

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 التتح *Transpiration* وتفقد بخار الماء. ويتم تعويض ما يفقد نتيجة عمليات التنفس والتتح كالماء والأملاح المعدنية وغيرها من النسغ وهو السائل الخلوي *Cell sap*. وتستمر الفواكه والخضار بنشاطها التمثيلي بعد الحصاد أي أنها تتنفس وتتح ولكن دون تعويض ما يفقد، ولذا فإنها تدخل مرحلة التدهور أو الفساد.

تعرض 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 كالأنتوسيانين.
- ٣- فقد الماء الخلوي نتيجة لعمليات التتح 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 العنصي Astringency والنتاج 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 الإيثيلين 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 Senescence.



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

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 division): 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 والبنندورة.
- ٤- قطف الثمار في مرحلة النضج النهائي ومن الأمثلة عليها الكرز والعنب وجميع ثمار الجوزيات والخيار لغرض استعمالها في السلطة والبنندورة (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 ومداولة ونقل و تخزين 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 :



وفيما يلي توضيح لبعض الأمور ذات العلاقة بالتنفس 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 Suffocation 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 بالمليلتر (مل) من ثاني أكسيد الكربون لكل ١ كجم نسيج نباتي في الساعة ML CO₂ /Kg /h ويرتبط معدل التنفس ارتباطاً كبيراً

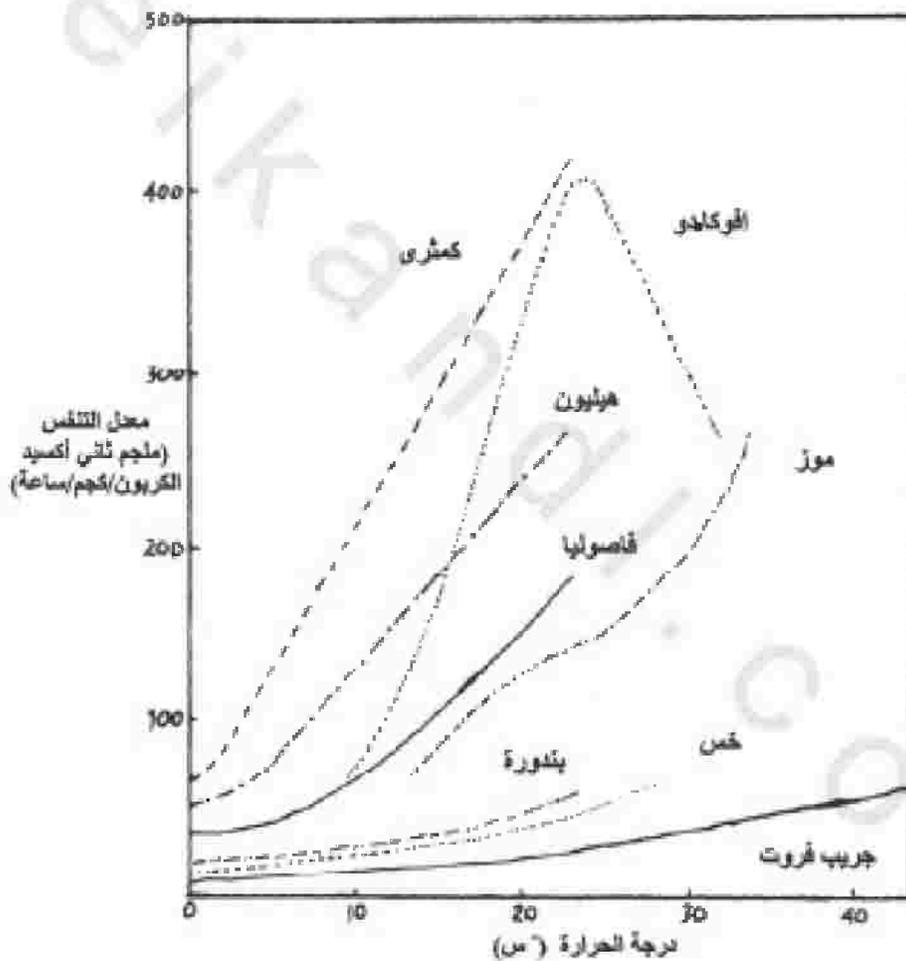
بكل من درجة الحرارة، والوقت والأكسجين المتاح، ونوع المحصول. وبين الجدولان رقما (٢.١ و ٢.٢) بعض البيانات الخاصة بمعدل التنفس لبعض الفواكه والخضار ويلاحظ من بيانات الجدول رقم (٢.١) أنه كلما زادت درجة الحرارة كلما زاد معدل التنفس، كما أن هناك بعض الفواكه لها معدل تنفس مرتفع كالفراولة (١٧٠-٢٠٠ مل CO_2 /كجم /ساعة/ عند $25^{\circ}C$) ولذا فإن صلاحيتها للمخزن تعد قليلة، في حين أن الحمضيات ذات معدل تنفسٍ منخفضٍ (٢٠-٤٠ عند $25^{\circ}C$) وعليه فإن صلاحيتها للمخزن 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 قليل جداً إلى مرتفع جداً، فمثلاً التمور والمكسرات والفواكه والخضار المجففة لها معدل تنفسٍ منخفضٍ جداً ويقل عن ٥ مل / كجم / ساعة من ثاني أكسيد الكربون، في حين أن الثين 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 مرتفعٍ جداً يزيد عن ٦٠ مل CO_2 / كجم / ساعة.

