الفصل الثاني

فسيولوجيا ما بعد الحصاد للفواكه والخضار

Postharvest Physiology of Fruits and Vegetables

تمت مراجعة هذا الفصل من قبل الأستاذ الدكتور علاء الجميلي

كلية الزراعة/جامعة مؤتة

(٢,١) مقدمة

تعد الفواكه والخضار أنسجة حية وعندما تكون متصلة بالنبات فإنها تتنفس Respire بأخذها الأكسجين وإطلاقها ثاني أكسيد الكربون وتوليد الحرارة، كما أنها تقوم أيضاً بعملية النتح Transpiration وتفقد بخار الماء. ويتم تعويض ما يفقد نتيجة عمليات التنفس والنتح كالماء والأملاح المعدنية وغيرها من النسغ وهو السائل الخلوي Cell sap. وتستمر الفواكه والخضار بنشاطها التمثيلي بعد الحصاد أي أنها تتنفس وتنتح ولكن دون تعويض ما يفقد، ولذا فإنها تدخل مرحلة التدهور أو الفساد.

تتعرض الفواكه والخضار للعديد من التغيرات بعد جنيها ومنها:

١- تغيرات في تركيب جدار الخلية تؤدي إلى الطراوة Softening.

٢- تغيرات في اللون نتيجة تكسر بعض الصبغات كالكلوروفيل وزيادة البعض الآخر كالأنثوسيانين.

٣- فقد الماء الخلوي نتيجة لعمليات النتح والتنفس الأمر الذي يؤدي إلى ذبول الفواكه والخضار Shrivelling.

٤- خفض محتوى النشاء في الفواكه والخضار الغنية به وتحوله إلى سكريات.

٥- يقل مع تقدم مرحلة النضج في بعض الفواكه الطعم القابض أو العفصي Astringency والناتج عن وجود التانينات وعديد الفينولات.

٦- تكون مكونات النكهة والمركبات الطيارة بعد الحصاد في بعض الفواكه والخضار وخاصة إذا كانت ناضجة.

ومما يجدر ذكره أن الإيثلين هو أحد المركبات الطيارة Volatiles الذي يتم تخليقه في بعض الفواكه والخضار عند مستويات محددة من النضج. وفيما يتعلق بمراحل التطور في الفواكه والخضار فقد حددت بخمس مراحل (الشكل رقم ٢.١) وهي:

١- مرحلة النمو والتطور Growth and Development.

٢- مرحلة ما قبل النمو الكامل أو التام Prematuration.

٣- مرحلة النمو الكامل أو التام (النمو الكامل) Maturation.

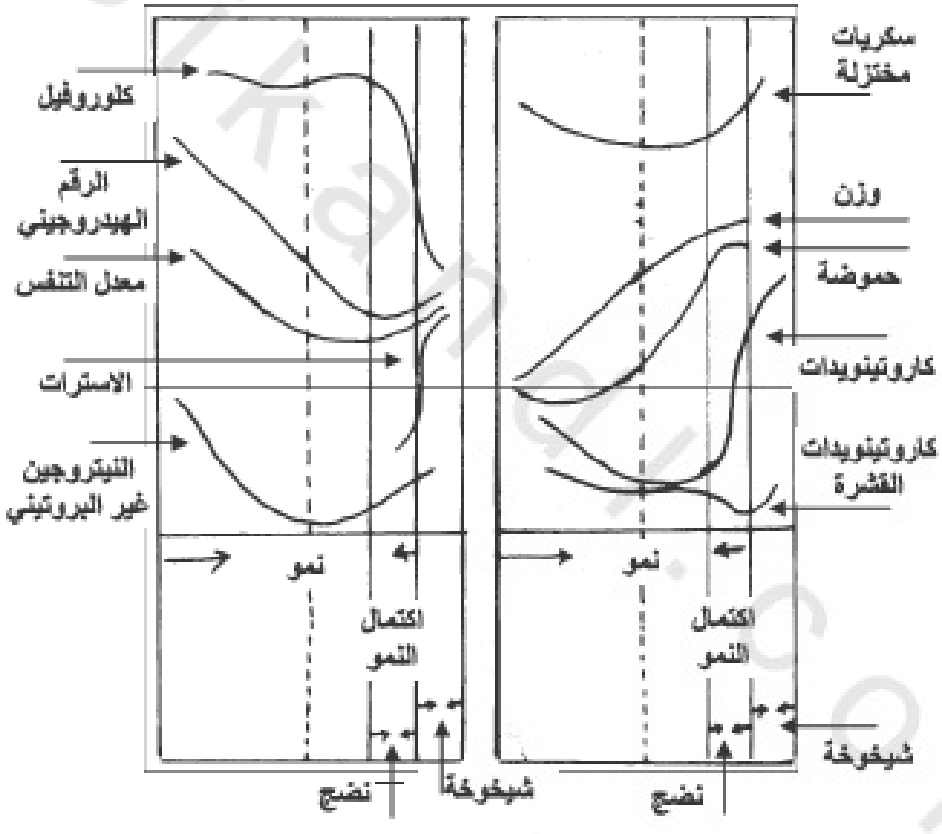
٤- مرحلة النضج Ripening.

٥- مرحلة الشيخوخة Senscence.

الشكل رقم (٢,١). مراحل التطور في الفواكه والخضار.

