فى نسب الغازات فى حالات الـ MA؛ فذلك أمر لا يمكن استبعاده.

٤- الوفرة الموسمية للمنتج:

يكون اللجوء إلى الـ CA أو الـ MA أمرًا هامًا عندما يتوفر المحصول خلال فترة

## الفصل الثالث عشر - التخزين في الجو المتحكم في مكوناته

- زمنية قصيرة؛ حيث يصبح تخزين المحصول لأطول فترة ممكنة أمراً بالغ الأهمية.
- ٥- قيمة المنتج بالنسبة لتكلفة التخزين في الجو الـ CA أو الـ MA؛ فيجب أن تكون هناك فائدة مادية مملوسة من التخزين بتلك الطريقة.
- ٦- مدى توفر المنتج من مناطق جغرافية أخرى:
- فقد يكون الأجدى استيراد المنتج ذاته من مناطق جغرافية أخرى بدلاً من تخزينه لفترات طويلة (Wills وآخرون ١٩٩٨).

### مزايا وعيوب التخزين في الجو المتحكم في مكوناته المزايا

- يحقق التخزين في الجو المتحكم في مكوناته - عندما يكون تركيز غازى الأكسجين وثانى أكسيد الكربون في المجال المناسب للمحصول - المزايا التالية:
- ١- تأخير الوصول إلى الشيخوخة (اكتمال النضج) وما يتصل بها من تغيرات حيوية وفسولوجية؛ مثل التنفس، وإنتاج الإثيلين، وفقد الصلابة، والمحتوى الكيميائى.
- ٢- خفض حساسية الثمار لفعل الإثيلين عندما ينخفض تركيز الأكسجين عن ٨٪. أو يزيد تركيز ثانى أكسيد الكربون على ١٪، ويكون ذلك التأثير جمعياً additive. ولكن يلزم التخلص من غاز الإثيلين المتراكم عندما تمتد فترة التخزين لعدة شهور.
- ويكون تأثير الـ CA والـ MA فى تأخير النضج أو منعه أعلى فى الحرارة العالية، الأمر الذى يكون له أهمية خاصة مع الثمار الحساسة لأضرار البرودة، مثل الطماطم والكنتالوب.
- ٣- خفض معدل التنفس طالما بقيت نسبتا الأكسجين وثانى أكسيد الكربون فى الحدود التى يتحملها المحصول. ويؤدى انخفاض معدل التنفس بالإضافة إلى انخفاض معدل إنتاج الإثيلين، وانخفاض الحساسية لفعل الإثيلين إلى تأخير الشيخوخة؛ الأمر الذى يتبدى فى المحافظة على الكلوروفيل (اللون الأخضر). والقوام (قلة اللجننة)، والصفات الأكلية، وذلك بالنسبة للخضر غير الثمرية.

٤- تجنب الإصابة ببعض العيوب الفسيولوجية؛ مثل أضرار البرودة فى الزيدية وبعض الخضر، والتبقع الصدئ فى الخس.

٥- يفيد الجو المتحكم فى مكوناته بصورة مباشرة أو غير مباشرة فى تقليل الإصابة بالأعفان؛ فمثلاً.. يثبط التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون (١٠-١٥٪) من عفن بوتريتس فى الفراولة والمنتجات الأخرى.

٦- يمكن أن يكون المستوى المنخفض من الأكسجين (الأقل من ١٪) والمرتفع من ثانى أكسيد الكربون (٤٠-٦٠٪) مفيداً فى مكافحة الحشرات فى بعض المنتجات الطازجة والجافة من الثمار، والأزهار، والخضر، والنقل، والحبوب (Kader ٢٠٠٤).

٧- يحقق توفير غاز أول أكسيد الكربون فى هواء المخازن المزايا التالية:

أ- يمنع الغاز تغيرات اللون التى تحدث فى الخس وغيره من الخضر أثناء التخزين عندما يتواجد بتركيز ١-٥٪؛ ويختفى هذا التأثير بمجرد إخراج المنتج من الجو المعدل.

ب- يمنع الغاز (عند تواجده بنسبة ٥-١٠٪) نمو كثير من الكائنات الدقيقة المسببة للعفن، وتزداد فاعلية أول أكسيد الكربون فى هذا الشأن عندما ينخفض تركيز الأكسجين عن ٥٪.

ج- قد يفيد تواجد أول أكسيد الكربون - مع النسب العالية من ثانى أكسيد الكربون والمنخفضة من الأكسجين - فى مكافحة الحشرات التى تصيب الخضر المخزنة.

## العيوب

غالباً ما يكون الفرق بين التركيزات المفيدة والتركيزات الضارة من مختلف الغازات قليلاً. كما أن التركيزات اللازمة لمكافحة الأعفان أو الحشرات قد لا يتحملها المحصول المخزن، وقد تزيد من معدل تدهوره.

## ومن المخاطر المحتملة للتخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته ما يلى،

١- بدء العمليات الحيوية التى تؤدى إلى ظهور بعض العيوب الفسيولوجية أو

## الفصل الثالث عشر – التخزين في الجو المتحكم في مكوناته

تنشيطها، كما في حالة القلب الأسود في البطاطس، والصبغة البنية في الخس، والتلون البني في التفاح والكمثرى، وأضرار البرودة في بعض المنتجات.

٢- عدم انتظام نضج ثمار الموز والمانجو والكمثرى والطماطم عندما ينخفض تركيز الأوكسجين عن ٢٪، أو يزيد تركيز ثاني أكسيد الكربون على ٥٪ لمدة تزيد عن الشهر.

٣- تكوّن طعم ورائحة غير مرغوب فيهما في مستويات الأوكسجين الشديدة الانخفاض، وكذلك في التركيزات العالية جداً من ثاني أكسيد الكربون؛ بسبب التنفس اللاهوائي الذي يحدث في هذه الظروف (شكل ١٣-١).

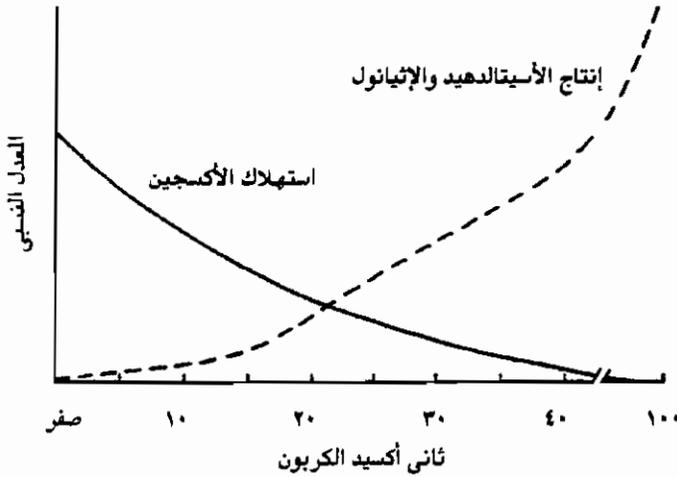
٤- زيادة القابلية للإصابة بالتحلل نتيجة للأضرار الفسيولوجية التي تتعرض لها المنتجات المخزنة عند نقص الأوكسجين بشدة، أو زيادة ثاني أكسيد الكربون كثيراً.

٥- يثبط الجو المتحكم في مكوناته تكوين البيريديرم، وينشط التبرعم في بعض الخضراوات الجذرية والدرنية؛ مثل البطاطس.

٦- كما أن تواجد غاز أول أكسيد الكربون في الهواء المتحكم في مكوناته يحمل معه المحاذير التالية:

أ- قد يؤدي الغاز إلى زيادة ظهور بعض العيوب الفسيولوجية؛ فمثلاً .. يعمل الغاز على زيادة شدة الإصابة بالصبغة البنية brown stain في الخس عند زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في هواء المخزن عن ٢٪.

ب- يعطى أول أكسيد الكربون تأثيرات مماثلة للتأثيرات التي يحدثها الإيثيلين؛ مثل إسراع نضج الثمار، وتحفيز ظهور بعض العيوب الفسيولوجية، ولكن هذه التأثيرات تختفي عندما تقل نسبة الأوكسجين؛ أو تزيد نسبة ثاني أكسيد الكربون، ولا يصبح لغاز أول أكسيد الكربون أية تأثيرات يعتد بها في هذا الشأن إلا على المنتجات البستانية الشديدة الحساسية لغاز الإيثيلين مثل ثمار الكيوى (عن Kader وآخريين ١٩٨٥، و ١٩٨٩، و ٢٠٠٤).



شكل (١٣-١): تأثير تركيز ثاني أكسيد الكربون على التنفس الهوائي (—)، والتنفس اللاهوائي (---) الذي يؤدي إلى إنتاج الأستالدهيد والإيثانول - بالمنتجات الطازجة (عن Kader & Saltveit ٢٠٠٣).

### مبادئ التخزين في الجو المتحكم في مكوناته

إن التخزين في الجو المتحكم في مكوناته له بعض المحاذير، كما يلي:

- ١- إن المكونات الغازية للهواء قد تحفز نمو وتكاثر بعض الكائنات الدقيقة.
- ٢- قد يكون لتلك الغازات آثار ضارة على العمال المشغولين في المخزن.

وبين على وجه الخصوص - فيما يلي - المخاطر المحتملة لكل من الإيثيلين، والأحماض، وأول وثاني أكسيد الكربون.

#### ١- الإيثيلين:

من الأصح - علمياً أن يطلق على الإيثيلين الاسم إيثين ethene، ولكن الاسم الأول هو الشائع الاستعمال. وهو غاز عديم اللون ذو طعم حلّو ورائحة طيبة، وله خصائص خانقة ومخدرة. كما أنه قابل للاشتعال عندما يتواجد في الهواء بتركيز يتراوح بين ٣.١٪ و ٣.٢٪، ولذا .. يجب ألا يصل تركيزه في هواء المخزن إلى ٣.١٪، كما

## **الفصل الثالث عشر – التخزين في الجو المتحكم في مكوناته**

يجب اتخاذ كافة الاحتياطات لمنع وجود أو تولد أى شرارة أو اشتعال أى شئ بالمخزن.

### **٢- الأكسجين:**

يؤدى انخفاض تركيز الأكسجين فى الهواء إلى ١٢٪-١٦٪ إلى التأثير على تناسق عمل العضلات فى الإنسان، مع إحداث زيادة فى معدل التنفس وعدم القدرة على التفكير. ومع انخفاض تركيز الأكسجين عن تلك الحدود يحدث التقيؤ وتزداد الأعراض السابق ذكرها حدة. وعند تركيز ٦٪ أكسجين يفقد الإنسان وعيه ويتوقف التنفس كما يتوقف القلب عن النبض. وفى المقابل فإن زيادة تركيز الأكسجين عن ٢١٪ يمكن أن يتسبب فى حدوث انفجارات فى المخزن.

### **٣- ثانى أكسيد الكربون:**

إن زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى المخازن عن التركيز الطبيعى يمكن أن يكون ضاراً بصحة من قد يتواجدون فيه. وأقصى تركيز يمكن أن يتواجد فيه الإنسان هو ٠,٥٪ للبقاء المستمر، و ١,٥٪ للبقاء لفترة لا تزيد على عشر دقائق (Thompson ١٩٩٨).

### **٤- أول أكسيد الكربون:**

يعتبر غاز أول أكسيد الكربون عديم اللون والطعم والرائحة؛ الأمر الذى يزيد من خطورته لعدم الإحساس بتواجده. وترجع خطورته إلى سميته الشديدة للإنسان (من خلال تأثيره على هيموجلوبين الدم). وقابليته الشديدة للاشتعال – مع الانفجار – عندما يتراوح تركيزه فى الهواء بين ١٢,٥٪ و ٧٤,٢٪؛ ولذا .. يتعين دائماً اتخاذ إجراءات مشددة عند استعمال هذا الغاز فى المخازن (عن Kader وآخرين ١٩٨٥).

## **العوامل المؤثرة فى تحمل الحاصلات البستانية للجو المتحكم فى مكوناته**

يمكن أن تتباين الأصناف فى مدى تحملها للتركيزات العالية من ثانى أكسيد الكربون؛ كما وجد فى الخس على سبيل المثال. كذلك يزداد التحمل للتركيزات

## تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

العالية من الغاز عند التخزين لفترات قصيرة وفي درجات الحرارة الأكثر انخفاضاً. فعلى سبيل المثال .. يتحمل الأسبرجس ثاني أكسيد الكربون بنسبة ١٠٪-١٤٪ في حرارة صفر إلى ٣°م، بينما يصل أقصى ما يتحملة من الغاز إلى تركيز ٥٪-٩٪ في حرارة ٣ إلى ٦°م، أما الفلفل الحريف فيتحمل تركيز يصل إلى ١٥٪-٢٠٪ في حرارة ٥°م، بينما لا يزيد التركيز الذي يتحملة عن ٥٪ في حرارة ١٠°م، ويمكن للأسبرجس أن يتحمل تركيزاً لغاز ثاني أكسيد الكربون يصل إلى ٦٠٪ لفترة قصيرة (Watkins ٢٠٠٠).

وتزداد التأثيرات المفيدة للجو المتحكم في مكوناته مع الخضر الثمرية المكتملة التكوين عما يكون عليه الحال مع الخضر الثمرية غير المكتملة التكوين؛ بسبب تأثير ال-CA على تأخير النضج. ويمكن لتلك المجموعة من الخضروات تحمل ٣٪-٥٪ أكسجين بدون زيادات في تركيز ثاني أكسيد الكربون. وتختلف تلك الخضر في مدى تحملها للزيادة في تركيز ثاني أكسيد الكربون. وبينما يمكن أن تظهر أضرار على ثمار الطماطم والفلفل الحلو والخيار جراء زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون على ٢٪ لمدة تزيد عن أسبوعين. فإن ثمار الكنتالوب والذرة السكرية يمكنها تحمل تركيزات تصل إلى ١٠٪-١٥٪ من ثاني أكسيد الكربون (Kader ١٩٩٦).

### الأساس البيولوجي لتأثيرات الهواء المتحكم في مكوناته

يوجد - بصورة عامة - تشابهاً بين تأثيرات التركيز المنخفض من الأكسجين والتركيز المرتفع من ثاني أكسيد الكربون على الأيض، والتي غالباً ما تكون في صورة تثبيط لمختلف العمليات الأيضية.

### ومن أبرز الاستثناءات هي هذا الشأن ما يلي،

- ١- ينخفض - عادة - معدل التنفس بانخفاض نسبة الأكسجين، ولكنه قد يثبط، أو لا يتأثر، أو يحفز زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في هواء التخزين.
- ٢- يثبط نشاط الإنزيم ACC synthase في وجود أي من التركيز المنخفض من

## الفصل الثالث عشر - التخزين في الجو المتحكم في مكوناته

الأكسجين أو المرتفع من ثاني أكسيد الكربون. أما في حالة الإنزيم ACC oxidase فإن التركيز المنخفض للأكسجين يثبّط نشاطه، بينما يحفز التركيز المنخفض من ثاني أكسيد الكربون نشاطه ويثبّط التركيز المرتفع هذا النشاط.

٣- يثبّط نشاط الإنزيم phenylalanine ammonia lyase (وهو إنزيم يلعب دوراً في أيض الفينولات) في التركيزات المنخفضة من الأكسجين، ولكنه يحفز زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في بعض الأنسجة.

٤- يعد التركيز المرتفع لثاني أكسيد الكربون مثبّطاً لفعل الإثيلين (Watkins ٢٠٠٠).

إن تعريض المنتجات البستانية لمستويات منخفضة من الأكسجين وأخرى مرتفعة من ثاني أكسيد الكربون - في المجال الذي يتحمّله كل منتج - يخفض من معدل تنفسها ومعدل إنتاجها للإثيلين، إلا أن تخطي المدى الذي يتحمّله المنتج - سواء أكان بانخفاض تركيز الأكسجين، أم بزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون - يمكن أن يتسبب في زيادة كل من معدل التنفس وإنتاج الإثيلين؛ مما يعني تعرض المنتج لحالة من الشدّ. ويمكن أن يسهم هذا الشدّ في ظهور عيوب فسيولوجية وفي زيادة القابلية للإصابة بالتحلل. هذا .. علماً بأن تأثيرات الشدّ الذي تحدّثه زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون تضيف إلى تلك التأثيرات التي يحدثها نقص تركيز الأكسجين، وأحياناً تكون تأثيراتهما تداوئية synergistic؛ بالإضافة إلى التأثيرات التي تحدثها الأضرار الكيميائية والفيزيائية، والتعرض لحرارة أو رطوبة نسبية أو لتركيزات من الإثيلين أعلى من المدى الذي يتحمّله المنتج.

وحتى نقطة معينة .. يمكن للثمار والخضروات أن تتعافى من التأثيرات الضارة للمستويات المنخفضة من الأكسجين أو المرتفعة من ثاني أكسيد الكربون (التي تنتج من أيض التخمر)، وتستعيد أيض تنفسها الطبيعي بعد نقلها إلى الهواء. كذلك يمكن للأنسجة النباتية التعافى من الشدّ الذي يحدثه التعرض لفترة قصيرة للجو المثبّط لنشاط الفطريات (الذي تزيد فيه نسبة ثاني أكسيد الكربون على ١٠٪)، أو للجو القاتل للحشرات (الذي يحتوي على أقل من ١٪ أكسجين، و ٤٠٪-٨٠٪ ثاني أكسيد الكربون).

وكما أسلفنا .. فإن زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون يثبط نشاط إنزيم ACC synthase الضرورى لتمثيل الإثيلين، بينما ينشط إنزيم ACC oxidase فى التركيزات المنخفضة من ثانى أكسيد الكربون، ويثبط فى التركيزات المرتفعة من ثانى أكسيد الكربون والمرتفعة من الأوكسجين، ويثبط فعل الإثيلين فى التركيزات المرتفعة من ثانى أكسيد الكربون.

هذا .. ويعوق الجو المتحكم فى مكوناته تمثيل الكلوروفيل (اللون الأخضر)، وتمثيل الكاروتينات (اللونين الأصفر والبرتقالى)، والأنتوسيانينات (اللونين الأحمر والأزرق). وتمثيل وأكسدة المركبات الفينولية (اللون البنى). كما يبطئ الجو المتحكم فى مكوناته نشاط الإنزيمات المحللة للجدر الخلوية، وهى التى تؤدى إلى فقد الأنسجة لصلابتها، والإنزيمات النشطة فى اللجننة التى تؤدى إلى زيادة صلابة أنسجة الخضر.

كذلك يؤدى نقص الأوكسجين وزيادة ثانى أكسيد الكربون إلى التأثير فى الطعم؛ حيث يقل فقد الحموضة، وتحول النشا إلى سكر، وتحولات السكر. وتمثيل المركبات المتطايرة المسئولة عن النكهة. هذا .. بالإضافة إلى أن الجو المتحكم فى مكوناته يحافظ على فيتامين ج والفيتامينات الأخرى من الفقد؛ مما يعنى المحافظة على القيمة الغذائية للمنتج.

تؤدى حالات الشد الشديدة للهواء المتحكم فى مكوناته إلى خفض pH السيتوبلازم، ومستوى الـ ATP، وتقليل نشاط الإنزيم pyruvate dehydrogenase، بينما يزداد نشاط الإنزيمات: pyruvate decarboxylase، و alcohol dehydrogenase، و lactate dehydrogenase. ويؤدى ذلك إلى تراكم الأسيئالدهيد، والكحول الإثيلى، وخلات الإثيل. وحامض اللاكتيك، وهى التى تضر بالمنتجات حسب حساسيتها. وتتوقف استجابة المنتج للهواء المتحكم فى مكوناته على كل من الصنف، ودرجة اكتمال النمو. ومرحلة النضج. وحرارة التخزين، ومدة التخزين، وتركيز الإثيلين.

يعد النيتروجين أحد المكونات الخاملة للهواء المتحكم فى مكوناته ويؤدى استبداله بغاز الأرجون أو الهليوم إلى احتمال زيادة نفاذية غازى ثانى أكسيد الكربون والإثيلين فى الأنسجة النباتية، إلا أنهما – أى الأرجون والهليوم – ليس لهما تأثير مباشر على

## الفصل الثالث عشر – التخزين في الجو المتحكم في مكوناته

الأنسجة النباتية، كما أنهما أكثر تكلفة عن النيتروجين كمكونات خاملة بالهواء المتحكم في مكوناته.

إن التركيزات العالية جداً من الأكسجين التي تصل إلى ٨٠٪ ربما تسرع من عملية اختفاء اللون الأخضر degreening الذي يحدثه الإثيلين في الثمار غير الكلايكتيرية، كما يُسرّع نضج الثمار الكلايكتيرية، ومعدل التنفس وإنتاج الإثيلين، وظهور بعض العيوب الفسيولوجية (مثل التبقع الصدئ في الخس). وفي مستويات من الأكسجين تزيد على ٨٠٪ تتعرض بعض المنتجات والمسببات المرضية للتسمم. وغالباً فإن استعمال تلك التركيزات العالية جداً من الأكسجين سيبقى مقصوراً على الحالات التي يقلل فيها الأكسجين التأثيرات السلبية للتركيزات العالية من ثاني أكسيد الكربون (التي تستعمل لوقف نمو الفطريات) عندما تكون المنتجات حساسة لزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون (Kader ٢٠٠٤).

**ويمكن إيجاز تأثير انخفاض تركيز الأوكسجين وزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون فيما يلي،**

**أولاً: تأثير انخفاض تركيز الأوكسجين**  
**يكون لانخفاض تركيز الأوكسجين التأثيرات التالية،**

- ١- انخفاض معدل التنفس.
- ٢- انخفاض أكسدة المواد الأولية.
- ٣- تأخير نضج الثمار الكلايكتيرية.
- ٤- زيادة طول فترة الصلاحية للتخزين.
- ٥- تأخير تحلل الكلوروفيل.
- ٦- خفض معدل إنتاج الإثيلين.
- ٧- تغيرات في تمثيل الأحماض الدهنية.
- ٨- انخفاض معدل تحلل البكتينات الذاتية.
- ٩- تكوين طعم وروائح غير مرغوب فيها.

١٠- تغيرات فى القوام.

١١- تكوين عيوب فسيولوجية.

**ثانياً: تأثير زاوية تركيز ثاني أكسيد الكربون:**

**يحون لزراعة تركيز ثاني أكسيد الكربون التأثيرات التالية:**

١- انخفاض تفاعلات التمثيل فى الثمار الكلايمكتيرية.

٢- تأخير بدء النضج.

٣- تثبيط بعض التفاعلات الإنزيمية.

٤- خفض إنتاج بعض المركبات العضوية العطرية.

٥- تغيرات فى أيض بعض الأحماض العضوية.

٦- خفض معدل تحلل المواد البكتينية.

٧- منع تحلل الكلوروفيل.

٨- تكوين طعم غير مقبول.

٩- حث تكوين عيوب فسيولوجية.

١٠- تثبيط النمو الفطرى على المنتج.

١١- تثبيط فعل الإثيلين.

١٢- تغيرات فى محتوى السكر (فى البطاطس).

١٣- تأثيرات على التزريع (البطاطس).

١٤- المحافظة على غضاضة المنتج.

١٥- إبطاء التغيرات التالية للحصاد.

١٦- تقليل التغيرات اللونية.

**ومن أهم العيوب الفسيولوجية التى تمتثلها زراعة تركيز ثاني أكسيد**

**الكاربون ما يلى:**

١- القلب البنى، والانهيار الداخلى المصاحب للحرارة المنخفضة فى التفاح.

٢- تنقير الفول الرومى.

- ٣- إسراع الطراوة وظهور طعم غير مرغوب فيه في البروكولي.
- ٤- التلون الداخلى في الكرنب.
- ٥- التلون البنى الداخلى فى الفلفل.
- ٦- تكون طعم غير مرغوب فيه فى الكيوى، والسبانخ، والفراولة.
- ٧- الصبغة البنية فى الخس.
- ٨- تغير لون القلنسوة فى عيش الغراب.
- ٩- منع المعالجة فى البطاطس.
- ١٠- عدم انتظام النضج وظهور تلطحات سطحية فى الطماطم (Thompson ٢٠٠٣).

### تكوين الجو المتحكم في مكوناته

يمكن تكوين الجو المتحكم فى مكوناته بضخّ تيار من الهواء يحتوى على النسب المرغوب فيها من كل من الأوكسجين، وثانى أكسيد الكربون، والنيتروجين. ولا تكون المخازن فى هذه الحالة محكمة الإغلاق. ويتم توفير النسب المرغوب فيها من الغازات عن طريق احتراق أى من غازى البروبان propane، أو الميثان methane. ونظراً لأن خليط هذه الغازات يتخلل المنتج المخزن، ثم يخرج من خلال منافذ التهوية بصورة دائمة؛ لذا .. فإنه لا توجد عند اتباع هذه الطريقة مشاكل تتعلق بتراكم غاز الإثيلين، كما لا توجد حاجة إلى استعمال المركبات التى تمتص غاز ثانى أكسيد الكربون (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

أما غاز أول أكسيد الكربون فإنه يضاف باستعمال اسطوانات (أنابيب) الغاز المضغوط بعد خلطه مع النيتروجين؛ لكى لا يزيد على ١٠٪.

ويعطى Kader وآخرون (١٩٨٥) مزيداً من التفاصيل عن خلط الغازات وقياس نسبتها فى هواء المخازن.

وعندما تطول كثيراً فترة التخزين فى الجو المتحكم فيه، فإنه تلزم - حينئذٍ - إزالة الإثيلين الذى يتراكم فى جو المخزن، ويستعمل لذلك مركبات ماصة للغاز؛ مثل

برمنجنات البوتاسيوم منفردة، أو مع الفحم (الشاركول)، مع إمرار هواء المخزن من خلال فلاتر تحتوى على تلك المواد، وتجديد المواد ذاتها من حين لآخر.

وتجدر الإشارة إلى أن استعمال الأوزون لأكسدة الإثيلين لا يمكن تحقيقه فى هذه المخازن؛ لأن عملية الأكسدة تتطلب توفر الأكسجين بتركيزات أعلى من تلك التى تتواجد فى المخازن ذات الجو المعدل.

### استخدامات الجو المتحكم فى مكوناته

تزداد أهمية التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته فى إطالة فترة احتفاظ الخضرا بجودتها عندما تكون درجة حرارة التخزين غير ملائمة للمنتج، وعندما تكون فترة التخزين المطلوبة أطول مما يُمكن من تأمينها بوسائل التخزين الأخرى. فمثلاً.. لا يكون التخزين فى الجو المعدل اقتصادياً إذا رُغب فى تخزين الخس لمدة ٧ أيام فى حرارة صفر -٢,٢ م. أما إذا شحن محصول الخس من بلد لآخر واستغرق ذلك ثلاثين يوماً. فإن وضع المحصول فى الجو المعدل يكون أمراً اقتصادياً حتى لو كان التخزين فى الحرارة المنخفضة. كما يكون الجو المعدل اقتصادياً كذلك لو أريد المحافظة على المحصول بحالة جيدة لمدة ٧ أيام فى مخازن لا يمكن - عملياً - خفض حرارتها عن ٥-٧,٢ م.

ويتعين دائماً ملاحظة أن نسب الغازات المناسبة للتخزين تختلف كثيراً باختلاف المحصول والصفة المخزن. ودرجة حرارة التخزين، وطول فترة التخزين المطلوبة.

**وفيما يلى أمثلة لاستخدامات الجو المتحكم فى مكوناته فى تخزين محاصيل الخضرا:**

#### ١- الطماطم:

تمكن Parsons وآخرون (١٩٧٠) من تخزين ثمار الطماطم الخضراء المكملة التكوين مدة ٦ أسابيع فى جو معدل به ٣٪  $O_2$ ، و صفر٪  $CO_2$  مع حرارة ١٣ م. وعندما رفعت نسبة  $CO_2$  إلى ٣٪ أو ٥٪ مع الاحتفاظ بالنسبة المنخفضة من الأكسجين لم يحدث نقص

## الفصل الثالث عشر - التخزين فى الجو المتدكم فى مكوناته

فى نسبة العفن، بل حدث - أحياناً - ضرر من CO<sub>2</sub>. وعندما نقلت الثمار الخضراء إلى الجو العادى بعد ٦ أسابيع من التخزين تحت هذه الظروف، تلونت بصورة طبيعية.

وقد تُبْطِئ التلوين فى ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين خلال سبعة أسابيع من التخزين على ١٢,٥ م° وحوالى ٩٠٪ رطوبة نسبية عندما تكون الهواء من ١٪ أكسجين + صفر٪ ثانى أكسيد كربون. وقد كانت الثمار أفضل طعمًا عما كان طعمها فى حالة التخزين فى تركيبات أعلى من الأكسجين (٣٪ أكسجين + ٣٪ أو ٥٪ ثانى أكسيد كربون) (عن Adamicki ١٩٩٧).

### ٢- الفراولة:

تخزن الفراولة بحالة جيدة لمدة ٧-١٠ أيام فى الصفر المئوى، ولمدة ٣-٥ أيام فى حرارة ٥ م°، ولمدة ١-٢ يوم فى حرارة ٢١ م°. ويمكن زيادة فترة التخزين إلى الضعف. مع وقف عفن الثمار بالتخزين فى جو معدل به ٢٠٪ CO<sub>2</sub>. ويفيد ذلك عند الشحن فى الحرارة المرتفعة نسبيًا.

### ٣- الخس:

تظهر على عروق الخس أثناء التخزين على حرارة ٢-٥ م° بقع عديدة ذات لون بنى محمر. وتعرف هذه الظاهرة باسم التبقع الصدئ russet spotting. ويحدث ذلك أثناء الشحن، وفى المخازن المبردة، وحتى لدى المستهلك فى الثلاجات المنزلية. ويمكن الحد من هذه الظاهرة كثيرًا بتخزين الخس فى جو معدل به ٢٪-٦٪ O<sub>2</sub>. علمًا بأن التركيزات الأقل من ذلك تضر بالخس، والأعلى من ذلك لا تجدى؛ فلا تجب زيادة نسبة CO<sub>2</sub>؛ لأن ذلك عديم الفائدة بالنسبة لظاهرة التبقع الصدئ، بل إن زيادته قد تحدث أضرارًا شبيهة بهذه الحالة (Lipton ١٩٧٥).

كذلك احتفظ الخس بلون الأوراق الأخضر ومحتواه العالى من حامض الأسكوربيك لمدة ٢١ يومًا على ١ م° عندما كان التخزين فى ١٪ أكسجين + ٣٪ ثانى أكسيد كربون.

٤- الفلفل:

كانت أعلى نسبة من ثمار الفلفل الأخضر الصالحة للتسويق بعد ٦ أسابيع من التخزين على ٨ م° عندما تكون هواء المخزن من ٣٪ أكسجين + صفر ٪ ثاني أكسيد كربون. وأدى التخزين في ٣٪ أكسجين + ٥٪ ثاني أكسيد كربون إلى زيادة الإصابة بالأعفان خلال فترة التخزين على ٢٠ م°.

٥- الكرنب الصيني:

احتفظ الكرنب الصيني بصلاحيته للتسويق (ولكن مع بعض الفقد جراء الحاجة للتقليم) لمدة ١٠٠ يوم على الصفر المئوى مع ١,٥٪ أو ٣٪ أكسجين + ٢,٥٪ ثاني أكسيد كربون، حيث قل الاصرار والفقد فى الكلوروفيل.

٦- احتفظ البصل (الأبصال) بجودته بصورة أفضل فى ٠,٧٥٪ أو ١٪ أكسجين + ٢٪ ثاني أكسيد كربون، حيث قل التبرعم ونمو الجذور على مدى ٣٣ أسبوعاً من التخزين على الصفر المئوى (Adamicki ١٩٩٧).

٧- الكرنب:

يعتبر الكرنب من أصلح الخضروات للتخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته. ومن دراسات Isenberg & Sayles (١٩٦٩) وجدا أنه عند التخزين فى حرارة الصفر المئوى. كان الجو المعدل (٥٪ CO<sub>2</sub> و ٥٪ O<sub>2</sub>) أفضل من الهواء العادى. وقد ازدادت فترة التخزين عند إنقاص نسبة الغازين (CO<sub>2</sub>، O<sub>2</sub>) إلى ٢,٥٪ لكل منهما، لكن صاحبت ذلك زيادة حلاوة أوراق الكرنب. وكان أفضل جو معدل هو المحتوى على ٥٪ CO<sub>2</sub> و ٥٪ O<sub>2</sub>؛ حيث كانت فترة التخزين أطول ما يمكن، مع احتفاظ الرؤوس بالطعم العادى. إلا أن الأصناف اختلفت فى مدى مقدرتها على التخزين تحت هذه الظروف.