ينخفض معدل التنفس نتيجة الارتفاع الكبير في درجة الحرارة وكذلك الحزن لفترات طويلة، الأمر الذي يؤدي إلى موت الأنسجة. وبين 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 الإيثيلين. ويلاحظ أن جميع العوامل السابقة باستثناء الصنف وعمر النسيج تؤدي إلى زيادة معدل التنفس في الأنسجة النباتية.



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

(المصدر: Salunkhe et al. 1991)

الجدول رقم (٢٠٩). معدل التنفس لبعض الفواكه والخضار محسوباً كمتدل لثاني أكسيد الكربون (ملجم/كجم/الساعة) عند درجات حرارة مختلفة.

درجات الحرارة					الخضار/الفواكه
م ^٥ ٢٧-٢٥	م ^٥ ٢١-٢٠	م ^٥ ١٠	م ^٥ ٥-٤	م ^٥ صفر	
١٠٦-٨٥	٧٥-٥٧	٢٣-٢٢	١٣-١١	-	تين
-	٥٢-٢٩	١٩-١١	٨-٦	٦-٥	شمش
٤٢٨-١١٨	٣٤٧-٧٤	-	٣٠-٢٠	-	أفوكادو
١٢٢-٨١	١٠٢-٥٩	١٦	٩-٦	-	خوخ
٤٠-٢٥	٣٤-٢٢	٩-٦	٧-٤	٥-٢	يرتقال
١٩	٢٦-١٣	٩-٧	-	-	جريب فروت
٢٨-٢٠	٢٥-١٩	١١	-	-	ليمون
٧١-٢٨	٢٦-١٨	١١	٩-٤	٣-٢	برقوق
٣٩	٣٣	٨	٦-٣	٦-١	عنب
-	٣٢-٢٨	-	١٠	٥-٤	كوز حلو
٧١-٥٣	٥٠-٣٩	-	١٣	١٣-٦	كوز حامض
-	٤١-٢٠	٢٠-١٤	١١-٥	٦-٣	تفاح (صيفي)
-	٢٥-١٥	١٠-٧	٧-٥	٤-٢	تفاح (خريفي)
٣١١-١٦٩	١٩٦-١٠٢	٩٥-٤٩	٢٣-١٦	١٨-١٢	فراولة
١٢٨-٥٦	١٠٥-٤٠	-	-	-	زيتون
-	٧٠-٣٠	٢١-٨	١٠-٥	٧-٣	كمثرى
-	٣٥-٢٣	-	-	-	موز (أخضر)
١٢٨-١١٨	١٤٢-٢٣	٣٩-٢١	-	-	موز (أصفر)
-	٩٥-٤٦	٤٢-٢٠	٢٦-١٣	٢٠-١٠	جزر (الجزء العلوي)
-	١٢١-٨٧	٦٢-٣٢	٥١-٢٥	٣٥-١٨	جزر (مع الأوراق)
٧٣-٥٤	-	-	-	-	بطاطا حلوة

تابع الجدول رقم (٢،١).