(المصدر: Salunkhe et al.1991)

وتمتاز مرحلة النمو والتطور بانقسام الخلايا واتساعها، وتبدأ مرحلة النضج في المراحل النهائية لمرحلة النمو التام وتعد بداية مرحلة الشيخوخة والتي تتميز بانتهاء عملية البناء Anabolic وابتداء عملية الهدم Catabolic مما يؤدي إلى التقدم في العمر Aging ومن ثم الوفاة للأنسجة. ويبين الشكل رقم (٢,٢) التغيرات المختلفة التي تحدث في الفواكه والخضار أثناء مراحل تطورها المختلفة.



الشكل رقم (٢,٢). التغيرات الكيموطيعية التي تحدث أثناء تطور ثمار الأناناس.

(المصدر: Salunkhe et al.1991)

وتعد مرحلة البلوغ البستاني Horticultural maturation ذات أهمية كبيرة من الناحية التصنيعية والتغذوية. وتعرف مرحلة البلوغ البستاني بأنها تلك المرحلة التي وصلت فيها الثمار إلى الحد الأمثل من النمو والتطور لاستعمالها لغرض معين ويجب تحديد ذلك الاستعمال قبل عملية الحصاد. كما يمكن تعريف مرحلة البلوغ البستاني بأنها المرحلة التي قد تكون الثمار فيها صالحة لغرض الاستهلاك الطازج أو التعليب أو التجميد ...إلخ، وحسب هذا المفهوم يمكن قطف الثمار كما يلي (الشكل رقم ٢,٢):

١- قطف الثمار في مرحلة انقسام الخلايا (Cell devision): لا توجد ثمار فاكهة تقطف في هذه المرحلة ولكن يمكن قطف ثمار الخيار لغرض استعمالها في التخليل.

٢- قطف الثمار في مرحلة زيادة حجم الخلايا (Cell enlargement): وهنا أيضا لا توجد ثمار فاكهة تقطف في هذه المرحلة ولكن يمكن قطف ثمار الخيار والكوسة الصيفية لغرض التخليل.

٣- قطف الثمار في مرحلة البلوغ لغرض شحنها أو إنضاجها فيما بعد ومن الأمثلة عليها أصناف التفاح الشتوية والخوخ والمشمش والكمثرى والبندورة.

٤- قطف الثمار في مرحلة النضج النهائي ومن الأمثلة عليها الكرز والعنب وجميع ثمار الجوزيات والخيار لغرض استعمالها في السلطة والبندورة (الطماطم) حيث أن جميع هذه الثمار تقطف لغرض الاستهلاك المباشر.

(٢,٢) التنفس
Respiration

يعد التنفس في ثمار الفواكه أحد مؤشرات النشاط الفسيولوجي والعمر التخزيني المحتمل لتلك الفواكه. وأحد العمليات الأساسية للحياة، وله علاقة باكتمال النمو ومناولة ونقل وخزن الفواكه.

وكما تمت الإشارة إليه سابقاً فإن التنفس يتضمن الأكسدة بمساعدة الإنزيمات للسكريات وتحويلها إلى ثاني أكسيد الكربون والماء والطاقة. وتتحول الطاقة المتولدة إلى ثلاثي فوسفات الأدينوزين ATP كناقل للطاقة ويمكن تمثيل ما سبق بالمعادلة التالية :

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \xrightarrow{\text{Enzymes}} 6CO_2 + 6H_2O + \text{Energy}$$

وفيما يلي توضيح لبعض الأمور ذات العلاقة بتنفس الفواكه والخضار :

(٢,٢,١) مادة التفاعل Substrate

إن كمية مادة التفاعل المتوفرة لغرض التنفس وهي السكريات تحدد الفترة الزمنية لاستمرار عملية التنفس. ونظراً لاستهلاك السكريات بفعل التنفس فإنه يحصل فقد في وزن الثمار يتراوح ما بين ٢–٥ ٪.

(٢,٢,٢) الأكسجين وثاني أكسيد الكربون والطاقة

يعد ما يتوفر من أكسجين في الظروف العادية كافياً لإتمام عملية التنفس، أما في الظروف غير العادية كالأجواء المتحكم فيها Controlled atmosphere فقد يقل الأكسجين ولا يفي بمتطلبات التنفس. ويجب التخلص من ثاني أكسيد الكربون حتى لا تحدث عملية اختناق Saffocation للفاكهة أو الخضار، كما يجب إزالة الطاقة المتولدة وإلا فإن العمر التخزيني للفاكهة والخضار ينخفض كثيراً نتيجة لزيادة معدل التنفس واستهلاك السكريات.

(٢,٢,٣) معدل التنفس Rate of Respiration

يؤدي زيادة معدل التنفس إلى خفض العمر التخزيني للفاكهة والخضار، والعكس صحيح أي أن خفض معدل التنفس يعمل على زيادة العمر التخزيني. وعلى كل حال فإنه يتم التعبير عن معدل التنفس بالملليلتر (مل) من ثاني أكسيد الكربون لكل ١كجم نسيج نباتي في الساعة ML CO_2 /Kg /h ويرتبط معدل التنفس ارتباطاً كبيراً