**التطبيقات التجارية للجو المتحكم فى مكوناته**

إن أكبر تطبيق لاستعمال الجو المتحكم فى مكوناته هو فى تخزين التفاح والكمثرى على المستوى العالمى، وبدرجة أقل فى تخزين الكرنب. والبصل الحلو (غير الحار)،

## الفصل الثالث عشر - التخزين في الجو المتحكم في مكوناته

والكيوى، والأفوكادو، والكاكى، والرمان، والنقل، والفاكهة والخضر المجففة. كذلك يستعمل الهواء المتحكم في مكوناته في رحلات الشحن التي تستغرق وقتاً طويلاً (الشحن البحري) لكل من التفاح والأسبرجس، والأفوكادو، والبروكولى، والتين، والكيوى، والمانجو، والكنتالوب، والنكتارين، والخوخ. والكمثرى، والبرقوق، والفراولة (Kader ٢٠٠٤).

**وتقسم الحاصلات البستانية حسب المدة التي يمكن أن تحتفظ خلالها بوجودها أثناء تخزينها في الجو المتحكم في مكوناته، كما يلي:**

المنتجات	مدة التخزين (شهر)
اللوز - الكاجو - البكان - الفستق - الجوز - الخضر والفاكهة المجففة.	١٢ <
بعض أصناف التفاح والكمثرى الأوروبية.	١٢-٦
الكرنب - الكرنب الصينى - الكيوى - الكاكي - الرمان - وبعض أصناف الكمثرى الآسيوية.	٦-٣
الزبدية - الوز - الكريز - العنب (نون الحاجة إلى ثانى أكسيد الكبريت) - المانجو - الزيتون - البصل (الأصناف الحلوة) - بعض أصناف النكتارين - الخوخ - البرقوق - الطماطم الخضراء المكتملة التكوين.	٣-١
الأسبرجس - البروكولى - التين - الكنتالوب - البابا - الأناناس - الفراولة - الذرة السكرية - الخضر والفاكهة الطازجة المجهزة للمستهلك - بعض زهور القطف.	١ >

### نسب الأكسجين وثانى أكسيد الكربون المناسبة لتخزين الحاصلات البستانية

يوضح جدول (١٣-١) الظروف المناسبة لتخزين مختلف الحاصلات البستانية في الجو المتحكم في مكوناته من حيث نسبة غازى الأكسجين وثانى أكسيد الكربون، ودرجة الحرارة، مع بيان الأهمية النسبية للتخزين بهذه الطريقة في كل محصول.

## تداول الحاصلات البستانية - تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

جدول (١٣-١): ملخص بعوصيات الظروف المناسبة لتخزين الحاصلات البستانية في الجو المتحكم في مكوناته (عن Kader ١٩٨٦، و ١٩٩٦، و ٢٠٠١، و Saltveit ٢٠٠١، و Smith وآخرين ٢٠٠٣).

المحصول	الحرارة (م)	الأكسجين (%)	ثاني أكسيد الكربون (%)	الأهمية النسبية للتخزين بهذه الطريقة وملاحظات
التفاح	٥-٥	٣-٢	٣-٢	
المشمس	٥-٥	٣-٢	٢-١	
الزبدية	١٣-٥	٥-٢	١٠-٣	يستفاد منها في الشحن البحري
الموز	١٥-١٢	٥-٢	٥-٢	يستفاد منها في الشحن البحري
الكريز	٥-٥	١٠-٣	١٥-١٠	يستفاد منها في الشحن البحري
الجريب فروت	١٥-١٠	١٠-٣	١٠-٥	
الكيوي	٥-٥	٢-١	٥-٣	يستفاد منها في الشحن البحري مع ضرورة خفض تركيز الإيثيلين إلى أقل من ٢٠ جزءاً في المليون.
المانجو	١٥-١٠	٧-٣	٨-٥	يستفاد منها في الشحن البحري
الباياض	١٥-١٠	٥-٢	٨-٥	
البرقوق	٥-٥	٢-١	٥-٥	استعمال محدود
الكمثري	٥-٥	٣-٢	١-٥	
الأناناس	١٣-٨	٥-٢	١٠-٥	
الفراولة	٥-٥	١٠-٥	٢٠-١٥	يستفاد منها في الشحن البحري
الأسبرجس	٥-٥	٢٠	١٠-٥	شائعة الاستعمال
الفاصوليا الخضراء	١٠-٥	٣-٢	١٠-٥	قليلة الفائدة ويستفاد منها في التخزين المؤقت لأجل التصنيع.
البروكولي	٥-٥	٢-١	١٠-٥	شائعة الاستعمال ومفيدة
كرنب بروكسل	٥-٥	٢-١	٧-٥	قليلة الفائدة
الكرنب	٥-٥	٥-٣	٧-٥	شائعة الاستعمال ومفيدة
الكنتالوب	٧-٣	٥-٣	١٥-١٠	متوسطة الفائدة، خاصة أثناء الشحن
القنبيط	٥-٥	٥-٢	٥-٢	قليلة الفائدة

## الفصل الثالث عشر - التخزين في الجو المتحكم في مكوناته

تابع جدول (١٣-١).

الأممية النسبية للتخزين بهذه الطريقة وملاحظات	ثاني أكسيد الكربون (%)	الأكسجين (%)	الحرارة (م)	الحصول
قليلة الفائدة	١٠-٥	٤-٢	صفر-٥	الذرة السكرية
قليلة الفائدة	١ >	٥-٣	١٢-٨	الخيار
متوسطة الفائدة، خاصة أثناء الشحن	١ >	٥-٣	١٢-١٠	شهد العسل
متوسطة الفائدة	صفر	٥-٢	صفر-٥	الخس
متوسطة الفائدة	١٥-١٠	٢١-٣	صفر-٥	عيش الغراب
قليلة الفائدة	٥-٢	٥-٣	١٢-٨	الفلفل الحلو
قليلة الفائدة	صفر-٥	٥-٣	١٢-٨	الفلفل الحريف
قليلة الأهمية	١٠-٥	١٠-٧	صفر-٥	السبانخ
قليلة الأهمية وتفيد أثناء الشحن	٣-٢	٥-٣	٢٠-١٢	الطماطم المكتملة التكوين
متوسطة الأهمية، وخاصة أثناء الشحن	٥-٣	٥-٣	١٢-٨	الطماطم الناضجة جزئياً
متوسطة الفائدة	٣-٢	٣-٢	صفر-٥	الخرشوف
قليلة الفائدة	صفر-٥	٢-١	صفر-٥	الكرنب الصيني
قليلة الفائدة	٣-٢	٤-٢	صفر-٥	السيليريك
قليلة الفائدة	٥-٣	٤-١	صفر-٥	الكرفس
متوسطة الفائدة	٦-٤	١٠-٥	صفر-٥	الأعشاب
قليلة الفائدة	٥-٢	٢-١	صفر-٥	الكرات
شائعة الاستعمال ومفيدة	٢٠-٥	٥-١	صفر-٥	الخس المجهز للمستهلك
قليلة الفائدة	١٠-٤	٥-٣	١٢-٧	البامية
متوسطة الفائدة	صفر-١٠	٢-١	صفر-٥	بصل الأبطال
قليلة الفائدة	صفر-٥	٣-٢	صفر-٥	البصل الأخضر
قليلة الفائدة	١٠-٨	١٠-٨	صفر-٥	البقدونس
قليلة الفائدة	٣-٢	٢-١	صفر-٥	الفجل (جذور)
قليلة الفائدة (أثناء الشحن خاصة)	٣-٢	٣-٢	صفر-٥	البسلة السكرية
قليلة الفائدة	٥-٤	٤-٣	صفر-٥	الهندباء البلجيكية
تستخدم قليلاً في الشحن البحري	٢٠-١٢	٥-٢	صفر-٥	البلويري

تداول الحاصلات البستانية - تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

تابع جدول (١٣-١).

المحصول	الحرارة (م)	الأكسجين (%)	ثاني أكسيد الكربون (%)	الأهمية النسبية للتخزين بهذه الطريقة وملاحظات
التين	صفر-٥	١٠-٥	٢٠-١٥	استخدام قليل في الشحن البحري
العنب	صفر-٥	٥-٢	٣-١	لا تتوافق مع التبخير بالـ SO <sub>2</sub>
	أو صفر-٥	١٠-٥	٢٠-١٥	بديل للتبخير بالـ SO <sub>2</sub> أثناء الشحن البحري حتى أربعة أسابيع
الجوافة	١٥-٥	٥-٢	صفر-١	
الليمون الأضاليا	١٥-١٠	١٠-٥	صفر-١٠	
الليمون البنزهيير	١٥-١٠	١٠-٥	صفر-١٠	
النكتارين	صفر-٥	٢-١	٥-٣	يستفاد منها في الشحن البحري
	أو صفر-٥	٦-٤	١٧-١٥	يستفاد منها في تقليل أضرار البرودة (الانهيار الداخلي) في بعض الأصناف
الزيتون	١٠-٥	٣-٢	صفر-١	استعمال محدود لإطالة موسم التصنيع
البرتقال	١٠-٥	١٠-٥	صفر-٥	
الخوخ	صفر-٥	٢-١	٥-٣	استعمال محدود في الشحن البحري وأثناء موسم التصنيع
	أو صفر-٥	٦-٤	١٧-١٥	لخفض شدة الإصابة بالتحلل الداخلي (أضرار البرودة) في بعض الأصناف
الكاكي	صفر-٥	٥-٣	٨-٥	استعمال محدود
الرمان	١٠-٥	٥-٣	١٥-١٠	
الراسبري	صفر-٥	١٠-٥	٢٠-١٥	يستعمل أثناء الشحن
الجزر	صفر-٥	٥-٢	٥-٢	متوسطة الفائدة

التخزين تحت تفريغ جزئي

نال التخزين تحت تفريغ جزئي hypobaric (أو partial vacuum) اهتمام الباحثين؛ نظراً لأنه يحقق المزايا التالية:

## الفصل الثالث عشر – التخزين في الجو المتحكم في مكوناته

- ١- التخلص المستمر من غاز الإثيلين فلا يتراكم أبدًا في جو المخزن؛ ويفيد ذلك في تقليل معدل تدهور المنتجات المخزنة. كما يسمح بتخزين خضر مثل الكرنب والجزر في حرارة واحدة مع ثمار منتجة للإثيلين مثل التفاح.
- ٢- خفض ضغط الأكسجين جزئيًا؛ فيقل بذلك معدل وصول الثمار إلى مرحلة اكتمال النضج.
- ٣- تعمل هذه الظروف على ببطء فقد الخضروات الورقية وغيرها من الخضروات – مثل البروكولي – لونها الأخضر.
- ٤- يعد وسيلة سهلة للتحكم في الرطوبة النسبية؛ إما قريبًا من التشبع للخضر الورقية، وإما في المستوى المنخفض المناسب لبعض الخضر مثل البصل (عن Salunkhe & Desai 1984).

نجد أنه مع انخفاض الضغط داخل المخزن ينخفض كذلك الضغط النسبي للأكسجين، ومن ثم يقل تيسره للمنتج بمقدار يتناسب مع النقص في الضغط. ومن أكبر تحديات تلك التقنية أن الرطوبة النسبية يجب أن تبقى – دائمًا – عالية جدًا، وإلا فقدت المنتجات الطازجة المخزنة رطوبتها بمعدلات عالية؛ ذلك لأن انخفاض الضغط المخزن يعني انخفاض درجة غليان الماء؛ بما يعنى أن رطوبة أنسجة الخضر والفاكهة يمكن أن تتبخر بسرعة متزايدة. ولهذا السبب فإن الهواء المدخل إلى المخزن يجب أن تكون رطوبته النسبية قريبة من درجة التشبع، فإذا قلت عن ذلك يمكن أن يحدث جفاف شديد للمنتج (Thompson 1998).

إن بخار الماء في هواء المخزن يجب أن يؤخذ في الحسبان عند حساب الضغط النسبي للأكسجين في المخزن. وللتعامل مع هذا الأمر يجب قياس الرطوبة النسبية في المخزن ثم حساب الفرق في ضغط بخار الماء (اختصارًا: VPD) من اللوحة السيكرومترية psychrometric chart، ومن ثم يدخل في المعادلة التالية:

$$P_1 - VPD \times 21/P_0 = PPO_2$$

حيث إن :

$P_0$  = الضغط الجوي الخارجى فى الحرارة العادية.

$P_1$  = الضغط الجوى داخل المخزن.

VPD = الفرق فى ضغط بخار الماء داخل المخزن.

$PPO_2$  = الضغط الجزئى للأكسجين partial pressure of  $O_2$  داخل المخزن.

ويتم خفض الضغط داخل المخزن باستعمال مضخة تحدث تفريغ بطرد الهواء خارج المخزن. يتسبب هذا الإجراء فى حد ذاته فى تغيير دائم لهواء المخزن (لا يوجد مخزن محكم الإغلاق بنسبة ١٠٠٪)؛ مما يؤدي إلى التخلص من الغازات التى ينتجها المحصول المخزن أولاً بأول. ويتم إحداث التوازن بين الهواء الداخلى والهواء المسحوب لتحقيق الضغط المنخفض المطلوب داخل المخزن.

يتعين تصميم هذه النوعية من المخازن لتتحمل الضغط المنخفض دون أن ينهار داخلياً، ويتحقق ذلك بأن يستخدم فى الإنشاء ألواح من الصلب.

ويمكن التحكم فى مستوى الأكسجين فى المخزن وقياسه بسهولة وبدقة، وذلك عن طريق قياس الضغط داخل المخزن باستعمال مقياس الضغط المنخفض vacuum gauge.

وإذا ما استعملت درجة الحرارة المناسبة للمحصول، فإن التخزين تحت ضغط منخفض يطيل من فترة بقاء المنتج بحالة جيدة (جدول ١٣-٢)، وإن لم يمكن التثبيت من هذا التأثير فى كل الحالات (Thompson ١٩٩٨)؛ ففى إحدى الدراسات، لم يمكن الحصول على أى فروق تذكر بين الحاصلات المعبأة فى العبوات العادية وتلك المعبأة تحت تفريغ حتى ٥٠ كيلو باسكال. وقد اشتملت تلك الدراسة على الكرفس والخس والبروكولى والعنب والفاصوليا الخضراء والكتنالوب والفراولة على ٤ م<sup>٣</sup>، والبروكولى والبامية والطماطم على ٨ م<sup>٣</sup> (Knee & Aggarwal ٢٠٠٠).

### التخزين تحت ضغط أعلى من الضغط الجوى

يعد تعريض الخضر والفاكهة لضغط أعلى من الضغط الجوى من تقنيات ما بعد

## الفصل الثالث عشر - التخزين في الجو المتحكم في مكوناته

الحصاد. ويمكن أن يصل الضغط الزائد - أحياناً - حتى ٩٠٠٠ ضغط جوى، وهو لا يفيد إلا في مكافحة الكائنات الدقيقة، ويجرى لفترات قصيرة. ولكن قد يستخدم الضغط المرتفع أثناء التخزين hyperbaric storage؛ فقد أمكن شحن المشروم تحت ٣٥ ضغط جوى دون أن يحدث له أى ضرر، كما لم يتأثر معدل تنفس المشروم بالضغط العالى، ولكن فقدته للرطوبة أثناء التخزين انخفضت جوهرياً بالضغط العالى.

جدول (١٣-٢): مقارنة مدى صلاحية بعض المنتجات البستانية للتخزين في كل من الجو العادى، والجو المتحكم في مكوناته، وتحت ضغط منخفض (عن Burg ٢٠٠٤).

أقصى فترة تخزين (يوم)			
المحصول	الجو العادى	الجو المتحكم في مكوناته	تحت ضغط منخفض
التفاح	٢٠٠	٣٠٠	٣٠٠ <
الأسبرجس	٢١-١٤	فائدة قليلة - روائح منفرة	٤٢-٢٨
الزبدية	٣٠	٦٠-٤٢	١٠٢
الموز	٢١-١٤	٥٦-٤٢	١٥٠
أزهار القرنفل	٤٢-٢١	عديم الفائدة	١٤٠
الكريز	٢١-١٤	٣٥-٢٨	٧٠-٥٦
الخيار	١٤-٩	< ١٤ فائدة قليلة	٤٩
الفلفل الحلو	٢١-١٤	عديم الفائدة	٥٠
الليمون الأضاليا	٢٨-١٤	فقد العصير	٩٠ <
المانجو	٢١-١٤	عديم الفائدة	٤٢
عيش الغراب	٥	٦	٢١
الباباظ	١٢	< ١٢ فائدة قليلة	٢٨
الكمثرى	٦٠	١٠٠	٢٠٠
أزهار البروطية protea	> ٧	عديم الفائدة	٣٠ <
الورد	١٤-٧	عديم الفائدة	٤٢
السبانخ	١٤-١٠	فائدة قليلة	٥٠
الفراولة	٧	< ٧ روائح منفرة	٢١
طماطم (خضراء مكتملة التكوين)	٢١-٧	٤٢	٨٤

إن تعرض منتجات الخضر الطازجة المخزنة لتركيزات عالية من الأكسجين يمكن أن يحفز بعض تأثيرات الإثيلين، بما في ذلك تأثيره على النضج والشيخوخة وعلى العيوب الفسيولوجية التي يستحثها الإثيلين، مثل مرارة الجزر والتبقع الصدئ في الخس. وبينما تثبط التركيزات العالية من الأكسجين نمو بعض الأنواع البكتيرية والفطرية. فإن ذلك التأثير يكون أقوى إذا ما صاحبت الزيادة في تركيز الأكسجين (٣٠-٨٠ كيلو باسكال) زيادة أخرى في تركيز ثاني أكسيد الكربون (١٥-٢٠ كيلو باسكال) (Kader & Ben-Yehoshua ٢٠٠٠).

الفصل الرابع عشر

التعبئة والتخزين والشحن في جو معدل

إن الجو المعدل modified atmosphere (اختصاراً: MA) هو الجو الذى ينخفض فيه تركيز الأوكسجين عن التركيز الطبيعى (٢١٪)، ويزيد فيه تركيز ثانى أكسيد الكربون عن التركيز الطبيعى (٠,٠٣٪)، ولكن لا يتم التحكم فى نسب الغازين بصورة دقيقة كما فى حالة الجو المتحكم فى مكوناته controlled atmosphere (اختصاراً: CA – موضوع الفصل الثالث عشر).

ويتم توفير الجو المعدل بعدة وسائل – هى موضوع هذا الفصل – وأكثرها شيوعاً التعبئة فى عبوات من أغشية خاصة تسمح بنقص تركيز الأوكسجين فى هواء العبوة – تدريجياً – إلى المستوى المناسب، فى الوقت الذى يزيد فيه – تدريجياً كذلك – تركيز ثانى أكسيد الكربون فى هواء العبوة إلى المستوى المناسب، وتعرف تلك العبوات باسم “عبوات الجو المعدل” modified atmosphere packages (اختصاراً: MAP).

إن تعبئة الخضر والفاكهة الطازجة فى عبوات الجو المعدل يعنى بها وضع المنتجات النشطة فى التنفس داخل عبوات من أغشية بوليمرية polymeric films مع لحامها لى يصبح الهواء داخل العبوة معدلاً مع تنفس المنتج بداخلها؛ حيث ينخفض تركيز الأوكسجين، ويزداد فى الوقت ذاته تركيز ثانى أكسيد الكربون؛ فينخفض بذلك أيض المنتج وما قد يوجد به من مسببات مرضية؛ فتزداد فترة تحمله للتخزين. وإلى جانب ذلك التأثير للـ MAP فإنها تعمل على تحسين المحافظة على رطوبة المنتج، التى قد يكون لها تأثير أكبر على حفظ جودته عن تأثير الهواء المعدل. هذا إلى جانب أن العبوات تعزل المنتج عن الجو الخارجى؛ بما يمنع تعرضه لأى ملوثات مرضية خارجية (Mir & Beaudry ٢٠٠٤).

وتستعمل لذلك أغشية رقيقة نسبياً (١٠ ميكرون) لتوفير حاجز أمام فقد بخار الماء دون التأثير فى انتشار أى من الأوكسجين أو ثانى أكسيد الكربون أو الإيثيلين.

## نظريات تكوين الجو المعدل في عبوات الجو المعدل

عندما يُحكم إغلاق وزن معين من المنتج الطازج داخل عبوة بلاستيكية، فإنها تستهلك ما بداخل العبوة من أكسجين – تدريجياً – فى الوقت الذى تُنتج فيه ثانى أكسيد الكربون بفعل التنفس. ومع انخفاض تركيز الأكسجين بداخل العبوة إلى أقل من ١٠٪ ينخفض معدل التنفس وينخفض معه استهلاك الأكسجين. وفى الوقت ذاته يتحرك الأكسجين الخارجى من خلال غشاء العبوة إلى داخلها، فى الوقت الذى ينتشر فيه ثانى أكسيد الكربون نحو الخارج. وتكون حركة الأكسجين وثانى أكسيد الكربون عبر الغشاء متناسبة مع الانخفاض فى تركيز الأكسجين والزيادة فى تركيز ثانى أكسيد الكربون.

### هذا إلا أن معدل استهلاك الأكسجين يعتمد على العوامل التالية:

- ١- وزن المنتج فى العبوة.
  - ٢- درجة الحرارة.
  - ٣- معدل تنفس المنتج، وهو الذى يختلف – طبيعياً – باختلاف المنتج والصنف وظروف الإنتاج، وظروف الإنتاج، ومعاملات التداول بعد الحصاد.
  - ٤- معدل انتشار غازى الأكسجين وثانى أكسيد الكربون خلال غشاء العبوة؛ الأمر الذى يتوقف على ضغط غازى الأكسجين وثانى أكسيد الكربون داخل وخارج العبوة. يتوقف معدل حركة الأكسجين خلال الغشاء على مساحة سطح العبوة، وسمك الغشاء وطبيعته الكيميائية. ويمكن زيادة نفاذية الغشاء بتثقيبته بثقوب دقيقة (كما فى المنتج التجارى LifeSpan) تسمح بنفاذ الأكسجين إلى داخل العبوة بالقدر المناسب.
- ويحدث الثبات فى محتوى هواء الـ MAP عندما يكون استهلاك المنتج داخل العبوة من الأكسجين مساوٍ لما يمر من خارج العبوة إليها، وعندما يكون إنتاج المنتج من ثانى أكسيد الكربون مساوٍ لما يمر منه خلال غشاء العبوة إلى الهواء الخارجى؛ الأمر الذى يحدث عند ثبات معدل التنفس. وهذه العملية يمكن التحكم فيها بتعديل مخلوط الغازين فى هواء العبوة وقت إحكام غلقها.

ولدرجة الحرارة تأثيرها ليس فقط على معدل تنفس المنتج المعبأ، ولكن كذلك على مدى نفاذية غشاء العبوة لكل من الأكسجين وثنائى أكسيد الكربون، حيث تزداد بشدة مع ارتفاع درجة الحرارة (Beaudry ٢٠٠٠ . و Mir & Beaudry ٢٠٠٤).

ويتم التحكم فى حرارة المنتج داخل الـ MAP بتمرير الهواء البارد حول العبوات، علماً بأن الغشاء وما بداخله من هواء يمنعا توصيل الحرارة ويبطئان من كفاءة عملية التبريد. ولذا.. يجب ألا تزيد المسافة بين الغشاء الخارجى ومركز المنتج المعبأ فيها عن قدر معين للمحافظة على برودة المنتج؛ الأمر الذى يتناسب عكسياً بزيادة معدل تنفس المنتج، فبينما يجب ألا تزيد تلك المسافة عن ١٤سم فى البروكولى للمحافظة على حرارته على ١م، فإنها يمكن أن تزيد فى الكمثرى إلى ٥٠سم (عن Mir & Beaudry ٢٠٠٤).

إن أصعب ما فى تقنية عبوات تحوير الجو MAP هو التوصل إلى الجو الثابت المناسب داخل العبوة؛ ذلك لأن الجو دائم التغيير ويصعب التحكم فيه.

وتعد الحرارة أكثر العوامل المؤثرة فى حالة توازن الجو. ولسوء الحظ فإن سلسلة التبريد لا يُحافظ عليها بصورة دائمة خلال كل مراحل التسويق. ويؤدى كسر تلك السلسلة فى أى مرحلة – مثل أثناء التحميل أو التفريغ – إلى رفع حرارة المنتج، ويؤدى ذلك الارتفاع – ولو لدرجات قليلة – إلى زيادة معدل التنفس وانخفاض تركيز الأكسجين تحت المستوى الموصى به؛ مما قد يحفز التنفس اللاهوائى، مع ما يرافق ذلك من تكوين طعم كحولى غير مرغوب فيه، وعدم صلاحية المنتج للتسويق.

إن أفضل تأثير للجو المعدل فى زيادة فترة الصلاحية للتخزين هو عندما يكون تركيز الأكسجين عند أقل مستوى ممكن لا يسمح بحدوث تنفس لاهوائى؛ الأمر الذى يحمل معه أكبر المخاطر. فإذا ما ازداد معدل التنفس كنتيجة لحدوث ارتفاع بسيط فى درجة الحرارة، فإن مستوى الأكسجين سوف ينخفض عن الحد الحرج، ويحدث – بالتالى – التنفس اللاهوائى. ويحدث الأمر ذاته فى الجو الذى تكون فائدته مردها إلى تركيز ثنائى أكسيد الكربون المرتفع، حيث يؤدى الارتفاع فى درجة الحرارة إلى زيادة

معدل التنفس وازدياد تركيز ثاني أكسيد الكربون عن الحد الحرج؛ الأمر الذى يؤدي إلى حدوث أضرار بالمنتج ( Jobling ٢٠٠٧).<sup>(١)</sup>

**ويؤثر تركيز مختلف الغازات (الأحماض وثنائي أكسيد الكربون والإيثيلين) داخل أنسجة المنتج الطازج بعملية تبادل الغازات بين الأنسجة وخارجها تبعاً للمعادلة التالية،**

$$-ds/dt = (C_{in} - C_{out}) DR$$

حيث إن:

$-ds/dt$  : معدل انتقال الغاز خارج المنتج.

$C_{in}$  : تركيز الغاز داخل أنسجة المنتج.

$C_{out}$  : تركيز الغاز خارج أنسجة المنتج.

$D$ : معامل انتشار الغاز فى الهواء.

$R$ : ثابت خاص بكل محصول.

وتنتج الشركات أغشية يمكنها إطالة فترة صلاحية المنتجات الطازجة للتخزين. ومنها Maxifresh، و Geipack، و Xtend (Thompson ١٩٩٨).

### آليات تعديل الهواء فى عبوات الجو المعدل

إن تعديل مكونات هواء العبوة قد يتم بطريقة سلبية من خلال تنفس المنتج المعبأ واستهلاكه للأكسجين وإطلاقه لثاني أكسيد الكربون، أو بطريقة نشطة يتم فيها إحلال هواء العبوة بآخر ذات تركيزات محددة من كل من الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون والنيتروجين. وتختلف المنتجات فى مدى تحملها لكل من الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون.

### أولاً: الآلية السلبية

يتغير تركيب الهواء فى الآلية السلبية بفعل تنفس المنتج. وذلك بمعدل يعتمد على تنفس المنتج وخصائص الغشاء؛ إلى أن نصل إلى حالة تعادل بين نفاذ الغشاء للأكسجين واحتياجات تنفس المنتج من الغاز.

**وتتوقف الألية الطبيعية على العوامل التالية،**

١- تنفس المنتج وخصائص نفاذيته لانتشار الغازات:

بينما ينتشر الأكسجين من خارج المنتج إلى مركزه فإن ثنائي أكسيد الكربون يسلك في انتشاره طريقاً عكسياً. ويتحدد انتشار الغازات داخل المنتج بكل من معدل التنفس، ومرحلة النضج أو العمر الفسيولوجي. وحجم وكتلة المنتج، والممرات التي يحدث من خلالها الانتشار والحواجز التي تقف في طريقه، وخصائص جزيئات الغاز، وتركيز الغاز في الجو المحيط بالمنتج، ودرجة الحرارة.

أما معدل تنفس المنتج المعبأ في أغشية بوليمرية فإنه يعتمد على كل من نوع المنتج، ومرحلة النضج، وحالته الفيزيائية، وتركيز الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون والإثيلين داخل العبوة، وكمية المنتج داخل العبوة، ودرجة الحرارة، وربما الإضاءة.

٢- خصائص الغشاء ونفاذيته:

يتوقف انتشار الغاز عبر الغشاء على تركيب الغشاء، ونفاذيته لغازات معينة، وسمكه، ومساحته، وتدرج التركيز عبر الغشاء، ودرجة الحرارة، والاختلاف في الضغط عبر الغشاء.

**هذا .. ويتوفر نوعان من الأغشية الـ MAP الطبيعية، هما،**

أ- الأغشية المثقبة تثقيباً دقيقاً microperforated :

تثقب الأغشية بتثقيبات تعتمد على أشعة الليزر أو الحرارة أو الدبابيس لزيادة معدل توصيل الغشاء للأكسجين. ولهذه الأغشية قدرة منخفضة على الاستجابة للتغيرات الحرارية، مع نسبة نفاذية لثنائي أكسيد الكربون/الأكسجين تقدر بحوالي ١.٠؛ مما يؤدي إلى جعل مستويات الأكسجين منخفضة إلى متوسطة، مع زيادة في تركيز ثنائي أكسيد الكربون.

ب- الأغشية الدقيقة الثقوب بطبيعتها microporous membranes :

تتميز تلك الأغشية بارتفاع معدل توصيلها للأكسجين، كما أن لبعضها قدرة متوسطة للاستجابة للتغيرات الحرارية؛ مما تقل معه الأضرار التي يمكن أن تحدث عند ارتفاع

درجة الحرارة، ولبعضها الآخر قدرة منخفضة للاستجابة للتغيرات في درجة الحرارة (Lange 2000).

### ٣- تركيز الغازات عند حالة التوازن:

بعد فترة قصيرة من التأقلم تستقر حالة من الثبات داخل العبوة التي يكون غشاؤها سليماً، وذلك بمجرد أن تتحقق العلاقة المناسبة بين متغيرات المنتج والعبوة. فالأكسجين الموجود داخل العبوة يُستنفذ تدريجياً بواسطة المنتج أثناء تنفسه في الوقت الذي ينتج فيه عن التنفس كمية مماثلة تقريباً من ثاني أكسيد الكربون. يؤدي هذا التغير في تركيز الغازين إلى نشأة تدرج  $gradient$  يترتب عليه انتشار الأكسجين من خارج العبوة إلى داخلها، وانتشار ثاني أكسيد الكربون من داخل العبوة إلى خارجها عبر الغشاء البوليمري. هذا إلا أن هذا التدرج يكون صغيراً في البداية بدرجة لا تكفي لاستبدال كل الأكسجين المستهلك، أو لإخراج كل ثاني أكسيد الكربون المنتج. ويترتب على ذلك انخفاض في تركيز الأكسجين وزيادة في تركيز ثاني أكسيد الكربون داخل العبوة. ومع نشأة هذا الجو المعدل داخل العبوة، يبدأ معدل التنفس في الانخفاض استجابة لهذا الوضع الجديد؛ مما يترتب عليه زيادة في محتوى الأكسجين، ونقصاً في محتوى ثاني أكسيد الكربون؛ وبذا .. يصل تركيز الغازات إلى حالة جديدة من التوازن.

وعندما يكون استنفاد الأكسجين مساوياً لانتشاره إلى داخل العبوة؛ وإنتاج ثاني أكسيد الكربون مساوياً لانتشاره إلى الخارج تكون العبوة قد وصلت إلى حالة من التوازن الثابت.

### ٤- العوامل الخارجية:

إن أي تغير في درجة الحرارة يؤثر في معدل التنفس وحالة التوازن التي يتم التوصل إليها داخل العبوة ما لم يتغير - كذلك - معدل انتشار الغازات عبر الغشاء - تأثراً بالتغير في درجة الحرارة - بنفس درجة تأثر معدل التنفس بها. هذا .. علماً بأن ارتفاع الحرارة يؤدي غالباً إلى انخفاض في تركيز الأكسجين وزيادة في تركيز ثاني أكسيد

## **الفصل الرابع عشر – التهيئة والتخزين والشحن فى جول معدل**

الكربون داخل أنسجة المنتج الشحمية (غير الورقية)، كما يزداد معدل النتح من تلك الأنسجة. وبصورة عامة يزداد معدل التنفس بمقدار ٢-٣ أضعاف مع كل ارتفاع فى الحرارة قدره ١٠ م°. فى الوقت الذى تزداد فيه نفاذية الغشاء للغازات بمقدار ٢-٥ أضعاف. ويعنى ذلك أن الغشاء الذى يعمل على تكوين جو مناسب فى الحرارة المنخفضة قد يؤدي إلى تكوين جو ضار بالمنتج فى الحرارة العالية.

كذلك يؤثر التغيير فى درجة الحرارة فى درجة ذوبان الغازات حيث تزداد بارتفاع الحرارة؛ مما يؤثر – بالتالى – على انتشارها بين العصير الخلوى والمسافات بين الخلايا وعبر الغشاء.