درجات الحرارة					الخضار/الفواكه
صفر ⁰ م	٥-٤ ⁰ م	١٠ ⁰ م	٢١-٢٠ ⁰ م	٢٧-٢٥ ⁰ م	
-	٨-٥	١٨-١٢	٤١-٢٨	٥١-٣٥	بنشورة قبيل النضج
-	-	١٦-١٢	٤٤-٢٤	٥٢-٣٠	بنشورة ناضجة
٥١-٣٠	٨٣-٤٣	١١٠-١٠٤	٣١١-٢٦٨	٤٣٥-٢٨٢	ذرة حلوة مع القلاف
-	١٠	١٤	٤٤	٥٥	فلفل حلو
١٧-٦	٢٠-١٣	٤٠-٢١	٦٠-٥١	٩١-٧٣	خس
-	١٢	٢١-١٤	٤٥-١٨	-	بطاطا غير ناضجة
-	٩	١٠-٧	١٦-٨	-	بطاطا ناضجة
١٣	١٤	٣٦-١٤	٩٧-٨٥	-	كوسة
٣	٦	٨-٧	١٩-١٤	٢٩-٢٧	بصل جاف
٣٢-١٠	٣٩-١٧	٦٢-٢٦	١٧٨-٧٩	٢١٠-٩٨	بصل أخضر
-	-	٢٩-٢٣	٤٨-١٤	٥٥-١٩	خيار
٢٢-١٩	٥٨-٣٥	١٣٨ -٨٢	٢٨٧-١٧٢	-	سبانخ
٣٠-١٠	٣٦-٢٠	-	١٧٩-١٢٣	-	فاصولياء خضراء
-	٥٩-٥٢	٩٥-٨٦	٢٧٠-٢٤٠	٣٦٢-٣٢٨	بامية
٤٧-٣٠	٧٦-٥٥	١١٧-٦٨	٢٦١-٢٤٥	٣٧٧-٣٤٣	بازلاء بالقشور
٧٥-٤٧	٩٧-٧٩	٢٠٢-١٧٩	٥٥٦-٣٤٩	-	بازلاء بدون قشور
٧-٥	١٠-٩	١٤-١٢	-	-	بنجر (الجزء العلوي)
١١	-	٢٢	٤٠	-	بنجر (مع الأوراق)
٦-٤	١٢-٩	١٩-١٧	٤٩-٢٨	٦٣-٤٩	ملفوف
١٩-١٦	٢٢-١٩	٣٦-٢٢	٨٦-٧٥	١٤٠-٨٤	قرنبيط
٩-٦	١٠	١٩-١٣	٢٥-٢٤	-	لفت أخضر

(المصدر: Salunkhe et al. 1991)