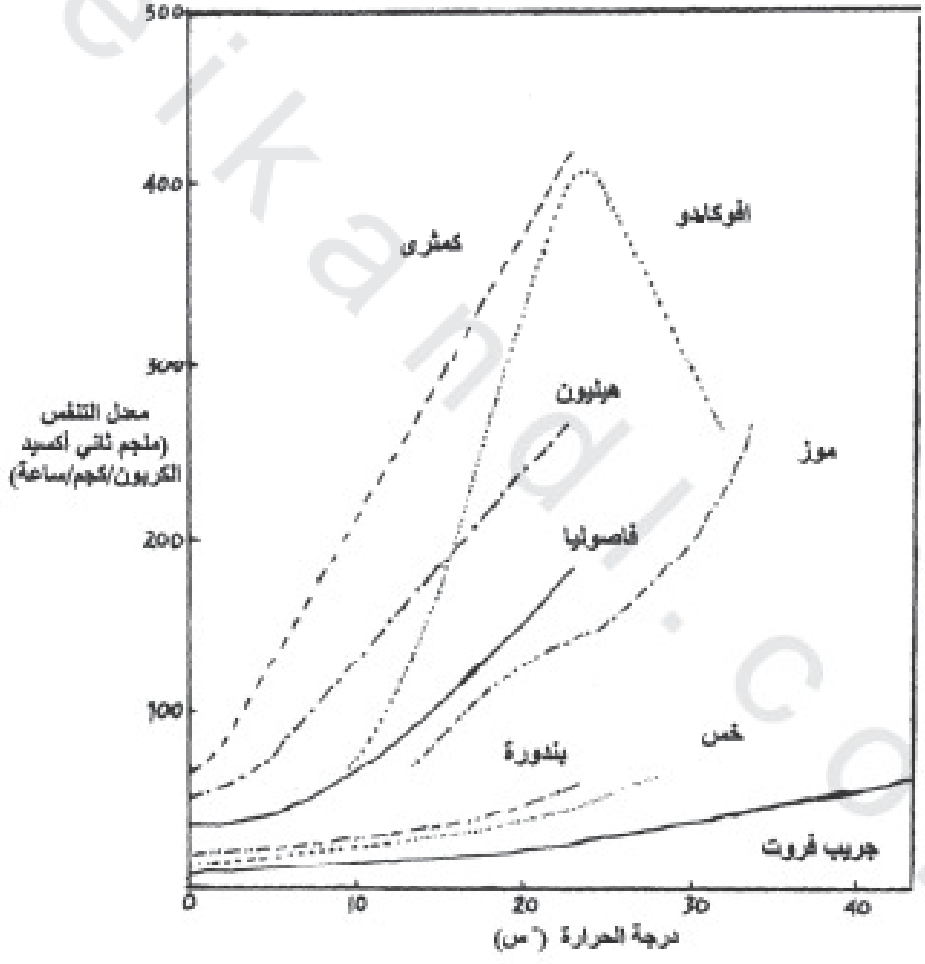
بكل من درجة الحرارة، والوقت والأكسجين المتاح، ونوع المحصول. ويبين الجدولان رقما (٢.١ و٢.٢) بعض البيانات الخاصة بمعدل التنفس لبعض الفواكه والخضار ويلاحظ من بيانات الجدول رقم (٢.١) أنه كلما زادت درجة الحرارة كلما زاد معدل التنفس، كما أن هناك بعض الفواكه لها معدل تنفس مرتفع كالفراولة (١٧٠-٢٠٠مل CO_2/كجم/ساعة/عند ٢٥°م) ولذا فإن صلاحيتها للخزن تعد قليلة، في حين أن الحمضيات ذات معدل تنفسٍ منخفضٍ (٢٠-٤٠ عند ٢٥°م) وعليه فإن صلاحيتها للخزن جيدة. أما في الخضار فإن معدل تنفس البازلاء مرتفع في حين أن البندورة ذات معدل تنفس منخفض.

يصنف الجدول رقم (٢.٢) معدل التنفس في الفواكه والخضار إلى درجات تتراوح ما بين قليلٌ جداً إلى مرتفع جداً، فمثلاً التمور والمكسرات والفواكه والخضار المجففة لها معدل تنفُسٍ منخفضٍ جداً ويقل عن ٥ مل / كجم/ ساعة من ثاني أكسيد الكربون، في حين أن التين والموز واليوسفي والملفوف والجزر لها معدل تنفس متوسط يتراوح ما بين ١٠-٢٠ مل /كجم / ساعة. وتصنف البازلاء والسبانخ والذرة السكرية على أن لها معدل تنفسٍ مرتفع جداً يزيد عن ٦٠ مل CO_2 / كجم / ساعة.

ينخفض معدل التنفس نتيجة الارتفاع الكبير في درجة الحرارة وكذلك الخزن لفترات طويلة، الأمر الذي يؤدي إلى موت الأنسجة. ويبين الشكل رقم (٢.٣) تأثير درجة الحرارة على معدل التنفس لبعض الفواكه والخضار.

إن لدرجة النضج تأثيراً أيضاً على معدل التنفس، إذ يتبين من بيانات الجدول رقم (٢.١) أن الفواكه التي تجنى في المراحل الأولى من النضج يكون لها معدل تنفس أعلى، ومن الأمثلة على ذلك البطاطا.

يتأثر معدل التنفس بعوامل أخرى عديدة غير تلك التي ذكرت وهذه تشمل الصنف، وعمر النسيج، ووجود الميكروبات، ووجود الخدوش والرضوض وأية أضرار ميكانيكية، وتوفر الأكسجين، وتوفر الإيثلين. ويلاحظ أن جميع العوامل السابقة باستثناء الصنف وعمر النسيج تؤدي إلى زيادة معدل التنفس في الأنسجة النباتية.



