الفصل السابع

المحافظة على جودة الفواكه والخضراوات ما بعد الحصاد

Maintaing the post-harvest quality of fruit and vegetables

جي. أكيد، جامعة كرانفيلد بيسيلسو

J. Aked, Cranfield University at silsoe

(٧,١) مقدمة

Introduction

من أجل تحقيق جودة عالية لمنتج مصنَّع (processed product)، من المهم أيضاً أن تكون المواد الخام المستخدمة في هذا المنتج ذات جودة عالية. يركز هذا الفصل على المحافظة على جودة المنتج الطازج قبل تصنيعه. ويفترض أن المنتج قد اختير على أسس تناسب استخدامه النهائي، كما يوفر هذا الفصل نظرة (مراجعة) شاملة لكيفية المحافظة حتى مرحلة التصنيع أو الاستهلاك.

حدد المؤلف في القسم الثاني من هذا الفصل (٧,٢) المظهر (appearance) والقوام (texture) والنكهة (flavour) كصفات جودة غالباً ما تكون من أسس قبول المنتج، سواءً استهلك طازجاً أو مصنعاً. ومن ثم تم بحث ومناقشة العوامل التي تؤثر على تدهور جودة (quality deterioration) المنتج الطازج في الأقسام من (٧,٣) إلى (٧,٦). تبقى أنسجة الفواكه والخضراوات حية (alive) بعد الحصاد إلى أن تموت بِفِعْل الشيخوخة

(الهرم) الطبيعية (natural senescence) والتعفن، أو عندما تستهلك وتطبخ، أو بالمثل عندما تُصنع. تتنفس كل الأنسجة الحية (all living tissues respire) مما يزيد من صعوبة المحافظة على الجودة وإطالة فترة الصلاحية لهذه المنتجات إلى أقصى حد ممكن. قد تبطئ العوامل التي تبطئ التنفس (respiration)، الشيخوخة وتحافظ على الجودة؛ وعلى أي حال، لابد من استمرار التنفس ولو بمعدل بسيط، وإلا ستشيخ المنتجات بسرعة ثم تموت. قد يبطئ تبريد المنتج كثيرا من التغيرات غير المرغوبة، في الفواكه والخضراوات، ولكن لا تتحمل كثير من السلع الطازجة درجات الحرارة المنخفضة (intolerant of low temperature). لذا، فإن فهم فسيولوجيا المنتجات الطازجة يعد من أسس فهم ثباتيتها وربما ثبات فترة صلاحيتها (shelf-life).

وسيكون مفيداً جداً أن تدار جودة منتج طازج إذا أمكن التنبؤ بفترة صلاحيته بدرجة كبيرة بشكل صحيح ودقيق (accurated predicted) . وعملياً، يصعب أن تدار جودة منتج طازج وبدرجة كبيرة، وذلك بسبب الفروقات المتأصلة الفطرية (inherent variability) الموجودة في الفواكه والخضراوات الطازجة. في القسم (٧,٧) تمت مناقشة الاستخدام التجاري لاختبار فترة صلاحية الفواكه والخضراوات، وإمكانية تحقيق ذلك. وستتم مراجعة (استعراض) الطرق العامة (الشائعة) لقياس جودة المنتجات الطازجة.

يحرك ويدفع الطلب على الفواكه والخضراوات على مدار السنة (all-year-round) وبمستوى جودة عالية ودائمة (ever- higher quality standards) إلى تطوير إستراتيجيات إدارية وتقنيات جديدة. وبالرغم من احتمال بقاء التبريد خلال سلسلة التبريد كأهم تقنية يمكن أن تحافظ على الجودة، إلا أن هناك مدى واسعاً من التطبيقات التي يتزايد استخدامها، مثل البيئة المعدلة (أو المناخ المعدل) (modified atmospheres)

أثنـاء النقـل والتخـزين وفي أغلفـة المنتجـات الفرديـة. سـيتم اسـتعراض المـدى الواسـع لتقنيات ما بعد الحصاد المستخدمة للمحافظة على الجودة وإطالة فـترة صـلاحية الفواكـه والخضراوات الطازجة. وبشكل مختصر، في الأقسام من (٨-٧) إلى (١٢-٧). وأخيراً في القسـم (١٣-٧)، تم اقـتراح بعـض التقنيـات الـتي يُرجـى أن تتـوافر أو تصـبح ذات أهميـة متزايـدة لصـناعة المنتجـات الطازجـة، في المسـتقبل القريـب. وأحـد الاتجاهـات الواضحة أن مزيداً من المنتجات الطازجة ستستهلك في أشكال مصنعة بأقل درجة من التصنيع (minimally processed)والتي تعد إعداداً جزئياً أو كلياً للاستهلاك. وكثيراً ما تقل فترة صلاحية هذه المنتجات (المصنعة) بدرجة كبيرة مقارنة بفترة صلاحية المنتج التام (الأصلي الكامل intact product). ويتوقع المؤلف أن يكون لاختبارات الجودة غير المحطمة (غير المتلفة) في خط الإنتاج (Non-destructive ion-line quality testing)، ولتوسع السيطرة غير الكيميائية على أمراض واعتلالات المنتجات الطازجة، ولتوافر المحاصيل المحوَّرة وراثياً (genetically modified crops) الأثر الأكبر على أداة الجودة في السنوات القادمة.