وأغلب الأغشية تكون نفاذيتها منخفضة لبخار الماء؛ ولذا .. فإن الرطوبة النسبية العالية التى تتكون داخل العبوة جراء زيادة النتح يمكن أن تؤدي إلى حدوث تكثف مائى داخل العبوة يناسب نمو الفطريات والبكتيريا المسببة للأعفان. ولقد استخدمت "باكتات" تحتوى على مواد ماصة للرطوبة مثل  $CaSiO_4$ ، و  $KCl$ ، و  $xylitol$ . و sorbitol توضع داخل العبوات بهدف التحكم فى الرطوبة النسبية.

كذلك فإن تواجد الرطوبة الحرة المتكثفة على السطح الداخلى لأغشية العبوات (أو سطحها الخارجى) يمكن أن يؤثر فى نفاذيته للغازات، ولكن بعض الأغشية تتمدد بامتصاصها للرطوبة وتزداد مع ذلك التمدد نفاذيتها للغازات.

ومع انخفاض ضغط بخار الماء داخل العبوات يمكن أن تذبل وتتعتن قشرة بعض الثمار؛ الأمر الذى تزداد معه مقاومتها لانتشار الغازات (Kader وآخرون ١٩٨٩).

### **ثانياً: الآلية النشطة**

يتم تعديل الهواء داخل عبوات الجو المعدل – منذ بداية التعبئة، إما باستبدال هواء العبوة بآخر معدل بالنسب المطلوبة، وإما باستخدام مواد ممتصة أو مدمصة، كما يلى :-

١- عند اتباع طريقة استبدال هواء العبوة، فإن الهواء الموجود داخل العبوة يتم سحبه بتعريضه لتفريغ بسيط. واستبداله بهواء يحتوى على النسب المرغوب فيها من الغازات. ويعنى ذلك أن الهواء يكون معدلاً بعد التعبئة مباشرة.

٢- أما المواد الممتصة adsorbers أو الدمصة absorbers للكربون أو الإيثيلين أو الرطوبة فتتم إضافتها للتحكم فى تركيز تلك الغازات، كما يلي:

أ- ممتصات الأكسجين:

تعتمد معظم المواد التجارية الممتصة للأكسجين على مسحوق الحديد كمادة نشطة، وهى غالباً تستخدم أكسيد الحديد FeO الذى يتحول إلى  $Fe_2O_3$  ، و  $Fe_3O_4$  وأيدروكسيداتهما بعد امتصاص الأكسجين. ومن الممكن حساب الكمية المناسبة من FeO لإحداث الخفض المرغوب فيه من الأكسجين.

ب- ممتصات ثانى أكسيد الكربون:

من بين المواد التى تستعمل فى التخلص من ثانى أكسيد الكربون الزائد من حجرات الـ CA فى المخازن ماء الجير المحضر لتوه من الجير المطفى  $Ca(OH)_2$ ، والفحم المنشط. وأكسيد المغنيسيوم.

ج- ممتصات الإيثيلين:

من بين المواد التى يمكن استعمالها لامتصاص الإيثيلين فى عبوات الهواء المعدل ما يلي:

(١) برمنجنات البوتاسيوم:

تدمص البرمنجنات على الفيرميكيوليت أو السيليت celite أو جل السيليكا أو أقراص الألومنيوم: لتقوم بأكسدة الإيثيلين إلى ثانى أكسيد كربون وماء.

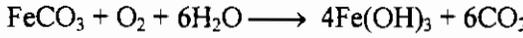
(٢) مسحوق طمي البناء:

يمكن إضافة هذا المسحوق إلى مادة الغشاء: حيث يمتص الإيثيلين وغازات أخرى. إلا أنه يعطى الغشاء مظهرًا بنيًا غير رائق.

(٣) الهيدروكربونات (مثل الـ sequalane والـ Apiezon). والسيليكونات (مثل الـ phenylmethylsilicone).

(٤) كربونات الحديدوز:

تتأكسد المادة فى الهواء الرطب إلى أيدروكسيد الحديد وثانى أكسيد الكربون، كما يلى:



**ويختار ما يلى المواد الممتصة للغازات ما يلى،**

أ- أن تكون فعالة فى امتصاص الغاز بمعدل مناسب.

ب- ألا تكون ضارة للإنسان.

ج- أن تحتفظ بثباتها عند التخزين.

د- أن تكون صغيرة فى الحجم ولكن ذا قدرة عالية على امتصاص الغاز (Kader

وآخرون ١٩٨٩).

وقد توضع أكياس صغيرة sachets من حامض الأسكوربيك مع مواد أخرى (وهى التى تنتج كذلك ثانى أكسيد الكربون)، وأخرى تحتوى على الكاثيكول cathecol مع مواد أخرى لأجل امتصاص ثانى أكسيد الكربون. ومن الأمثلة التجارية للنوعية الأولى Ageless G، و Toppan C، و Vitalon GMA (وهى التى تحتوى على الحديد إلى جانب حامض الأسكوربيك)، أما النوعية الثانية من الـ sachets (التى تحتوى على الكاثيكول) فمن أمثلتها التجارية Tamotsu (Thompson ١٩٩٨).

د- التحكم فى الرطوبة النسبية:

يستخدم فى التحكم فى الرطوبة النسبية داخل عبوات المنتجات الطازجة مركبات مثل ملح الصوديوم لحامض البولى أكليرك polyacrylic acid، وكربونات البوتاسيوم، وجل السيليكا silica gel (Liu & Chiang ٢٠٠٠).

**أنواع أغشية عبوات الجو المعدل وخصائصها**

**الشروط التى يجب أن تتوفر فى الأغشية**

إن من بين الصفات المرغوب فيها فى أغشية عبوات الجو المعدل (MAP) للمنتجات

الطازجة ما يلى:

- ١- أن تسمح بنفاذ مختلف الغازات بالمعدلات المرغوب فيها.
- ٢- أن تكون ذات شفافية عالية وبراقة المظهر.
- ٣- أن تكون خفيفة الوزن.
- ٤- أن تكون مقاومة للتمزق والخدش والامتداد تحت تأثير الشد.
- ٥- أن يمكن لحامها بحرارة منخفضة نسبياً.
- ٦- ألا تكون سامة.
- ٧- ألا تتفاعل مع المنتج.
- ٨- أن تكون مقاومة للحرارة والأوزون بصورة جيدة.
- ٩- أن تتحمل عوامل التجوية.
- ١٠- أن تكون مناسبة تجارياً.
- ١١- أن تكون سهلة التداول.
- ١٢- أن يسهل الطباعة عليها لأغراض التعريف ببيانات المنتج.
- ١٣- أن تستخدم بكفاءة مع آلات التعبئة.
- ١٤- أن يروق منظرها للمستهلك.
- ١٥- أن يكون من السهل فتحها (Kader وآخرون ١٩٨٩).

### أنواع الأغشية

يكون معدل تنفس بعض المنتجات - مثل البروكولي وعيش الغراب - عاليًا جدًا لدرجة أن تعبئتها في أغشية من البولييثيلين العادي يكون مصاحباً بتغير سريع للغاية في نسبتي الأكسجين وثناني أكسيد الكربون داخل العبوة؛ مما يؤدي إلى تخمر المنتج. ولذا .. كان الاتجاه نحو إنتاج أغشية تجارية ذا درجة عالية من النفاذية للغازات. ولكن بمعدلات معينة تسمح بالحفاظ على التركيز المطلوب من كل من الأكسجين وثناني أكسيد الكربون وبخار الماء. وقد أنتج لأجل ذلك أغشية استخدم في تصنيعها مركبات جديدة؛ أو أضيف إليها مركبات جديدة، أو ثقبت ثقيباً دقيقاً.

إن الأغشية التي تتحسن فيها معدلات نفاذيتها للغازات بسبب طبيعتها البوليمرية تتكون - عادة - من اثنين أو ثلاثة أنواع من البوليمرات، حيث يكون لكل بوليمر منها وظيفة خاصة. مثل المتانة، أو الشفافية، أو تحسين النفاذية للغازات بقدر يناسب المحصول. كذلك فإن الأغشية قد تتكون من صفائح مضغوطة لتحقيق الخصائص المطلوبة. ومن بين أنواع هذه الأغشية تلك التي تحتوى على ٦٪-١٨٪ ethylene-vinyl acetate، والبوليثيلين ذو الكثافة المنخفضة، والأغشية ذات رقائق الـ polypropylene، والـ styrene butadiene block polymer films، والـ ultra low density ethylene، والـ octene polymer films، والـ polyolefin plastomer octene copolymer films.

كذلك فإن البوليمر البلاستيكي قد يُخلط بمادة خاملة غير عضوية مثل كربونات الكالسيوم وأكسيد السيليكون تسمح بتكوين ثقوب دقيقة. ويمكن التحكم فى نفاذية الغازات بالتحكم فى نسبة المادة الخاملة المستعملة، وحجم جزيئاتها. هذا ويتراوح قطر الثقوب عادة من ٠,١٤ إلى ١,٤ ميكرون. ومن أمثلة الأغشية التي من هذا النوع ما يعرف باسم FreshHold، و Intellipac Breathable Membrane.

إن الأغشية التي توجد فيها ثقوب دقيقة يمكن أن يكون معدل نفاذيتها للغازات عال جداً. ويتراوح قطر تلك الثقوب - عادة - بين ٤٠ و ٢٠٠ ميكرونًا. وبالتحكم فى قطر الثقوب يمكن التحكم فى معدل النفاذية للغازات بما يناسب المنتج. ولقد أنتجت أغشية من هذا النوع لتناسب مختلف المحاصيل، مثل: عيش الغراب، والفراولة، والنكتارين، والكرات، والأسبرجس، والطماطم الكريزية، والذرة السكرية ( American Society for Plasticsulture-Roming & Mir - الإنترنت - ٢٠٠٧).

إن أهم العوامل المؤثرة فى معدل نفاذ الأكسجين من الغشاء - والتي يجب أن تؤخذ فى الحسبان عند تصنيعه - تركيب البوليمر. وسمك الغشاء جدول (١٤-١)، ونسب طبقاته، بالإضافة إلى العوامل الخاصة بالمنتج الذى سيعبأ فيه (مثل النسب المستهدفة المثلى من الأكسجين وثنائى أكسيد الكربون لذلك المنتج، ومعدل استهلاكه للأكسجين)

وحرارة التخزين. ونسبة حجم المنتج إلى المساحة الخارجية للعبوة. والمساحة الخارجية للعبوة. والحجم الداخلى من العبوة الذى لا يكون مشغولاً بالمنتج (Lange 2000).

جدول (١٤-١): الوحدات المستخدمة في وصف سمك الأغشية البلاستيكية.

ميكرون $\mu$	مليمتر mm	جيج Gauge
١	٠,٠٠١	٤
١٢	٠,٠١٢	٤٨
١٢,٥	٠,٠١٢٥	٥٠
٢٥	٠,٠٢٥	١٠٠
٣٧,٥	٠,٠٣٧٥	١٥٠
٥٠	٠,٠٥	٢٠٠
١٠٠	٠,١	٤٠٠
١٢٥	٠,١٢٥	٥٠٠

### خصائص الأغشية

إن اختيار الغشاء بالنفاذية المطلوبة لكل من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون وبخار الماء يعد أمراً حاسماً لنجاح الـ MAP. فإذا كان الغشاء شديد النفاذية للأكسجين فإن المنتج يتنفس وينتج الإثيلين وينضج. وإذا ما كانت النفاذية ضعيفة جداً. فإنه سريعاً ما يصبح هواء العبوة مناسباً للتنفس اللاهوائى وما يصاحبه من تخمرات.

ويوضح جدولاً (١٤-٢. و ١٤-٣) نفاذية بعض الأغشية المستخدمة فى تعبئة الخضر والفاكهة. وعموماً فإن الأغشية التى تكون نفاذيتها لثانى أكسيد الكربون إلى الأكسجين حوالى ٣:١ هى الأكثر مناسبة. ومن أمثلة الأغشية التى تكون نفاذيتها بتلك النسبة البولييثيلين قليل الكثافة. والبولى فينيل كلورايد، والأغشية المزدوجة من الـ EVA مع الـ LDPE. تؤمن هذه النوعية من الأغشية نفاذاً لكل من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون بنفس معدل إنتاجهما بالتنفس، كما أنها تشكل - كذلك - حاجزاً أمام فقد الرطوبة.

## الفصل الرابع عشر - التهيئة والتخزين والشحن في جوار معدل

جدول (١٤-٢): نفاذية بعض أنواع الأغشية المستعملة في عبوات الجو المعدل - للخضار والفاكهة الطازجة - لكل من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون.

النفاذية <sup>(١)</sup>		نوع الغشاء
لثاني أكسيد الكربون	للأكسجين	
٧٧٠٠٠-٧٧٠٠	١٣٠٠٠-٣٩٠٠	Polyethylene, low density (LDPE)
٨١٣٨-٤٢٦٣	٢٢٤٨-٦٢٠	Polyvinyl chloride (PVC)
٢١٠٠٠-٧٧٠٠	٦٤٠٠-١٣٠٠	Polypropylene (PP)
٢٦٠٠٠-١٠٠٠٠	٧٧٠٠-٢٦٠٠	Polystyrene (PS)
١٥٠-٥٢	٢٦-٨	Saran (PVDC)
٣٩٠-١٨٠	١٣٠-٥٢	Polyester (PET)

أ- يعبر عن النفاذية بالسنتيمترات المكعبة لكل متر مربع لكل mil (٠,٠٠١ بوصة) سمكاً يومياً لكل ضغط جوي (cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/mil/day/atm).

جدول (١٤-٣): خصائص النفاذية لبعض أنواع الأغشية المتاحة للاستعمال (عن Kader وآخرين ١٩٨٩).

النفاذية <sup>(١)</sup>				نوع الغشاء
MVTR <sup>(ب)</sup>	لثاني أكسيد الكربون/الأكسجين	لثاني أكسيد الكربون	للأكسجين	
	٥,٩-٢,٠	٧٧٠٠٠-٧٧٠٠	١٣٠٠٠-٣٩٠٠	Polyethylene, low density
	٥,٩-٣,٣	٢١٠٠٠-٧٧٠٠	٦٤٠٠-١٣٠٠	Polypropylene
	٣,٨-٣,٤	٢٦٠٠٠-١٠٠٠٠	٧٧٠٠-٢٦٠٠	Polystyrene
١٣٩٥-١١٦٣	٧,٣-٦,٧	١٥٥٠٠-١٣٣٣٠	٢٣٢٥-١١٨٤	Cellulose acetate
١٧١-١٤٠	٦,٩-٣,٦	٨١٣٨-٤٢٦٣	٢٢٤٨-٦٢٠	Polyvinyl chloride
٣,١	٣,٨	٥٩	١٥,٥	Polyvinylidene chloride
١٠,٩-٧,٨	٧,٦-٤,٢	٢٠٩٢٥٠-٤٤٦٤	٥٠٣٧٥-٥٨٩	Rubber
				Hydrochloride
١٢٦	٢,٠	٣١	١٥,٥	Nylon-6

تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

تابع جدول (١٤-٣).

النفاذية <sup>(١)</sup>				
(ب) MVTR	ثاني أكسيد الكربون/الأكسجين	ثاني أكسيد الكربون	الأكسجين	الغشاء
	٣,٥-٣,٠	٣٩٠-١٨٠	١٣٠-٥٢	Polyester
١٧,١-١٠,٩	١,٨-١,٧	٢٦٣٥-٢٣٢٥٠	١٤٧٢٥-١٣٩٥٠	Polycarbonate
٣١٠	٢,٥	٧٧٥٠٠	٣١٠٠٠	Ethylcellulose
٣١٠٠	٥,٠	٦٢٠٠	١٢٤٠	Methylcellulose
١٢٤٠	—	قريباً من الصفر	قريباً من الصفر	Polyvinyl alcohol
—	٣,٤	١٧١	٥٠	Polyvinyl fluoride
٠,٣	١٠,٥	١٢٤	١١,٨	Polychlorotrifluoro-ethylene
٩٣-٧٤	٥,٩	١٣٦٤٠	٢٣٢٥	Cellulose triacetate
٦٢	٣,٧	٨٥٣	٢٣٣	Vinyl chlorideacetate

أ- النفاذية بالسنتيمتر المكعب لكل mil (٠,٠٠١ بوصة = ٠,٢٥٤ ملليمتر) لكل متر مربع من الغشاء في اليوم عند ضغط جوى واحد.

ب- MVTR = معدل انتقال بخار الماء moisture vapor transmission rate معبراً عنه بالسنتيمتر المكعب لكل يوم لكل متر مربع من الغشاء لكل mil واحد.

ويمكن تقسيم نفاذية الأغشية حسب كثافتها، كما يلي:

١- أغشية قليلة الكثافة low density:

تنتج هذه الأغشية ببلمرة الإثيلين لإنتاج بوليمرات ذات سلسلة متفرعة. يتراوح وزنها الجزيئى بين ١٤٠٠ و ١٤٠٠٠، وكثافتها ( $g\ cm^{-1}$ ) بين ٠,٠٩١٠ و ٠,٠٩٣٥.

وتتراوح نفاذية هذه الأغشية ( $cm^3\ m^2\ day^{-1}$ ) للأكسجين بين ٣٩٠٠ و ١٣٠٠٠، ولثانى أكسيد الكربون بين ٧٧٠٠ و ٧٧٠٠٠ عند ضغط جوى واحد وعلى حرارة ٢٢-٢٥ م، ورطوبة نسبية متباينة.

٢- أغشية متوسطة الكثافة medium density:

تتراوح كثافتها ( $g\ cm^{-1}$ ) بين ٠,٠٩٢٦ و ٠,٠٩٤٠.

## الفصل الرابع عشر – التهيئة والتخزين والشحن فى جول معدل

وتتراوح نفاذيتها ( $\text{cm}^{-3} \text{ m}^2 \text{ day}^{-1}$ ) للأكسجين بين ٠.٢٦٠٠ و ٨٢٩٣، ولثانى أكسيد الكربون بين ٧٧٠٠، و ٣٨٧٥٠ عند ضغط جوى واحد لأغشية بسمك mil واحد ( $0.0254$  ملليمتر) على ٢٢-٢٥ م<sup>٢</sup>، ورطوبة نسبية متباينة.

٣- أغشية عالية الكثافة high density:

تتكون هذه الأغشية من تركيب للورى بنسبة ٧٥٪ - ٩٠٪، تكون جزيئاته بترتيب خطى بقليل من التفرعات، ويتراوح وزنها الجزيئى بين ٩٠٠٠٠ و ١٧٥٠٠٠. وكثافتها ( $\text{g cm}^{-3}$ ) بين ٠.٩٩٥ و ٠.٩٧٠.

وتتراوح نفاذيتها ( $\text{cm}^3 \text{ m}^2 \text{ day}^{-1}$ ) للأكسجين بين ٥٢٠ و ٤٠٠٠، ولثانى أكسيد الكربون بين ٣٩٠٠ و ١٠٠٠٠ عند ضغط جوى واحد لأغشية بسمك mil واحد ( $0.0254$  ملليمتر) على ٢٢-٢٥ م<sup>٢</sup> ورطوبة نسبية متباينة.

٤- أغشية خطية قليلة الكثافة linear low density:

تجمع هذه الأغشية بين خصائص أغشية البوليثلين قليلة الكثافة والعالية الكثافة، وهى ذات نسبة أعلى من التركيب البلوى عما فى الأغشية قليلة الكثافة، ولكن بعدد متحكم فيه من التفرعات، مما يجعلها أكثر تحملاً وصلاحيه للحام الحرارى. وهى تصنع من الإثيلين مع البيوتين butene، أو الهكسين hexene، والأوكتين octene.

تتراوح نفاذيتها ( $\text{cm}^3 \text{ m}^2 \text{ day}^{-1}$ ) للأكسجين بين ٧٠٠٠ و ٩٣٠٠ عند ضغط جوى واحد لأغشية بسمك mil واحد ( $0.0254$  ملليمتر) عند ٢٢-٢٥ م<sup>٢</sup> ورطوبة نسبية متباينة (Golob وآخرون ٢٠٠٢).

هذا .. وتفقد الأنسجة النباتية جزءاً من رطوبتها عندما تكون الرطوبة النسبية أقل من ٩٩٪ أو ٩٩.٥٪. ويؤدى فقد الرطوبة إلى ظهور ذبول أو تكمشات على سطح معظم المنتجات عندما يتعدى الفقد ٤٪ إلى ٦٪ من الوزن الطازج الكلى. ولحسن الحظ، فإن معظم أغشية الـ MAP غير منفذة للرطوبة نسبياً. وتكون الرطوبة النسبية قريبة من التشبع فى معظم العبوات حتى وإن كانت مثقبة. هذا مع العلم بأن الهواء المشبع

بالرطوبة يحتوى - عند ٢٠°م - على ٢,١٪ ماء، بينما تكون الرطوبة النسبية فى الهواء الخارجى غالباً بين ٣٠٪، و ٦٠٪، بما يعنى وجود تدرج فى بخار الماء قدره حوالى ١٪. أما التدرج فى الأوكسجين فقد يكون أعلى بعدة مرات. وبسبب الفقد السريع للرطوبة من المنتج فى العبوات ذات الأغشية المثقبة فإن تأثيرها يكون أكبر على مستوى الأوكسجين مما يكون على مستوى الرطوبة النسبية. فقد وجد أن التثقيب يؤدى إلى زيادة معدل تسرب الأوكسجين ٤٠ مرة قدر تأثيره على زيادة تسرب بخار الماء.

### مزايا وعيوب التخزين فى عبوات الجو المعدل

#### المزايا

- إن أهم مزايا التعبئة فى العبوات المحورة للجو MAP - إلى جانب تأثيرها فى نسب مكونات الهواء داخل العبوة - يمكن أن تتضمن ما يلى :
- ١- تقليل التجريح السطحى بمنع التلامس بين المنتج ومادة الحاوية.
  - ٢- تحسين حالة النظافة العامة بتقليل تلوث المنتج أثناء تداوله.
  - ٣- احتمال منع تعرض المنتج للضوء؛ الأمر الذى يفيد فى منتجات مثل البطاطس والهندباء البلجيكية.
  - ٤- المحافظة على رطوبة نسبية عالية وخفض الفقد الرطوبى.
  - ٥- توفير حاجز يمنع انتشار الأعفان من وحدة لأخرى.
  - ٦- من الممكن أن تتضمن العبوات مضادات فطرية أو مثبطات للسمطة.
  - ٧- توفير وسيلة للتعريف بالعلامة التجارية (Kader وآخرون ١٩٨٩).

#### العيوب

إن من أهم المشاكل التى تواجه التوسع فى استعمال عبوات الهواء المعدل MAP ما يلى :

- ١- عدم توفر الأغشية المناسبة للمحصول المراد تعبئته فى كل الظروف، وخاصة فى حالات التغيرات الحرارية التى قد يتعرض لها المنتج أثناء تداوله؛ فالغشاء قد يكون

## الفصل الرابع عشر – التعبئة والتخزين والشحن في جـول معدل

مناسباً للمحصول في حرارة معينة، لكنه قد يتسبب في تكوين ظروف لاهوائية في حرارة أعلى.

٢- زيادة تكلفة التعبئة، وهي التي تقع - غالباً - على عاتق المنتج أو المصدّر.

٣- احتمال تعرض العبوات لأضرار فيزيائية أثناء التخزين والشحن، الأمر الذي قد يؤدي إلى تلف المنتج خلال الفترة الطويلة المتوقعة للتخزين أو الشحن باعتبار أن المنتج معبأ في MAP. ولذا .. يجب أن تكون الأغشية المستعملة لدنة. ولكن قوية بما فيه الكفاية لأن تتحمل عمليات التداول العادية (Kader & Watkins ٢٠٠٠).

٤- إن الأغشية البلاستيكية تؤثر في معدل برودة ودفئ المنتج، الأمر الذي يجب أخذه في الحسبان عند اختيار إجراءات التحكم الحراري للمنتجات المعبأة، ويمكن الحد من البطء في معدل تبريد المنتجات المعبأة بجعل أغشية العبوات مثقبة.

٥- إن تعبئة منتجات الخضار والفاكهة الطازجة في العبوات المحورة للهواء MAP يكون لها تأثيرات سلبية على نكهة الخضار، ليس فقط بسبب احتمالات حدوث التنفس اللاهوائي؛ فذلك أمر يجب تداركه والاحتياط له، وإنما يحدث الأثر السلبي على النكهة في حالات استمرار التخزين لفترات طويلة، حيث يقل إنتاج المنتجات المخزنة للمركبات المتطايرة التي تكسبها نكهتها المميزة (عن Mattheis & Fellman ٢٠٠٠).

٦- يعد تكثف بخار الماء على الجدار الداخلي للغشاء من المشاكل الشائعة للـ MAP؛ الأمر الذي يشجع النمو الفطري ويزيد من الإصابة بالأعفان، ويؤدي انخفاضاً قدره ٠.٢ م° في حرارة الغشاء إلى تكثف بخار الماء في العبوة إذا كانت الرطوبة النسبية داخل العبوة ٩٩٪ والحرارة ١٠ م°. هذا بينما تتعرض حجرات المخازن المبردة إلى تقلبات حرارية تبلغ عدة درجات. مما يعني أن التكثف المائي أمر شائع الحدوث في أي MAP. ولحسن الحظ فإنه تتوفر معاملات خاصة لسطح الغشاء تؤدي إلى انتشار قطيرات الماء لتكون طبقة رقيقة متجانسة غير مرئية تقريباً (Mir & Beaudry ٢٠٠٤).

٧- قد تزيد ظروف عبوات الجو المعدل من فرصة تكاثر مسببات أمراض الإنسان، مثل: *Shigella sonnei*، و *Listeria monocytogenes*، و *Echerechia coli*، و

*Clostridium botulinum*، و *Salmonella spp.*

ويتأثر نمو تلك البكتيريا وكذلك مسببات الأعفان الأخرى بكل من نسبتي الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون، والرطوبة النسبية، ودرجة حرارة التخزين. فمثلاً .. يمكن أن تثبط المستويات المنخفضة من الأوكسجين والمرتفعة من ثاني أكسيد الكربون نمو البكتيريا السالبة لصبغة جرام، ولكنها تحفز نمو البكتيريا الموجبة لصبغة جرام، مثل بكتيريا حامض اللاكتيك. وقد تناسب ظروف التخزين نمو الكائنات الدقيقة الممرضة للإنسان بينما تثبط تلك التي تفسد الغذاء؛ فيبدو الغذاء جيداً رغم خطورته على الصحة. ومن المؤكد أن الخضار الطازجة المجهزة للاستهلاك تكون أكثر عرضة للنمو البكتيري عن الخضار الصحيحة (American Society for Plasiculture-Roming & Mir - الإنترنت - ٢٠٠٧).

### وسائل تجنب الآثار السلبية للارتفاع فى درجة الحرارة

لتجنب الآثار السلبية لأى ارتفاع فى درجة الحرارة أثناء التخزين والشحن يوصى باتباع أى من الإجراءات التالية:

١- استعمال عبوات تسمح بتواجد تركيز من الأوكسجين أعلى - نسبياً - من التركيز الحرج عند الوصول إلى حالة التوازن. ولكن ذلك يكون على حساب فترة صلاحية المنتج للتخزين.

٢- الحرص التام على المحافظة الكاملة على سلسلة التبريد.

٣- فتح العبوات بمجرد حدوث ارتفاع فى درجة الحرارة تجنباً لحدوث تنفس لاهوئى، وهو أمر يصعب - غالباً - تنفيذه.

٤- فتح العبوات بمجرد وصولها إلى أسواق الجملة (Jobling ٢٠٠٧ أ).

### مشاكل التعرض لتركيزات غير محتملة من الأوكسجين وثانى أكسيد الكربون

إن تعرض المنتج الطازج لمستويات من الأوكسجين تقل عن قدرته على التحمل أو لمستويات من ثانى أكسيد الكربون تزيد على تلك القدرة - على حرارة معينة ولفترة معينة - يترتب عليه تعرض الأنسجة النباتية لحالة من الشد؛ تظهر نتائجها فى عدة

## الفصل الرابع عشر - التعبئة والتخزين والشحن فى جـول معـدل

أعراض، منها النضج غير المنتظم. وظهور عيوب فسيولوجية، وتكوين طعم غير مقبول، وزيادة القابلية للإصابة بالأعفان.

ويبين جدولاً (١٤-٤)، و (١٤-٥) تقسيماً للخضر والفاكهة تبعاً لقدرتها النسبية على تحمل المستويات المنخفضة من الأكسجين أو المرتفعة من ثانى أكسيد الكربون عند حفظها فى الحرارة المثلى والرطوبة النسبية المثلى لكل منها. وفى كل حالة .. يفترض أن الغاز الآخر يكون عند مستوى التركيز الطبيعى كما فى الهواء.

هذا .. وتنخفض حدود تحمل المستويات المرتفعة من ثانى أكسيد الكربون مع انخفاض تركيز الأكسجين. وبالمثل .. يزداد مستوى تحمل المستويات المنخفضة من الأكسجين مع زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون. ويمكن لمنهج معين أن يتحمل لفترة قصيرة تركيزات أعلى من ثانى أكسيد الكربون أو تركيزات أقل من الأكسجين عن تلك المبينة.

وفى بعض المنتجات تتأثر القدرة على تحمل التركيزات المنخفضة من الأكسجين أو المرتفعة من ثانى أكسيد الكربون على مرحلة النضج. وعلى سبيل المثال .. غالباً ما تتحمل الثمار الناضجة مستويات من ثانى أكسيد الكربون أكثر ارتفاعاً عما تتحمله الثمار المكتملة التكوين غير الناضجة. كما أن المنتجات السابقة التجهيز تكون هى الأخرى أكثر تحملاً، لعدم وجود كثير من المعوقات لانتشار الغازات منها وإليها كما فى المنتجات الصحيحة (Mir & Beaudry ٢٠٠٤).

جدول (١٤-٤): تقسيم الخضر والفاكهة حسب تحملها للانخفاض فى تركيز الأكسجين (عن Beaudry ٢٠٠٠).

المنتج	المستوى الذى يمكن تحمله (%)
الخضر الورقية المجهزة للمستهلك - خس الكابوتشا المجهز للمستهلك - السبانخ - شرائح الكمثرى المجهزة للمستهلك - البروكولى - عيش الغراب	٠.٥ ≥
الخس الدهنى المجهز للمستهلك - شرائح التفاح المجهزة للمستهلك - الكرنب بروكسل - الكنتالوب - الخيار - خس الكابوتشا - أبيض البصل - المشمش - الزبدية - الموز - الكريز - العنب - الكيوى - النكتارين - اللتشي - الخوخ - البرقوق	١.٠

تداول الحاصلات البستانية - تكنولوجيا وقسيولوجيا ما بعد الحصاد

تابع جدول (١٤-٤).

المنتج	المستوى الذي يمكن تحمله (%)
معظم أصناف التفاح والكمثرى	١,٥
الجزر المجهز للمستهلك - الخرشوف - الكرنب - القنبيط - الكرفس - الفلفل الحلو والحار - الذرة السكرية - الطماطم - البلاكيري - التين - المانجو - الزيتون - البياض - الأناناس - الرمان - الراسبري - الفراولة	٢,٠
الكرنب المجهز للمستهلك - البلوبري	٢,٥
الكتقال المجهز للمستهلك - أصناف التفاح والكمثرى قليلة النفاذية - الجريب فروت - الكاكي.	٣,٠
شرايح المشروم	٤,٠
الفاصوليا الخضراء - الليمون الأضاليا - الليمون البنزهير - البرتقال الأسرجس	٥,٠
البرتقال المجهز للمستهلك	١٠
	١٤

جدول (١٤-٥): تقسيم الخضر والفاكهة حسب تحملها لزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون (Watkins ٢٠٠٠).

المنتج	أقصى مستوى يمكن تحمله (%) <sup>(١)</sup>
خس الكابوتشا - الكمثرى	٢
الخرشوف - الطماطم	٣
معظم أصناف التفاح - المشمش - القنبيط - الخيار - العنب - الزيتون - البرتقال - أصناف الخوخ ذات البذرة اللصقة - البطاطس - الفلفل الحلو	٥
الموز - الفاصوليا الخضراء - الكيوي	٧
البياض	٨
الأسرجس - كرنب بروكسل - الكرنب - الكرفس - الجريب فروت - الليمون الأضاليا - الليمون البنزهير - المانجو - النكتارين - الخوخ غير اللصق البذرة - الكاكي - الأناناس - الذرة السكرية	١٠
الزبدية - البروكولي - البرقوق - الرمان	١٥

تابع جدول (١٤-٥).