الشكل رقم (٢,٣). تأثير درجة حرارة الخزن على معدل التنفس في بعض الفواكه والخضار.

(المصدر: Salunkhe et al.1991)

الجدول رقم (٢,١). معدل التنفس لبعض الفواكه والخضار محسوباً كمعدل لناتج أكسيد الكربون (ملجم/كجم/الساعة) عند درجات حرارة مختلفة.

الخضار/الفواكه	درجات الحرارة				
	صفر °م	٤–٥ °م	١٠ °م	٢٠–٢١ °م	٢٥–٢٧ °م
تين	–	١١–١٣	٢٢–٢٣	٥٧–٧٥	٨٥–١٠٦
مشمش	٥–٦	٦–٨	١١–١٩	٢٩–٥٢	–
أفوكادو	–	٢٠–٣٠	–	٧٤–٣٤٧	١١٨–٤٢٨
خوخ	–	٦–٩	١٦	٥٩–١٠٢	٨١–١٢٢
برتقال	٢–٥	٤–٧	٦–٩	٢٢–٣٤	٢٥–٤٠
جريب فروت	–	–	٧–٩	١٣–٢٦	١٩
ليمون	–	–	١١	١٩–٢٥	٢٠–٢٨
برقوق	٢–٣	٤–٩	١١	١٨–٢٦	٢٨–٧١
عنب	١–٢	٣–٦	٨	٣٣	٣٩
كرز حلو	٤–٥	١٠	–	٢٨–٣٢	–
كرز حامض	٦–١٣	١٣	–	٣٩–٥٠	٥٣–٧١
تفاح (صيفي)	٣–٦	٥–١١	١٤–٢٠	٢٠–٤١	–
تفاح (خريفي)	٢–٤	٥–٧	٧–١٠	١٥–٢٥	–
فراولة	١٢–١٨	١٦–٢٣	٤٩–٩٥	١٠٢–١٩٦	١٦٩–٢١١
زيتون	–	–	–	٤٠–١٠٥	٥٦–١٢٨
كمثرى	٣–٧	٥–١٠	٨–٢١	٣٠–٧٠	–
موز (أخضر)	–	–	–	٣٣–٣٥	–
موز (ناضج)	–	–	٢١–٣٩	٣٣–١٤٢	١١٨–١٢٨
جزر (الجزء العلوي)	١٠–٢٠	١٣–٢٦	٢٠–٤٢	٤٦–٩٥	–
جزر (مع الأوراق)	١٨–٣٥	٢٥–٥٠	٣٢–٦٢	٨٧–١٢١	–
بطاطا حلوة	–	–	–	–	٥٤–٧٣

obeikandl.com

تابع الجدول رقم (٢،١).

الخضار/الفواكه	درجات الحرارة				
	صفر °م	٤–٥ °م	١٠ °م	٢٠–٢١ °م	٢٥–٢٧ °م
بندورة قبيل النضج	–	٥–٨	١٢–١٨	٢٨–٤١	٣٥–٥١
بندورة ناضجة	–	–	١٣–١٦	٢٤–٤٤	٣٠–٥٢
ذرة حلوة مع الغلاف	٣٠–٥١	٤٣–٨٣	١٠٤–١١٠	٢٦٨–٣١١	٢٨٢–٤٣٥
فلفل حلو	–	١٠	١٤	٤٤	٥٥
خس	٦–١٧	١٣–٢٠	٢١–٤٠	٥١–٦٠	٧٣–٩١
بطاطا غير ناضجة	–	١٢	١٤–٢١	١٨–٤٥	–
بطاطا ناضجة		٩	٧–١٠	٨–١٦	–
كوسة	١٣	١٤	١٤–٣٦	٨٥–٩٧	–
بصل جاف	٣	٦	٧–٨	١٤–١٩	٢٧–٢٩
بصل أخضر	١٠–٣٢	١٧–٣٩	٣٦–٦٢	٧٩–١٧٨	٩٨–٢١٠
خيار	–	–	٢٣–٢٩	١٤–٤٨	١٩–٥٥
سبانخ	١٩–٢٢	٣٥–٥٨	٨٢ – ١٣٨	١٧٢–٢٨٧	–
فاصولياء خضراء	١٠–٣٠	٢٠–٣٦	–	١٣٣–١٧٩	–
باميا	–	٥٢–٥٩	٨٦–٩٥	٢٤٠–٢٧٠	٣٢٨–٣٦٢
بازلاء بالقشور	٣٠–٤٧	٥٥–٧٦	٦٨–١١٧	٢٤٥–٣٦١	٣٤٣–٣٧٧
بازلاء بدون قشور	٤٧–٧٥	٧٩–٩٧	١٧٩–٢٠٢	٣٤٩–٥٥٦	–
بنجر(الجزء العلوي)	٥–٧	٩–١٠	١٢–١٤	–	–
بنجر(مع الأوراق)	١١	–	٢٢	٤٠	–
ملفوف	٤–٦	٩–١٢	١٧–١٩	٢٨–٤٩	٤٩–٦٣
قرنبيط	١٦–١٩	١٩–٢٢	٣٢–٣٦	٧٥–٨٦	٨٤–١٤٠
لفت أخضر	٦–٩	١٠	١٣–١٩	٢٤–٢٥	–

(المصدر: Salunkhe et al.1991)

obeikandl.com

الجدول رقم (٢,٢). تصنيف الفواكه والخضار بناء على معدل تنفسها.