(٧,٢) معايير الجودة للمنتجات الطازجة: المظهر والقوام والنكهة والرائحة
Quality Criteria For Fresh Produce: Appearance, Texture, Flavor and Aroma

(٧,٢,١) مقدمة Introduction

تعتمد الخواص (الجيدة) المحددة، التي يجب أن تكون في الفواكه والخضراوات، على الاستخدام النهائي لها (end-use)، ويعتبر اختيار الأصناف الزراعية المناسبة (appropriate cultivars) لمنتجات معينة من الأمور المهمة جداً. وتتأثر جودة منتج فردي على تجاربه (معاملاته) المحددة عليه قبل حصاده (specific pre harvest experience). وعلى سبيل المثال، فإن وضع الفاكهة في الشجرة هو الذي يحدد حالتها الغذائية (حالة

عناصرها الغذائية) وحالتها المائية (nutrient and water status) وتعرضها للعوامل البيئية، مثل ضوء الشمس (sunlight) أو الآفات (pests) والأمراض (diseases). وقد تؤثر كل هذه العوامل، في نهاية الأمر، على فترة صلاحية الفاكهة والخضراوات بعد الحصاد (post- harvest shelf-life) (Hofman and Smith, 1994, Sharples, 1984). وقد تمكن خبرة الذين يتداولون أنواعاً معينة من المنتجات بشكل منتظم من التنبؤ بالفروق في فترة صلاحية المنتجات من مصادر مختلفة، على سبيل المثال، اعتماداً على نوع التربة أو عوامل الطقس قبل وأثناء الحصاد.

لا تعتبر الفواكه والخضراوات منتجات تواجه مخاطر كبيرة فيما يتعلق بمأمونية الغذاء؛ إذ إنها، طبيعياً أو عادياً، تصبح غير مرغوبة تماماً للاستهلاك بوقت طويل قبل تطور أو ظهور أي أحياء دقيقة خطيرة أو سموم. وعلى أي حال، توجد براهين على أن تغليف الفواكه الطازجة في أغلفة معدلة الجو (modified atmosphere packaging) مقفلة باللحام (sealing) قد يطيل فترة الصلاحية، بينما لا يزال (هذا التغليف) يسمح بنمو البكتريا الممرضة، وبصفة خاصة أنواع *الليستريا والايشريشيا كولاي أو ١٥٧* (Phillips, 1996). ولمعظم الإنتاج الطازج، فإن أحسن وصف لفترة الصلاحية هو أنها الفترة التي يحتفظ المنتج خلالها بجودة مقبولة (acceptable quality) تمكن من تسويقه للمصنعين أو المستهلكين. ومن الضروري، إذاً، تحديد ماذا تعني الجودة المقبولة قبل اتخاذ قرار بالنقطة التي عندها يصبح المنتج غير مُسْتَوْفٍ لتلك التوقعات (الجودة المطلوبة).

ولأسواق المنتجات الطازجة (fresh produce market)، توجد مواصفات معينة بالحد الأدنى للجودة (specific minimum quality standard) في كثير من الأقطار؛ وعلى أي حال، وفقاً للطبيعة العالمية لأسواق المنتجات الطازجة (international nature of the

(fresh produce market)، فـإن هنـاك اتجاهـاً نحـو التقيـيس العـالمي لـدرجات الجـودة (international standardisation of quality grades). وتعـد الهيئـة الأوربيـة (European commission) إحـدى أولى المنظمـات الـتي وضـعت وطـورت مواصـفات للفواكـه والخضـراوات الطازجـة (MAFF, 1996 a-c). وقـد تم تـبني كـثير مـن هـذه المواصـفات بواسطة منظمة التعاون والتطوير الاقتصـادي [organization for Economic cooperation and Development ((OECD)].

وعادة، تكون المواصفات المطلوبة لمنافذ (multiple retail outlets) البيـع بـالمفرق، المتعـددة، أكثـر وضـوحاً وبدرجـة كـبيرة مقارنـة بمواصـفات الجـودة الأدنـى المحـددة، وستعرف وتحدد للمورد بواسطة البائع بالتجزئة. تفي مواصفات الجودة، بالعوامل التي تحدد أثر التخزين وفترة الصلاحية وتقع في المجموعـات أو التصنيفات التالية: المظهـر والقوام والنكهة/الرائحة. وفيمـا يتعلـق بالصـناعة، فـإن لكـل شـركة (صـناعية) معـايير جودة خاصة بها محددة بعناية اعتماداً على طبيعة العملية (التصنيعية) المستخدمة. ويـتم الاتفاق مسبقاً على هذه المعايير مع المورد.

(٧,٢,٢) المظهر Appearance

المظهـر هـو العامـل المفتـاحي (الأساسـي) للمسـتهلكين عنـد اتخـاذ قـرار شـراء المنتجات الطازجة (purchases of fresh produce). وإذ إن قطاع البيع بالتجزئة المتعـدد قـد سيطر علـى تجـارة الأغذيـة بالتجزئـة في كـثير مـن الأقطـار، فالمسـتهلكون يتوقعـون أن تكون المنتجات الطازجة ذات مظهر بصري أقرب مـا يكـون إلى الكمـال (near perfect visual appearance). تصـنف الفواكـه والخضـراوات المعروضـة بانتظامهـا في الحجـم والشـكل واللـون (uniformity of size shape, and color). وتشـمل مكونـات الجـودة البصرية المهمة (vital components of visual quality)) اللون وانتظامـه (color uniformity)

واللمعان (glossiness) وعدم وجود عيوب في الشكل والجلد الخارجي (القشرة) وخلوها من الأمراض.

وتعتمد أهمية المظهر للصناعة على الجزء المستخدم من المنتج الطازج في إنتاج منتج (مصنع)، وما إذا كان من الممكن تحسين المظهر بسهولة أثناء التصنيع، على سبيل المثال، باستخدام مضافات الملونات الطبيعية (natural coloring additives). تزال القشرة (peel) من المحصول الطازج، وعليه سيكون تأثير العيوب في السطح المصقول بصفاء (أي الصقل الواضح) محدوداً. وعادة ما يكون لون اللب (اللحم) الداخلي هو الأهم مقارنة بلون القشرة (peel color). قد تكون صفات الحجم والشكل مهمة جداً عندما تكون العمليات التصنيعية أوتوماتيكية (آلية، automated) فضلا عن كونها يدوية (manual)؛ وعلى أي حال، فإن لهذه الخواص الموجودة في بعض المنتجات، أهمية أقل، مثلاً لاستخلاص العصير (juice extraction).