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

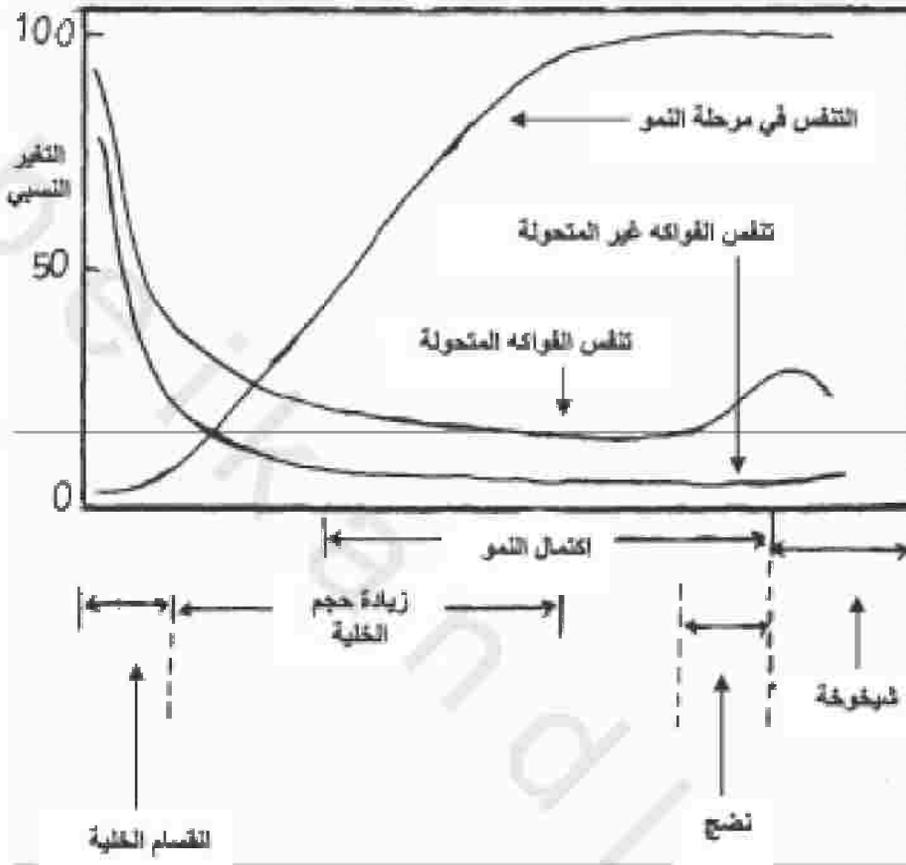
تصنيف معدل التنفس	معدل التنفس عند ٥ °م كثنائي أكسيد الكربون (ملجم/كجم/الساعة)	الفواكه والخضار
قليل جدا	أقل من ٥	المكسرات، التمور، الفواكه الجففة، الخضار
قليل	٥-١٠	تفاح، حمضيات، عنب، ثوم، بصل، بطاطا، بطاطا حلوة
متوسط	١٠-٢٠	مشمش، موز، كرز، خوخ، كمثرى، نكتارين، تين، ملقوف، جزر، خس، فلفل، بندورة
عالي	٢٠-٤٠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

(المصدر: Salunkhe et al. 1991)

(٢،٣) الفواكه والخضار المتحولة وغير المتحولة

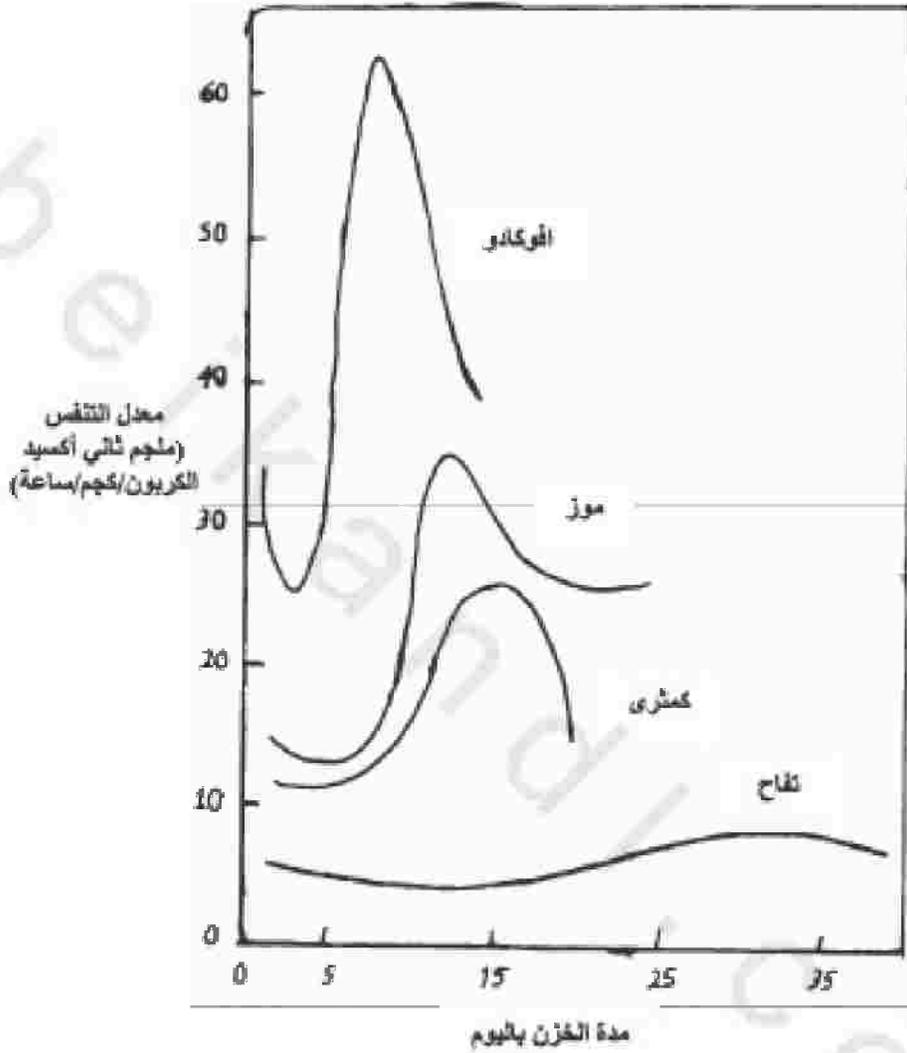
Climacteric and Non-climacteric Fruits and Vegetables