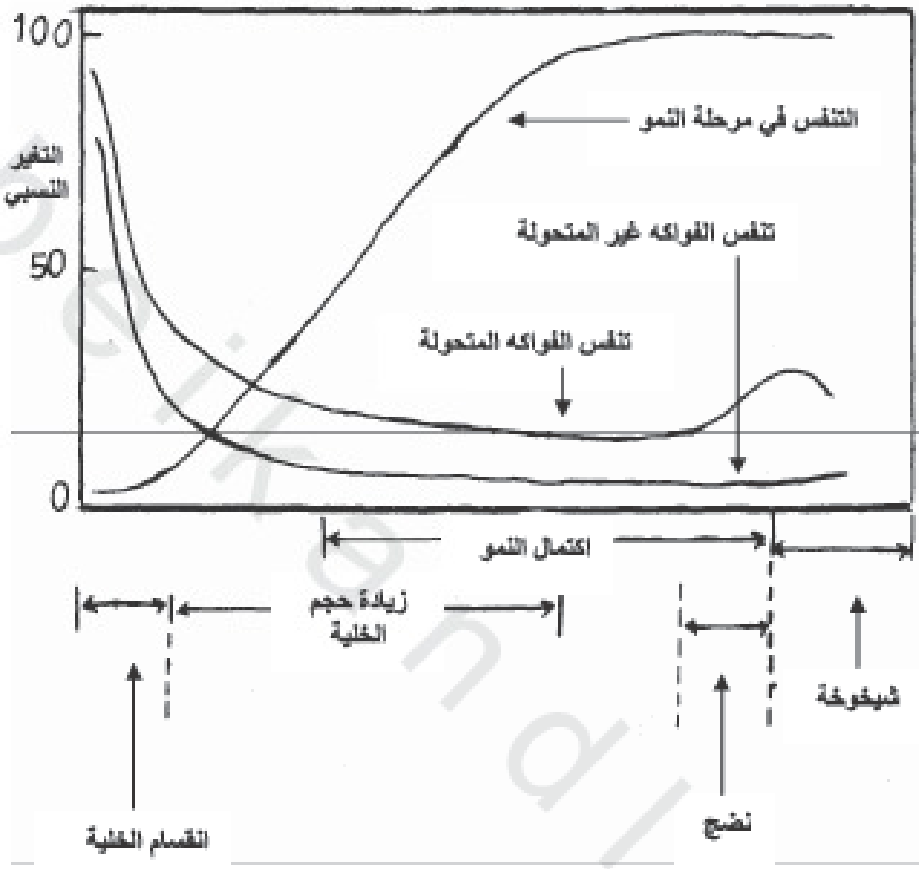
الفواكه والخضار	معدل التنفس عند ٥ °م كثاني أكسيد الكربون (ملجم/كجم/الساعة)	تصنيف معدل التنفس
المكسرات، التمور، الفواكه المجففة، الخضار	أقل من ٥	قليل جدا
تفاح، حمضيات، عنب، ثوم، بصل، بطاطا، بطاطا حلوة	١٠-٥	قليل
مشمش، موز، كرز، خوخ، كمثرى، نكتارين، تين، ملفوف، جزر، خس، فلفل، بندورة	٢٠-١٠	متوسط
فراولة، قرنبيط، فاصوليا خضراء، أفوكادو	٤٠-٢٠	عالي
الخرشوف، بصل أخضر	٦٠-٤٠	عالي جدا
القطر، بازلاء، سبانخ، ذرة سكرية	أعلى من ٦٠	عالي بدرجة كبيرة جدا

(المصدر: Salunkhe et al.1991)