تحدث لكثير من الفواكه والخضراوات تغيرات لونية (color changes) كجزء من عملية النضج (ripening process). عادة ما تكون الفواكه غير الناضجة خضراء، ويعرف هذا باللون الأساسي (so-called ground color). وفي كثير من الأنواع، يخف اللون الأخضر أثناء النضج (ripening & maturation)، نتيجة لتحلل الكلوروفيل (breakdown of chlorophyll)، على سبيل المثال، في التفاح والعنب والباباي (papaya). ويكشف هذا الصبغات التحتية الصفراء والحمراء (underlying yellow & red pigments) (Tucker, 1993). أحياناً أو كثيراً ما تحدث تغيرات مختلفة لألوان القشرة واللب، كما في التفاح والموز (bananas). في بعض الأحيان يكون لون الفاكهة مؤشراً قوياً (strong indicator) للجودة الغذائية (eating quality) وفترة الصلاحية، على سبيل المثال، كما في الطماطم والموز، بينما لا يكون الأمر كذلك في حالات أخرى. قد تؤثر كثير من عوامل ما قبل الحصاد في لون الفاكهة بشكل منفصل أو مستقل عن خواص النضج

الأخرى. وعلى سبيل المثال، فإن قشرة البرتقال المنمى في الأقاليم الاستوائية (tropical regions) قد تبقى خضراء بالرغم من بلوغها جودة أكل مقبولة (acceptable eating quality).

إن اصفرار الخضراوات الخضراء (yellowing of green vegetables) مثل البروكلي والسبانخ يقلل جودتها كما يفعل اسمرار الأنسجة المقطوعة (browning of out tissues)، وعلى سبيل المثال، نهاية براعم بروكلي بروكسل (bull-ends of Brussels sprouts). تشمل الجوانب الأخرى للمظهر التي تقلل الجودة، فقدان الطزاجة (loss of freshness)، مثل المحاصيل الورقية wilting of leafy crops وفقدان لمعان السطح (loss of surface gloss) أو تجلد الجلد (القشرة، (skin wrinkling)) وتطورات العيوب الداخلية والخارجية التي تسببها إما الشيخوخة (القدم) الطبيعية (natural senescence) والاعتلالات الفسيولوجية (physiological disorders) وإما نمو الكائنات الممرضة (disease organisms).

(٧,٢,٣) القوام Texture

تشمل جودة الأكل خواص قوام معقدة (complex textural properties) والتي لا يسهل تحديدها (تعريفها) وقياسها. بصفة عامة، تفضل الأنسجة الصلبة الهشة (crisp firm tissues) في محاصيل الخضراوات ؛ وعلى أي حال، لا يقبل تطور الألياف الخشنة أثناء التخزين أبداً، وذلك في المحاصيل الجذعية (stem crops) مثل (asparagus). ويمكن الحكم على بعض جوانب القوام بصرياً كما وصف من قبل، على سبيل المثال، عندما يبدأ المنتج في الذبول (wilt or shrivel). وبالرغم من الحاجة لدرجة من التليين (softening) لتحقيق جودة مثلى للفواكه، إلا أن الإفراط في التليين (over-softening) غير مرغوب فيه، كما أنه علامة على الشيخوخة أو التلف (التعفن) الداخلي (internal decay). وكثيراً ما تكون المحافظة على جودة القوام أمراً حرجاً (مهماً) في عمليات تصنيع معينة، على سبيل المثال، في التعليب (canning) والتجميد (freezing).

(٧,٢,٤) النكهة والرائحة Flavour and Aroma

النكهة هي معقد مكونات المذاق والرائحة (complex of taste and aromatic components). ونادراً ما يتم تقييم النكهة الكلية (total flavour) بواسطة المستهلك قبل الشراء، ولكن ذلك مهم في معاودة الشراء لمنتج معين أو منتج لصنف معين (product cultivar). ومكونات المذاق المفتاحية (الأساسية key taste components) في المنتجات الطازجة هي الحلاوة (sweetness) والحموضة (acidity) والطعم القابض (astringency) والمرارة (bitterness). قد ترتفع حلاوة بعض الفواكه بشكل دراماتيكي أثناء النضج، ذلك بسبب تحول النشا إلى سكر، على سبيل المثال، في التفاح والموز والمانجو والكمثرى. في نفس الوقت، فإن العوامل القابضة (التانينات tannins) ستختفي (Tucker, 1993). كثيراً ما تقاس مستويات سكر الفواكه لتحديد هل بلغ المنتج درجة النضج المطلوبة للتسويق. وعادة، لا تنخفض مستويات السكر بدرجة كبيرة (ممتازة) أثناء التخزين؛ وعلى أي حال، فإن المحافظة على التوازن بين السكر(الطعم الحلو) والحموضة قد يكون أمراً مهماً لتوازن نكهة الفاكهة، على سبيل المثال، في أنواع الحمضيات (citrus species) والعنب. وبصفة عامة، تقل مستويات الحموضة أثناء التخزين. وإذا انخفضت أو قلت نسبة الحموضة للسكر بدرجة كبيرة، فقد يصبح المنتج باهتاً (فاقد للنكهة bland) ويفقد الجودة التي تجعله غير مستساغ للأكل (acceptable eating quality). وسيكون هذا مهماً أيضاً في المنتجات المصنعة التي لم تضف إليها سكريات وحوامض زائدة. قد تتكون مكونات المرارة (bitter components) في مختلف الفواكه والخضراوات تحت ظروف تخزين معينة (انظر الاعتلالات الفسيولوجية في القسم ٧,٦,١) أو عندما تصاب بعدوى ممرضات محددة.