تبدى بعض ثمار الفواكه والخضار ارتفاعاً مفاجئاً في معدل تنفسها أثناء فترة حياتها، وتسمى هذه الفواكه والخضار بالمتحولة Climacteric وتسمى الفواكه والخضار التي لا تبدى هذا الارتفاع المفاجيء في معدل التنفس أثناء دورة حياتها بغير المتحولة Non-climacteric 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 المتحوّلة وغير المتحوّلة وكذلك أثناء مراحل نموها المختلفة.

(المصدر: Salunkhe et al. 1991)



(المصدر: Salunkhe et al. 1991)

الشكل رقم (٢،٥). طبيعة التنفس لبعض الفواكه والخضار المخزنة على ١٥ °م لمدة ٤٠ يوماً.

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

تحدد قبل وصولها إلى مرحلة النضج الكامل، ومن هنا كان موعد حصاد الفواكه والخضار المتحولة مهماً وحرصاً 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 المفاجيء 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 إلى متحولة وغير متحولة.

أمثلة على الفواكه والخضار غير المتحولة	أمثلة على الفواكه والخضار المتحولة
الكرز والخيار والتين	التفاح والشمش والأفوكادو
العنب والجريب فروت والليمون	الباباي والمango والخوخ
البرتقال والأناناس والفراولة	الكشمري والبرقوق والبنندورة

(المصدر: Salunkhe et al. 1991)

(٢، ٤) معدل إنتاج الإيثيلين وتأثيره على الفواكه والخضار

Ethylene Production and its Effects on Fruits and Vegetables

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

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 صفرًا ما لم تصاب بجروح أو رضوض، إلا أن هناك تفاوتاً 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 والبنندورة 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 لتتضج على الأشجار كالأفوكادو والكمثرى، كما يجب عدم تخزين 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 تخزينها 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 الإيجابيات 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 الإيثيلين لبعض الفواكه والخضار.

معدل إنتاج الإيثيلين (ميكروليتر/كجم/الساعة)	درجة الحرارة (م°)	الفواكه أو الخضار / الصنف
٥٠	٢٠	التفاح / روم بيوتي
٨	-	روبال رد ديليشس
١٣	-	ردي
١٢	١٨	جرايفشتاين
٤١	٣	كوكس اورانج بين
٢	١٥	نيوتن والدر
٩	٢٠	الأطوكادر
٤	٢٠	الموز
		الحمضيات
		صيفراً إلا إذا جرحت أو أصابها العفن
٣٣ - ١٦	٢٠	الشمام / كاتلوب
٣	٢٠	هانيسو
٣٧	٢٥	الياباي
١٢٩	-	يوسك
٣٦	٢٠	الحوخ
٣٠	١٨	الكمشري / النجو
١٢٢	٢٠	بارتليت
٥٤	١٣	البرقوق / بيوتي
١٧	١٠	ديورتي
١٤٢	٢١	سانتاروزا
٢٥	١٠	
١٤٢	٢١	
٢٢	٢٠	الهندورة