(٢,٣) الفواكه والخضار المتحولة وغير المتحولة

Climecteric and Non-climecteric Fruits and Vegetables

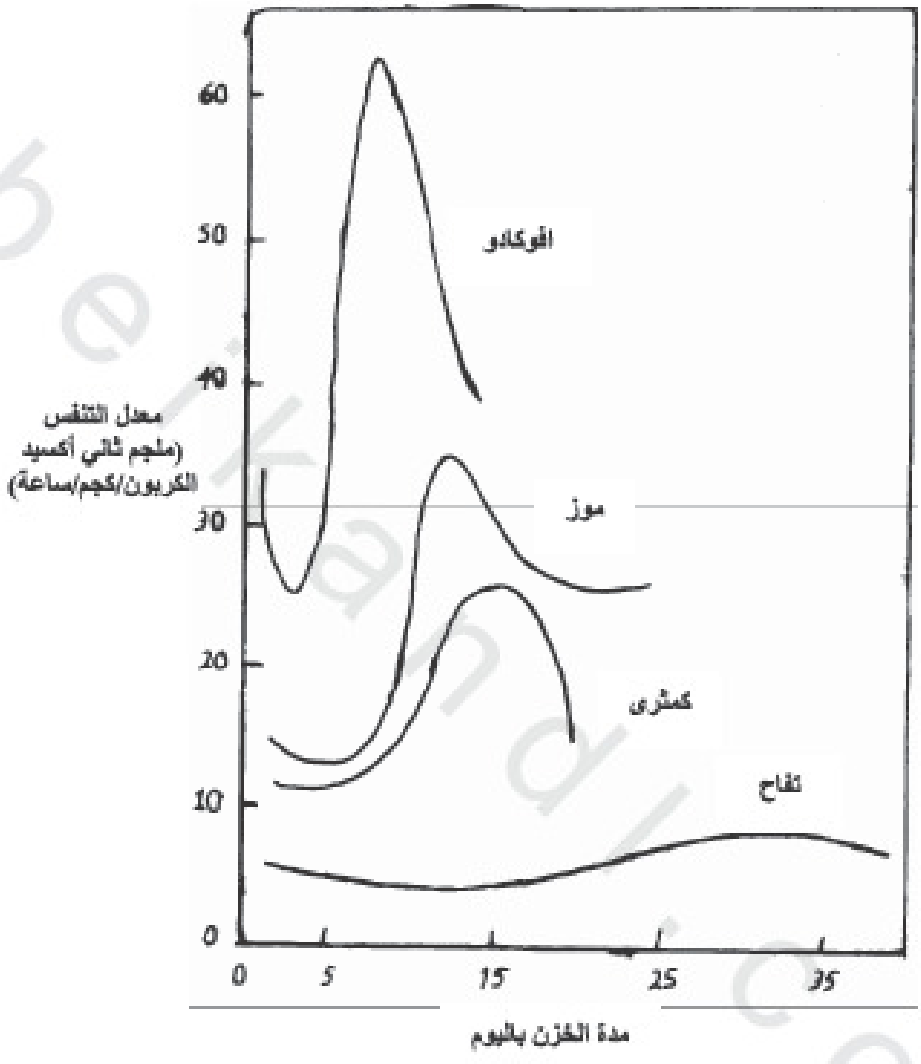
تبدي بعض ثمار الفواكه والخضار ارتفاعاً مفاجئاً في معدل تنفسها أثناء فترة حياتها، وتسمى هذه الفواكه والخضار بالمتحولة Climecteric وتسمى الفواكه والخضار التي لا تبدي هذا الارتفاع المفاجيء في معدل التنفس أثناء دورة حياتها بغير المتحولة Non- climecteric تبين الأشكال أرقام (٢,٤ و ٢,٥) معدل التنفس في الفواكه والخضار المتحولة وغير المتحولة، ويلاحظ أن الخيار والعنب والتين والفراولة والحمضيات غير متحولة، في حين أن الموز والبندورة والكمثرى والخوخ متحولة.



الشكل رقم (٤,٢). طبيعة التنفس في الفواكه والخضار المتحولة وغير المتحولة وكذلك أثناء مراحل نموها المختلفة.

(المصدر: Salunkhe et al.1991)

obeikandl.com



(المصدر: Salunkhe et al.1991)

الشكل رقم (٢,٥). طيعة التنفس لبعض الفواكه والخضار المخزنة على ١٥ °م ولمدة ٤٠ يوماً.

ويسمح عادة للفواكه والخضار غير المتحولة كالتين والعنب مثلاً بالوصول إلى مرحلة النضج الكامل وهي على الأشجار. بينما في المتحولة كالموز والبندورة مثلاً

تحصد قبل وصولها إلى مرحلة النضج الكامل، ومن هنا كان موعد حصاد الفواكه والخضار المتحولة مهماً وحرجاً فيما يتعلق بالجودة والخزن.

أشارت بعض الدراسات الحديثة إلى أن الارتفاع المفاجيء في معدل التنفس للفواكه والخضار المتحولة يعد مؤشراً لبدء مرحلة الشيخوخة ومن هنا توصي هذه الدراسات بأن يبدأ حصاد الفواكه والخضار المتحولة قبل الوصول إلى الارتفاع المفاجئ في معدل التنفس حيث سيؤدي ذلك إلى ثمار ذات جودة مرتفعة وصالحة للخزن. ويصنف الجدول رقم (٢,٣) الفواكه والخضار إلى متحولة وغير متحولة.

الجدول رقم (٢,٣). تصنيف الفواكه والخضار الى متحولة وغير متحولة.

أمثلة على الفواكه والخضار المتحولة	أمثلة على الفواكه والخضار غير المتحولة
التفاح والمشمش والأفوكادو	الكرز والخيار والتين
الباباي والمانجو والخوخ	العنب والجريب فروت والليمون
الكمثرى والبرقوق والبندورة	البرتقال والأناناس والفراولة

(المصدر: Salunkhe et al.1991)

(٢,٤) معدل إنتاج الإيثلين وتأثيره على الفواكه والخضار

Ethylene Production and its Effects on Fruits and Vegetables

يؤدي وجود الإيثلين في ثمار الفواكه والخضار عند تركيز معين مثل أربعة أجزاء بالمليون أو أكثر إلى تسريع عملية النضج للفواكه والخضار، لذا يعد الإيثلين أحد منظمات النمو Growth regulator، وهو يؤثر على الفواكه والخضار المتحولة، وغير متحولة. ويمكن الإيقاف أو التقليل من تأثير الإيثلين عن طريق زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون وخفض تركيز الأكسجين. ويتم إنتاج الإيثلين من جميع أجزاء النبات كالثمار والبذور والجذور والأزهار...إلخ.

يشير الجدول رقم (٢,٤) إلى معدل إنتاج الإيثلين في العديد من الفواكه والخضار، ويتضح من بيانات ذلك الجدول أن للصنف (التفاح) تأثيراً كبيراً على هذا المعدل، وفي حين أن الحمضيات يكاد يكون إنتاجها من الإيثلين صفراً ما لم تصاب بجروح أو رضوض، إلاّ أن هناك تفاوتً كبيراً في هذا المعدل من قبل الفواكه والخضار.