يمكن تقدير الرائحة بدرجة ما قبل الشراء، بواسطة المستهلك، ولكنها تميل إلى أن تكون مهمة كعامل إيجابي فقط في المنتجات شديدة الرائحة (highly aromatic) مثل

بعـض أصـناف بطـيخ ومـانجو معينـة (certain cultivars of melons and mangoes). ومـع التركيـز علـى الجـودة البصـرية (visual quality) السـائدة في البيـع بالتجزئـة (dominated retailing)، فقد تم ادعاء أن النكهة والرائحة قد فقدا من كثير من المنتجات الطازجة ؛ لأن التهجين قد ركز على الأصناف التي تتحمل تداول ما بعد الحصاد بشكل كبير (rigors post-harvest handling) دون فقدان الجودة البصرية وجودة القوام (textural quality). ويميـل التبريـد إلى أن يحـد مـن تطـور الرائحـة والنكهـات الطيـارة (aroma volatiles) في الفواكه الناضجة. وقد تتغير مستويات الرائحة/ النكهة (aroma profile) بدرجة دراماتيكية أثناء بقاء المنتج الطازج بعد الحصاد، وبصفة خاصة في الفواكه (climacteric fruits) التي قد يكون فيها المركب الطيار السائد dominant volatile مختلفاً جداً في مرحلة الفاكهة غير الناضجة عنه في الفاكهة الناضجة والفاكهة زائدة النضج (over-ripe) أو الفائحة النكهة (senescing fruit) (Morton & Macleal, 1990). قد تتطور النكهة/ الروائح غير الطيبة (unpleasant aromas) نتيجة لعدد من الأسباب الموصوفة في القسمين اللاحقين (٢,٣ و ٧ و ٥ و ٧).

قـد تجعـل الرائحـة غـير المتوقعـة أو غـير الطيبـة المنـتج غـير قابـل للتسـويق (unmarketable) حتى لو كانت خواص وعوامل الجودة الأخرى مقبولة بدرجة كبيرة. لذا، فإن الرائحة قد تكون عاملاً مهماً في تخزين وفترة صلاحية المنتج الطازج.

(٧,٣) تدهور جودة المنتجات الطازجة: التنفس والإيثلين والشيخوخة وانحلال أو كسر فترة السكون

Quality Deterioration of Fresh produce: Respiration, Ethylene, Senescence and Breaking of Dormancy

(٧,٣,١) مقدمة Introduction

قد تقود وتؤدي كثير من العوامل إلى فقد جودة المنتج/ المنتجات الطازجة، ومن ذلك كان الوصف العام لهذه المنتجات بأنها "معرضة للتلف (perishable)". بعض

هذه العوامل جزء من دورة حياة (life cycle) المنتج الحي (living produce)، ومن ذلك، النضج الزائد للفواكه أو تجذر المحاصيل الجذرية واللبية (sprouting in root & bulb crops)، وعوامل أخرى تكون تبعات لعملية الحصاد. بمجرد فصل جزء من النبات الأم (mother plant)، فإن هذا الجزء النباتي يحرم من مصدر الماء (source of water) والعناصر التغذوية وهرمونات مقاومة الهرم (anti- senescent hormones). ونتيجة لذلك، تؤدي العوامل الطبيعية (العادية normal) مثل النتح والتنفس، في نهاية الأمر، إلى فقد الماء وشيخوخة المنتج (senescence of product). إن نمو الممرضات أو الإتلاف الفيزيائي (الطبيعي، physical damage) يسبب فقدا مباشرا لجودة المنتج من خلال تأثيراته البصرية (visual impact) ولكنهما يستحثان الشيخوخة. زيادة على ذلك، فإن بيئة أو مناخ التخزين (storage environment) ستلعب دوراً مهماً جداً في تحديد سرعة كل تغيرات الجودة.

(٧,٣,٢) التنفس Respiration

الفواكه والخضراوات سلع حية (living commodities) وسرعة أو معدل تنفسها ذو أهمية مفتاحية (أساسيةkey importance) في المحافظة على الجودة. وقد لوحظ، بشكل عام، أنه كلما زاد أو ارتفع معدل تنفس (the greater the respiration rate) المنتج، قلت فترة صلاحيته (the ahorter the shelf-life). تميل المنتجات غير الناضجة immature مثل البازلاء peas والفاصوليا beans إلى أن تتنفس بمعدلات عالية (higher respiration rates) وأن يكون لها فترات صلاحية قصيرة تسببها الشيخوخة الطبيعية، بينما يكون العكس هو الصحيح فيما يتعلق بالأعضاء الناضجة التخزينية (mature storage organs) مثل البطاطس والبصل.

التنفس عملية أيضية (metabolic process) تحول الخلايا بواسطتها الطاقة من نوع التركيب الكيميائي إلى شكل آخر أكثر فائدة للخلايا لتحريك التفاعلات الأيضية. وفي الأحوال العادية، يتنفس المنتج الطازج تنفساً هوائياً (aerobic respiration)، والذي

يستهلك الأكسجين والجلوكوز أثناءه، بينما ينتج ثاني أكسيد الكربون والماء والحرارة (keys, 1991). يوجد القليل من الطاقة الاحتياطية في الأنسجة غير التخزينية (non-storage tissues)، وعلى سبيل المثال في المحاصيل الورقية (leafy crops) مثل الخس والسبانخ أو المحاصيل الوردية غير الناضجة (immature flower crops) مثل البروكلي، وعليه سيؤدي التنفس، في النهاية، إلى الانهيار الأيضي (metabolic collapse). ستتحلل الأغشية الخلوية وتسمح بتسرب المحتويات (contents to leak out). قد تنمو البكتيريا الإعفينية (saprophytic bacteria) في هذه الأنسجة وتنتج الروائح غير المرغوبة (off-odors). وقد تظهر الأعراض البصرية (visible symptoms) لانهيار الأنسجة والاصفرار الذي يسببه انحلال الكلوروفيل نتيجة للشيخوخة (senescence breakdown of chlorophyll) في الكلوروبلاستات (chloroplasts). بدون تبريد كاف، تؤدي الحرارة التنفسية (respiratory heat) إلى مزيد من استحثاث التنفس الذي يؤدي إلى تدهور سريع جداً.