(المصدر: Salunkho et al. 1991)

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

التصنيف	إنتاج الإيثيلين عند ٢٠ °م (ملل إيثيلين /كجم/ساعة)	الفواكه والخضار
منخفض جداً	أقل من ٠.١٠	القرنبيط، الكرز، الفراولة، البطاطا، الخضار الورقية
منخفض	٠.١٠ - ١	الخيار، الباذنجان، البامية، الزيتون، القفول، الأناناس، القرع، البطيخ
متوسط	١ - ١٠	لوز، التين، الجوالفة، الشمام، المانجو، البندورة
عالي	١٠ - ١٠٠	التفاح، الشمش، الأفوكادو، الكيوي، اليوسفي، الباباي، الخوخ، الكمثرى، البرقوق
عالي جداً	أعلى من ١٠٠	بعض أصناف التفاح

(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 والتندب 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 ويسبب 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

١٠-٥٪، 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 تخزينها ويشمل ذلك: حجم ثمار الفواكه، ودرجة نضجها، وتركيبها، ووجود الهواء، ودرجة حرارة التخزين، والرطوبة النسبية، وسرعة الهواء في المخزن، وسمك القشرة على الثمار، وحجم وعدد الثغور، والعديسات والتذب.

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

- ١- التبريد حيث يتم خفض الحرارة الحقلية لثمار الفواكه والخضار باستخدام وسائل التبريد المحتوية على مضادات الأعفان ومن ثم وضعها في مكان ظليل بعد الحصاد.
- ٢- خفض معدل التنفس.
- ٣- التعبئة في عبوات مناسبة كأكياس عديد الإيثاين المنفذة للهواء، Permeable والتخزين 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 تخزينها أو تعرضها لدرجات حرارة منخفضة أعلى من درجة حرارة التجمد. وقد تشمل أعراض أضرار التبريد كلاً من التبقير Pitting، والتعفن Rotting، وإدكنان اللون Browning، وتراكم السكريات كما في البطاطا وظهور التمش 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 تخزين 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 والبابية وهناك البعض ذو الحساسية المرتفعة كالخيار. ومما يجدر ذكره أن لكل من الصنف ودرجة التضج تأثيراً كبيراً على درجة الحساسية لأضرار التبريد.

الجدول رقم (٢.٦). أضرار التبريد لبعض الفواكه والخضار عند خولها على درجات حرارة تقل عن تلك الآمنة.

الضرار	أقل درجة حرارة آمنة	الفواكه أو الخضار
الإذكان أو التحول إلى اللون البني، الطراوة، ظهور الشمس	٣	التفاح
لون باهت وظهور شمس، تغير التكهة، عدم الوصول	١٣	الموز
التحول إلى اللون البني	٧	الزيتون
ظهور بقع بنية، التقير	٣	البرتقال
التقير، الشمس، الطراوة	١٠	الجريب فروت
تراكم السكريات المخترلة	٤	البطاطا
الطراوة، تكون أكياس مائية، التقير، عدم تطور اللون	٩	البندورة
التغير وتحول اللب إلى اللون البني	٧ - ٤	الأفوكادو
لون غامق، تكون أكياس مائية	٧	الخيار
ظهور الشمس	٧	الباذنجان
التغير في اللون	٧	البابية
التقير، تلون الأغشية، ظهور نقط حمراء	١٠	الليمون
قشرة باهتة، ظهور مناطق بنية، تضج غير منتظم	١٢ - ٥	الأنجو
التقير، الطراوة	١٠ - ٧	الشمام
تلون اللب، لون شاحب عند التضج	١٠ - ٦	الأناناس

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

درجة الحساسية	نوع الخضار والمنتج
قليل	فاصولياء خضراء
عالي	خيار
عالي	بازنجان
عالي	الزنجبيل
قليل	الشمام
متوسط	باميا
متوسط	فلفل حلو
قليل	بطاطا
متوسط	القرع والكوسا
عالي	بطاطا حلوة
متوسط	بطيخ
قليل	بنلدورة (حسب درجة التوضيح) / ناضج
عالي	ذو لون وردي
عالي	ذو لون أخضر