المنتج	أقصى مستوى يمكن تحمله <sup>(أ)</sup> (%)
الكنتالوب – عيش الغراب	٢٠
البلاكبرى – البلوبرى – التين – الراسبرى – الفراولة	٢٥
الشيريمويا ( <i>Annona cherimola</i> ) cherimoya	٣٠

أ- تمثل تلك النسب الحد الأقصى لتركيز ثاني أكسيد الكربون الذي يمكن لهذه المنتجات تحمله عند التخزين لأطول فترة ممكنة؛ بما يعنى إمكان تحمل المنتجات لتركيزات أعلى من ذلك عند الرغبة فى التخزين لفترات أقل.

### استجابة المنتجات البستانية لعبوات الجوى المعدل

تتأثر المنتجات بال MAP من عدة وجوه، كما يلى:

١- يؤدي الجوى المعدل الذى تنخفض فيه نسبة الأكسجين وتزداد فيه نسبة ثاني أكسيد الكربون إلى إبطاء تحلل الكلوروفيل أثناء شيخوخة الخضر الخضراء اللون، علماً بأن فقد الكلوروفيل يعد أمراً مرغوباً فيه فى عديد من الثمار الكلايمكتيرية.

٢- تؤدي مستويات ثاني أكسيد الكربون الأعلى عن ١٠٪ إلى إبطاء أو وقف نشاط معظم الكائنات المرضية، هذا بينما لا يكون للمستويات المنخفضة من الأكسجين – الأعلى من تلك التى تحدث عندها التخمرات – تأثيرات تذكر على الكائنات المرضية. ومن أكثر المنتجات البستانية تحملاً للمستويات المرتفعة من ثاني أكسيد الكربون التى يثبط معها النمو الميكروبي الفراولة والبلوبرى، والراسبرى، والبلاكبرى، والكريز.

٣- تؤدي الرطوبة النسبية العالية داخل الـ MAP إلى زيادة نشاط الكائنات المرضية.

٤- يؤدي انخفاض تركيز الأكسجين إلى تقليل تلون الأسطح المقطوعة فى الخضر والفاكهة المصنعة جزئياً (fresh-cut) باللون البنى، كما فى الخس والسلطات المجهزة. يحدث ذلك التأثير – فى الخس على سبيل المثال – عند انخفاض تركيز الأكسجين عن

٢٪، لكن مع بقائه أعلى من التركيز الذى يحدث عنده التخمر وهو حوالى ٠.٥٪ ( Mir & Beaudry ٢٠٠٤).

٥- تحدث التخمرات عند انخفاض مستوى الأوكسجين فى الـ MAP عند حدود معينة تختلف باختلاف المحصول، وإذا ما حدث التخمر فإنه تتكون مركبات مثل: الإيثانول، والأسيتالدهيد، وخلات الإثيل، وحامض اللاكتيك تؤدي إلى ظهور مذاق غير مرغوب فيه، كما تحدث أضراراً فيزيائية. كذلك تظهر المركبات المسئولة عن النكهة غير المرغوب فيها فى المستويات المنخفضة من الأوكسجين مع المستويات المرتفعة من ثانى أكسيد الكربون، وذلك عند الحدود الموصى بها. وتظهر تلك الروائح غير المرغوب فيها لدى فتح الـ MAP (Mir & Beaudry ٢٠٠٤).

٦- تزداد فترة صلاحية المنتجات المعبأة فى عبوات الجو المعدل للتخزين (جدول ١٤-٦)، وذلك هو الهدف الرئيسى من استعمالها.

جدول (١٤-٦): فترة صلاحية المنتجات البستانية للتخزين فى عبوات الجو المعدل (عن Smith وآخرين ، و Jobling ٢٠٠٧).

المنتج	نوع غشاء العبوة	نسب الغازات (%)		فترة الصلاحية
		الأوكسجين	ثانى أكسيد الكربون	
التفاح والكمثرى	أكياس PE ملحومة	١٥-١٠	٢.٥-٠.٥	١٨٠
التفاح	أنابيب من أغشية PE ملحومة	٥-٢	٧-٥	١٢٠
البلوبرى	تغطية البالتات بالـ PE	٢-١	٥-٣	٤٢
الزبدية	أكياس PE ملحومة	٥-٣	٩-٧	١٠-٨
الكيوى	أكياس PE ملحومة	غير معلومة	٤-٣	١٨٠
الموز	أغشية PV مغلقة	٣	٣	١٥
الكرنب	أغشية PV مغلقة	٣-٢	٤-٣	٢١-١٤
الكرنب بروكسل	أغشية PVC مغلقة	٣-٢	٤-٣	٢١-١٤
الخبس	أكياس PE ملحومة	٥	١٠	١٢
الفاصوليا	أغشية سلفوفان	٠.٥	حوالى ٣٠	٧
الخرشوف	أكياس PE	٤-٣	٦-٣	٥٦

فترة الصلاحية	نسب الغازات (%)		نوع غشاء العبوة	المنتج
	ثاني أكسيد الكربون	الأكسجين		
٢١	٨	٢-١	أكياس PE + ٤,٥ % EVA	البروكولي
٣٥	٩	٥	أكياس PE	الكرفس
٤٥٠	٣	١٧	أكياس PE	الجزر
٥	١٢-١٠	٢	أغشية PCV مغلقة	عيش الفراخ
٧-٦	١٠	٢	أغشية PCV مغلقة	سلاطة خضراء
٢٨	٥-٢	٥-٢	—	الفلفل
٢١	٢٠-١٥	١٠-٥	—	الفراولة

### وسائل أخرى لتوفير الجو المعدل للمنتجات

إن من بين الوسائل الأخرى التي اتبعت لتوفير الجو المعدل للمنتجات البستانية - غير التعبئة في عبوات الهواء المعدل - ما يلي:

#### ١- التخزين في حجرات خاصة صغيرة داخل المخازن المبردة:

لتخزين كميات صغيرة من المنتج لفترات قصيرة في جو خاص داخل غرف التبريد التي تحتوي على عدة منتجات، يمكن عمل خيمة خاصة من الستائر التي يضم طرفيها (جانبيها) باستعمال سوستة يحكم إغلاقها، ويغمر طرفها السفلي في ماء يوضع في قناة تحيط بالمكان من ثلاثة أضلاع، أما الضلع الرابع فيكون جدار المخزن. ويمكن تصميم المكان بحيث يوضع بداخله بالتتين أو ثلاثة بالتات فوق بعضها البعض (Leyte & Ferney). (١٩٩٩).

#### ٢- التخزين في الجو المتحكم فيه المتغير dynamic controlled atmosphere

(اختصاراً: DCA):

تبعاً لهذه التقنية فإن الاستجابات الأيضية المرتبطة بالشد الناتج عن تعرض المنتج للطازج لمستويات من الأكسجين أقل مما يمكنه تحملها يتم التعرف عليها. وبلى ذلك تعديل هواء المخزن للتخلص من حالة الشد تلك. وبهذه التقنية يمكن المحافظة على

أفضل عما في حالة التخزين في الجو الأكثر أمناً. تعتمد تلك التقنية على قياس فلورة الكلوروفيل chlorophyll fluorescence، وتتوفر تجارياً تحت اسم HarvestWatch (Watkins 2008).

### ٣- تغليف بالقات كاملة بأغشية البولييثيلين:

يتم توفير جو معدل داخل بالقات كاملة بإحاطتها بغشاء من البولييثيلين، ثم عمل تفريغ جزئي للهواء داخل البالقة، وإدخال الهواء بالخلوط المطلوب قبل اللحام التام للغشاء، وإحكام غلقه حول البالقة. تتبع تلك الطريقة في شحن الفراولة، وهي تفيد في الشحن المختلط للمنتجات؛ ومن أهم مخاطرها تمزق الغشاء حول البالقة، أو عدم لحامه جيداً منذ البداية.

### ٤- تشميع المنتجات:

توفر الشموع وغيرها من المغلفات السطحية حاجزاً صناعياً أمام نفاذ الغازات من المنتج وإليه؛ الأمر الذي قد يترتب عليه انخفاض تركيز الأكسجين وزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون داخل المنتج ذاته. وتعد الأغشية البوليمرية أكثر فاعلية عن الشموع في خفض فقد الرطوبة دون التسبب في تغيرات غير مرغوب فيها في تركيبات كل من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون والإيثيلين (Kader وآخرون 1989).

الفصل الخامس عشر

تداول وفسولوجيا وتخزين الحاصلات البستانية الطازجة  
المجهزة للمستهلك (المصنعة جزئياً)

بمجرد موت الخلايا المكونة لأنسجة المنتجات البستانية بسبب العمليات التصنيعية - مثل التعليب، أو التجميد، أو التجفيف، أو التجفيد - فإن دراستها تنتقل - تلقائياً - إلى المهتمين بعلوم الصناعات الغذائية والتغذية. ولكن عندما تدخل المنتجات - بعد حصادها - فى عمليات تصنيعية بسيطة لا تموت بسببها الخلايا المكونة لأنسجتها، فإنها تظل ضمن اهتمامات دارسى البساتين. فمثل هذه المنتجات تكون أكثر عرضة للتدهور، وتستمر فيها التحولات الحيوية بمعدلات أعلى من نظيرتها من المنتجات غير المصنعة جزئياً؛ الأمر الذى يجعلها أكثر احتياجاً إلى الحرص الشديد فى عمليات تداولها وتخزينها.

والمنتجات المصنعة جزئياً partially processed produce، هى تلك التى تجرى لها عمليات تصنيعية معينة لا تؤدى إلى موت خلاياها (حيث تبقى فى حالة طازجة)؛ وذلك بهدف توفير وقت المستهلك؛ فلا يبذل وقتاً أو جهداً فى عمليات التقطيع إلى أجزاء cutting أو إلى شرائح slicing، أو البشّر shredding، أو التقشير peeling، أو إزالة الأجزاء غير المرغوب فيها trimming، أو إزالة القلب (التقويين) coring ... إلخ.

وتعرف هذه المنتجات بمسميات أخرى؛ منها: المصنعة قليلاً lightly processed، و minimally processed، والمصنعة الطازجة fresh processed، والسابقة التقطيع pre-cut، والسابقة الإعداد preprepared، والمعدة بالتقطيع cut prepared، والمقطعة الطازجة fresh-cut.

مقدمة

ازداد الإقبال على استهلاك الخضر والفاكهة المجهزة للمستهلك عاماً بعد آخر فى

الدول الصناعية المتقدمة، حيث وصل إجمالي المبيعات منها – فى الولايات المتحدة وحدها – ما مقداره ١٢ بليون دولار فى عام ٢٠٠٦. وتمثل السلطات ومخاليطها السابقة التجهيز حوالى ٥٣٪ من إجمالي تلك الصناعة (عن Hurst ٢٠٠٧). ومن المؤكد أنها ستجد – فى غضون سنوات قليلة – إقبالاً مماثلاً فى المناطق الحضرية من الدول العربية.

ومن أهم منتجاته الخضراوات التى تصنع جزئياً، ما يلى (عن Schlimme ١٩٩٥).

المنتجات	الحصول
مقشرة، ومبشورة، ومقطعة إلى أجزاء، ومقطعة إلى شرائح	البنجر
نورات صغيرة فردية بحاملها أو بدون حامل	البروكولى
شرائح مقشرة، وعيدان مقشرة، ومقطعة إلى أجزاء صغيرة، ومبشورة، وجزر "بيبي"	الجزر
أعناق أوراق كاملة، ومقطعة إلى أجزاء صغيرة أو إلى شرائح.	الكرفس
شرائح ملساء أو متعرجة	الخيار
منظفة ومُزال منها الساق الداخلية، ومقطعة إلى قصاصات طويلة chopped.	الخبس
مقطعة إلى شرائح، أو حلقات، أو إلى أجزاء صغيرة.	البصل
منظفة ومُزال منها الأجزاء الزائدة من الأوراق المفردة.	السبانخ
مقطعة إلى شرائح، أو إلى أجزاء صغيرة.	الطماطم
مجموعة كبيرة من الخضراوات المقطعة مسبقاً.	خضراوات مخلوطة للسلطة

يتطلب تجهيز تلك المنتجات وتداولها الإلمام بعلمى تكنولوجيا الأغذية وفسولوجيا ما بعد الحصاد.

كما يتطلب الأمر تطبيق الممارسات الزراعية الجيدة (الجاب GAP)، والممارسات التصنيعية الجيدة (الـ GMP)، والهاسب (HACCP) خلال كل مراحل الإنتاج

والتصنيع، مع التحكم الحرارى المناسب لتأمين انخفاض أعداد الميكروبات بالمنتج المجهز منذ البداية ولحين وصوله إلى المستهلك. هذا مع العلم بأن وسائل التنظيف والتطهير المتبعة مع المنتجات غير المجهزة لا تجدى مع المنتجات المجهزة إذا ما حدث فيها تلوث بميكروبات ممرضة.

يلاحظ أن الخضر والفاكهة المجهزة جزئياً تكون مكتملة النضج، بما يعنى أنها تكون أكثر تحملاً للحرارة المنخفضة وأقل حساسية لأضرار البرودة عن غيرها الأقل نضجاً، كما أنها تُستهلك - عادة - سريعاً بما يسمح ببقائها فى تلك الحرارة المنخفضة دون أن تظهر عليها أضرار البرودة قبل استعمالها، فضلاً عن أن الحرارة المنخفضة تقلل من فرصة زيادة النمو الميكروبي بها.

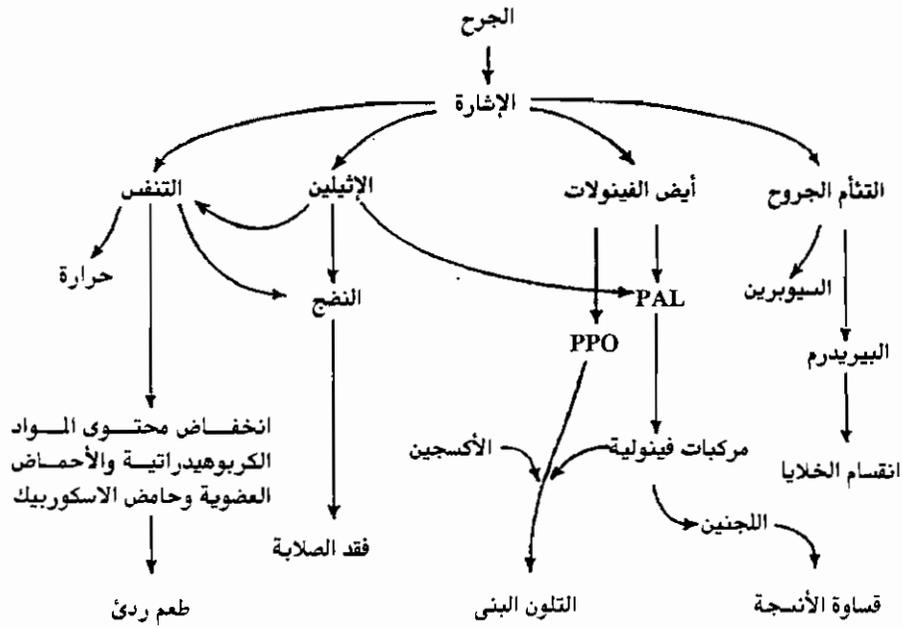
ويفضل - دائماً - استعمال أفضل نوعية من منتجات الخضر والفاكهة لأجل تجهيزها للمستهلك. وعلى الرغم من أنه يمكن النزول بالنوعية إلى درجة أقل مع استبعاد الأجزاء غير المرغوب فيها عند التجهيز، إلا أن ذلك يزيد من تكلفة التجهيز إلى درجة غير اقتصادية، فضلاً عن احتمال عدم ملاحظة القائمين بالعمل لبعض الأجزاء التى يتعين التخلص منها، مع ما يستتبع ذلك من انخفاض فى النوعية (Barth وآخرون - الإنترنت - ٢٠٠٧).

### فسيولوجيا المنتجات المصنّعة جزئياً

#### دور التجريح بصورة عامة

إن عملية تجهيز الخضر الطازجة للاستهلاك المباشر fresh-cut تتضمن أضراراً ميكانيكية كثيرة جداً جراء التقشير، والتقطيع إلى شرائح، والتقطيع إلى مكعبات صغيرة dicing، والتمزيق أو البشر shredding، والفرم chopping، وبذا.. فإن فسيولوجيا الخضر والفاكهة السابقة التجهيز هى بالضرورة فسيولوجيا الأنسجة المجروحة. ومن أهم ما يترتب على ذلك التجريح زيادة معدل التنفس وإنتاج الإثيلين وتهتك الأغشية الخلوية، بما يترتب عليه من تعطيل لعمل الخلايا واختلاط الإنزيمات بالمواد الأولية دونما فصل بينها

(decompartmentalization)، وتراكم مركبات الأيض الثانوية (شكل ١٥-١). ويكون ذلك مصاحباً بتغيرات في صفات الجودة مثل القوام، واللون، والمذاق، والقيمة الغذائية.



شكل (١٥-١): العلاقات المتداخلة بين التأثيرات التي يحدثها تجريح الأنسجة على العمليات الفسيولوجية في الخضر والفاكهة الطازجة المجهزة للمستهلك (عن Saltveit ٢٠٠٣).

ونوجز - فيما يلي - أبرز التأثيرات الفسيولوجية التي تترتب على تجهيز المنتجات الطازجة للمستهلك:

١- زيادة إنتاج الإثيلين:

يحدث ذلك من خلال التأثيرات في مسار ال ACC، وربما - أيضاً - مسار التجريح wound pathway (الذي يتضمن ال ethane).

٢- زيادة معدل التنفس:

يترتب على ذلك إنتاج ثاني أكسيد الكربون، واستهلاك الأكسجين. وإنتاج الطاقة. واحتمالات التنفس اللاهوائي.

- ٣- تفاعلات الأكسدة:
- وهي التي تتضمن استهلاك الأكسجين - في غير التنفس - والتلون البني.
- ٤- حث إنتاج الإنزيمات:
- والتي منها: ACC synthase، و ACC oxidase، و PAL، و PIIF ... إلخ.
- ٥- تحورات في أيض الفينولات:
- الأمر الذي يترتب عليه إنتاج الفيتوأوكسينات phytoalexins، والصبغات البنية.
- ٦- حث عملية التثام الجروح:
- وهي العملية التي تتضمن تمثيل اللجنين والسيوبرين، وانقسام الخلايا.
- ٧- تحورات في تمثيل البروتين.
- ٨- تغيرات كيميائية وتركيبية:
- وتتضمن حامض الأسكوربيك، والأحماض العضوية، والمواد الكربوهيدراتية، ونسبة السكريات إلى الأحماض، وزيادة في الصلابة toughening وفي الطراوة softening، وفقدان لخصائص الطعم.

أما أبرز التأثيرات الفسيولوجية التي تحدث في الحال استجابة للتجريح، فهي:

- ١- إعطاء إشارة التجريح wound signal:
- وهي التي يترتب عليها:
- أ- تمثيل منظمات النمو النباتية. مثل حامض الأبسيسك، والإثيلين، وحامض الجاسمونك، وحامض السلسليك، وال systemin، وال traumatin ... إلخ.
- ب- توليد موجه كهربائية بيولوجية.
- ٢- الإضرار بالأغشية الخلوية فسلوجياً وفيزيائياً:
- يتسبب ذلك في زيادة نفاذيتها، واختلاط مكونات الخلية ومحتويات الفجوات، وأكسدة الدهون، وإنتاج أحماض دهنية حرة.
- ٣- فقد خاصية تدفق البروتوبلازم protoplasmic streaming.

وأما أبرز التأثيرات الفيزيائية التي تترتب على التجريح، فهي كما يلي،

١- حدوث صدمة ميكانيكية للأنسجة :

تحدث الصدمة بسبب الجروح والخدوش والتشققات والكسور وتمزقات.

٢- زوال طبقة البشرة الحامية :

يؤثر ذلك في انتشار الغازات (الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون والإثيلين) وبخار

الماء، كما يوفر مدخلاً للملوثات من المركبات الكيميائية والكائنات الدقيقة.

٣- ظهور سوائل على الأسطح المقطوعة :

هذه السوائل تقلل من تبادل الغازات، ويترتب على ذلك زيادة تركيز ثنائي أكسيد

الكربون والإثيلين في الأنسجة، ونقص تركيز الأكسجين، كما يُسرّع ذلك من فقد الماء،

ويوفر مادة أولية لتكاثر الميكروبات.

٤- ظهور سوائل في داخل الأنسجة :

الأمر الذي يؤدي - عند تواجد السوائل في المسافات بين الخلايا - إلى شفافية

الأنسجة، ويغير من كثافة المنتج.

٥- زوال الحواجز الطبيعية :

الأمر الذي يترتب عليه تحفيز انتشار الغازات سواء أكانت تلك الخارجة من النسيج

أو الداخلة فيه، مع زيادة فقد الماء، وسهولة التلوث.

٦- تغيرات مظهرية :

ومن أبرز تلك التغيرات :

أ- تكوين مسحة بيضاء على الأسطح المقطوعة بسبب المتبقيات السطحية.

ب- عدم انتظام السطح بسبب عدم انتظام فقد الماء من الأنسجة.

ج- حدوث تفلقات وتمزقات بسبب حدوث تغيرات متباينة في امتلاء خلايا

الأنسجة.

د- تسرب الماء في المسافات بين الخلايا، مما يجعل الأنسجة تبدو نصف شفافة

(Saltveit ٢٠٠٣).

## **التغيرات الحيوية فى المنتجات المصنعة جزيئاً**

نلقى - فيما يلى - مزيداً من الضوء على التغيرات الحيوية التى تحدث فى أنسجة الخضر والفاكهة الطازجة المجهزة للمستهلك.

### **١- زيادة معدل إنتاج الإثيلين:**

يؤدى جرح الأنسجة النباتية إلى زيادة معدلات إنتاج الإثيلين خلال دقائق معدودة حتى ساعة واحدة، مع وصول إنتاج الإثيلين إلى أقصى معدلاته فى خلال ٦-١٢ ساعة. ويعمل الإثيلين المنتج على إسراع نضج الثمار الكلايمكتيرية، وفقد الكوروفيل فى السبانخ.

### **٢- تدهور الأغشية الخلوية:**

تدهور الأغشية الخلوية نتيجة لتدهور محتواها من الدهون؛ حيث يحدث بها نشاط إنزيمى كبير؛ يؤدى إلى فقد المكون الدهنى للأغشية، وفقد خاصية الـ compartmentation (تواجد المركبات فى حجيرات خاصة من الأغشية الخلوية) بالنسبة للإنزيمات والمواد الأولية التى تعمل عليها الإنزيمات.

### **٣- زيادة معدل التنفس:**

يعتقد أن الزيادة التى تحدث فى معدل التنفس فى الحاصلات البستانية المصنعة جزيئاً تكون بسبب زيادة إنتاجها من الإثيلين. وقد تسرع الجروح - كذلك - من وصول الثمار إلى حالة الكلايمكترك التنفسى.

ونوضح فى جدول (١٥-١) معدل تنفس بعض الخضر والفاكهة المجهزة للمستهلك.

إن الزيادة فى التنفس وإنتاج الإثيلين التى يسببها التجريح يمكن أن تستنفذ مخزون المواد الكربوهيدرات وتحفز طراوة الأنسجة؛ الأمر الذى يرتبط بالنضج، وكذلك فقد الكلوروفيل المرتبط بشيخوخة الأوراق أو الأنسجة كما فى السبانخ والبروكولى. وفى كثير من الأنسجة يعطى التجريح إشارة تستحث تمثيل وتراكم المواد الفينولية. وقد يحدث التلون البنى نتيجة لتأكسد أو بلمرة المواد الفينولية المتراكمة. كذلك فإن اللجننة وصلابة الأنسجة تعد مظاهر أخرى لفقد الجودة التى يسببها أيض الفينولات.

تداول الحاصلات البستانية - تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

جدول (١٥-١): معدل تنفس بعض الخضرا والفاكهة المجهزة للمستهلك على صفر-٢٥ م، و ١٠ م (Toivonen & DeEll ٢٠٠٢).

المنتج	طريقة الإعداد	معدل التنفس ( $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ hr}^{-1}$ ) على (م)	
		١٠	صفر-٢,٥
الفاصوليا الخضراء	مقطعة	٣٩,٧	٧,١
كوسة زوكيني	شرائح	٢٣,٩	٦,١
خيار	شرائح	٤,٩	١,٧
كوسة صفراء	شرائح	٩,٠	٣,٣
فلفل حلو	شرائح	٧,١	٣,٦
طماطم	شرائح	٥,١	٠,٧
كيوى	شرائح	١١,٩	٣,٧
موز (بدون قشرة)	شرائح	١٠,٧	٤,٠
فراولة	شرائح	—	١١,٢-٨,٥
خوخ	شرائح	٩,٥	٣,١
كنتالوب	مكعبات	٦,٢	١,٩
شهد العسل	مكعبات	٤,٢	١,٢
كمثرى (Anjou)	شرائح	٧,٥-٦,٤	٣,٨-١,٧
كمثرى (Bartlett)	شرائح	١١,٨-٩,٩	٤,٩-٢,٨
بطاطس	مقشرة	٩,٠	٣,٠
	شرائح	٢٠,٠	٦,٠
بنجر	مقشر	١٠,٠	٢,٠
	مكعبات	١٤,٠	٥,٠
	مبشور	٢٠,٠	٦,٠
جزر	مقشر	١١,٠	٤,٠
	شرائح	١٨,٠-١٥,٠	٦,٠
	مبشور	٢٧,٠	٨,٠
بصل	مقشر	١١,٠	٤,٠
	حلقات	٢٠,٠	٧,٠
	مبشور	١٢,٠	٦,٠

## الفصل الخامس عشر - تناول الحاصلات البستانية الطازجة المجهزة للمستهلك

تابع جدول (١٥-١).

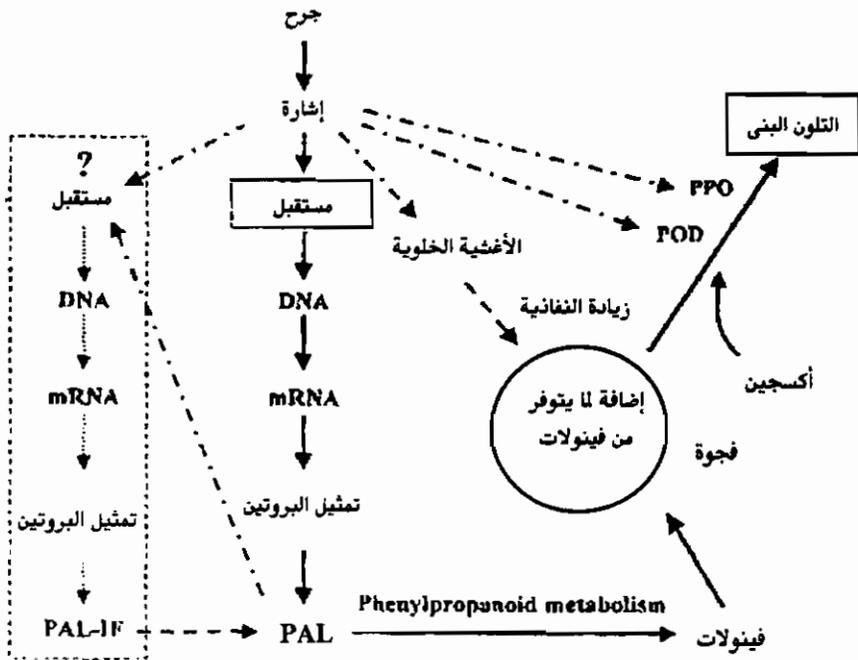
المنتج	طريقة الإعداد	معدل التنفس (mg CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> hr <sup>-1</sup> ) على (م)	معدل التنفس (م)
البروكولي	زهيرات	١٢.٩	١٠
كرنب صيني	مقطع نصفان	٥.٠	٩.٠
	ممزق لقطع كبيرة	٩.٠	٢٥.٠
	ممزق لقطع صغيرة	١٢.٠	٣٠.٠
كرنب	مقطع إلى ٤ أرباع	٤.٠	١٢.٠
	ممزق لقطع كبيرة	٩.٠	٢٥.٠
	ممزق لقطع صغيرة	١٢.٠	٣٠.٠
تفاح (ديلبش)	شرائح	٣.٥-٢.٤	--
خس كابوتشا	ممزق	٣.٩	٦.٤

### ٤- التلون البنى بالأكسدة Oxidative Browning والتلون البنى الإنزيمي

#### : Enzymic Browning

تحدث تغيرات في اللون على سطح الأنسجة المقطوعة نتيجة لقطع الخلايا ذاتها وخروج محتوياتها وتعرضها للأكسدة. كما تحفز الجروح تمثيل بعض الإنزيمات التي تدخل في تفاعلات التلون البنى. وفي تمثيل المواد الأولية التي تلزم لتلك التفاعلات. وتجدر الإشارة إلى أن التفاعلات التي تحدث للمركبات التي تخرج من الخلايا المجروحة تضر كثيراً بطبقات الخلايا التالية لها؛ لذا .. يجب الاهتمام بعملية الشطف في الماء للتخلص من تلك المركبات.

يعد التجريح أحد عوامل الشدّ غير الأحيائي التي ينتج عنها إشارات تبدأ في النسيج المضار لتنتقل منه إلى النسيج غير المضار المجاور له؛ لتستحث تمثيل بروتينات خاصة لم تكن موجودة تعرف باسم "البروتينات المستحث إنتاجها بواسطة الجروح" wound-induced proteins. وتعد بعض تلك البروتينات المستحثة إنزيمات خاصة بأبيض الفينولات (شكل ١٥-٢).



شكل (١٥-٢): العلاقات المتداخلة بين تجريح أنسجة ورق الخس وما يعقبه من تغيرات في أيض الفينولات الذي يقود إلى التلون البنى (Saltveit ٢٠٠٠).

إن التفاعلات الإنزيمية وغير الإنزيمية التي تتضمن المركبات الفينولية تنتج صبغات بنية اللون في الأنسجة النباتية. وتحتوى بعض الأنسجة - كما في الخرشوف - على محتوى عالٍ من مركبات فينولية سابقة التكوين، سريعاً ما تتحول إلى اللون البنى في الهواء بعد تعرضها للتجريح. ويتطلب منع التلون البنى في تلك الأنسجة وقف نشاط الإنزيمات المسؤولة عن ذلك. مثل البولي فينول أو أكسيديز، أو حجب الأكسجين (بخفضه إلى أقل من ١٪)، أو المعاملة بمركبات مضادة للأكسدة مثل حامض الأسكوربيك. وفي أنسجة الخس تكون كميات المركبات الفينولية السابقة التكوين في الأنسجة قليلة، ويحدث التلون البنى بعد زيادة تمثيل تلك المركبات عقب تجريح الأنسجة. فهذا التجريح (الذي يحدث عند تقطيع الخس أو تشققه أو كسر عروقه) يُنتج إشارة تنتقل عبر الأنسجة، وتستحث تمثيل إنزيمات في المسار الأيضي المسؤول عن

## الفصل الخامس عشر - تناول الحاصلات البستانية الطازجة المجهزة للمستهلك

إنتاج المركبات الفينولية، وأول الإنزيمات التي يتم تمثيلها حينئذٍ هو: phenylalanine ammonia lyase (اختصاراً: PAL)، وهو الذي يؤدي إلى تراكم المركبات الفينولية، مثل حامض الكلوروجنك chlorogenic acid، وحامض الأيزوكلورجنك isochlorogenic acid، و dicaffeoyl tartaric acid، وجميعها مركبات مسنولة عن التلون البنّي في الخس (Saltveit 1998).

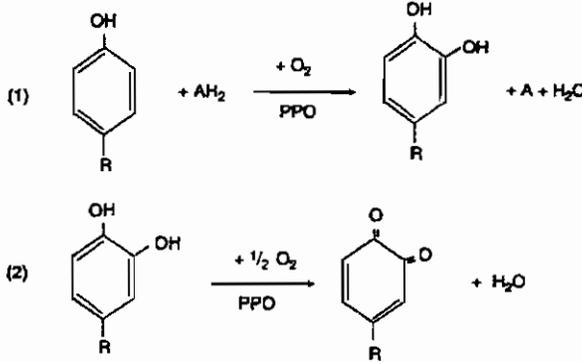
ويؤدي تجريح خس الآيس برج - على سبيل المثال - إلى زيادة نشاط ال PAL بنحو ٦-١٢ مرة على مدى ٢٤ ساعة على ١٠ م؛ مما يؤدي إلى زيادة محتوى المركبات الفينولية الكلية ثلاث مرات في خلال ثلاثة أيام (Saltviet 2000).