يمكن حصاد أنواع معينة من الفواكه الكلايمكتيريكية(مرتفعة معدل النشاط التنفسي لوقت معين في الثمار بعد قطافها، climacteric) وهي غير ناضجة (unripe) ثم إنضاجها صناعياً (artificially ripened) في مرحلة لاحقة (مثلاً الأفاكادو (avocados) والموز والمانجو والطماطم). أثناء النضج، فإن تنفس هذه الفواكه يرتفع بشكل دراماتيكي خلال فترة قصيرة من الوقت (Biale, 1960). وبدون سيطرة جيدة على درجة الحرارة، فإن الفواكه ستنضج بسرعة نضجاً مفرطاً (over-ripen) وتشيخ مما يؤدي إلى تحلل الأنسجة الداخلية (internal tissue breakdown) وإنتاج المواد الطيارة (volatiles) المميزة للفواكه في مرحلة النضج الزائد. أيضاً، قد يرفع الفشل في السيطرة على حرارة التنفس فقد الماء من المحصول، وزيادة على ذلك، فإن زيادة الدفء (increased

(warmth وزيادة مستويات الرطوبة، والتي قد تحدث أثناء التخزين، محفزان قويان لتطور العدوى البكتيرية والفطرية (bacterial and fungal infection).

(٧,٣,٣) الإيثلين Ethylene

الإيثلين هرمون نباتي (plant hormone) يلعب دوراً أساسياً في النضج وشيخوخة الفواكه والخضراوات (Reid, 1992). تنتج كل الخلايا النباتية مستويات منخفضة من الإيثلين؛ وعلى أي حال، فإن أي شيء يسبب إجهاداً أو ضغطاً على الأنسجة النباتية سيستحث تصنيع الإيثلين (ethylene synthesis). قد يشمل المجهدات (stressors) والفقد الزائد للماء والإتلاف الفيزيائي (physical damage) أو الإصابة المرضية (pathogenic attack). تنتج الفواكه الكلايمكتيريكية مستويات عالية من الإيثلين أثناء بدء النضج، ويعتقد بأن هذا الهرمون يستحث وينسق التغيرات الفسيولوجية و[البيوكيميائية (physiological & biochemical changes)] التي تحدث أثناء النضج. قد يؤدي التعرض للإيثلين الخارجي (exogenous ethylene) إلى الإسراع بالنضج والشيخوخة، على سبيل المثال، تفقد الخضراوات الخضراء (green vegetables) كلورفيلها بسرعة أكبر، وقد تكثر الألياف الغليظة (thickened fibers) في الهليون (asparagus)، وقد يحدث النضج المبكر (premature ripeing) في الفواكه غير المستوية (الناضجة)، وقد يفقد الملفوف وتفقد الزهرة (cauliflowers) أوراقه/أوراقها من خلال انفصالها السريع وسقوطها (accelerated leaf abscission).

(٧,٣,٤) الشيخوخة Senescence

الشيخوخة تقدم طبيعي في العمر (natural ageing) للأنسجة النباتية، ويستحثها وجود الإيثلين وأي شيء آخر يمكن أن يسرع بمعدلات التنفس كما وصف سابقاً. تؤثر الشيخوخة، في نهاية الأمر، على كل جوانب الجودة، وتنتهي بموت المنتج. قد تؤثر

بعض تغيرات الشيخوخة، بشكل محدد، على أنواع معينة من عمليات تصنيع المنتجات الطازجة، على سبيل المثال، تغيرات التراكيب الكيميائية والفيزيائية لجدران الخلايا (Jimenez *et al.*, 1997). وبالرغم من أن قوام المحاصيل الطازجة، يعتمد اعتماداً كبيراً على اكتناز الخلايا (cell turgor) (انظر القسم ٧,٤ أسفل)، فإن تمام (سلامة integrity) جدران الخلايا مهم لقوام بعض المنتجات المصنعة (Femenia *et al.*, 1998). في بعض الفواكه والخضراوات (مثلاً التفاح والطماطم) يؤدي انحلال التصاق ما بين الخلايا (breakdown of intercellular adhesion) إلى حالة تُعرَف بالتحلل، والتخشن (mealiness) والتي تدرك بصفة عامة، كفقد لجودة القوام (loss in textural quality) (Van der Valk & Donkers, 1994). في البطاطس، يحدث ما يعرف بحلاوة الشيخوخة (senescence sweeting) وهو تحول النشا المخزن (storage starch) تدريجياً إلى سكريات، عبر الوقت. قد تسبب تركيزات السكريات المختزلة (reducing sugars) التي تفوق ١٪ في أنسجة البطاطس المصنعة شيبس ورقائق (chips & crisps)، التلون البني (browning) أو الاسوداد (blackening) في المنتجات أثناء الطبخ (Van der Plas, 1987).