ويصنف الجدول رقم (٢,٥) الخضار من حيث معدل إنتاجها من الإيثلين إلى منتجات ذات معدل إنتاج منخفض جداً (أقل من ٠,١ مل إيثلين /كجم/ساعة) مثل الزهرة والفراولة إلى أخرى متوسطة الإنتاج (١–١٠ مل) كالموز والتين والبندورة وإلى منتجات ذات معدل إنتاج مرتفع جداً (أعلى من ١٠٠ مل) كالتفاح.

وبناءً على معدل التنفس ومعدل إنتاج الإيثلين فإن بعض الفواكه يجب ألا تترك لتنضج على الأشجار كالأفوكادو والكمثرى، كما يجب عدم خزن بعض الثمار معاً في مخزن واحد أو نقلها في حاوية واحدة كالتفاح والكمثرى والجزر. ويلاحظ في هذا السياق أيضاً أن الفواكه اللحمية Fleshy fruits تعطي كميات كبيرة من الإيثلين وعليه يراعى عدم خزنها مع المنتجات الحساسة كالخضار الورقية أو الجزر أو الخس.

يُعزى تأثير العديد من منظمات النمو على عملية نضج الفواكه والخضار إلى قدرة تلك المنظمات على إنتاج الإيثلين، ومن الأمثلة على ذلك إنضاج التين باستخدام المركب 2,4,5 T. كما يعد الإيثيريل Etherel والإيثيفون Ethephone منظمات نمو قادرة على تحفيز تحرير غاز الإيثلين. تتكسر وتحرر منظمات النمو الإيثلين داخل أنسجة النبات وبناء عليه تؤدي إلى تحوير وتعديل على عمليات الإزهار والنمو والسكون Dormancy، وتساقط الثمار Abscission واكتمال النمو والنضج والمقاومة للمرض والتجميد.

بالإضافة إلى الايجابيات الخاصة بالإيثلين على عمليات النمو والنضج في النباتات فإن لها أيضاً بعض السلبيات منها: النضج قبل اكتمال النمو في بعض الأحيان، وتساقط الأوراق Defoliation، وتلف الأشتال، والفشل في تفتح الأزهار والمرارة في الجزر.

الجدول رقم (٢,٤). معدل إنتاج الإثيلين لبعض الفواكه والخضار.

الفواكه أو الخضار/ الصنف	درجة الحرارة (°م)	معدل إنتاج الإثيلين (ميكروليتر/كجم/الساعة)
التفاح /روم بيوتي	٢٠	٥٠
رويال رد ديليشس	-	٨
روبي	-	١٣
جرافينشتاين	١٨	١٢
كوكس اورانج بيبين	٣	٤١
نيوتن وانذر	١٥	٢
الأوفوكادو	٢٠	٩
الموز	٢٠	٤
الحمضيات		صفراً إلا إذا جرحت أو أصابها العفن
الشمام /كانتلوب	٢٠	١٦- ٣٣
هانيديو	٢٠	٣
الباباي	٢٥	٣٧
يوسك	-	١٢٩
الخوخ	٢٠	٣٦
الكمثرى/انجو	١٨	٣٠
بارتليت	٢٠	١٢٢
البرقوق /بيوتي	١٣	٥٤
ديورتي	١٠	١٧
سانتاروزا	٢١	١٤٢
	١٠	٢٥
	٢١	١٤٢
البندورة	٢٠	٢٢

(المصدر: Salunkhe et al.1991)

obeikandl.com

الجدول رقم (٢,٥). تصنيف الفواكه والخضار بناء على معدل إنتاجها للإيثيلين.

الفواكه والخضار	إنتاج الإيثلين عند ٢٠ °م (ملل إيثيلين /كجم/ساعة)	التصنيف
القرنبيط، الكرز، الفراولة، البطاطا، الخضار الورقية	أقل من ٠,١	منخفض جداً
الخيار، الباذنجان، الباميا، الزيتون، الفلفل، الأناناس، القرع، البطيخ	٠,١ – ١	منخفض
الموز، التين، الجوافة، الشمام، المانجو، البندورة	١ – ١٠	متوسط
التفاح، المشمش، الأفوكادو، الكيوي، اليوسفي، الباباي، الخوخ، الكمثرى، البرقوق	١٠ – ١٠٠	عالي
بعض أصناف التفاح	أعلى من ١٠٠	عالي جداً

(المصدر: Salunkhe et al.1991)

(٢,٥) النتح
Transpiration

تفقد الفواكه والخضار وهي لا تزال متصلة بالنبات بعض محتواها من الماء بواسطة عملية النتح، إلا أن هذا الماء المفقود يتم تعويضه. ويتم فقد الماء في الخضار الورقية عن طريق الثغور Stomata وفي الفواكه عن طريق العديسات Lenticels والندب Scars. كما يتم فقد الماء في الفواكه والخضار عن طريق الأسطح المعرضة والشقوق السطحية والجروح Bruises. ومن هنا فإن المداولة الجيدة Gentle Handling للفواكه والخضار تعد من الأمور الهامة لتجنب مثل هذا الفقد.