يعد التلون الإنزيمي أحد أهم العوامل المحددة لفترة بقاء الخضر والفاكهة الطازجة السابقة التجهيز محتفظة بجودتها. وما يحدث هو أنه أثناء مراحل تجهيز المنتجات الطازجة يتعرض المنتج لعمليات تؤدي إلى تمزق الخلايا؛ مما يؤدي إلى تحرر الإنزيمات من الأنسجة؛ لتصبح على اتصال بالمواد التي تعمل عليها. والتلون البنّي الإنزيمي هو ذلك الذي ينتج عن نشاط مجموعة من الإنزيمات تعرف باسم polyphenol oxidases (اختصاراً: PPOs)، وهي التي تتواجد في جميع النباتات. ويجب تمييز التلون البنّي الإنزيمي عن التلون البنّي غير الإنزيمي الذي ينتج بعد التسخين، مثل: تفاعل ميلارد Maillard reaction، والتكرمل، وأكسدة حامض الأسكوربيك.

ويعد التلون البنّي الإنزيمي عملية معقدة تتم على مرحلتين. ينظم المرحلة الأولى منها ال PPOs، حيث تتحول ال monophenols إلى ال o-diphenols بال hydroxylation. أما المرحلة الثانية فتتطلبها كذلك ال PPOs. وفيها يتحول ال o-diphenol إلى ال o-quinones بالأكسدة (شكل ١٥-٣).

ومن خلال مجموعة من التفاعلات الإنزيمية تتفاعل ال o-quinones بالأكسدة والبلمرة (مع جزيئات quinones أخرى، ومع مركبات فينولية أخرى، ومع مجموعات الأمينو في البروتينات والببتيدات والأحماض الأمينية، ومع الأمينات الأروماتية، ومركبات الثيول

thiol compounds، وحامض الأسكوربيك ... إلخ)؛ لتكون صبغات بنية وكذلك مركبات بنية ضاربة إلى الحمرة، ورمادية ضاربة إلى الرزقة، وسوداء، وترجع تلك الاختلافات اللونية إلى تباين أنواع المركبات الفينولية التي تدخل في التفاعل.



شكل (١٥-٣): التفاعلات التي يمكن أن ينظمها الـ polyphenol oxidase: ١- تحويل الـ monophenols إلى o-diphenols بالـ hydroxylation، و٢- أكسدة الـ o-diphenols إلى o-quinones (Garcia & Barrett ٢٠٠٢).

ولا يقتصر التلون البني الإنزيمي على التغيرات اللونية فقط، وإنما يتعداها - كذلك - إلى تغيرات غير مقبولة في الطعم وفقد في القيمة الغذائية (Garcia & Barrett ٢٠٠٢).

#### ٥- التئام الجروح:

يُعنى بمصطلح التئام الجروح - بصفة عامة - إنتاج السيوبرين واللجنين ثم ترسيبهما في الجدر الخلوية في مواقع الجروح، مع احتمال أن يتبع ذلك انقسام خلوي تحت الطبقة المسوية لتكوين بيريدرم الجروح. وأول ما يلاحظ عند السطح المقطوع للأنسجة النباتية جفاف الطبقة الأولى المقطوعة من الخلايا والطبقات القليلة الأولى التي تليها. وتحدث السوبرة في طبقة الخلايا التي تلي ذلك في عديد من الأنسجة؛ مثل درنات البطاطس واليام، وجذور البطاطا والجزر، وقرن الفاصوليا، والغلاف الثمري الخارجي pericarp للطماطم والخيار.

## الفصل الخامس عشر - تناول الحاصلات البستانية الطازجة المجهزة للمستهلك

ويتأثر التسوبر وتكوين بيريدوم الجروح بكل من درجة الحرارة والرطوبة النسبية، وتركيز غازى الأوكسجين وثانى أكسيد الكربون؛ حيث يزداد معدل التثام الجروح - بالنسبة للبطاطس مثلاً - بارتفاع درجة الحرارة من ٥ إلى ٢٠ م، وبزيادة الرطوبة النسبية حتى ٩٨٪ (فى الحرارة المنخفضة)، بينما يتوقف التثام الجروح فيها بانخفاض تركيز الأوكسجين عن ١٠٪، أو بزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون على ٥٪ (Barth ١٩٩٥).

إن بعض التغيرات الفسيولوجية الموجهة نحو التثام الجروح قد تكون مفيدة كما يحدث عند معالجة درنات البطاطس، وقد تكون ضارة. فمن بين التغيرات الفسيولوجية التى تعقب التجريح: زيادة معدل التنفس وإنتاج الإثيلين، وتحفيز نضج ثمار الخضر الكلايمكتيرية (مثل الكنتالوب والطماطم)، وزيادة تمثيل وتراكم المركبات الفينولية التى تُسهم فى التلون البنى للأنسجة. ويتم التحكم فى تلك التغيرات بحفظ المنتج فى حرارة منخفضة، وتوفير هواء محيط بالمنتج يقل فيه تركيز الأوكسجين ويزداد تركيز ثانى أكسيد الكربون. والمعاملة بمثبطات لتفاعلات كيميائية أو مسارات أيضية معينة.

### ٦- تمثيل مركبات أيضية ثانوية Secondary Metabolites:

يؤدى جرح الأنسجة النباتية إلى تحفيز إنتاج عدد كبير من المركبات الثانوية التى قد تدخل بعد ذلك فى العمليات المؤدية إلى التثام الجروح، أو تعمل كوسيلة دفاعية ضد الإصابات الميكروبية والحشرية. وتختلف المركبات التى تتكون نتيجة للجروح من محصول لآخر، وقد يؤثر تكوينها على نكهة طعم المنتج، ومظهره، وقيمه الغذائية، وحتى على مدى صلاحيته للاستهلاك؛ لأن تلك المركبات قد تكون ضارة بصحة الإنسان (عن Brecht ١٩٩٥).

ونعطى فى جدول (١٥-٢) أمثلة لبعض مركبات الأيض الثانوية التى يتم تمثيلها استجابة للتجريح فى بعض محاصيل الخضر.

تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

جدول (١٥-٢): أمثلة لبعض مركبات الأيض الثانوية التي يتم تمثيلها استجابة للتجريح في بعض محاصيل الخضار (Miller ٢٠٠٣)

المركب	فئة المركب	النبات	العضو النباتي
Catechin	Flavonoid	الخس	الأوراق
Chlorogenic acid	Phenylpropanoid		
Dicaffeoylquinic acid	Phenylpropanoid		
Miscellaneous	Terpenoid	الكاسافا	الجزر
Diterpenes			
Catechin	Flavonoid	الكاسافا	الجزر
Scopoletin	Coumarin	الكاسافا	الجزر
Scopolin		الكاسافا	
Esculin			
Rishitin	Sesquiterpenoid	البطاطس	الدرنة
Lubimin			
Phytuberin			
Phytuberol			
Solavetivone			
Solanine	Steroid alkaloid	البطاطس	الدرنة
Chaconine			
Allylisothiocyanate	Glucosinolate	الكيل والكولارد	الأوراق
Cucurbitacin	Terpenoid	القرعيات	الأوراق
3-Carene	Terpenoid	الجزر	الجزر
Caryophyllene			
$\alpha$ -Caryophyllene			
$\beta$ -Pinene			
Carotenoids	Terpenoid	الطماطم	الثمرة
Chlorogenic acid	Phenylpropanoid	البطاطس	الدرنة

إن الجروح التي تحدث بمنتجات الخضار والفاكهة عند إعدادها للمستهلك fresh-cut تحفز تغيرات فيزيائية وفسولوجية عديدة تُسرّع من فقد المنتج لجودته. ومن أهم

## الفصل الخامس عشر - تداول الحاصلات البستانية الطازجة المجهزة للمستهلك

هذه الجروح تلك التي تؤدي إلى فقد طبقة البشرة وتعرض الأنسجة الداخلية للهواء الخارجي؛ فتلك التغيرات لا تُسهل فقط فقد الماء، ولكنها توفر وسيلة سهلة لدخول الميكروبات المسببة للأمراض والملوثات الكيميائية. ويمكن للتعبئة الجيدة والمعاملة بالأغشية الصالحة للأكل أن تقلل من فقد الماء بمحافظتها على رطوبة نسبية عالية عند الأسطح المقطوعة، كما أنها توفر حاجزاً فيزيائياً يحمي المنتج من التلوث.

يستمر فقد الأنسجة النباتية للماء ما انخفضت الرطوبة النسبية في الجو المحيط بها عن ٩٩٪-٩٩,٥٪ (بفرض تساوى درجة حرارة الأنسجة مع حرارة الهواء المحيط بها)؛ وذلك هو المدى الرطوبي الطبيعي في الهواء الذي يشغل المسافات البيئية في الأنسجة النباتية. ونجد في الأنسجة غير المجروحة أن هواء المسافات البيئية لا يكون على اتصال مباشر بالهواء الخارجي، ولكن تجريح الأنسجة يعرض الأنسجة الداخلية للهواء الخارجي بصورة مباشرة؛ الأمر الذي يُسرّع كثيراً من فقد الماء، ما لم تتم زيادة الرطوبة النسبية في الجو المحيط بالمنتج إلى ٩٩,٥٪.

وتتراوح معدلات الزيادة في فقد الرطوبة في الأنسجة المجروحة - مقارنة بالأنسجة السليمة - بين ٥ أضعاف و ١٠ أضعاف في الأسطح المسوية قليلاً مثل الجزر، و ١٠ أضعاف و ١٠٠ ضعف في الأسطح المغطاة بالكيوتين مثل قرون الفاصوليا وثمار الخيار، إلى ٥٠٠ ضعف في درنات البطاطس الشديدة التسوبر (عن Brecht ١٩٩٥).

يمكن لفقد الماء وانهيار الخلايا المجروحة عند السطح المقطوع أن يؤدي إلى تغيير مظهر المنتج المجهز. فمع فقد السطح المقطوع للماء فإن البقايا الخلوية العالقة يمكن أن تكسب السطح مسحة بيضاء اللون تخفى لون الصنف. وعلى سبيل المثال فإن تلك المسحة البيضاء على الجزر "البببي" تقلل من شدة المظهر البرتقالي للون للجزر. كذلك فإن الفقد غير المنتظم للرطوبة بين القشرة والأنسجة الوعائية المعرضة للجو الخارجي قد تؤدي إلى عدم تجانس السطح، كما يحدث عند بروز الخيوط الوعائية للميمترات قليلة من النهايات المقطوعة لأعناق أوراق الكرفس. وكل تلك التغيرات ترتبط في ذهن المستهلك بفقد المنتج لطازجته (Barth وآخرون - الإنترنت - ٢٠٠٧).

### التلوث الميكروبي للمنتجات المصنعة جزئياً

إن المنتجات الطازجة المجهزة - التي تُزال منها القشرة الخارجية - تكون أكثر عرضة للتلوث بميكروبات التربة مثل *Erwinia*، و *Pseudomonas*، وهي التي تكون أكثر قدرة على منافسة مسببات أمراض الإنسان. ولكن مع استخدام العبوات المحورة كمكونات الهواء MAP، وبعدم الالتزام بخفض حرارة التخزين عن ٥م°، تزداد فرصة تكاثر بعض مسببات أمراض الإنسان، مثل *Clostridium*، و *Yersinia*، و *Listeria*، خاصة وأن توفر العصير الخلوي يشكل بيئة مناسبة لنمو تلك الكائنات الدقيقة.

يزداد بشدة الحمل الميكروبي في منتجات الخضر والفاكهة الطازجة المجهزة للمستهلك (متضمنة بكتيريا الـ coliform، وبكتيريا حامض اللاكتيك، والخمائر والفطريات الأخرى)، ويصل العد الكلي للوحدات المكونة للمستعمرات إلى أكثر من لو٦ (أى أكثر من مليون وحدة) في كل جرام واحد من المنتج المجهز، كما في زهيرات البروكولى (٦،٥)، والكنتالوب (٦،١)، والجزر (٦،٠)، والكول سلو coleslaw (٧،٣) - (٧،٨)، والخس (٦،٤-٨،٠)، وعيش الغراب (٨،٣)، والسلطات الخضراء (حتى ٨،٩).

ويعطى جدول (٣-١٥) بيانياً بأنواع الكائنات الدقيقة التي أمكن التعرف عليها في السلطات المجهزة للمستهلك (Heard ٢٠٠٢).

جدول (٣-١٥): أهم الكائنات الدقيقة التي وجدت ملوثة للسلطات المجهزة للمستهلك.

السلطة	الميكروب
	الـ <i>Seudomonads</i>
Carrots, lettuce, mixed salad, chicory, potato salad, dryslaw, tabouli	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
Potato salad, dryslaw, tabouli	<i>Pseudomonas fragi</i>
Carrots, lettuce, mixed salad, alfalfa sprouts, potato salad, dryslaw, tabouli	<i>Pseudomonas putida</i>
Carrots, lettuce, mixed salad, chicory leaf, potato salad	<i>Pseudomonas marginalis</i>
Carrots, mixed salads, chicory	<i>Pseudomonas cepacia</i>
Chicory	<i>Pseudomonas chiorii</i>
Chicory	<i>Pseudomonas fulva</i>

السلطة	الميكروب
Carrots, mixed salad, chicory	<i>Pseudomonas paucimobilis</i>
Carrots, mixed salad, chicory	<i>Methylobacterium mesophilica</i>
Carrots, lettuce, mixed salad	<i>Pseudomonas viridiflava</i>
Carrots, lettuce, mixed salad, potato salad, dryslaw	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
Prepared salad	<i>Pseudomonas chloroaphis</i>
Chicory sprouts, potato salad, dryslaw, tabouli	<i>Pseudomonas corrugate</i>
Tabouli	<i>Flavimonas oryzihabitans</i>
	بكتيريا أخرى:
Potato salad	<i>Agrobacterium radiobacter</i>
Tabouli	<i>Acinetobacter</i> spp.
Carrots, Lettuce, mixed salad	<i>Coryneform</i> bacteria
Carrots, lettuce, mixed salad	<i>Flavobacterium</i> sp.
Mixed salad, chicory leaf, salad leaves, prepared salad, dryslaw, tabouli	<i>Enterobacter agglomerans</i>
Tabouli	<i>Enterobacter amnigenus</i>
Dryslaw	<i>Enterobacter gervoiiae</i>
Mixed salad	<i>Erwinia carotovora</i>
Chicory sprouts	Enterobacteriaceae**
Dryslaw	<i>Klebsiella terrigena</i>
Carrots, lettuce, mixed salad	<i>Lactobacillus</i> spp.
Carrots, lettuce, mixed salad, potato salad, dryslaw, tabouli	<i>Leuconostoc</i> spp.
Potato salad, dryslaw	<i>Rahnella aquatilis</i>
Tabouli	<i>Serratia marcescens</i>
Potato salad	<i>Yersinia intermedia</i>
	خمائر
Salad mix, mayonnaise-based salads*, carrots, chicory	<i>Candida</i> spp.
Lettuce	<i>Cryptococcus albidus</i>
Lettuce, carrots, mixed salad, chicory	<i>Cryptococcus laurentii</i>
Salad mix, mayonnaise-based salads*	<i>Debaryomyces hansenii</i>
Lettuce, salad mix	<i>Pichia fermentans</i>
Mayonnaise-based salads*	<i>Pichia membranifaciens</i>

تابع جدول (١٥-٣).

السلطة	الميكروب
Salad mix, mayonnaise-based salads*	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Mayonnaise-based salads*	<i>Saccharomyces dairensis</i>
Mayonnaise-based salads*	<i>Saccharomyces exigus</i>
Salad mix, mayonnaise-based salads*	<i>Torulasporea delbrueckii</i>
Lettuce	<i>Trichosporon cutaneum</i>
Mayonnaise-based salads*	<i>Yarrowia lipolytica</i>
Mayonnaise-based salads*	<i>Zygosaccharomyces bailii</i>
	فطريات أعفان
Lettuce, mayonnaise-based salads*	<i>Aspergillus niger</i>
Lettuce	<i>Botrytis allii</i>
Mayonnaise-based salads*	<i>Penicillium chrysogenum</i>

\* سلطات تحتوى على مايونيز.

\*\* تتضمن عزلات الـ *Enterobacteriaceae* الأنواع البكتيرية التالية:

*Rahnella aquatilis*, *Serratia odorifera*, *Escherichia vulneris*, *Klebsiella oxytoca*, *Enterobacter cloacae*, *Erwinia amylovora*, *Enterobacter intermedius*, *Kluyvera cryocrescens*, *Serratia proteamans*, *Buttiauxella agrestis* and *Enterobacter cloacae*.

## العوامل المؤثرة فى سرعة التغيرات الحيوية

إن من أهم العوامل التى تؤثر فى سرعة التغيرات الحيوية فى الخضر المصنعة جزئياً ما يلى:

١- النوع المحصولى والصنف التجارى:

تتباين الأنواع المحصولية والأصناف البستانية كثيراً فى سرعة التغيرات الحيوية التى تحدث فيها؛ فمعدل إنتاج الإثيلين - مثلاً - قد يختلف بمقدار ١٠٠ ضعف بين مختلف المحاصيل؛ الأمر الذى لا يقتصر تأثيره على المنتج فقط، بل يتعداه إلى ما يكون مختلطاً معه كما فى مخاليط السلطة.

٢- النضج الفسيولوجى للمنتج:

تتميز الخضر التى تحصد فى طور مبكر من نموها - مثل البامية، والبروكولى، والذرة السكرية - بنشاط أبيضى عالٍ عند الحصاد؛ وبذا .. فإنها تستهلك ما يكون فيها من

## **الفصل الخامس عشر - تناول الحاصلات البستانية الطازجة المجهزة للمستهلك**

مخزون غذائي قليل بسرعة، ويظهر عليها التدهور فى وقت قصير. وبالمقارنة .. فإن محاصيل مثل البطاطس والقرع العسلى التى تحصد بعد اكتمال نضج أنسجتها تتميز بقدر أكبر من القدرة التخزينية؛ لأن نشاطها الأيضى يكون منخفضاً، كما أن محتواها من الغذاء المخزون يكون كبيراً.

كما أن الثمار الكلايكتيرية التى لا تكون قد وصلت إلى مرحلة النضج التام تنخفض فيها التحولات الغذائية عن تلك التى تكون قد اقتربت من مرحلة النضج التام.

### **٣- شدة الجروح:**

تزداد شدة التحولات الأيضية - ومن ثم سرعة التدهور - بزيادة التجريح. ويقل التدهور عند استعمال شفرات حادة عند التقطيع، كما تتأثر سرعة التدهور باتجاه التقطيع؛ فمثلاً .. يكون التدهور أسرع فى شرائح الفلفل المقطعة طولياً عن تلك المقطعة عرضياً.

### **٤- درجة الحرارة:**

تزداد شدة التحولات الأيضية بارتفاع درجة الحرارة خلال جميع مراحل التصنيع الجزئى، والنقل، والتسويق؛ لذا .. يفضل إجراء عملية التصنيع ذاتها فى أقل حرارة ممكنة (١٠-٥°م)، مع شطف الخضر المصنعة فى ماء تقترب حرارته من الصفر المئوى (٠,٥-١,٥°م).

### **٥- الفرق فى ضغط بخار الماء بين النسيج خارجه:**

كلما ازداد هذا الفرق ازداد الفقد الرطوبى من المنتج، وأفضل وسيلة لمنع الفقد الرطوبى هى حفظ المنتج فى رطوبة نسبية ٩٩%-٩٩,٥% (عن Brecht ١٩٩٥).

## **وسائل تحسين جودة المنتجات المجهزة للمستهلك**

إن من بين الوسائل التى تتبع لأجل تحسين جودة المنتجات المجهزة للمستهلك، ما يلى:

١- استعمال شفرات حادة فى التقطيع:

يعد استعمال شفرات قطع حادة أهم وسيلة للحد من التجريح عند تجهيز المنتجات الطازجة للمستهلك. فالشفرات الحادة تسبب جرحاً واحداً فى طبقة الخلايا التى تمر بها، بينما تؤدى الشفرات غير الحادة إلى إزالة عدة طبقات من الخلايا عند القطع.

ويتبع ذلك من الأمثلة التالية:

أ- أذى استعمال نصل حاد فى تجهيز الخس إلى الحد من ظاهرة التلون البنى، وزيادة فترة بقاءه بحالة جيدة بعد التجهيز، كما كان التقطيع إلى شرائح أفضل من التمزيق.

ب- كذلك أذى استعمال أنصال حادة فى تقطيع الجزر إلى شرائح إلى الحد من الزيادة فى العد الميكروبي، والتغيرات فى الطعم، والمحافظة على سلامة الخلايا (بالفحص المجهري) وزيادة فترة الصلاحية للتخزين على ٨ م° (عن Portela & Cantwell ٢٠٠١).

ج- فى الجزر البيبى المقشر أذى استعمال شفرات حادة إلى الحد من ظاهرة المسحة البيضاء white-blush التى تنتج من جفاف بقايا الخلايا الناتجة عن التجريح.

د- أمكن الحد من ظهور اللون نصف الشفاف (الشفافية translucency) فى الكنتالوب باستعمال شفرات حادة، علماً بأن الظاهرة التى يزداد معها التسرب الأيونى. تقل معها الصلابة (Cantwell ١٩٩٨).

٢- تعريض المنتجات لمعاملة حرارية:

يبدو أنه يوجد تسلسل معين لاستجابة النبات لمختلف حالات الشد غير الأحيائي. فنجد - مثلاً - أن النبات الذى يتعرض لكل من التجريح والشد الحرارى فى آن واحد يستجيب أولاً للشد الحرارى بإنتاج بروتينات الصدمة الحرارية بدلاً من إنتاج الإنزيم PAL. وتؤدى صدمة حرارية على ٤٥ م° لمدة ٩٠ ثانية إلى منع الزيادة فى نشاط PAL إذا ما حدث التعرض للصدمة الحرارية قبل التجريح بأربع ساعات. أو ساعتين بعده. وهذا التغير فى تمثيل بزوتين التجريح بفعل التعرض للصدمة

## الفصل الخامس عشر - تحاول الحاصلات البستانية الطازجة المجهزة للمستهلك

الحرارية قد يمكن استخدامه في منع التلون البنى في المحاصيل التى يقل محتواها من المركبات الفينولية بصورة طبيعية مثل الخس والكرفس؛ مما قد يفيد فى التحكم فى ظاهرة التلون البنى فى الخضر والفاكهة الطازجة المجهزة للمستهلك (Saltveit ٢٠٠٠).

### ٣- الغمر فى محاليل غنية بالكالسيوم:

استعملت معاملة غمر الخضر والفاكهة الطازجة السابقة التجهيز fresh-cut فى محاليل غنية بالكالسيوم لزيادة صلابة الأنسجة؛ لأجل زيادة فترة احتفاظها بجودتها، وذلك مع كل من التفاح، والفراولة، الكمثرى، والكوسة، والبلوبرى، والخوخ، والطماطم.

وقد أرجعت زيادة صلابة الأنسجة بمعاملة الغمس فى محاليل الكالسيوم إلى فعلها الإيجابى فى ثبات الأغشية الخلوية. وتكوين بكتات الكالسيوم التى تزيد من صلابة الصفیحة الوسطى والجدر الخلوية. بما يجعلها أكثر مقاومة لنشاط إنزيم البولى جالاكتيرونيوز polygalacturonase عليها، وكذا ما تُحدثه المعاملة من زيادة فى ضغط امتلاء turgor pressure الخلايا.

وقد وجد أن إجراء المعاملة فى حرارة عالية يزيد من فاعليتها، وأرجع ذلك إلى أن الحرارة تزيد من نشاط إنزيم البكتين إستريز pectin esterase الذى يزداد نشاطه فيما بين ٥٥، و ٧٠°م. وهذا الإنزيم هو المسئول عن فصل مجموعات الـ methoxyl من الـ methylated galacturonic acid residues فى البكتين، لتنتقل الأحماض البكتينية التى تحتوى على مجموعات كاربوكسيل carboxyl groups جديدة. ويؤدى توفر أيون الكالسيوم إلى زيادة صلابة النسيج النباتى باتحاده مع مجموعات الكربوكسيل البكتينية pectic carboxyl groups من جراء نشاط إنزيم البكتين إستريز (Luna-Guzmán وآخرون ١٩٩٩).

كذلك وجد أن غمر شرائح الفاصوليا الخضراء والبطاطس والتفاح فى محلول من هيبوكلوريت الكالسيوم بتركيز ١٧.٥ جزءاً فى المليون لمدة ٥-٢٠ دقيقة يمنع التلون

## تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

البنى، وأن الغمر في التركيزات الأعلى حتى ١٤٠ جزءاً في المليون كان بذات فاعلية المعاملة بحامض الأسكوربيك أو بالـ (Brecht) bisulfite وآخرون (١٩٩٣).

### ٤- المعاملة بمركبات أخرى مثبطة للتلون البنى:

إن من أهم المركبات الأخرى التي يمكن أن تُعامل بها المنتجات المجهزة للمستهلك لأجل الحد من التلون البنى، ما يلي (عن Garcia & Barrett ٢٠٠٢).

التركيز الممكن استعماله	المركب ونوعيته
٠,٥-٢٪ (وزن/حجم)	خافضات الـ pH حامض الستريك أحماض عضوية أخرى: الطرطريك والماليك واللاكتيك أحماض غير عضوية: الفوسفوريك والأيدروكلوريك مختزلات ومضادات أكسدة
٠,٥-١٪	حامض أسكوربيك
٠,٨-١,٦٪	حامض erythorbic
٠,٨٪	إسترات ascorby-phosphate مثل: AA-2-phosphate AA-triphosphate
٢٣٠ مللى مول	مركبات الـ sulfhydryl مثل: L-cysteine
٠,٤-١٪	مركبات تكون معقدات <b>complexing agents</b> : cyclodextrin $\beta$ -cyclodextrin maltosyl- $\beta$ -cyclodextrin Hydroxyethyl- $\beta$ -cyclodextrin
٠,٤٪	مركبات مخلبية <b>chelating agents</b> : EDTA
٠,٥-٢٪	Polyphosphate
٠,٢٤٪ + Sporix ١٪	Sporix <sup>TM</sup>
حامض أسكوربيك	
٠,٤-٢٪	مثبطات إنزيمية: 4-hexyl resorcinol (يثبط PPO) أنيونات مثل كلوريد الصوديوم والكالسيوم والزنك

## الفصل الخامس عشر - تناول الحاصلات البستانية الطازجة المجهزة للمستهلك

التركيز الممكن استعماله	المركب ونوعيته
٠,٥٪ (وزن/حجم)	ficin (من التين)، و bromelain (من الأناناس)، والـ papin (من البابا)
٢٠٪	عسل النحل (يحتوى على ببتيدة صغيرة مثبطة للـ PPO)

### وسائل المحافظة على المنتجات المجهزة للمستهلك من التدهور

تتراوح - عادة - فترة بقاء المنتجات المصنعة جزئياً وهي محتفظة بنضارتها (فى حرارة ٠,٦-٣,٣ م) بين ٥ أيام بالنسبة لعيش الغراب المقطع إلى شرائح، و ١٨ يوماً بالنسبة للخس المنظف والمزال منه السيقان.

ومن أهم العوامل المتبعة للمحافظة على المنتجات البستانية المصنعة جزئياً من التدهور ما يلي:

#### ١- الخفض السريع لحرارة المنتج:

يتم وقف تدهور المنتجات المصنعة جزئياً بتخزينها على أقل درجة حرارة ممكنة لكل منها، وهي الحرارة التي تلى حرارة التجمد مباشرة بالنسبة للمنتجات غير الحساسة للبرودة، وأقل درجة حرارة لا تظهر معها أضرار البرودة بالنسبة للمنتجات الحساسة للبرودة.

وترتفع قيمة  $Q_{10}$  لتنفس وتدهور المنتجات البستانية المصنعة جزئياً إلى ٧ ما بين ١ م، و ١٠ م، بينما تكون عادة ٢-٣ فى حرارة أعلى من ١٠ م، ويعنى ذلك أن تخزين المنتجات المصنعة جزئياً غير الحساسة للبرودة - على حرارة تزيد بدرجة واحدة مئوية أو درجتين مئويتين عن حرارة تجمدها - قد يزيد من فترة احتفاظها بجودتها بمقدار ٣-٥ أضعاف. مقارنة بتلك التى تخزن على ١٠ م؛ ولذا .. فإن أهم ما يجب الاهتمام به بالنسبة للمنتجات المصنعة جزئياً بقاؤها فى أقل درجة حرارة مناسبة طوال مراحل تصنيعها، وتوزيعها، وتسويقها (عن Brecht ١٩٩٥).

إن المحافظة على بقاء المنتجات البستانية الطازجة السابقة التجهيز فى الحرارة المنخفضة يعد أمراً أساسياً للمحافظة على جودة تلك المنتجات لحين وصولها إلى

المستهلك. وبينما لا يشكل ذلك أى مشكلة بالنسبة للمنتجات غير الحساسة لأضرار البرودة، فإن المشكلة تكون كبيرة بالنسبة للمنتجات الحساسة للبرودة، مثل الفلفل، والطماطم، والكوسة، والخيار. وتزداد المشكلة تعقيداً إذا كان قد سبق تعرض تلك المنتجات للحرارة التى يمكن أن تحدث معها أضرار البرودة قبل وصولها مصانع التجهيز.

### ويُلزَم لتجنب تلك المشكلة مراعاة ما يلى:

- ١- عدم سبق تعريض تلك المنتجات الحساسة لأضرار البرودة فى حرارة تقل عن تلك الموصى بها قبل تجهيزها للمستهلك.
- ٢- سرعة تخزين المنتجات الطازجة السابقة التجهيز بمجرد الانتهاء من تجهيزها للمحافظة على جودتها وللحد من النمو الميكروبي بها.
- ٣- يلاحظ أن التغيرات الميكروبية تحدث بصورة أسرع بكثير من أى أعراض خاصة بأضرار البرودة.
- ٤- غالباً ما تكون توصيات حرارة التخزين وتركيزات الأوكسجين وثانى أكسيد الكربون الخاصة بالمنتجات الحساسة للبرودة غير مناسبة لها بعد تجهيزها للمستهلك (Cantwell وآخرون ١٩٩٨).

### ٢- وقف فقد الرطوبة من المنتج:

يؤدى فقد الرطوبة من المنتجات المصنعة - جزئياً - إلى ذبولها، وانكماشها، وفقدتها لطزاجتها. ويفيد - كثيراً - تعبئتها فى عبوات غير منفذة للرطوبة فى منع فقدتها للماء، وفى احتفاظها بمظهرها الجيد.

وتستخدم لهذا الغرض أغشية بوليمرية، وكثيراً ما تكون هذه الأغشية مثقبة لمنع تولد ظرف لا هوائية داخل العبوات.

### ٣- وقف أو إبطاء التلون البنى:

يفيد فى هذا الشأن إضافة الكلور إلى ماء الشطف، كما تستعمل عدة مركبات لوقف النشاط الإنزيمى؛ منها: حامض الأسكوربيك، و sodium dehydroacetic acid.

## الفصل الخامس عشر - تناول الحاصلات البستانية البلازجة المجهزة للمستهلك

وحامض الستريك، وكلوريد الزنك مع كلوريد الكالسيوم، والسيستين cysteine، وثانى أكسيد الكربون، وأول أكسيد الكربون.

٤- خفض معدل تنفس المنتج بكل وسيلة ممكنة مع تطبيق تقنية الـ MAP: تحتوى الخضرة المصنعة جزئياً على أنسجة حية تتنفس وتتمر بتحولات أيضية، وتؤدى أية وسيلة تُتخذ لإبطاء معدل التنفس إلى زيادة فترة احتفاظها بجودتها؛ ولذا .. يفيد تغليفها فى أغشية بوليمرية مثقبة فى خفض مستوى الأكسجين وزيادة ثانى أكسيد الكربون داخل العبوات؛ الأمر الذى يؤدي بدوره إلى خفض معدل تنفسها.

ويفيد وضع المنتجات المصنعة جزئياً فى جو معدل أو جو متحكم فى مكوناته فى خفض معدل تنفس تلك المنتجات، ومعدل إنتاجها للإثيلين، ومعدل تدهورها، ويعنى ذلك ضرورة خفض تركيز الأكسجين وزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون. ولكن يتعين الانتباه إلى أن ظروف الجو المعدل التى تناسب المنتجات البستانية غير المصنعة تختلف كثيراً عن تلك التى تناسب المنتجات المصنعة جزئياً، وتلك أمور لم تحسم علمياً بصورة تامة بعد.

وقد أدت إضافة palladium chloride - على الفحم - إلى العبوات إلى امتصاص كل الإثيلين المنطلق من المنتجات المصنعة جزئياً، وترتب على ذلك وقف تحلل الكلوروفيل فى الخس (عن Brecht ١٩٩٥).