(٧,٣,٥) كسر السكون Breaking of dormancy

للمحاصيل الجذرية والدرنية واللبية (root, tuber and bulb crops) فترة سكون طبيعية (natural dormancy period) ويمكن تمديدها لفترة معتبرة (أطول) تحت ظروف التخزين المناسبة. كثيراً ما يحد انكسار فترة السكون فترتي التخزين والصلاحية. وبصورة أكثر شيوعاً، يرى ذلك كنمو للبراعم (growth sprouts)، كما في البصل والبطاطس على سبيل المثال. وقد يحدث في ظروف الرطوبة العالية، تطور الجذور. ولا تقبل البراعم ولا الجذور في المنتجات المسوقة (marketed produce) (Schouten, 1987). وبالرغم من إمكانية تقليم الجذور والبراعم أثناء التصنيع، إلا أن الجودة الداخلية

للمنتجات تتدهور، بصفة عامة، أثناء انحلال فترة السكون، وذلك بسبب تحول النشا المخزن (stored starch) إلى سكريات يتم نقلها إلى النقاط (المواقع) النامية (growing points).

(٧,٤) تدهور جودة المنتج الطازج: فقدان الماء

Quality deterioration of fresh produce: water loss

تغطى الأنسجة النباتية بأنسجة واقية (protective tissues) تعمل على وقاية النبات من الحشرات والممرضات والضرر، الرضح (الجروح الفيزيائية، physical injury) وفرط فقدان الماء (excessive water loss). إن الطبقة الأساسية الواقية هي الأدمة (طبقة قشرية epidermis)، ولكن إذا نما العضو النباتي نمواً ثانوياً (secondary growth)، فقد تتطور طبقة الأدمة المحيطية المتعددة الطبقات (multi layered periderm)، على سبيل المثال، في التفاح أو في البطاطس. تغطى طبقة القشرة بطبقة شمعية من الكيوتين (waxy cuticle of cutin) بينما بصفة عامة، تصبح جدران خلايا أنسجة الأدمة المحيطية (البيريدرم، (periderm)) متشربة بالسوبيرين (suberin). ويمكن لكل من الكيوتين والسبويرين أن يقلل فواقد الماء من سطوح النبات؛ وعلى أي حال، لا فكاك من بعض الفقد المائي. قد ينفذ بخار الماء من الكيوتيكل وأيضاً يفقد من خلال المساحة العدسية (lenticels) وهي فتحات أو فراغات (gaps) في الأدمة المحيطية التي تتكون لتمكن من تبادل الغاز أثناء التنفس. إذا تم إتلاف أو تحطيم طبقة القشرة الخارجية أو الطبقة المحيطية، فقد يكون فقد الماء بالغاً وبكميات كبيرة.

تكون بعض أعضاء النبات الناضجة مثل السُّوق والجذوع (stems) والجذور (roots) وبعض الثمار، أنسجة تقوية (strengthening tissues) مثل النسيج الغروي (الكولينشايما (collenchymas)) أو النسيج الخشبي اللجنيني (الإسكليرينشايما (lignified schlerenchyma)) وذلك للمحافظة على تراكيبها. إن المكونات الليفية القاسية (صلبة

tough fibrous components) غير مرغوبة في المنتجات (المحاصيل) الطازجة، ولذلك فإن كثيراً من محاصيل الخضراوات تحصد وهي غير ناضجة. كما أن تركيب ومن ثم خواص القوام (textural properties) للمحاصيل الطازجة تعتمد، وبشكل كامل وفي غالب الأمر، على الحفاظ على ضغط اكتناز خلوي كاف (adequate cell turgor pressure) أي، القوة المتولدة عندما تضغط الحويصلات الممتلئة بالمادة المذابة (solute filled vacuole) على جدران الخلايا غير المرنة نسبياً (relatively inelastic cell wall). وإذا كان فقد الماء من الأنسجة كبيراً، سينخفض ضغط الاكتناز مؤدياً إلى ذبول المنتج (wilting or shrivelling).

تعتمد سرعة فقد الماء بعد الحصاد (post-harvest water loss)، وبشكل أساسي، على نقص ضغط البخار الخارجي (external vapor pressure deficit)؛ وعلى أي حال، تؤثر عوامل أخرى على الحالة. ستفقد المنتجات التي لها نسبة سطح/ للحجم عالية، مثل المحاصيل الورقية، نسبة أكبر من مائها وبسرعة أكبر مما تفقد الفواكه الدائرية الشكل الكبيرة (large spherical fruits). ويبدو أن التركيب المحدد للطبقة الشمعية ومدى تكون السبويرين (suberisation) في الأدمة المحيطية، أهم من السمك thickness فيما يتعلق بتحسين مقاومة حركة بخار الماء. تختلف المنتجات في نسبة الماء الذي يمكن أن يفقد(اللازم فقدها) قبل أن تنخفض الجودة بدرجة كبيرة وملحوظة. قد تفقد الثمار ذات القشرْ السميك (thick peels) كميات كبيرة من الرطوبة من الجلد دون التأثير البالغ على جودة الأكل (without compromising edible quality)، وعلى سبيل المثال أنواع الحمضيات (citrus species) والموز. إن مظهر الفاكهة، قد يتدهور بشكل ثابت ومطرد (steadily) مع تزايد فقد الماء. وتكون الفواكه الأخرى خفيفة القشرة (خفيفة الجلد thin-skinned fruits) أكثر عرضة لفقد الماء، على سبيل المثال عنب الطاولة (table grapes)

(Ben Yehoshua, 1987). زيادة على ذلك، فإن جفاف المنتجات قد يستحث إنتاج الإيثلين (كما وصف سابقاً).