زيادة الرطوبة النسبية تؤدي إلى تقليل النتح. وهذا يفسر النقص في الوزن أو الحجم للمنتجات النباتية خلال الأوقات الحارة والجافة من النهار وعودتها إلى وزنها أو حجمها الطبيعي خلال الليل. وتستمر عملية النتح في الفواكه والخضار بعد الحصاد ولكن دون تعويض. تفقد الفواكه والخضار بواسطة عملية النتح وبسبب محتواها المائي المرتفع جزءاً لا بأس به من هذا المحتوى الأمر الذي يؤدي إلى خسائر اقتصادية ملموسة. ويمكن ملاحظة الفقد الرطوبي في صورة ذبول Shrivillage عندما يكون مقداره ما بين

٥-١٠٪، ونتيجة لهذا الفقد الرطوبي يصبح لون الكأس في الفراولة بنياً Brown ويحدث الشيء نفسه في عنق الكرز، وعليه تفقد الفواكه لمعانها وبريقها وتصبح باهتة Dull ومن هنا كان من الضروري تبريد الفواكه والخضار للمحافظة على مظهرها الطازج.

تؤثر العديد من العوامل على فقد الماء من الفواكه والخضار أثناء خزنها ويشمل ذلك: حجم ثمار الفواكه، ودرجة نضجها، وتركيبها، ووجود الهواء، ودرجة حرارة الخزن، والرطوبة النسبية، وسرعة الهواء في المخزن، وسمك القشرة على الثمار، وحجم وعدد الثغور، والعديسات والتندب.

ويمكن تقليل فقد الماء عن طريق التحكم في الفواكه والخضار بالوسائل التالية:

١- التبريد حيث يتم خفض الحرارة الحقلية لثمار الفواكه والخضار باستخدام سوائل التبريد المحتوية على مضادات الأعفان ومن ثم وضعها في مكان ظليل بعد الحصاد.

٢- خفض معدل التنفس.

٣- التعبئة في عبوات مناسبة كأكياس عديد الإثيلين المنفذة للهواء Permeable، والخزن على درجات حرارة منخفضة.

٤- التشميع Waxing.

(٢,٦) أضرار التبريد التي تلحق بالفواكه والخضار
Chilling injuries

يمكن تعريف أضرار التبريد بأنها الأضرار Disorders التي تلحق ببعض الفواكه والخضار الحساسة عند خزنها أو تعرضها لدرجات حرارة منخفضة أعلى من درجة حرارة التجمد. وقد تشمل أعراض أضرار التبريد كلاً من التنقير Pitting، والتعفن Rotting، وإدكنان اللون Browning، وتراكم السكريات كما في البطاطا وظهور النمش على الأسطح الخارجية Surface scaled.

وتبين الجداول أرقام (٢,٦) و (٤,١) و (٤,٢) الفواكه والخضار الحساسة التي تتعرض لأضرار التبريد وطبيعة هذه الأضرار، ودرجة الحرارة الدنيا الآمنة التي يجب

عدم خزن هذه المنتجات دونها. أما الجدول رقم (٢,٧) فيبين درجة الحساسية لبعض الفواكه والخضار لأضرار التبريد، ويتبين من هذا الجدول أن بعض الفواكه والخضار ذات حساسية منخفضة كالشمام والأخرى متوسطة كالبطيخ والباسية وهناك البعض ذو الحساسية المرتفعة كالخيار. ومما يجدر ذكره أن لكل من الصنف ودرجة النضج تأثيراً كبيراً على درجة الحساسية لأضرار التبريد.

الجدول رقم (٢,٦). أضرار التبريد لبعض الفواكه والخضار عند خزنها على درجات حرارة تقل عن تلك الآمنة.

الفواكه أو الخضار	أقل درجة حرارة آمنة	الأضرار
التفاح	٣	الإدكتان أو التحول إلى اللون البني، الطراوة، ظهور النمش
الموز	١٣	لون باهت وظهور نمش، تغير النكهة، عدم الوصول
الزيتون	٧	التحول إلى اللون البني
البرتقال	٣	ظهور بقع بنية، التنقير
الجريب فروت	١٠	التنقير، النمش، الطراوة
البطاطا	٤	تراكم السكريات المختزلة
البندورة	٩	الطراوة، تكون أكياس مائية، التنقير، عدم تطور اللون
الأفوكادو	٤ – ٧	التنقير وتحول اللب إلى اللون البني
الخيار	٧	لون غامق، تكون أكياس مائية
الباذنجان	٧	ظهور النمش
الباسية	٧	التغير في اللون
الليمون	١٠	التنقير، تلون الأغشية ، ظهور نقط حمراء
المانجو	٥ – ١٢	قشرة باهتة، ظهور مناطق بنية، نضج غير منتظم
الشمام	٧ – ١٠	التنقير، الطراوة
الأناناس	٦ – ١٠	تلون اللب، لون شاحب عند النضج

المصدر: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1979, UK.

الجدول رقم (٢,٧). مدى الحساسية لأضرار التبريد التي تلحق ببعض الخضار عند خزنها على درجات حرارة تقل عن تلك الآمنة.

نوع الخضار والصنف	درجة الحساسية
فاصولياء خضراء	قليل
خيار	عالي
باذنجان	عالي
الزنجبيل	عالي
الشمام	قليل
باميا	متوسط
فلفل حلو	متوسط
بطاطا	قليل
القرع والكوسا	متوسط
بطاطا حلوة	عالي
بطيخ	متوسط
بندورة (حسب درجة النضج)/ ناضج	قليل
ذو لون وردي	عالي
ذو لون أخضر	عالي

المصدر : Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1979, UK.

obeikandl.com