إن أقصى تركيز لثانى أكسيد الكربون الذى يمكن أن تحدث بعده أضرار للمنتجات البستانية المجهزة للمستهلك يمكن أن يزيد عن التركيز الذى تظهر عنده الأضرار فى المنتجات الكاملة غير المجهزة، أو يساويه، أو يقل عنه، ويمكن أن تحدث تلك الاختلافات لسببين رئيسيين، هما:

١- يمكن أن تختلف ظروف تخزين المنتجات المجهزة للمستهلك - كثيراً - عن تلك التى تناسب المنتجات الكاملة. وتكون فترة تخزين المنتجات المجهزة أقصر بكثير عن فترة تخزين المنتجات الكاملة. ويكون للمنتج المجهز مساحات خارجية كبيرة؛ مما

يجعله أكثر عرضة لفقد الرطوبة ، وتزداد فيه الأجزاء المجروحة ، ومعدل التنفس ومعدل إنتاج الإثيلين، والنمو الميكروبي عما يحدث في المنتج الكامل.

٢- نظراً لزيادة السعر الذى يباع به المنتج المجهز للمستهلك فإنه يتم توفير الجو المثالى له للمحافظة على جودته، ومن الطبيعى أن صفات الجودة تختلف باختلاف المنتج، كما يختلف تأثرها بكل من حالة المنتج المجهز مقارنة بغير المجهز، وبتركيز ثانى أكسيد الكربون (Watkins ٢٠٠٠).

إن صناعة الخضر والفاكهة الطازجة سابقة التجهيز لا تُصبح ممكنة إلا بعد تطوير عملية التعبئة فى الجو المعدل modified atmosphere packaging، والمحافظة على سلسلة التبريد، وتطوير التكنولوجيا ذاتها (جدول ١٥-٤). علماً بأن الأساس فى تكنولوجيا الـ MAP هو التعرف على الجو المعدل المثالى لكل منتج على حدة، الأمر الذى يحدد الاختيار الأمثل لمادة التغليف. كما أن هذا التغليف يؤدي إلى جعل الهواء المحيط بالمنتج المجهز شبه مشبع بالرطوبة؛ مما يعنى عدم فقد المنتج لأية رطوبة. هذا إلا أن التكتف المائى داخل العبوة قد يشجع النمو الميكروبي ويقلل من قدرة المستهلك على فحص المنتج قبل الشراء.

إن الأغشية المستعملة فى الـ MAP للخضر والفاكهة الطازجة سابقة التجهيز تسمح بنفاذ الأكسجين من خارج العبوة إلى داخلها، وبمرور ثانى أكسيد الكربون نحو الخارج. ويتحدد تركيب الهواء داخل العبوة عند نقطة التوازن على معدل استهلاك المنتج للأكسجين ومعدل إنتاجه لثانى أكسيد الكربون، وعلى نفاذية الغشاء للغازين، ومساحة سطح الغشاء، وكمية المنتج بداخل العبوة. وتعد سرعة الوصول إلى توازن عند مستوى منخفض من الأكسجين، ومستوى مرتفع من ثانى أكسيد الكربون - أو أى من العاملين - حاسماً فى منع تلون الأسطح المقطعة للمنتج باللون البنى. ويمكن الإسراع بالوصول لحالة التوازن تلك بتفريغ العبوة من الهواء وضخ هواء جديد فيها يحتوى على الغازين بالتركيز المطلوب عند التوازن (Gorny ١٩٩٧).

ويعد هذا الضخ للهواء المعدل منذ بداية التغليف ضرورياً فى حالة الخس السابق

## الفصل الخامس عشر - تحاول الحاصلات البستانية الطازجة المجهزة للمستهلك

التجهيز. الذي يلزمه أقل من ١٪ أكسجين لإبطاء تفاعل التلون البنى الذى يتم بواسطة الإنزيم polyphenol oxidase وأكثر من ١٠٪ ثانى أكسيد كربون لتثبيط تمثيل المواد الأولية لذلك التفاعل. هذا .. ولا يفيد هذا الإجراء فى منع التلون البنى فى الثمار المجهزة التى تكون غنية جداً فى إنزيم البولى فينول أوكسيديز؛ ومن ثم فإن التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون لن يمكنه الحد من كمية المواد الأولية المتوفرة لتفاعل التلون البنى، ويلزم فى تلك الحالة خفض تركيز الأكسجين إلى الصفر لمنع نشاط البولى فينول أوكسيديز كلية.

جدول (١٥-٤): ملخص بتوصيات الـ CA والـ MA لبعض الخضرا والفاكهة المجهزة للمستهلك (عن Gorny ٢٠٠١).

المنتج	المجو		
	الحرارة (م)	الأكسجين (%)	ثانى أكسيد الكربون (%)
بنجر مقشر أو مكعبات أو مبشور	صفر-٥	٥	٥
زهيرات بروكولى	صفر-٥	٢-٣	٦-٧
كرنب ممزق	صفر-٥	٠.٥-٧.٥	١٥
كرنب صينى ممزق	صفر-٥	٥	٥
جزر شرائح أو عصى	صفر-٥	٢-٥	١٥-٢٠
كرات شرائح	صفر-٥	٥	٥
خس دهنى مقطع	صفر-٥	١-٣	٥-١٠
خس ورقى أخضر مقطع	صفر-٥	٠.٥-٣.٠	٥-١٠
خس آيس برج مقطع أو ممزق	صفر-٥	٠.٥-٣.٠	١٠-١٥
خس ورقى أحمر مقطع	صفر-٥	٠.٥-٣.٠	٥-١٠
خس رومين مقطع	صفر-٥	٠.٥-٣.٠	٥-١٠
عيش غراب شرائح	صفر-٥	٣	١٠
بصل شرائح ومكعبات	صفر-٥	٢-٥	١٠-١٥
فلفل مكعبات صغيرة	صفر-٥	٣	٥-١٠
بطاطس شرائح أو مقشرة	صفر-٥	١-٣	٦-٩

تابع جدول (١٥-٤).

المنتج	الحرارة (م)	الجو		الكفاءة
		الأكسجين (%)	ثاني أكسيد الكربون (%)	
قرع عسلى مكعبات	صفر-٥	٢	١٥	متوسطة
روتاباجا شرائح	صفر-٥	٥	٥	متوسطة
سبانخ منظفة	صفر-٥	٣,٠-٠,٨	١٠-٨	متوسطة
طماطم شرائح	صفر-٥	٣	٣	متوسطة
كوسة زوكيني شرائح	٥	١,٠-٠,٢٥	--	متوسطة
تفاح شرائح	صفر-٥	١ >	١٢-٤	متوسطة
كنتالوب مكعبات	صفر-٥	٥-٣	١٥-٦	جيدة
جريب فروت شرائح	صفر-٥	٢١-١٤	١٠-٧	متوسطة
شهد العسل مكعبات	صفر-٥	٢	١٠	جيدة
كيوى شرائح	صفر-٥	٤-٢	١٠-٥	جيدة
مانجو مكعبات	صفر-٥	٤-٢	١٠	جيدة
برتقال شرائح	صفر-٥	٢١-١٤	١٠-٧	متوسطة
خوخ شرائح	صفر	٢-١	١٢-٥	ضعيفة
كمثرى شرائح	صفر-٥	٠,٥	١٠ >	ضعيفة
كاكى شرائح	صفر-٥	٢	١٢	ضعيفة
رمان مفصص	صفر-٥	—	٢٠-١٥	جيدة
فراولة شرائح	صفر-٥	٢-١	١٠-٥	جيدة
بطيخ مكعبات	صفر-٥	٥-٣	١٠	جيدة

غنى عن البيان أن الـ MAP يحد من معدل التنفس ومن فقد الطاقة - المحدودة أصلاً في المنتج المجهز - إلا أن المعول الأساسى فى خفض معدل التنفس يكون التخزين على الحرارة المنخفضة فى المجال المناسب للمحصول، ومع المحافظة التامة على سلسلة التبريد، وإلا اختل التوازن بين تركيز غازى الأكسجين وثانى أكسيد الكربون، وانعكس ذلك على فترة التخزين الممكنة وجودة المنتج، حيث يمكن أن يبدأ فى التخمير وتنمو بكتيريا حامض اللاكتيك، وهما أمران يكسبان المنتج مذاقاً ورائحة غير مقبولتين.

وإلى جانب ما تقدم بيانه فإن الجروح التي تحدث فى المنتج سابق التجهيز تحفز إنتاج الإثيلين الذى يساعد على سرعة انهيار الأنسجة، إلا أن سرعة الوصول إلى تركيز منخفض من الأكسجين وآخر عالٍ من ثانى أكسيد الكربون يخفض من إنتاج المنتج للإثيلين (Gorny 1997).

### هـ- اتخاذ إجراءات نظافة صارمة لمنع التلوث الميكروبي:

يمكن أن تتلوث الخضروات المُصنَّعة جزئياً بعدد من الميكروبات التى تسبب فسادها؛ مثل الخمائر، والفطريات، والبكتيريا. كما أن بعض البكتيريا التى قد تتواجد بها - مثل *Clostridium botulinum*، و *Listeria monocytogens* - تعد سامة للإنسان، وبينما يبدأ تكاثر النوع الأول فى حرارة 7م°، فإن النوع الثانى يتكاثر جيداً فى الصفر المئوى. كذلك قد تتلوث هذه الخضروات - عن طريق القائمين بإعدادها - ببكتيريا أخرى تصيب الإنسان؛ مثل *Staphylococcus aureus*، و *Streptococcus* spp. ولذا.. فإن اتخاذ إجراءات النظافة الصارمة أثناء إعداد هذه المنتجات يعد أمراً حيوياً، وخاصة أن معظمها يستهلك طازجاً (عن Hurst 1995).

ويعد الغسيل ضرورياً لإزالة التربة والمواد الملوثة للخضر، كما يتعين الشطف بالماء المضاف إليه الكلور قبل تعبئة المنتجات، وذلك لتقليل أعداد الميكروبات التى قد تتواجد بها.

ويجب أن يحافظ على pH المحاليل المضاف إليها الكلور قريباً من التعادل لى يبقى الكلورين فى الحالة النشطة (حالة الـ hypochlorous acid form).

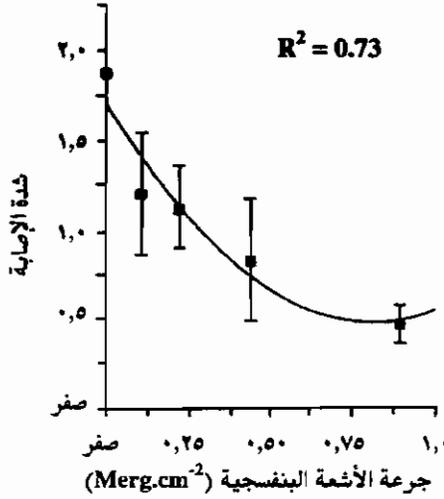
وقد تستعمل كذلك محاليل من أحماض عضوية أو حامض السوربيك sorbic acid لمكافحة البكتيريا.

ومن المميزات الإضافية لاستعمال الكلور فى ماء الشطف تقليل التلون البنى.

ونظراً لأن الرطوبة الحرة تساعد على سرعة تكاثر الكائنات الدقيقة؛ لذا.. يتعين التخلص من الماء السطحى الزائد - قبل التعبئة - بالطرد المركزى، أو بأية طريقة أخرى مناسبة.

٦- المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية:

تفيد المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية في الحد من الإصابة بالبيوتريتس *Botrytis cinerea* في الجزر على سبيل المثال (شكل ١٥-٤).



شكل (١٥-٤): تأثير التعريض للأشعة فوق البنفسجية على قابلية الجزر المجهز للمستهلك للإصابة بالفطر *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادي (Arul وآخرون ٢٠٠١).

الفصل السادس عشر

تصدير وشحن الحاصلات البستانية

الشروط اللازم توفرها لنجاح العملية التصديرية

من غير المناسب تلخيص الشروط التي يلزم توفرها لنجاح العملية التصديرية في عشرة أو عشرين شرطاً؛ ذلك لأن تحقيق النجاح المأمول يتطلب الالتزام بتنفيذ كل ما جاء في الفصول السابقة من هذا الكتاب، بالإضافة إلى ما يأتي بيانه في هذا الفصل بخصوص عملية الشحن. وبغير ذلك تكون مجازفة غير ذوى الخبرة بالتصدير حرثاً في البحر، أو - على أقصى تقدير - الخروج بصفقة وحيدة، قد تضر - ليس فقط بسمعة المصدر - ولكن - بسمعة المنتجات المصرية بصورة عامة؛ الأمر الذى ينعكس على أسعار توريد تلك المنتجات في الأسواق العالمية.

ومن بين الشروط التي تلازم لنجاح العملية التصديرية - التي ربما لم يأت بها بيانها في هذا الكتاب - ما يلي:

١- زراعة الأصناف التي تطلبها الأسواق الأجنبية. ويشترط لنجاح زراعتها وتصديرها أن تكون ذات محصول مرتفع تحت الظروف المصرية، وأن تتحمل الشحن، وأن تكون ذات مواصفات تخزينية جيدة.

٢- تركيز المساحات المزروعة للتصدير؛ وذلك لتسهيل عمليات الإنتاج والتعبئة والشحن.

٣- زراعة محاصيل التصدير في المواعيد المناسبة للتصدير؛ حتى تعطى المحصول في وقت تقل فيه المنافسة الأجنبية. فمثلاً يصدر البصل المصرى خلال مارس وأبريل ومايو لعدم نضج البصل الإسباني - وهو أول بصل أوروبى - قبل آخر شهر مايو.

٤- الاهتمام بحصاد الحاصلات الثمرية كالطماطم والفراولة والكنتالوب قبل تمام نضجها حتى تتحمل عملية الشحن. ويتوقف طور النضج المناسب للحصاد على بُعد السوق المصدر إليها.

٥- اتباع الأسلوب التعاونى الخاص فى الإنتاج والتسويق، مع إجراء عمليات الفرز والتعبئة فى مناطق الإنتاج. وتعتبر هذه النقطة من أهم مشاكل تصدير الحاصلات البستانية فى مصر.

٦- يجب ألا يُسَمَح بالاشتغال فى التصدير إلا لمن يتمتع بسمعة تجارية حسنة. ومن يستمر فى الوفاء بالتزاماته وعقوده.

٧- ضرورة متابعة رسائل الحاصلات المصدرة بعد وصولها إلى الأسواق الخارجية. ومحاولة وضع سياسة ثابتة لحل المشاكل أولاً بأول.

٨- التوسع فى زراعة الحاصلات التصديرية، مع ميكنة إنتاجها، وبغير ذلك يصعب التعاقد - سلفاً - مع المستوردين؛ نتيجة لقلّة الكميات المنتجة من معظم الحاصلات البستانية للتصدير؛ وبالتالي عدم إمكان وضع سياسة ثابتة للتصدير. وقد أدى ذلك إلى عدم إمكان الاستجابة - أحياناً - لطلبات السوق الخارجية، مع فقد ثقة العملاء بقدرتنا على مدهم بطلباتهم من حاصلات التصدير.

٩- أدى عدم وجود سياسة ثابتة للتصدير وقلّة الكميات المصدرة إلى عدم إمكان تطبيق نظام البيع بالأمانة الذى يتبع فى بيع المحاصيل السريعة التلف - مثل الحاصلات البستانية - حيث يباع المحصول بالزاد فى الأسواق التى يصل إليها بالسعر السائد فى ذلك الوقت حسب حالة السوق، دون التقيد بسعر سابق. ويتطلب تطبيق هذا النظام وجود مندوبين دائمين للجهات المصدرة بالأسواق المصدر إليها، ولكن ذلك لا يتأتى إلا عند وجود سياسة ثابتة للتصدير. مع استمرار التصدير سنوياً لنفس الأسواق بمعدلات عالية.

١٠- يلزم عمل الدعاية اللازمة للمنتجات المصرية بالأسواق الأجنبية.

### مواسم التصدير

تتباين مواسم تصدير الحاصلات البستانية إلى الدول الأوروبية باختلاف المحصول. كما يأتى:

## الفصل السادس عشر - تصدير وشحن الحاصلات البستانية

المحصول	موسم التصدير
البطاطس	يناير حتى أبريل
البصل (الأبصال)	مارس حتى مايو
الطماطم العادية والكريزية	نوفمبر حتى أبريل
البسلة العادية	نوفمبر حتى مارس
الفاصوليا	أكتوبر حتى يونية ما عدا الصنف هيلداه من ديسمبر حتى مارس
الفول الرومي	فبراير ومارس
الخرشوف	ديسمبر حتى أبريل
البياذنجان	أكتوبر حتى أبريل
الكوسة	أكتوبر حتى مارس
الكرنب	أكتوبر حتى فبراير
القنبيط	أكتوبر حتى فبراير
الخس الآيس برج	نوفمبر حتى مايو
الكرفس	أكتوبر حتى أبريل
الفلفل بكل طرزه	نوفمبر حتى أبريل
الفراولة	ديسمبر حتى مايو
البسلة السكرية والمنجته	نوفمبر حتى مارس
البصل الأخضر	أكتوبر حتى أبريل
الثوم	فبراير حتى أبريل
الذرة السكرية	نوفمبر حتى فبراير
الخيار	نوفمبر حتى أبريل
العنب	مايو حتى سبتمبر (أصناف مختلفة)
كنتالوب الجاليا والشارنتيه	نوفمبر حتى يناير . وأبريل ومايو
الشمش	يونيه ويوليه
المانجو	يوليه حتى سبتمبر
الجوافة	أغسطس حتى أكتوبر
الخوخ	أبريل حتى يونية

## الشحن

تلزم المحافظة على صفات الجودة فى الحاصلات البستانية أثناء عملية الشحن بتوفير الظروف المناسبة لها من درجة حرارة ورطوبة نسبية، مع مراعاة كافة العوامل التى سبق ذكرها عند مناقشة موضوع التخزين. فالمدة التى تمر بها الحاصلات أثناء الشحن هى فى واقع الأمر جزء من فترة التخزين التى تمر فيما بين الحصاد والتسويق.

## تحميل الشاحنات والحاويات بالمنتجات المختلطة

يجب إعطاء اهتمام كافٍ بعملية تحميل المنتجات المختلطة، كما يلى:

١- عدم تحميل الحاصلات البستانية غير المتوافقة - بين بعضها البعض - معاً (موضوع العنوان التالى).

٢- عدم خلط الخضر والفاكهة أبداً أى منتجات غير غذائية لأجل تجنب مخاطر التلوث الذى قد يحدث سواء أكان على صورة روائح، أم متبقيات كيميائية سامة.

٣- وضع كراتين متساوية الحجم معاً فى البالته الواحدة لزيادة ثباتها.

٤- توزيع المنتجات الثقيلة على أرضية الحاوية، ثم وضع المنتجات الخفيفة عليها.

٥- مراعاة تواجد عينة ممثلة من كل منتج قريباً من باب الحاوية لتسهيل فحص المنتج فى ميناء الوصول، وحتى لا تكون هناك ضرورة لتفريغ الشحنة كلها لأجل الحصول على عينات الفحص (Hui وآخرون ٢٠٠٣).

## توافق وعدم توافق الحاصلات البستانية عند شحنها

إن توافق المنتجات عند تواجدها مختلطة معاً أثناء الشحن أو التخزين يتوقف على

العوامل التالية:

١- درجة حرارة التخزين الموصى بها.

٢- الرطوبة النسبية الموصى بها.

## الفصل السادس عشر – تصدير وشحن الحاصلات البستانية

٣- الحساسية للبرودة أو أضرار التجمد.

٤- إنتاج الغازات والمواد المتطايرة والحساسية لها.

٥- إنتاج الروائح وامتصاصها لها.

ومن بين المنتجات التي لا يجوز الجمع بينها بسبب احتماكه بعضها للروائح التي يندجها بعضها الآخر، ما يلي:

١- التفاح أو الكمثرى مع الكرفس أو الكرنب أو الجزر أو البطاطس أو البصل.

٢- الكرفس مع البصل أو الجزر.

٣- الموالج مع أى من الخضر ذات الروائح القوية (Wilson وآخرون ١٩٩٩ب).

هذا .. ويكتسب التفاح والكمثرى طعم التربة (earthy taste) إذا ما خزنا مع البطاطس. ويوصى - دائماً - بتخزين كل من البصل، والنقل، والموالج، والبطاطس على انفراد (عن Bachmann & Earles ٢٠٠٠).

وفى محاولة لتجميع الخضر والفاكهة المتوافقة معاً والتي تناسبها ظروف تخزين واحدة - لمدة سبعة أيام - قصه Thompson وآخرون (٢٠٠٧) تلك المنتجات إلى ثلاثة فئات، كما يلي:

المجموعة الأولى:

تخزن خضر هذه المجموعة على صفر-٢ م° فى ٩٠٪ إلى ٩٨٪ رطوبة نسبية، وتتضمن معظم الخضر الورقية والكرنبية وفاكهة المناطق الباردة.

المجموعة الثانية:

تخزن خضر هذه المجموعة على ٧-١٠ م° فى ٨٥٪ إلى ٩٥٪ رطوبة نسبية، وتتضمن الموالج والفاكهة تحت الاستوائية وكثير من الخضر الثمرية.

المجموعة الثالثة:

تخزن خضر هذه المجموعة على ١٣-١٨ م° فى ٨٥٪ إلى ٩٥٪ رطوبة نسبية وتتضمن الخضر الجذرية وقرع الشتاء والكنالوب ومعظم الفاكهة الاستوائية.

### ومضى تقسيم الخضر والفواكه حسب توافرها معاً. اختصر ما يلي،

- ١- التخزين لمدة لا تزيد عن سبعة أيام، حتى لا تُضار المنتجات التي لا تناسبها الحرارة المقترحة بسبب حساسيتها للبرودة.
- ٢- لا يُسمح بوصول تركيز الإيثيلين إلى جزء واحد في المليون، وخاصة مع المجموعة الأولى التي تضم الخضر الورقية؛ ولذا تُتخذ الإجراءات الكفيلة بمنع تراكم الغاز في المخازن، أما أثناء النقل في الشاحنات، فلا يخشى من هذا الأمر، ربما بسبب المعدل العالى لتسرب الهواء منها أثناء سيرها. ولكن قد يصل تركيز الإيثيلين إلى درجة الخطورة في الشاحنات الجديدة المحكمة الإغلاق عند شحن المنتجات الحساسة للإيثيلين مع تلك المنتجة لها.

تتطلب المجموعة الأولى رطوبة نسبية عالية لأنها تتضمن عديداً من الخضر الورقية. ولمزيد من التفاصيل حول هذا التقسيم للحاصلات البستانية وإمكان شحنها معاً يراجع بيان ذلك في الفصل الحادى عشر.

### متطلبات المحافظة على سلسلة التبريد فى الشاحنات والحاويات

يتعين لأجل المحافظة على سلسلة التبريد عند تحميل الشاحنات أو الحاويات، ما يلى:

- ١- أن يتوفر بالأماكن المبردة بمحطات التعبئة مكاناً مبرداً معزولاً عن الجو الخارجى يمكن أن تقف فيه الشاحنة أو الحاوية لتحميلها دون أن يتعرض المنتج للجو الخارجى ودون أن يحدث اختلاط بين الهواء الخارجى وهواء المخزن المبرد.
- ٢- أن يصمم مكان التحميل بطريقة تسمح بتحميل الشاحنة أو الحاوية بيسر وسهولة سواء أتم ذلك يدوياً، أم باستعمال الشوكة الرافعة.
- ٣- ضرورة تبريد الشاحنة أو الحاوية إلى حرارة الشحن المرغوب فيها قبل تحميلها بالمنتج المبرد.
- ٤- أن يكون نظام التبريد فى حاويات الشحن البحرى من أسفل.

٥- أن تكون حاويات الشحن البحري مزودة بمولدات كهرباء، لكي يمكن تبريدها واستمرار تبريد المنتج خلال مرحلة الشحن.

### الأمر التي يتعين التأكد منها قبل تحميل حاويات الشحن البحري

يتعين قبل تحميل حاويات الشحن البحري التأكد مما يلي :

- ١- توفر وحدة التبريد فيها وعملها بكفاءة.
- ٢- التخلص من كل ما قد يوجد فيها من نفايات.
- ٣- التأكد من عدم وجود ثقب بجدرانها.
- ٤- التأكد من جودة وسلامة العزل الحراري بها.
- ٥- التأكد من إحكام إنغلاق الأبواب.
- ٦- تطهير الحاوية بمطهر مسموح به.
- ٧- تشغيل فتحات التهوية - عند اللزوم - بالقدر المناسب للمنتج.
- ٨- ضبط منظم الحرارة على الدرجة المطلوبة للمنتج.
- ٩- تبريد الحاوية قبل بدء تحميلها.

### التحميل الجيد للحاويات

يتم تحميل الحاويات حتى ارتفاع ٢,٢م بالداخل، وعلى ألا يزيد ارتفاع التحميل عن الخط الأحمر (load limit line) لكي لا يتعارض مع التهوية الجيدة وحركة الهواء البارد. ويتعين أن تكون الكرتين المستخدمة في التعبئة بقوة تسمح لها بتحمل هذا الارتفاع.

كذلك يجب ألا يزيد التحميل عن حدود الـ "T" بأرضية الحاوية لا تكون الكرتين قريبة أكثر من اللازم من باب الحاوية الخلفي؛ لأجل السماح بحركة جيدة للهواء، وعلى ألا يقل التحميل عن حدود الـ "T" بأكثر من نصف متر؛ لكي لا تقل حركة انسياب الهواء البارد من الكرتين جراء اتخاذه أقل المسارات مقاومة لحركته في المكان الخالي من كرتين المنتج.

ومن الضروري تأمين وضع البالتات جيداً حتى لا يتغير وضعها أثناء الشحن.

## الأمر التي تجب مراعاتها في ميناء الشحن وأثناء الرحلة وعند ميناء الوصول

لدى وصول سفينة الشحن إلى ميناء الشحن يتعين على الشركة المالكة للسفينة التأكد

مما يلي:

- 1- أن منظم الحرارة مثبت على الدرجة المناسبة للمحصول.
- 2- قياس درجة حرارة الحاوية عند الوصول وبيان ذلك في أوراق الشحن.
- 3- يمكن لشركة الشحن - إذا رأته - فتح باب الحاوية للتأكد من سلامة وضع البالات، وحالة الكراتين، وطراوة أنسجة المنتج.
- 4- توصيل الحاوية بكهرباء ميناء الشحن بعد استكمال إجراءات الاستلام.
- 5- جعل الحاوية في وضع يسمح بحقن هوائها الداخلي بهواء معدل أو متحكم فيه إذا كان ذلك مطلوباً من المصدر.
- 6- يتم في خلال ساعتين من تحميل الحاوية على السفينة توصيلها بكهرباء السفينة.

### وعلى خرقة الشحن مراعاة ما يلي أثناء الرحلة.

- 1- مراجعة حرارة الحاوية بصورة منتظمة.
- 2- إصلاح أي عيوب قد تظهر أثناء الرحلة.

### أما عند ميناء الوصول فإن على الخرقة ومطابقتها الميناء مراعاة ما يلي:

- 1- توصيل الحاوية بكهرباء الميناء بمجرد إنزالها من سفينة الشحن.
- 2- مراجعة حرارة الحاوية بانتظام أثناء فترة انتظار الإجراءات الجمركية وإلى حين تسليمها للمستورد.
- 3- تجهيز الحاوية للإجراءات الجمركية وإجراءات الفحص الرسمية الأخرى.
- 4- توصيل الشحنة إلى المستورد سريعاً بعد الإفراج عنها (Tator 1997).

## أنواع الحاويات

تتنوع الحاويات المستخدمة في الشحن، كما يلي:

### الحاويات المبردة

ينقل جزء كبير ومتزايد من منتجات الخضار والفاكهة الطازجة عبر البحار والمحيطات فيما يعرف بالـ reefer containers، وهي حاويات مبردة يتوفر بها عزل حرارى ولها وحدات تبريد خاصة بها، وتصنع تبعاً لمواصفات المنظمة الدولية للمقاييس international Standards Organization، والتي تتطلب أن يكون بناؤها قوياً بحيث يمكنها استيعاب ٣٠ طناً من المنتجات وأن تتحمل ثقل ٩ حاويات تُصف فوقها.

يوجد بجدر هذه الحاويات ٧٠ ملليمترًا من مادة عازلة تتكون غالبًا من الـ polyurethane foam. ويصل التسرب الحرارى للحاويات الجديدة - عادة - إلى حوالى  $22 \text{ KW}^{-1}$ ؛ وإن كانت بعض الحاويات التى تصمم خصيصاً لنقل الخضار والفاكهة الطازجة تكون أقل عزلًا، ويصل فيها التسرب الحرارى إلى  $35 \text{ KW}^{-1}$ . يحتوى الفوم foam غالبًا على halocarbons نى قدرة توصيل منخفضة بغرض تحسين قدرته على العزل. ونجد أن كفاءة العزل تقل مع الوقت بسبب فقد الـ halocarbons بنحو ٣٪-٥٪ سنويًا.

ويظهر جدول (١٦-١) بياناتًا بأحجام وأبعاد وسعة الحاويات المبردة (عن Thompson، ٢٠٠٣).

### الحاويات "البورثول" أو "الكونير"

إن الحاويات البورثول Porthole container - أو الكونير Conair - هي حاويات ذات عزل، ولكنها لا تحتوى على وحدات تبريد خاصة بها. وعضًا عن ذلك فإن بها فتحات بقطر ١٠ سم يمكن إيصالها بوحدة تبريد خارجية عن طريق خرطوك مرن. وتستعمل تلك الحاويات فى البواخر التى توصل فيها الحاويات بأجهزة التبريد الخاصة بالسفينة، كما يمكن توصيلها - كذلك - بوحدة التبريد بالموانئ لتبريد المحصول أثناء انتظار تحميله على السفينة.

تداول الحاويات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

جدول (١٦-١): أحجام وسعة الحاويات المبردة.

الأبعاد الداخلية	الأبعاد الخارجية	الطراز
		٢٠ قدم (RM2) 20 foot
٥٥٠١ ملليمتر	٦٠٩٦ ملليمتر	الطول Length
٢٢٦٤ ملليمتر	٢٤٣٨ ملليمتر	العرض width
٢٢٥٣ ملليمتر	٢٥٩١ ملليمتر	الارتفاع height
	٢٨,٠٦ متر مربع	الاستيعاب capacity
	٣٠٦٨ كيلوجرام	الوزن الفارغ tare
	٢١٩٣٢ كيلوجرام	أقصى صافي الحمولة maximum payload
	١٧٢٥٢ كيلوجرام	ISO payload
		٤٠ قدم (RM4) 40 foot
		الطول Length
١١٦٣٨ ملليمتر	١٢١٩٢ ملليمتر	العرض width
٢٢٦٤ ملليمتر	٢٤٣٨ ملليمتر	الارتفاع height
٢٢٥٣ ملليمتر	٢٥٩١ ملليمتر	الاستيعاب capacity
	٥٩,٨١ متر مربع	الوزن الفارغ tare
	٤٥١٠ كيلوجرام	أقصى صافي الحمولة maximum payload
	٢٧٩٩٠ كيلوجرام	ISO payload
	٢٥٩٧٠ كيلوجرام	
		٤٠ قدم (RM5) 40 foot
		الطول Length
١١٦٣٨ ملليمتر	١٢١٩٢ ملليمتر	العرض width
٢٢٦٤ ملليمتر	٢٤٣٨ ملليمتر	الارتفاع height
٢٥٥٧ ملليمتر	٢٨٩٦ ملليمتر	الاستيعاب capacity
	٦٨,٠٣ متر مربع	الوزن الفارغ tare
	٤٦٢٠ كيلوجرام	أقصى صافي الحمولة maximum payload
	٢٧٨٨٠ كيلوجرام	ISO payload
	٢٥٨٦٠ كيلوجرام	

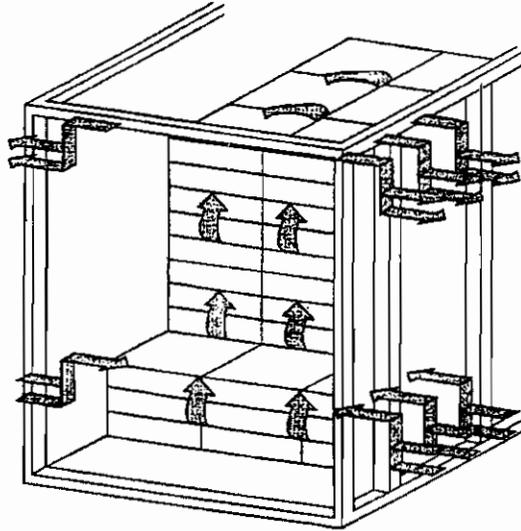
تتميز تلك النوعية من الحاويات بأن إيجارها يكون منخفضاً، وأن بالإمكان تبريدها بسرعة كبيرة، بسبب قدرة التبريد الكبيرة لبواخر الشحن، ولكن يعيبها ضرورة الحاجة إلى تسهيلات خاصة بكل من الميناء والسفينة، وأن تبريد الحاوية لا يبدأ إلا بعد وصولها

## الفصل السادس عشر - تصدير وشحن الحاويات البستانية

إلى الميناء، وليس في محطة التعبئة. حيث يتم تحميلها بالمنتج البارد؛ مما يؤدي إلى كسر سلسلة التبريد، بعكس الحال في الـ reefer container التي توجد بها وحدات التبريد الخاصة بها.