(٧,٥) تدهور المنتجات الطازجة: الممرضات الفطرية والبكتيرية

Quality Deterioration of Fresh Produce: Fungal and Bacterial Pathogens

تعد الفطريات (fungi) أهم كائنات دقيقة تسبب فساد وخسائر المحاصيل الطازجة ما بعد الحصاد. وهذا صحيح تماماً فيما يتعلق بالفواكه، حيث تميل الأحوال الحامضية نسبياً، لتثبيط النمو البكتيري. وعلى أي حال، قد تعاني الخضراوات ذات الأس الهيدروجيني العالي، من فواقد وخسائر بسبب العدوى البكتيرية. وصفت أهم ممرضات الفواكه والخضراوات من قبل عدد من الباحثين (Beattie *et al.*, 1989; Coates *et al.*, 1995; Dennis, 1983; Snowdon, 1990; 1991). وتعتمد معظم الممرضات على الأنسجة المتلفة للتمكن من الدخول داخل المنتج الطازج (جروح ومواقع الجروح الفسيولوجية wounds or sites of physidogical injury). وعلى سبيل المثال، فإن أنواع *البينيسيليوم* (*penicillium* spp.) التي تسبب العدوى الفطرية الزرقاء والخضراء (blue and green mould infections) لمحاصيل الحمضيات وغيرها من الفواكه، ممرضات مسببة للجروح تقليدية (classic wound pathogens) غير قادرة على اختراق ثمار غير متلفة (غير محطمة). والمنتج السليم الطازج مقاوم لمعظم الممرضات الكامنة (majority of potential pathogens). تمثل الحواجز الفيزيائية المتمثلة في الجلد (القشرة) ووجود المركبات المضادة للميكروبات (antimicrobial compounds) في الجلد واللحم وقاية كافية (sufficient protection).

قد تستطيع بعض الممرضات الدخول من خلال الفتحات الطبيعية (natural openings) مثل الفتحات الثغيرية (stomata) والفتحات العدسية (lenticels). قد تستخدم

البكتريا طرق الاختراق هذه. وأكثر مجموعة شائعة من البكتريا المسببة لخفض ملحوظ في فترة الصلاحية هي الأنواع المسببة للتعفن الناعم (soft rotting species) من جنس *الإروينيا* (*Erwinia*). وفي الظروف المناسبة من الدفء (warmth) ووجود الماء الحر (free water)، يمكن للبكتريا أن تنمو وتستعمر المحصول، مثل البطاطس، وبسهولة، وذلك من خلال الفتحات العدسية (lenticels). وتنتج هذه كميات كبيرة من إنزيمات خارج الخلايا (extra cellular enzymes) التي تعمل على تطرية الأنسجة بالنقع (macerate the tissues). أحياناً يصاحب التعفن اللين (soft rots) نمو البكتريا الإعفينية (المسببة للتعفن، (saprophytic bacteria)) والتي تسبب روائح كريهة جداً (highly unpleasant off-odors) (Lund, 1983).

يتمكن عدد قليل من الممرضات الفطرية، فقط، من الاختراق المباشر (direct penetration) لجلد (قشرة) المحصول الطازج غير المتلف، وبشكل عام، هذه الممرضات الأخيرة مصدر لمشاكل خاصة، وذلك بسبب حقيقة، أنها قد تعدي المحصول قبل الحصاد، ولكن تبقى ساكنة (remain quiescent) في الأنسجة حتى تتحسن الأحوال التي تمكّنها من النمو. تُرى هذه الظاهرة كثيراً في الفواكه، حيث يحدث التطور الأساسي الأولي للممرضات initial pathogen development ومن ثم السكون في الفواكه غير الناضجة. ومع نضج الفاكهة ينحل السكون وتستعمر الممرضات نسيج الفواكه (Swinburne, 1983). *والكوليتوتريكوم جلويوإسبوريويديس* (*Colletotrichum gloeosporioides*) ممرض شائع يظهر هذه الحالة أو هذا السلوك في عدد من الفواكه الاستوائية، مثل المانجو والباباي (papaya). الأعراض النموذجية على الفاكهة الناضجة المستوية هي جروح غائرة تشبه العدسة في شكلها (lens-shaped lesions sunken) والتي قد تكون تراكيب جرثومية بلون السالمون (أحمر) (salmon-colored sporing

structures). (تسبب *الكوليتوتريكوم موساي* (*Colletotrichum muse*) أعراضاً مشابهة على الموز). وقد تظهر *البوتريتيس سينيري* (*Botrytis cinerea*) سلوكاً ساكناً (quiescent behavior) على بعض الفواكه، على سبيل المثال، في الفراولة (strawberries) تلوث الجراثيم الفطرية (fungal spores) الأزهار وتنبت (germinate) ومن ثم تنمو الخيوط الفطرية (القصيبات، الغصينات(hyphae)) في الفاكهة المتطورة، حيث تبقى بدون أعراض (symptom less) حتى تنضج الفاكهة نضجاً تامًّا. وقد يكون تطور المرض التالي سريعاً جداً وتستعمر الثمرة بكاملها وتغطى بميسيليا، مشيجة فطرية رمادية متجرثمة (grey, sporulating mycelium)، ويحدث ذلك خلال أيام قلائل على ٢٠°م.

قد تبقى أمراض الجلد (القشرة) سطحية خارجية (superficial) ولكن تسبب فواقد تجارية كبيرة نتيجة للمظهر المشوه والعيب الظاهري الطفيف (blemished appearance) للمنتجات. لصناعة البطاطس مشاكل رئيسة بسبب عدد من الأمراض الجلدية (skin diseases)، مثل مرض الهبرية (القشرة السوداء (black scurf)) (*الريزوكتونيا سولاني* (*Rhizoctonia solani*) والنقطة السوداء (black dot) (*الكوليتوتريكوم كوكوديس* (*Colletotrichum coccodes*) والهبرية، القشرة النحاسية (sliver scurf) (*الهيلمينثوإسبوريوم سولاني* (*Helminthosporium solani*) والجرب الشائع (common scab) *الإستريبتومايسيس إسكابيس* (*streptomyces scabies*) والتي قد تنتشر بسرعة على الدرنات (tubers) بعد ارتفاع درجات الحرارة في منافذ البيع بالتجزئة (Snowdon. 1991).