### الحاويات المهواه

إن الحاويات المهواه ventilated containers هي حاويات قياسية لا يوجد بها عزل ولا وحدات تبريد، ولكن يوجد بها نظام للتهوية، يتكون من مجرد فتحات مربعة على جانبي طول الحاوية تغطي برئش مسدلة إلى أسفل. يوجد صفان من تلك الفتحات أحدهما قرب قمة الحاوية والآخر قرب قاعدتها. وتتم التهوية بطريقة سلبية حيث يخرج الهواء الدافئ من الفتحات العليا ليحل محله هواء أبرد - نسبياً - من الخارج (شكل ١٦-١).



شكل (١٦-١): مسار حركة الهواء خلال المنتج في الحاويات المهواه.

تتميز تلك الحاويات بأن إيجارها يكون أرخص من إيجار الحاويات المبردة، وهي تستخدم في شحن البصل والبطاطس.

## الحاويات ذات الهواء المعدل

استعملت الحاويات ذات الهواء المعدل modified atmosphere containers منذ عدة عقود بدرجات مختلفة من النجاح. تتميز تلك الحاويات بأنها محكمة الإغلاق تمامًا. وبأنه يتم حقنها بهواء معدل يحتوى على النسب المرغوب فيها من الغازات، وذلك من خلال فتحات بارزة بها. هذا .. ولا يوجد أى تحكم إضافي فى مكونات الهواء بالحاويات بعد ذلك أثناء رحلتها.

## الحاويات ذات الهواء المتحكم فى مكوناته

تختلف الحاويات ذات الهواء المتحكم فى مكوناته controlled atmosphere containers عن تلك ذات الهواء المعدل فى أن الأولى توجد بها آلية لتقدير التغيرات فى نسب الغازات وضبطها إلى النسب المرغوب فيها؛ لتبقى ثابتة طوال فترة الرحلة. هذا .. ولا تشكل تلك النوعية من الحاويات سوى نسبة بسيطة من الحاويات المستخدمة فى النقل البحرى على مستوى العالم. فقد كان العدد ١٠٠٠ حاوية فقط ذات هواء متحكم فى مكوناته (رطوبة نسبية وأكسجين وثاني أكسيد الكربون) من بين ٣٨٠٠٠ حاوية مبردة reefer containers كانت فى الخدمة فى عام ١٩٩٧ (عن Thompson ٢٠٠٣).

إن الوسيلة الوحيدة لمنع تراكم الغازات التى تضر بالمنتج فى الحاويات والشاحنات غير المتحكم فى مكونات هوائها، هى بضبط فتحات التهوية على الدرجة المناسبة طوال الرحلة. أما عندما يتم التحكم فى مكونات هواء الحاوية، فإن ذلك قد يتم بصورة نشطة ومتجددة طوال فترة الرحلة (CA)، أو من خلال ضخ هواء بالتركيب المناسب للمنتج فى بداية الرحلة فقط (MA).

وفى كلتا الحالتين إما أن يتم تأمين باب الحاوية تمامًا ضد نفاذ الغازات، وإما أن يتم وضع كيس بلاستيكي ضخيم يمكن أن يستوعب الشحنة كلها داخل الحاوية وهى فارغة. ثم - وبعد وضع الشحنة فيه - يتم ضخ الهواء بالتركيب المطلوب فيه. وتقوم بعض شركات النقل البحرى بتأمين الهواء بالتركيب المطلوب، وبعمليات خدمة المنتج أثناء الرحلة.

## **نظم التحكم فى حرارة الهواء فى الشاحنات والحاويات**

تعد حركة الهواء داخل الشاحنة أو الحاوية ضرورية لمنع تجمع الهواء الساخن، ولضمان تجانس حرارة المنتج؛ ولأجل التخلص من أى حرارة يتم اكتسابها أو تنتج عن تنفس المنتج أولاً بأول.

### **حركة الهواء**

يعرف نظامان رئيسيان لإطلاق وحركة الهواء فى الشاحنات والحاويات، هما:

#### **١- نظام الإطلاق من القمة top-air delivery system :**

وفيه يدفع الهواء البارد من قمة الشاحنة فى الجهة الأمامية، حيث يندفع حتى جهتها الخلفية، وتحت ضغط الهواء المدفوع يبدأ الهواء فى الحركة إلى أسفل من الجهة الخلفية وكذلك بين البالتات وعبوات المنتج إلى أن يصل إلى أسفل، حيث يندفع فى اتجاه مقدمة الشاحنة، ليتجه إجبارياً إلى أعلى حيث يتم تبريده ومن ثم دفعه مرة أخرى.

#### **٢- نظام الإطلاق من القاعدة bottom-air delivery system :**

هو النظام الأكثر شيوعاً فى الحاويات حيث يتم ضخ الهواء البارد من أسفل عند مقدمة الحاوية، حيث يصل إلى مؤخرتها، ويبدأ - تحت ضغط الهواء المدفوع - فى الاتجاه إلى أعلى بين البالتات وعبوات المنتج إلى أن يصل إلى أعلى، حيث يتجه نحو مقدمة الشاحنة؛ ليتم تبريده ودفعه من جديد من أسفل. وفى النظام يتعين شغل كل قاعدة الحاوية ببالتات المنتج لكى لا تقتصر حركة الهواء إلى أعلى على أقل الأماكن مقاومة، وهى التى لا تغطى بالبالتات.

## **تأمين حركة الهواء واستمرار التبريد دون إعاقة**

يجب تنظيف وسيلة النقل جيداً قبل تحميلها لكى لا توجد عوائق أمام حركة الهواء فى القنوات السفلى، أو أمام التصريف فى ثقوب التصريف.

ومن الأهمية بمكان وقف التبريد الآلى فى الشاحنة أو الحاوية بمجرد فتح الباب لأجل تحميلها؛ وذلك حتى لا تدفع المروحة الخاصة بوحدة التبريد الهواء الساخن من

الخارج، وهو الذى يؤدى من ناحية إلى تدفئة الحاوية بعد أن كان قد تم تبريدها، ويؤدى من ناحية أخرى إلى زيادة الرطوبة فى الهواء الداخلى للحاوية (لأن الهواء الدافئ الداخلى إليها يكون أكثر قدرة على حمل بخار الماء)، وهى التى تكثف – فيما بعد – على ملفات التبريد، وتقلل كفاءتها فى التبريد. وتحدث نفس المشاكل إذا ترك باب الحاوية مفتوحاً لفترة طويلة حتى مع عدم تشغيل وحدة التبريد فيها.

## وسائل التبريد

تتوفر ثلاث وسائل رئيسية للتبريد فى وسائل نقل المنتجات الطازجة، هى التبريد الميكانيكى، والتبريد بالثلج، والتبريد بالمواد فائقة التبريد.

إن التبريد الميكانيكى mechanical refrigeration هو أكثر طرق التبريد شيوعاً واستخداماً، وهو يعتمد على وحدة تبريد – لا تختلف عن تلك التى تعمل بها الثلاجات المنزلية – وتتكون من مبخر evaporator، وضغط compressor، ومكثف condenser، وصمام تمدد للغاز expansion valve. يمتص السائل المبرد فى المبخر الحرارة من الهواء الساخن المحيط بالمنتج؛ ليتحول إلى بخار. يلى ذلك ضغط البخار فى الضاغط حتى ضغط يكفى لأن تطلق المادة المبردة الحارة وتتكثف فى الجو العادى داخل المكثف. وتعمل وحدة التبريد إما بآلة ديزل أو بموتور كهربائى، أو بهما معاً. ويتوفر مع وحدة التبريد منظم حرارى يستخدم فى تثبيت الحرارة المطلوبة فى حدود مجال  $\pm 1^\circ\text{C}$ . يؤدى تجمد بخار الماء على ملفات التبخير إلى خفض كفاءة وحدة التبريد؛ مما يتطلب التخلص من الصقيع المتجمد على فترات بواسطة سخان كهربائى. وتتوقف حركة الهواء أثناء عملية إذابة الصقيع حتى لا تصل الحرارة المستخدمة فى الإذابة إلى المنتج.

أما التبريد بالثلج ice cooling فإنه يعتمد على إضافة الثلج على قمة المنتج المحمل فى الحاوية أو الشاحنة، أو بين عبوات المنتج. وقد يكون التبريد بالثلج منفرداً أو مكملاً للتبريد الميكانيكى. ومن أهم عيوب التبريد بالثلج عدم صلاحيته لكل المنتجات الطازجة، وضرورة التخلص من الماء الذى يتجمع من ذوبان الثلج، وتأثير استعمال الثلج

## **الفصل السادس عشر - تصير وشحن الحاصلات البستانية**

على الحد الأقصى لكمية المنتج التي يمكن تحميلها لأن هناك حدًا أقصى لوزن الحاويات أو الشاحنات التي تسير على الطرق.

وأما التبريد بواسطة المواد فائقة البرودة cryogenic cooling فيستخدم فيه النيتروجين السائل (-196°م)، وثنائي أكسيد الكربون السائل (-18°م)، وثنائي أكسيد الكربون الصلب أى الثلج الجاف (-79°م). ولم يعد استخدام تلك الطريقة فى التبريد شائعاً (Hui وآخرون 2003).

### **الشحن الجوى**

يستخدم النقل الجوى لنقل المنتجات التي تكون فترة صلاحيتها للبقاء بحالة جيدة بعد الحصاد قصيرة، والتي يحتاج الأمر لنقلها لمسافات طويلة عبر الدول والقارات، وكذلك عندما يكون هناك نقص ملحوظ فى منتج معين فى الأسواق المصدر إليها، أو عندما تكون الأسعار فيه عالية بدرجة تغطى تكلفة النقل الجوى. وعلى الرغم من تلك التكلفة العالية للنقل الجوى، فإنه يفيد فى إسراع دورة رأس المال التي تعطل أثناء الشحن البحرى. ويتوفر حالياً طائرات نفاثة خاصة محورة لتكون عريضة وتتسع للنقل الجوى، وذلك مثل طراز Boeing 747F. وهى التي قد تتسع لحمولة 120 طن.

هذا .. ويمكن شحن منتجات الخضر والفاكهة الطازجة على كل من طائرات الركاب وطائرات الشحن. وبصورة عامة تكون رحلات الركاب أكثر انتظاماً فى مواعيدها عن رحلات الشحن، ولذا .. فإنها قد تكون هى الأنسب للمنتجات السريعة التلف. إلا أن الأولوية فى رحلات الركاب تعطى للركاب وحقائبهم؛ مما قد يعنى عدم توفر مكان للمنتجات التي يُراد شحنها.

يجب أن يتم تحميل وتفريغ شحنات النقل الجوى خلال فترة قصيرة، نظراً لقصر الفترة بين وصول الطائرة ومغادرتها. وللمساعدة فى ذلك الأمر فإن البضاعة المشحونة جواً يتم رصها فيما يعرف باسم unit load devices (اختصاراً: ULD) قبل تحميلها بوقت كافٍ.

وتتوفر أحجام مختلفة من الـ ULD لتناسب الأبعاد الداخلية لمختلف المساحات المتاحة للبضاعة في الطائرات. وأكثر الأحجام شيوعاً تكون أبعاد قاعدتها ٢٢٣,٥ سم × ٣١٧,٥ سم، و ٢٤٣,٨ سم × ٣١٧,٥ سم. ولكل موديل من الـ ULD الوزن الخاص الذي يمكن أن تحمله. ويمكن أن تتسع موديلات نصف الحجم لنحو ١,٥ طن من المنتج، بينما تتسع موديلات الحجم الكامل لنحو ٦,٨ طن من المنتج. وتصنع الـ ULD من مواد خفيفة الوزن لأن للوزن أهمية كبيرة في الشحن الجوي. ولذا .. فإن الـ ULDs كثيراً ما تتعرض للأضرار؛ مما يتطلب التعامل معها برفق.

وتوجد فئتان من الـ ULDs، هما: باليات الطائرات aircraft pallets، وحاويات الطائرات aircraft containers. تكون البليات الطائرات عبارة عن شرائح من الألومنيوم بسك ٥ مم ويتم رص عبوات المنتج عليها بحيث لا تتعدى حوافها. أما حاويات الطائرات فإنها تصمم لتشغل الكونتور الداخلي للطائرة، وهي كذلك تصنع من مواد خفيفة الوزن.

كذلك يمكن أن يتم النقل الجوي في حاويات عادية بطول ٢٠ أو ٤٠ قدم توضع كاملة داخل الطائرة مع عدم تشغيل وحدات التبريد فيها طوال الرحلة، يمكن أن تتسع الـ Boeing 747F لخمس حاويات ٤٠ قدم (٢٤٣,٨ سم × ١٢١٩,٢ سم)، و ١٠ حاويات ١٠ أقدام (٢٤٣,٨ سم × ٣٠٤,٨ سم)، أو تتسع لثلاث عشرة حاوية ٢٠ قدم (٢٤٣,٨ سم × ٢٠٩,٦ سم) و ٤ حاويات ١٠ أقدام (٢٤٣,٨ سم × ٣٠٤,٨ سم)، أو تتسع لثمان وعشرين بالية طائرات (٢٤٣,٨ سم × ٣١٧,٥ سم). وبمجرد هبوط الطائرة يتم نقل الحاويات إلى سيارات النقل مع تشغيل وحدات التبريد فيها.

هذا .. ويتم ضبط الضغط داخل مخزن البضاعة في الطائرة مثل كابينات الركاب. وفي الارتفاعات الكبيرة يمكن أن تنخفض الحرارة خارج الطائرة إلى -٥٥°م، بينما يُحافظ على الحرارة داخل مخزن البضاعة بين ١٥°م، و ٢٥°م، وإن كان من الممكن في بعض طائرات الشحن خفض الحرارة حتى ٧°م. ويفيد تغليف حمولة البليات بغشاء بلاستيكي في الحد من الفقد الرطوبي أثناء الرحلة.

## **الفصل السادس عشر - تصدير وشحن الحاصلات البستانية**

ويستعان أحياناً بالثلج الجاف (ثاني أكسيد الكربون المتجمد) لأجل المحافظة على برودة المنتجات خلال رحلة الشحن الجوي. ويجب إخطار المسئول عن الرحلة الجوية بوجود الثلج الجاف مع الشحنة لما قد يشكله ثاني أكسيد الكربون من خطورة على شاغلي الطائرة. كذلك قد يستعمل - لأجل استمرار التبريد خلال الرحلة - "باكتات" من جل يوتكتك eutectic gel متجمد، وهو الذى ينصهر فى حرارة شديدة الانخفاض.

ينقضى<sup>١</sup> - عادة - نحو ٧٠٪ من وقت الشحنات الجوية (من وقت الوصول إلى مطار الإقلاع إلى وقت مغادرة مطار الوصول) فى أرض المطارات انتظاراً للتحميل أو للتفريغ والفحص.

**ويمكن أن تتعرض المنتجات المبردة لأضرار كبيرة خلال تلك الفترة، الأمر الذى يتطلب مراعاة ما يلى:**

- ١- تبريد المنتج أولاً إلى الحرارة المرغوب فيها قبل الشحن.
- ٢- نقل المنتج إلى المطار فى وسائل نقل مبردة.
- ٣- نقل كراتين المنتج إلى بالعات الطائرة أو حاويات الطائرات فى حرارة متحكم فيها.
- ٤- رص كراتين المنتج فى ال ULD دون ترك أى فراغات بينها.
- ٥- إذا لم تتوفر مخازن مبردة فى المطار تجب حماية المنتج تحت غطاء واقٍ من أشعة الشمس والمطر.
- ٦- تستعمل حاويات طائرات بها عزل ما أمكن ذلك، أو تغطية البالات بغطاء عازل.
- ٧- يستخدم مسجل لدرجة الحرارة بحيث يمكن قراءة التغيرات الحرارية التى تعرض لها المنتج أثناء الرحلة.
- ٨- تستخدم رحلة جوية واحدة مباشرة لتجنب نقل المنتج من طائرة لأخرى.
- ٩- يتم اختيار رحلة تصل فى وقت مناسب من يوم مناسب من الأسبوع لأجل نقل المنتج إلى السوق مباشرة.
- ١٠- عمل ترتيبات الجمارك والحجز الزراعى مقدماً للحد من تأخير تلك الإجراءات.

١١- نقل الشحنة سريعاً بعد وصول الطائرة إلى وسيلة نقل بها نظام تحكم حرارى، ومنها إلى الأسواق أو إلى مخزن مبرد إن كان النقل المباشر للسوق مستحيلاً (Hui وآخرون ٢٠٠٣).

## مراجع مختارة

نعرض - فيما يلي - قائمة مختارة من بعض المراجع العامة التي تهتم المشتغلين بتداول وتخزين وتكنولوجيا وفسولوجيا بعد الحصاد في الحاصلات البستانية.

المؤلف والسنة	الموضوع
Lipton (١٩٤٥)	التخزين في الجو المعدل
Wills وآخرون (١٩٨١)	الخضر والفاكهة: تداول وفسولوجيا بعد الحصاد
Dennis (١٩٨٣)	أمراض ما بعد الحصاد
Salunkhe & Desai (١٩٨٤) ، ب	شامل
Kader وآخرون (١٩٨٥)	المحاصيل البستانية: عام وشامل
Lougheed (١٩٨٧)	الأمراض الفسيولوجية التي تسببها غازات الإثيلين، والأكسجين، وثنائي أكسيد الكربون أثناء التخزين
Lipton (١٩٨٧)	الشيخوخة في الخضر الورقية
Boyette وآخرون (١٩٨٩)	عمليات التبريد الأولى والتداول بعد الحصاد
Boyette وآخرون (١٩٩١)	تصميم غرف التبريد واحتياجاتها من الطاقة
Klein & Lurie (١٩٩٢)	المعاملات الحرارية السابقة للتخزين
Shewfelt & Prussia (١٩٩٣)	عمليات التداول بعد الحصاد
Amer. Soc. Hort. Sci (١٩٩٤)	المعاملات السابقة للتخزين للحد من الإصابات المرضية
Wang (١٩٩٤)	أضرار البرودة
Amer. Soc. Hort. Sci (١٩٩٥)	تداول وفسولوجيا المنتجات المصنعة جزئياً
Thompson (١٩٩٨)	تخزين الخضر والفاكهة في الجو المتحكم في مكوناته
Wills وآخرون (١٩٩٨)	فسولوجيا وتداول منتجات الخضر والفاكهة والزينة بعد الحصاد
Vincent وآخرون (٢٠٠١)	الوسائل الفيزيائية لمكافحة أمراض وآفات المنتجات الطازجة بعد الحصاد
Dris وآخرون (٢٠٠١)	جودة المحاصيل البستانية قبل الحصاد وبعده
Lamikanra (٢٠٠٢)	الخضر والفاكهة الطازجة السابقة التجهيز للمستهلك .. شامل

## تداول الحاصلات البستانية – تكنولوجيا وفسولوجيا ما بعد الحصاد

الموضوع	المؤلف والسنة
عرض لكل جوانب الأمان في منتجات الخضر والفاكهة السابقة التجهيز للمستهلك يتضمن كلاً من الـ HACCP، والـ GAP، والـ SOP، والـ GMS، والـ SSOP	Hurst (٢٠٠٢)
صفات جودة الثمار (الفاكهة بصفة أساسية) وأساسها البيولوجي	Knee (٢٠٠٢)
أساسيات وتطبيقات علم وتكنولوجيا بعد حصاد المحاصيل فسيولوجي وأمراض الخضر بعد الحصاد	Golob وآخرون (٢٠٠٢)
تقنيات بعد الحصاد لمنتجات البستانية والحقلية الأساسيات وطرق حصاد وتداول وتخزين مختلف محاصيل الخضر والفاكهة كل على حدة	Bartz & Brecht (٢٠٠٣) Chakraverty وآخرون (٢٠٠٣) Thompson (٢٠٠٣)
ظروف التخزين تحت ضغط منخفض، وتأثير ذلك على فسيولوجيا المنتجات والإصابات المرضية والحشرية	Burg (٢٠٠٤)
الخضر والفاكهة السابقة التجهيز وتداولها كافة ظروف التخزين	Brecht وآخرون (٢٠٠٤) USDA (٢٠٠٤)
الخضر والفاكهة السابقة التجهيز وتداولها	Mahovic وآخرون (٢٠٠٦)

## مصادر الكتاب

- الإدارة العامة للتدريب - وزارة الزراعة - جمهورية مصر العربية (١٩٨٣). إنتاج الخضر وتسويقها. القاهرة - ٤٢٢ - صفحة
- مرسى، مصطفى على، ومحمد كمال الهباشة، ونعمت عبدالعزيز نور الدين (١٩٧٣). البصل. مكتبة الأنجلو المصرية - ٣١٩ - صفحة.
- Abbott, J. A. and F. R. Harker. 2004. Texture. In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.
- Adamicki, F. 1997. Effect of ultra low oxygen on the storage and quality of some vegetables. Postharvest Horticulture Series-Department of Pomology, University of California No. 18: 26-33.
- Afek, U., N. Aharoni, and S. Carmeli. 1995. Increasing celery resistance to pathogens during storage and reducing high-risk psoralen concentration by treatment with GA<sub>3</sub>. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120(4): 562-565.
- Aharoni, Y., A. Apelbaum, and A. Copel. 1986. Use of reduced atmospheric pressure for control of the green peach aphid on harvested head lettuce. HortScience 21: 469.
- American Society for Horticultural Science. 1969. Mechanized growing and harvesting of fruit and vegetable crops. HortScience 4: 229-241.
- American Society for Horticultural Science. 1994. Management of postharvest disease resistance in horticultural crops. HortScience 29(7): 745-768.
- American Society for Horticultural Science. 1995. Lightly processed fruits and vegetables. HortScience 30(1): 13-40.
- Archbold, D. D., T. R. Hamilton-Kemp, B. E. Langlois, and M. M. Barth. 1997. Natural volatile compounds control *Botrytis* on strawberry fruit. Acta Hort. No. 439(II): 923-930.
- Artés, F., P. Gómez, E. Aguaya, V. Escalona, and F. Artés-Hernández. 2009. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. Postharvest Biol. Technol. 51(3): 287-296.

- Arul, J., J. Mercier, M. T. Charles, M. Baka, and R. Maharaj. 2001. Photochemical treatment for control of postharvest diseases in horticultural crops, pp. 146-161. In: C. Vincent, B. Panneton, and F. Fleurat-Lessard (eds). Physical control methods in plant protection. Springer-Verlag, Berlin.
- Bachmann, J. and R. Earles. 2000. Postharvest handling of fruits and vegetables. ATTRA Pub. No. IP116. 19. p. The Internet.
- Baldwin, E. A. 2003. Coatings and other supplemental treatments to maintain vegetable quality, pp. 413-433. In: J. A. Bartz and J. K. Brecht (eds). Postharvest physiology and pathology of vegetables. Marcel Dekker, Inc., NY.
- Baldwin, E. 2004. Ethylene and postharvest commodities. HortScience 39(7): 1538-1540.
- Baldwin, E. A. 2004. Flavor. In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.
- Bartz, J. A. and J. K. Brecht (eds). 2003. Postharvest physiology and pathology of vegetables. Marcel Dekker, Inc., NY. 733 p.
- Beaudry, R. M. 2000. Responses of horticultural commodities to low oxygen: limits to the expanded use of modified atmosphere packaging HortTechnology 10(3): 491-500.
- Beaulieu, J. C. and M. E. Saltveit. 1997. Inhibition or promotion of tomato fruit ripening by acetaldehyde and ethanol is concentration dependent and varies with initial fruit maturity. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(3): 392-398.
- Behrsing, J., S. Winkler, P. Franz, and R. Premier. 2000. Efficacy of chlorine for inactivation of *Escherichia coli* on vegetables. Postharvest Biology and Technology 19: 187-192.
- Ben-Yehoshua, S. and V. Rodov. 2003. Transpiration and water stress, pp. 111-159. In: J. A. Bartz and J. K. Brecht (eds). Postharvest physiology and pathology of vegetables. Marcel Dekker, Inc., NY.
- Bokshi, A. I., S. C. Morris, R. M. McConchie, and B. J. Deverall. 2006. Preharvest application of 2,6-dichloroisonicotinic acid,  $\beta$ -aminobutyric acid or benzothiadiazole to control post-harvest storage diseases of melons by inducing systemic acquired resistance (SAR). The J. Hort. Sci. Biotechnol. 81(4): 700-706.

- Bower, J. and B. Mitcham. 2001. Application of 1-MCP to vegetable crops. Preishables Handling Quarterly No. 108: 26-27.
- Boyette, M. D. and E. A. Estes. 1992. Crushed ice and liquid ice. N.C. State University, N.C. Agric. Ext. Serv. AG-414-5. The Internet.
- Boyette, M. D., L. G. Wilson, and E. A. Estes. 1989. Forced-air cooling. N.C. State University, N. C. Agric. Ext. Serv. Ag-414-3. The Internet.
- Boyette, M. D., L. G. Wilson, and E. A. Estes. 1989. Introduction to proper postharvest cooling and handling methods. N. C. State University, N. C. Coop. Ext. Service. AG. 414-1. The Internet.
- Boyette, M. D., L. G. Wilson, and E. A. Estes. 1991. Design of room cooling facilities: structural & energy requirements. N. C. State University, N.C. Coop. Ext. Service. Ag. 414-2. The Internet.
- Boyette, M. D., E. A. Estes, and A. R. Rubin. 1992. Hydrocooling. N. C. State University, N. C. Agric. Ext. Serv. Ag-414-4. The Internet.
- Boyette, M. D., D. F. Ritchie, S. J. Carballo, S. M. Blankenship, and D.C. Sanders. 1993. Chlorination and postharvest disease control. N. C. State University, N. C. Coop. Ext. Serv. Ag-414-6. The Internet.
- Boyette, M. D., D. C. Sanders, and G. A. Rutledge. 1996. Packaging requirements for fresh fruits and vegetables. N. C. State University, N. C. Agric. Ext. Serv. Ag-414-8. The Internet.
- Brackett, R. E. 1993. Microbial quality, pp. 125-148. In: R. L. Shewfelt and S. E. Prussia (eds.). Postharvest handling: a systems approach. Academic Press, San Diego, California.
- Brecht, J. K. 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. HortScience 30(1): 18-22.
- Brecht, J. K. 2003. Harvesting and handling techniques, pp. 383-412. In: J. A. Bartz and J. K. Brecht (eds.). Postharvest physiology and pathology of vegetables. Marcel Dekker, NY.
- Brecht, J. K. 2003. Underground storage organs. pp. 625-647. In: J. A. Bartz and J. K. Brecht (eds.). Postharvest physiology and pathology of vegetables. Marcel Dekker, Inc., NY.

- Brecht, J. K., A. U. O. Sabaa-Srur, S. A. Sargent, and R. J. Bender. 1993. Hypochlorite inhibition of enzymic browning of cut vegetables and fruit. *Acta Hort.* No. 343: 341-344.
- Brecht, J. K., M. E. Saltveit, S. T. Talcott, K. R. Schneider, K. Felkey, and J. A. Bartz. 2004. Fresh-cut vegetables and fruits. *Hort. Rev.* 30: 185-251.
- Burg, S. P. 2004. Postharvest physiology and hypobaric storage of fresh produce. CABI Publishing, Wallingford, UK. 654 p.
- Cabrera, R. M. and M. E. Saltveit, Jr. 1990. Physiological response to chilling temperatures of intermittently warmed fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115: 256-261.
- Caccioni, D. R. L. and M. Guizzardi. 1994. Inhibition of germination and growth of fruit and vegetable postharvest pathogenic fungi by essential oil components. *J. Essential Oil Res.* 6(2): 173-179.
- Cantwell, M. 1998. Translucency in melon: another example of cutting damage and the need for very sharp knives. *Perishables Handling Quarterly* No. 96: 4.
- Cantwell, M., E. N. Aquino, and E. Mercado. 1998. Fresh-cut products from chilling sensitive commodities. *Perishables Handling Quarterly* No. 96: 7.
- Castoria, R., L. Caputo, F. de Curtis, and V. de Cicco. 2003. Resistance of postharvest biocontrol yeasts to oxidative stresses: a possible new mechanism of action. *Phytopathology* 93: 564-572.
- Chakraverty, A., A. S. Mujumdar, G. S. vijaya Raghavan, and H. S. Ramaswamy (eds). 2003. *Handbook of postharvest technology*. Marcel Dekker, Inc., NY. 884 p.
- Chardonnet, C. and B. Doneche. 1995. Influence of calcium pretreatment on pectic substance evolution in cucumber fruit (*Cucumis sativus*) during *Botrytis cinerea* infection. *Phytoparasitica* 23(4): 335-344.
- Claypool, L.L., L.L. Morris, W. T. Pentzer, and W.P. Barger. 1958. Air transportation of fruits, vegetables and cut flowers: temperature and humidity requirements and perishable nature. U.S. Dept. Agric., Marketing Service Rep. 280. 27 p.

- Conway, W.S., C.E. Sams, and A. Kelman. 1994. Enhancing the natural resistance of plant tissues to postharvest diseases through calcium applications. *HortScience* 29(7): 751-754.
- Coté, F., J. E. Thompson, and C. Willemot. 1993. Limitation to the use of electrolyte leakage for measurement of chilling injury in tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology* 3(2): 103-110.
- Covington, H.M., D.T. Pope, H. Garris, L. W. Nielson, W. C. White, H. E. Scott, C. Brett and G. Abshier. 1959. Grow quality sweet potatoes. N. C. Agric. Ext. Serv., Ext. Circ. 353. 28 p.
- Da Rocha, A. B. and R. Hammerschmidt. 2005. History and perspectives on the use of disease resistance inducers in horticultural crops. *HortTechnology* 15(3): 518-529.
- De Lima, G. S., I. P. Assuncao, and S. M. A. de Oliveira. 1998. Effect of treatment of melon fruits (*Cucumis melo* L.) with different calcium sources on rot caused by *Myrothecium roridum*. (In portuguse with English Summary). *Summa Phytopathologica* 24(3/4): 276-279.
- Dennis, C. 1983. Post-harvest pathology of fruits and vegetables. Academic Pr., N.Y. 264 p.
- Dris, R., R. Niskanen, and S. M. Jain (eds). 2001. Crop management and postharvest handling of horticultural products. Vol.1. Quality management. Science Publishers, Inc., Enfield. NH, USA. 364 p.
- Dufault, R. J. et al. 1989. Determination of heat unit requirements for collard harvest in the Southeastern United States. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(6): 898-903.
- Edmond, J.B., T.L. Senn, F. S. Andrews, and R. G. Halfacre. 1975 (4th ed.). Fundamentals of horticulture. McGraw-Hill Book Co., N.Y. 569 p.
- Edmunds, B. A. et al. 2008. Postharvest handling of sweet potatoes. North Carolina Cooperative Extension service. The Internet.
- Ester, A. and R. Trul. 2000. Slug damage and control of field slug [*Deroceras reticulatum* (Müller)] by carvone in stored potatoes. *Potato Research* 43: 253-261.

- Fallik, E. 2004. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). *Postharvest Biology and Technology* 32: 125-134.
- Fallik, E., J. Klein, S. Grinberg, E. Lomaniec, S. Lurie, and A. Lalazar. 1993. Effect of postharvest heat treatment of tomatoes on fruit ripening and decay caused by *Botrytis cinerea*. *Plant Disease* 77(10): 985-988.
- Fallik, E, N. Temkin-Gorodeiski, S. Grinberg, I. Rosenberger, B. Shapiro, and A. Apelbaum. 1994. Bulk packaging for the maintenance of eggplant quality in storage. *Journal of Horticultural Science* 69(1): 131-135.
- Fallik, E., S. Grinberg, S. Alkalai, and S. Lurie. 1996. The effectiveness of postharvest hot water dipping on the control of grey and black moulds in sweet red pepper (*Capsicum annuum*). *Plant Pathology* 45(4): 644-649.
- Fallik, E., D. D. Archbold, T. R. Hamilton-Kemp, A. M. Clements, R. W. Collins, and M. M. Barth. 1998. (E)-2-hexenal can stimulate *Botrytis cinerea* growth in vitro and on strawberries in vivo during storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123(5): 875-881.
- Fallik, E., V. Rodov, B. Horev, S. Sela, S. Alkalai-Tuvia, and Y. Vinokur. 2007. Hot water rinsing and brushing technology for the fresh-cut industry. *Acta Hort.* 746: 229-236.
- Feng, W. and X. Zheng. 2007. Essential oils to control *Alternaria alternata* in vitro and in vivo. *Food Control* 18(9): 1126-1130.
- Ferguson, I. B., S. Ben-Yehoshua, E. J. Mitcham, R. E. McDonald, and S. Lurie. 2000. Postharvest heat treatments: introduction and workshop summary. *Postharvest Biology and Technology* 21: 1-6.
- Fordham, R. and A. G. Biggs. 1985. Principles of vegetable crop production. Collins Professional and Technical Books, London: 215 p.
- Forney, C.F. 1995. Hort-water dips extend the shelf life of fresh broccoli. *HortScience* 30 (5): 1054-1057.
- GAP, Good Agricultural Practices. 2008. A self-audit for growers and handlers. The Internet. 54 p.
- Garcia, E. and D. M. Barrett. 2002. Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables, pp. 267-303. In: O. Lamikanra (ed.). Fresh-cut fruits and

- vegetables: science, technology, and market. CRC Press, Boca Raton, London.
- Glancey, J. L., E. Kee, and T. Wootten. 2005. Technical advances and strategies for future developments in mechanization. *HortTechnology* 15(3): 486-488.
- Golob, P., G. Farrell, and J. E. Orchard (eds.). 2002. Crop post-harvest: Science and technology. Vol. 1. Principles and practice. Blackwell Science Ltd, Malden, MA, USA.
- Gorny, J. R. 1997. Modified atmospheres packaging and the fresh-cut revolution. *Preishables Handling Newsletter* No. 90: 4-5.
- Gorny, J.R. 2001. A summary of CA and MA requirements and recommendations for fresh-cut (minimally processed) fruits and vegetables. pp 95-145. *Postharvest Horticulture Series* No. 22A, University of California, Davis.
- Gorny, J. R. and D. Zagory. 2004. Food safety. In: ARC, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.
- Grierson, W. and W. F. Wardowski. 1975. Humidity in horticulture. *HortScience* 10: 356-360.
- Grosch, D.S. 1965. Biological effects of radiations. Blaisdell Pub. Co., N.Y. 293 p.
- Hale, M. G. and D. M. Orcutt. 1987. The physiology of under stress. John Wiley & Sons, N.Y. 206 p.
- Halfacre, R.G. and J.A. Barden. 1979. Horticulture. McGraw-Hill Book Co., N.Y. 722 p.
- Hammond, R. M., D. Bodager, K. V. Ward, and A. Rowan. 2001. Case studies in foodborne illness in Florida from fresh produce. *HortScience* 36(1): 22-25.
- Heard, G. M. 2002. Microbiology of fresh-cut produce, pp. 187-248. In: O. Lamikanra (ed.). *Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology, and market*. CRC Press, Boca Raton, London.
- Helbig, J. 2002. Ability of the antagonistic yeast *Cryptococcus albidus* to

- control *Botrytis cinerea* in strawberry. *Biocontrol* 47(1): 85-99.
- Hodges, D. M., G. E. Lester, K. D. Munro, and P. M. A. Toivonen. 2004. Oxidative stress: importance for postharvest quality. *HortScience* 39(5): 924-929.
- HortScience. 1997. Irradiation of horticultural crops at Iowa State University. *HortScience* 32(4): 582-585.
- Hui, C. K. P., C. Vigneault, D. I. Leblanc, J. R. DeEll, and S. A. Sotocinal. 2003. Transportation and handling of fresh fruits and vegetables, pp. 555-584. In: A. Chakraverty, A. S. Mujumdar, G. S. Vijaya Rghavan, and H. S. Ramaswany (eds). *Handbook of postharvest technology*. Marcel Dekker, Inc., NY.
- Hurst, W.C. 1995. Sanitation of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30(1): 22-24.
- Hurst, W. C. 2002. Safety aspects of fresh-cut fruits and vegetables, pp. 45-90. In: O. Lamikanra (ed.). *Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology, and market*. CRC Press, Boca Raton, London.
- Hurst, W. C. 2007. Quality assurance and safety consideration for fresh-cut produce. *Acta Hort.* 746: 115-122.
- Isenberg, F.M.R. 1979. Controlled atmosphere storage of vegetables. *Hort. Rev.* 1: 337-394.
- Isenberg, F.M. and R.M. Sayles. 1969. Modified atmosphere storage of Danish cabbage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94: 444-449.
- Janoudi, A. and J. A. Flore. 2003. Effects of multiple applications of methyl jasmonate on fruit ripening, leaf gas exchange and vegetative growth in fruit trees. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 78: 793-797.
- Jobling, J. 2007a Modified atmosphere packaging: not simple as it seems. Sydney Postharvest Laboratory. Information Sheet. The Internet.
- Jobling, J. 2007b. Correct cool chain management is essential for all fruit and vegetables. Sydney Postharvest Laboratory. Information Sheet. The Internet.
- Jones, R.B. 2007. Effects of postharvest handling conditions and cooking on anthocyanin, lycopene and glucosinolate content and bioavailability in fruits and vegetables. *New Zealand J. Crop Hort. Sci.* 35: 219-227.

- Kader, A. A. 1985. Ethylene-induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. *HortScience* 20(1): 54-57.
- Kader, A. A. 1986. Potential applications of ionizing radiation in postharvest handling of fresh fruits and vegetables. *Food Technology* 40(6): 117-121.
- Kader, A. A. 1996. Maturity, ripening, and quality relationships of fruit-vegetables. *Acta Hort.* 434: 249-255.
- Kader, A. A. 1999. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. *Acta Hort.* 485: 203-208.
- Kader, A. A. 2001. A summary of CA requirements and recommendations for fruits other than apples and pears, pp. 29-70. *Postharvest Horticulture Series No. 22A*, University of California, Davis.
- Kader, A. A. 2004. Controlled atmosphere storage. In: *ARS, USDA Agri. Handbook 66 revised. The Internet.*
- Kader, A. A. and S. Ben-yehoshua. 2000. Effects of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 20: 1-13.
- Kader, A. A. and R. F. Kasmire. 1984. Effects of ethylene on horticultural commodities during postharvest handling. In: 1984 *Produce Marketing Almanac Supplement*, pp. 5-7.
- Kader, A. A. and M. E. Saltveit. 2003. Respiration and gas exchange, pp. 7-29. In: J. A. Bartz and K. K. Brecht (eds). *Postharvest physiology and pathology of vegetables*. Marcel Dekker, Inc., NY.
- Kader, A. A. and C. B. Watkins. 2000. Modified atmosphere packaging - toward 2000 and beyond. *HortTechnology* 10(3): 483-486.
- Kader, A.A., R. F. Kasmire, F.G. Mitchell, M. S. Reid, N.F. Sommer and J.F. Thompson. 1985. *Postharvest technology of horticultural crops*. Univ. Calif., Div. Agric. Natural Resources. 192 p.
- Kader, A. A., D. Zagory, and E. L. Kerbel. 1989. Modified atmosphere packaging for fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 28(1): 1-30.
- Ke, D. and A. A. Kader. 1992. Potential of Controlled atmospheres for

- postharvest insect disinfestations of fruits and vegetables. *Postharvest News and Information* 3(2): 31N-37N.
- Klein, J.D. and S. Lurie. 1992. Heat treatment for improved postharvest quality of horticultural crops. *HortTechnology* 2: 316-320.
- Kim, M. A. and S. J. Choi. 2002. Induction of gray mold rot resistance by methyl salicylate application in strawberry fruits. (In Korean with English summary). *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 43(1): 29-33. *c. a. Hort. Abstr.* 72(9): Abstr. 8049; 2002).
- Knee, M. (ed.). 2002. *Fruit quality and its biological basis*. Sheffield Academic Press Ltd, Sheffield, UK. 279 p.
- Knee, M. and D. Aggarwal. 2000. Evaluation of vacuum containers for consumer storage of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 19: 55-60.
- Ku, V. V. V, R. B. H. Wills, and Y. Y. Leshem. 2000. Use of nitric oxide to reduce postharvest water loss from horticultural produce. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 75(3): 268-270.
- Lamikanra, O. (ed.). 2002. *Fresh-cut fruits and vegetables: Science, technology, and market*. CRC Press, Boca Raton, London. 467 p.
- Lange, D. L. 2000. New film technologies for horticultural products. *HortTechnology* 10(3): 487-490.
- Lee, S. K. and A. A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20: 207-220.
- Lemoine, M. L., P. M. Civello, G. A. Martinez, and A. R. Chaves. 2007. Influence of postharvest UV-C treatment on refrigerated storage of minimally processed broccoli (*Brassica oleracea* for *italica*). *J. Sci. Food Agr.* 87(6): 1132-1139.
- Leyte, J. C. and C. F. Forney, 1999. Controlled atmosphere tents for storing fresh commodities in conventional refrigerated rooms. *HortTechnology* 9(4): 672-675.
- Liew, C. L. and R. K. Prange. 1994. Effect of ozone and storage temperature on

- postharvest diseases and physiology of carrots (*Daucus carota* L.). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119(3): 563-567.
- Lipton, W. J. 1977. Compatibility of fruits and vegetables during transport in mixed loads. U.S. Dept. Agric., Agric. Res. Sev., Market. Res. Report No. 1070. 7 p.
- Lipton, W.J. 1978. Senescence of leafy vegetables. HortScience 22: 854-859.
- Liu, C. L. and B. H. Chiang. 2000. Formulation of humidity-controlling agents for food packaging. Food Sci. Agr. Chem. 2(2): 90-95.
- Lorenz, O.A. 1969. The mechanized growing and harvesting of vegetable crops in the west. HortScience 4: 238-239.
- Lorenz O.A. and D.N. Maynard. 1980. (2nd ed.). Knott's handbook for vegetable growers. Wiley-Interscience, N.Y. 390 p.
- Lorenz, O.A. and K.B. Tyler. 1983. Plant tissue analysis of vegetable crops. In H.M. Reisenauer (ed.) "Soil and Plant-Tissue Testing in California"; pp. 24-29. Div. Agric. Sci. Bull. 1879.
- Lougheed, E.C. 1987. Interactions of oxygen, carbon dioxide, temperature, and ethylene that may induce injuries in vegetables. HortScience 22: 791-794.
- Luna-Guzmán, I. and D.M. Barrett. 2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. Postharvest Biol. Technol. 19: 61-72.
- Luna-Guzmán, I., M. I. Cantwell, and D. M. Barrett. 1999. Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl<sub>2</sub> dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. Postharvest Biology and Technology 17: 201-213.
- Lund, B. M. 1983. Bacterial spoilage. In: C. Dennis (ed.), pp. 219-264. Post-harvest pathology of fruits and vegetables. Academic Press, N. Y.
- Lurie, S. and J. D. Klein. 2004. Temperature preconditioning. In: ARS, USDA Agric Handbook 66 revised. The Internet.
- Lurie, S., R. Ronen, and B. Aloni. 1995. Growth-regulator-induced alleviation of chilling injury in green and red bell pepper fruit during storage. HortScience 30(3): 558-559.

- Lutz, J. M. and R. E. Hardenburg. 1968. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. U. S. Dept. Agric.. Agric. Handbook No. 66. 94 p.
- Mahovic, M., J. Brecht, S. Sargent, M. Ritenour, K. Schneider, A. Simonne, and J. Bartz. 2006. Fresh produce handling, sanitation, and safety measures: beans, cucumbers, eggplants, squash, peppers, and sweetcorn. University of Florida, IFAS Extension. The Internet.
- Maness, N. and P. Perkins-Veazie. 2003. Soluble and storage carbohydrates, pp. 361-382. In: J. A. Bartz and J. K. Brecht (eds). Postharvest physiology and pathology of vegetables. Marcel Dekker, Inc., N. Y.
- Mari, M., M. Guizzardi, M. Brunelli, and A. Folchi 1996. Postharvest biological control of grey mould (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.) on fresh-market tomatoes with *Bacillus amyloliquefaciens*. Crop Protection 15(8): 699-705.
- Mattheis, J. and J. K. Fellman. 2000. Impacts of modified atmosphere packaging and controlled atmospheres on aroma, flavor, and quality of horticultural commodities. HortTechnology 10(3): 507-510.
- McGuire, R. G. and J. L. Sharp. 1995. Market quality of sweetpotatoes after gamma-irradiation for weevil control. HortScience 30(5): 1049-1051.
- Mednyánszky, Z., A. S. Szabó, and J. Simon. 1994. Effect of synergolux treatment on vegetables during storage. Acta Hort. No. 368: 281-284.
- Mercier, J., M. Baka, B. Reddy, R. Corcuff, and J. Arul. 2001. Shortwave ultraviolet irradiation for control of decay caused by *Botrytis cinerea* in bell pepper: induced resistance and germicidal effects. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126(1): 128-133.
- Miller, A. R. 2003. Harvest and handling injury: physiology, biochemistry, and detection, pp. 177-208. In: J. A. Bartz and J. K. Brecht (eds). Postharvest physiology and pathology of vegetables. Marcel Dekker, Inc., N.Y.
- Mir, N. and R. Beaudry. 2004. Modified atmosphere packaging. In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.
- Mohammed, M. and J. K. Brecht. 2003. Immature fruit vegetables, pp. 671-690. In: J. A. Bartz and J. K. Brecht (eds). Postharvest physiology and pathology of vegetables. Marcel Dekker, Inc., NY.

- Molloy, C., L. H. Cheah, and J. P. Koolaard. 2004. Induced resistance against *Sclerotinia sclerotiorum* in carrots treated with enzymatically hydrolysed chitosan. *Postharvest Biol. Technol.* 32: 61-65.
- Neeta, S., U. Verma, and P. Awasthi. 2006. A combination of the yeast *Candida utilis* and chitosan fruit rot in tomato caused by *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler and *Geotrichum candidum* Link ex Pers. *The J. Hort. Sci. Biotechnol.* 81(6): 1052-1056.
- Neri, F., M. Mari, and S. Brigati. 2006. Control of *Penicillium expansum* by plant volatile compounds. *Plant Pathology* 55(1): 100-105.
- Ntirampemba, G., B. E. Langlois, D. D. Archbold, T. R. Hamilton-Kemp, and M. M. Barth. 1998. Microbial populations of *Botrytis cinerea*-inoculated strawberry fruit exposed to four volatile compounds. *Journal of Food Protection* 61(10): 1352-1357.
- Oeller, P. W., M. W. Lu, L. P. Taylor, D. A. Pike, and A. Thoelgis. 1991. Reversible inhibition of tomato fruit senescence by antisense RNA. *Science (Washington)* 254: 437-439.
- Ogawa, J. M. and B. T. Manji. 1984. Control of postharvest diseases by chemical and physical means. In H. E. Moline (ed.) "Postharvest Pathology of Fruits and Vegetables: Postharvest Losses in Perishable Crops"; pp. 55-66. Univ. Calif., Div. Agric. Natural Resources. Bull. No. 1914. 80 p.
- Okigbo, R. N., and F. E. O. Ikediugwu. 2000. Studies on biological control of postharvest rot in yams (*Discorea* spp.) using *Trichoderma viride*. *J. Phytopathol.* 148(6): 351-355.
- Pariasca, J. A. T., T. Miyazaki, H. Hisaka, H. Nakagawa, and T. Sato. 2000. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) and controlled atmosphere (CA) storage on the quality of snow pea pods (*Pisum sativum* L. var. *saccharatum*). *Postharvest Biology and Technology* 21: 213-223.
- Parsons, C. S., R. E. Anderson, and R. W. Penney. 1970. Storage of mature-green tomatoes in controlled atmospheres. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95: 791-794.
- Paull, R. E. and N. J. Chen. 2000. Heat treatment and fruit ripening. *Postharvest Biology and Technology* 21: 21-37.

- Pech, J. C., M. Bouzayen, and A. Latché. 2008. Climacteric fruit ripening: ethylene-dependent and independent regulation of ripening pathways in melon fruit. *Plant Science* 175(1-2): 114-120.
- Pérez, A. G., C. Sanz, R. Olias, and J. M. Olias 1997. Effect of methyl jasmonate on *in vitro* strawberry ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45(10): 3733-3737.
- Perry, K. B. and T. C. Wehner. 1996. A heat unit accumulation method for predicting cucumber harvest date. *HortTechnology* 6(1): 27-30.
- Plotto, A., D. D. Roberts, and R. G. Roberts. 2003. Evaluation of plant essential oils as natural postharvest disease control of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Acta Hort.* No. 628: 737-745.
- Podd, L. A. and J. van Staden. 1998. The role of ethanol and acetaldehyde in flower senescence and fruit ripening – a review. *Plant Growth Regulation* 26(3): 183-189.
- Portela, S. I. and M. I. Cantwell. 2001. cutting blade sharpness affects appearance and other quality attributes of fresh-cut cantaloupe melon. *Journal of Food Science* 66(9): 1265-1270.
- Prekins-Veazie, P. and J. K. Collins. 1995. Strawberry fruit quality and its maintenance in postharvest environments. *Adv. Strawberry Res.* 14: 1-8.
- Qadir, A. and F. Hashinaga. 2001. Inhibition of postharvest decay of fruits by nitrous oxide. *Postharvest Biology and Technology* 22: 279-283.
- Qin, G. Z. and S. P. Tian. 2005. Enhancement of biocontrol activity of *Cryptococcus laurentii* by silicon and the possible mechanisms involved. *Phytopathology* 95: 69-75.
- Ranganna, B., A. C. Kushalappa, and G. S. V. Raghavan. 1997. Ultraviolet irradiance to control dry rot and soft rot of potato in storage. *Canad. J. Plant Pathol.* 19(1): 30-35.
- Reddy, M. V. B., P. Angers, F. Gastaigne, and J. Arul. 2000. Chitosan effects on blackmold rot and pathogenic factors produced by *Alternaria alternata* in postharvest tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 125(6): 742-747.
- Rennie, T. J., C. Vigneault, J. R. DeEll, and G. S. Vijaya Raghavan. 2003.

- Cooling and storage. In: A. Chakraverty, A. S. Mujumdar, G. S. Vijaya Raghavan, and H. S. Ramaswamy (eds). Handbook of postharvest technology. Marcel Dekker, Inc., NY.
- Ritenour, M. A., S. A. Sargent, and J. A. Bartz. 2002. Chlorine use in produce packing lines. University of Florida, IFAS Extension. The Internet.
- Romanazzi, G., F. Nigro, A. Ippolito, and M. Salerno. 2001. Effect of short hypobaric treatments on postharvest rots of sweet cherries, strawberries and table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 22: 1-6.
- Rushing, J. W. 1988. Physiological basis for the extension of shelf life of pre-packaged broccoli florets by ethylene. (Abstr.). *HortScience* 23: 826.
- Sadif-Zouaoui, N., et al. 2008. Ability of moderately halophilic bacteria to control grey mould disease on tomato fruits. *J. Phytopathol.* 156(1): 42-52.
- Saltveit, M. E. 1998. Heat-shock and fresh cut lettuce. *Perishables Handling Quarterly Issue No. 95*: 5-6.
- Saltveit, M. E. 2000. Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. *Postharvest Biology and Technology* 21: 61-69.
- Saltveit, M. E. 2003. Fresh-cut vegetables. pp. 691-712. In: J. A. Bartz and J. K. Brecht (eds). *Postharvest physiology and pathology of vegetables*. Marcel Dekker, Inc., NY.
- Saltveit, M. E. 2003. Mature fruit vegetables, pp. 649-669. In: J. A. Bartz and J. K. Brecht (eds). *Postharvest physiology and pathology of vegetables*. Marcel Dekker, Inc., NY.
- Saltveit, M. E. 2003. Temperature extremes, pp. 457-483. In: J. A. Bartz and J. K. Brecht (eds). *Postharvest physiology and pathology of vegetables*. Marcel Dekker Inc., NY.
- Saltveit, M. E. 2004a. Respiratory metabolism. In: ARC, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.
- Saltveit, M. E. 2004b. Ethylene effects. In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.

- Salunkhe, D. K. and B. B. Desai. 1984a. Postharvest biotechnology of vegetables. Vol. I. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 208 p.
- Salunkhe, D. K. and B. B. Desai. 1984b. Postharvest biotechnology of vegetables. Vol. II. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 194 p.
- Schirra, M., G. D'hallewin, S. Ben-Yehoshua, and E. Fallik. 2000. Host-pathogen interactions modulated by heat treatment. *Postharvest Biology and Technology* 21: 71-85.
- Schisler, D. A., P. J. Slininger, G. Kleinkopf, R. J. Bothast, and R. C. Ostrowski. 2000. Biological control of *Fusarium* dry rot of potato tubers under commercial storage conditions. *Amer. J. Potato Res.* 77(1): 29-40.
- Schlimme, D. V. 1995. Marketing lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30(1): 15-17.
- Sherman, M. 1985. Control of ethylene in the postharvest environment. *HortScience* 20: 57-60.
- Shewfelt, R. L. 2003. Color, pp. 287-296. In: J. A. Bartz and J. K. Brecht (eds). *Postharvest physiology and pathology of vegetables*. Marcel Dekker, Inc., NY.
- Sholberg, P. L. and A. P. Gaunce. 1995. Fumigation of fruit with acetic acid to prevent postharvest decay. *HortScience* 30(6): 1271-1275.
- Smid, E. J., L. Hendriks, H. A. M. Boerrigter, and L. G. M. Gorris. 1996. Surface disinfection of tomatoes using the natural plant compound trans-cinnamaldehyde. *Postharvest Biology and Technology* 9(3): 343-350.
- Smilanick, J. L., I. F. Michael, M. F. Mansour, B. E. Mackey, D. A. Margosan, D. Flores, and C. F. Weist. 1997. Improved control of green mold of citrus with imazalil in warm water compared with its use in wax. *Plant Dis.* 81: 1299-1304.
- Smith, J. P., H. S. Ramaswamy, and G. S. Vijaya Raghavan. 2003. Packaging of fruits and vegetables. pp. 539-553. In: A. Chakraverty, A. S. Mujumdar, G. S. Vijaya Raghavan, and H. S. Ramaswamy (eds). *Handbook of postharvest technology*. Marcel Dekker, Inc., NY.

- Smith, A. C., K. W. Waldron, N. Maness, and P. Perkins-Veazie. 2003. Vegetable texture: measurement and structural implications, pp. 297-329. In: J. A. Bartz and J. K. Brecht (eds). Postharvest physiology and pathology of vegetables. Marcel Dekker, Inc., NY.
- Snowdon, A. L. 1990. Post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables. Vol. 1: General introduction and fruits. Wolfe Scientific Ltd, London. 302 p.
- Srivastava, L. M. 2002. Plant growth and development: hormones and environment. Academic Press, San Diego, California. 772 p.
- Stevens, C. et al. 1999. Induced resistance of sweet potato to fusarium root rot by UV-C rays. Crop Protection 18(7): 463-470.
- Stewart, J. K. and H. M. Couey. 1963. Hydrocooling vegetables: a practical guide to predicting final temperatures and cooling times. U.S. Dept. Agric. Mark. Res. Rep. 637. 32 p.
- Studer, H. E. 1983. Influence of mechanical harvesting on the quality of fruit vegetables. HortScience 18: 417-421.
- Sun, D. W. 1999. Comparison of rapid vacuum cooling of leafy and non-leafy vegetables. In: ASAE/CSAE-SCGR Annual International Meeting, Toronto. Ontario, Canada, 18-21 July, 1999. American Society of Agricultural Engineers (ASAE), St Joseph, USA.
- Suslow, T. 2000. Postharvest handling for organic crops. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources Pub. 7254. 8 p.
- Suslow, T. 2008. Chlorination in the production and postharvest handling of fresh fruits and vegetables. Fruit and vegetable processing. The Internet.
- Talbot, M. T. and D. Baird. 2002. Psychrometrics and postharvest operations. University of Florida, IFAS, CIR1097. The Internet.
- Tator, R. 1997. Developing the cold chain for horticultural Exports. RONCO/ATUT-USAID Project, Egypt. ATUT Pub. No. 8.
- Terry, L. A. and D. C. Joyce. 2004. Elicitors of induced disease resistance in postharvest horticultural crops: a brief review. Postharvest Biology and Technology 32: 1-13.

- Thompson, A. K. 1998. Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables. CAB International, Wallingford, UK. 278 p.
- Thompson, J. 1998. Strengthening weak links in the cold chain. Perishables Handling Quarterly No. 94: 4-6.
- Thompson, A. K. 2003. Fruit and vegetables. Harvesting, handling, and storage. Blackwell Publishing, Oxford, UK. 460 p.
- Thompson, J. F. 2004. Pre-cooling and storage facilities. In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.
- Thompson, J. F. and A. A. Kader. 2004. Wholesale distribution center storage. In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.
- Thompson, H. C. and W. C. Kelly. 1957. Vegetables crops. McGraw-Hill Book Co., N. Y. 611 p.
- Thompson, J., A. Kader, and K. Sylva. 2007. Compatibility chart for fruits and vegetables in short-term transport or storage. University of California, Davis, Postharvest Technology Research Information Center.
- Toivonen, P. M. A. and D. A. Brummell. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. Postharvest Biol. Technol. 48(1): 1-14.
- Toivonen, P. M. A. and J. R. DeEll. 2002. Physiology of fresh-cut fruits and vegetables, pp. 91-123. In: O. Lamikanra (ed.). Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology, and market. CRC Press, Boca Raton, London.
- Tripathi, P. and N. K. Dubey. 2004. Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables. Postharvest Biology and Technology 32: 235-245.
- Tzortzakis, N. G. 2007. Methyl jasmonate-induced suppression of anthracnose rot in tomato fruit. Crop Protection 26(10): 1507-1513.
- Tzortzakis, N., I. Singleton, and J. Barnes. 2008. Impact of low-level atmospheric ozone-enrichment on black spot and anthracnose rot of tomato fruit. Postharvest Biology and Technology 47(1): 1-9.
- USDA, United States Department of Agriculture. 2004. The commercial storage

- of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. Agricultural Research Service, USDA. Agriculture Handbook 66 revised. The Internet.
- Vandekinderen, I., J. van Camp, B. de Meulenaer, K. Veramme, Q. Denon, P. Ragaert, and F. Devlieghere. 2007. The effect of the decontamination process on the microbial and nutritional quality of fresh-cut vegetables. *Acta Hort.* 746: 173-180.
- Vandekibderen, J., F. Devlieghere, B. de Meulenaer, K. Veramme, P. Ragaert, and J. van Camp. 2008. Impact of decontamination agents and a packaging delay on the respiration rate of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology* 49(2): 277-282.
- Varoquaux, P. and J. Mazollier. 2002. Overview of the European fresh-cut produce industry, pp. 21-43. In: O. Lamikanra (ed.). *Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology, and market*. CRC Press, Boca Raton, London.
- Vincent, C., B. Panneton, and F. Fleurat-Lessard (eds). 2001. *Physical control methods in plant protection*. Springer-Verlag, Berlin. 329 p.
- Voss, R. E. (ed). 1979. *Onion production in California*. Univ. Calif., Div. Agric. Sci. Priced Pub. No. 4097. 49 p.
- VRIC, Vegetable Research & Information Center. 2007. *Postharvest handling systems: fruit vegetables*. *Postharvest Technology*, UC DANR Pub. 3311, 6 p.
- Wang, C. Y. 1994. Chilling injury of tropical horticultural commodities. *HortScience* 29(9): 986-988.
- Wang, C. Y. 1994. Combined treatment of heat shock and low temperature conditioning reduces chilling injury in zucchini squash. *Postharvest Biology and Technology* 4(1-2): 65-73.
- Wang, C. Y. 2003. Leafy, floral, and succulent vegetables, pp. 559-623. In: J. A. Bartz and J. K. Brecht (eds). *Postharvest physiology and pathology of vegetables*. Marcel Dekker, Inc., NY.
- Wang, C. Y. 2004. Chilling and freezing injury. In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.

- Wang, H., H. Feng, Y. Luo, and A. Zhang. 2007. Produce surface characteristics affect product quality and safety. *Acta Hort.* 746: 131-138.
- Ware, G. W. and J. P. McCollum. 1983. (3<sup>rd</sup> ed). Producing vegetable crops. The Interstate Printers & Publishers. Inc., Danville, Illinois. 607 p.
- Watada, A. E., R. C. Herner, A. A. Kader, R. J. Romani, and G. L. Staby. 1984. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. *HortScience* 19: 20-21.
- Watkins, C. B. 2000. Responses of horticultural commodities to high carbon dioxide as related to modified atmosphere packaging. *HortTechnology* 10(3): 501-506.
- Watkins, C. B. 2002. Ethylene synthesis, mode of action consequences and control, pp. 180-223. In: M. Knee (ed.). *Fruit quality and its biological basis*. Sheffield Academic Press Ltd, Sheffield, UK.
- Watkins, C. B. 2008. Postharvest ripening regulation and innovation in storage technology. *Acta Hort.* 796: 51-58.
- Weaver, R. J. 1972. *Plant growth substances in agriculture*. S. Chand & Co. Ltd., New Delhi 594 p.
- Wells, J. M. and J. E. Butterfield. 1997. *Salmonella* contamination associated with bacterial soft rot of fresh fruits and vegetables in marketplace. *Plant Dis.* 81(8): 867-872.
- Wheeler, R. M., B. V. Peterson, and G. W. Stutte. 2004. Ethylene production throughout growth and developments of plants. *HortScience* 39(7): 1541-1545.
- Whitaker, B. D. 1994. A reassessment of heat treatment as a means of reducing chilling injury in tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology* 4(1-2): 75-83.
- Wills, R. H. H., T. H. Lee, D. Graham, W. B. McGlasson, and E. G. Hall. 1981. *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables*. The Avi Pub. Co., Inc, Westpot, Conn. 163 p.
- Wills, R., B. McGlasson, D. Graham, and D. Joyce. 1998. *Postharvest: an introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals*. CAB International, Wallingford, UK. 262 p.

- Wills, R. B. H., V. V. V. Ku, and Y. Y. Leshem. 2000. Fumigation with nitric oxide to extend the postharvest life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology* 18: 75-79.
- Wills, R. B. H., P. Pristijono, and J. B. Golding. 2007. Use of nitric oxide to reduce surface browning of fresh cut lettuce and apple slices. *Acta Hort.* 746: 237-244.
- Wilson, C. L. and M. E. Wisniewski. 1989. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables: an emerging technology. *Ann. Rev. Phytopathol.* 27: 425-441.
- Wilson, L. G., M. D. Boyette, and E. A. Estes. 1999a. Postharvest handling and cooling of fresh fruits, vegetables and flowers for small farms. Part III. Handling. NC State University, Dept. Hort. Sci., Hort. Inf. Leaflet 802, 2 p.
- Wilson, L. G., M. D. Boyette, and E. A. Estes. 1996b. Postharvest handling and cooling of fresh fruits, vegetables and flowers for small farms. Part IV. Mixed loads. N. C. State University, Dept. Hort. Sci., Hort. Inf. Leaflet 803. 2 p.
- Woodroof, J. G. 1975. Harvesting, handling and storing vegetables for processing. In B. S. Luh and J. G. Woodroff (eds.). "Commercial Vegetable Processing": pp. 131-175. The Avi Pub. Co., Inc., Westport, Conn.
- Yang, B., G. Yonghong, G. Yurong, and Z. Jie. 2007. Postharvest harpin treatment suppresses decay and induces the accumulation of defense related enzymes in hami melons. *Acta Hort.* No. 731: 439-450.
- Zahara, M. and S. S. Johnson. 1979. Status of harvest mechanization of fruits, nuts and vegetables. *HortScience* 14: 578-582.
- Zhang, D. and P. C. Quantick. 1998. Antifungal effects of chitosan coatings on fresh strawberries and raspberries during storage. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 73(6): 763-767.
- Zhang, Z., D. J. Huber, B. M. Hurr, and J. Rao. 2009. Delay of tomato fruit ripening in response to 1-methylcyclopropene is influenced by internal ethylene levels. *Postharvest Biol. Technol.* 54(1): 1-8.
- Zhao, Y., K. Tu, X. F. Shao, W. Jing, J. L. Yang, and Z. P. Su. 2008. Biological

control of the post-harvest pathogens *Alternaria solani*, *Rhizopus stolonifer* and *Botrytis cinerea* on tomato fruit by *Pichia guilliermondii*. J. Hort. Sci. Biotechnol. 83(1) 132-136.

Zhao, Y., K. Tu, X. Shao, W. Jing, and Z. Su. 2008. Effects of the yeast *Pichia guilliermondii* against *Rhizopus nigricans* on tomato fruit. Postharvest Biology and Technology 49(1): 113-120.

Zheng, X. L., S. P. Tian, M. J. Gidley, H. Yue, B. Q. Li, Y. Xu, and Z. W. Zhou. 2007. Slowing the deterioration of mango fruit during cold storage by pre-storage application of oxalic acid. The J. Hort. Sci. Biotechnol. 82(5): 707-714.

Zhou, X. G. and K. L. Everts. 2007. Effects of host resistance and inoculum density on the suppression of fusarium wilt of watermelon induced by hairy vetch. Plant Dis. 91: 92-96.