بشكل عام، تُسْتَحث العدوى الفطرية البكتيرية في ظروف الرطوبة العالية، وبصفة خاصة في وجود الماء الحر. تختلف ممرضات الفواكه والخضراوات فيما يتعلق بقدرتها على النمو والتكاثر على درجات حرارة مختلفة؛ وعلى أي حال، فمعظمها ينمو في مدى درجات حرارة تتراوح بين ٦ و ٣٥°م. تبقى بعضها حية وحتى تنمو، ولكن ببطء عند درجات حرارة منخفضة تصل إلى ١°م، على سبيل المثال، الـ بي

سينيريا (B. cinerea). إذاً، فإن حوادث أنواع معينة من الممرضات تتأثر بكل من أحوال ما قبل وما بعد الحصاد. وعليه، وعلى سبيل المثال، فإن *البي سينيريا* (*B. cinerea*) مهمة وبصفة خاصة في المحاصيل التي تزرع في المناخات الباردة المعتدلة (cool temperate climates)، بينما تسبب العدوى التي تسببها *البوتريوديبلوديا ثيوبروماء* (*Botryodiplodia theobromae*) و*الاسبيرجيلس نيجر* (*Aspergillus niger*) فواقد خطيرة في المناطق الدافئة.

وقد تؤثر ممرضات معينة بشدة، على عمليات صناعة المحاصيل الطازجة: على سبيل المثال، قد يؤدي فقط قليل من الحمضيات المصابة بعفن *الألترناريا* (*Alternaria* rot) في إرسالية (بضاعة) إلى إنتاج عصير بروائح غير مرغوبة (off-flavoured juice) (Patrick and Hill, 1959). إن وجود إنزيمات محللة لجدران خلايا معينة (certain cell wall degrading enzymes) من ممرضات معدية، على سبيل المثال أنواع *الريزوبس* Rhizopus spp.، قد يسبب تليين مستمراً (continuing softening) للمنتجات المعلبة حتى بعد قتل الفطر أثناء عملية التعقيم (Harper *et al.*, 1972).

(٧,٦) تدهور جودة المنتجات الطازجة: الاعتلالات الفسيولوجية والأضرار الفيزيائية

6 Quality Deterioration of fresh Produce: Physiological Disorders and physical injury

(٧,٦,١) الاعتلالات الفسيولوجية Physiological Disorders

الاعتلالات الفسيولوجية تغيرات سيئة تحدث لجودة المنتجات الطازجة، وذلك بسبب الاضطرابات الأيضية. وقد تكون هذه الاضطرابات بسبب العوامل الداخلية، مثل عدم توازن المعادن (الأملاح) أو قد تكون بسبب العوامل البيئية غير المواتية (غير المناسبة أو غير المثلى)، مثل درجات حرارة التخزين غير المناسبة أو التركيب المناخي (atmosphere composition). قد تكون الأعراض متميزة ومتفردة أو خاصة بظروف أو حالة معينة في نوع منتج معين؛ وعلى أي حال، تكون الأعراض متشابهة في مدى من الأحوال ذات الأسباب التحتية المختلفة (differing underlying causes). كثيراً ما تكون

الأعراض البسيطة مقصورة على الأنسجة السطحية الخارجية والتي قد لا تكون مهمة جداً إذا كان المحصول سيصنع، ولكنها قد تقلل تسويق المنتجات الطازجة نتيجة للتشويه البصري (visual disfigurement). زد على ذلك، قد ترفع الاعتلالات الفسيولوجية قابلية المنتجات للإصابة بالممرضات أو غزو الممرضات (invasion by pathogens). إن بدء الاعتلالات قد يحدد بأحوال ما قبل الحصاد والصنف (cultivar) والنضج، أو مرحلة الاستواء والنضج (stage of ripeness).

إن سوء التغذية قد يؤدي، بصورة عامة، إلى نمو حقلي ضعيف وأمراض حقلية (field symptoms). وعلى أي حال، يوجد كثير من عدم التوازن التغذوي (nutritional imbalances) والذي ليس له أهمية واضحة قبل الحصاد، ولكنه هو الذي يؤدي إلى ظهور أعراض أثناء تخزين ما بعد الحصاد. أحد أهم العناصر التغذوية في هذا المنحنى هو الكالسيوم الذي يلعب دوراً مهماً في المحافظة على ثبات جدران الخلايا (Cell wall stability). والمثال التقليدي هو البثور المرة "bitter pit" في التفاح الذي تظهر عليه، وهي بثور قاسية وصلبة بنية غائرة (hard, sunken brown pits) في كل من الجلد (القشرة) وداخلياً، ويكون للأنسجة المتأثرة مذاقٌ مُرٌّ مرارة بسيطة (slightly bitter taste).

هناك مدى واسع من الاعتلالات المرتبطة بتعرض المحاصيل لدرجات حرارة عالية أو منخفضة جداً. قد تسبب درجات الحرارة العالية، التي يسببها التعرض الزائد للشمس أو التعرض للمعاملات الحرارية غير المناسبة بعد الحصاد (Post-harvest heat treatments)، إتلاف الجلد (القشرة) وعدم استواء النضج (uneven fruit ripening). وقد تبقى فقط أنواع أو سلع قليلة معدة للاستهلاك الطازج (fresh consumption) وتتحمل التجميد الخفيف (mild freezing)، على سبيل المثال، الجزر الإفرنجي (الأبيض) (parsnip) والبصل، وعلى أي حال، لا تستطيع معظم الخضراوات والفواكه التي تستهلك طازجة تحمل أي تجميد بالمرة.

تتكـون بلـورات ثلجيـة داخـل الخلايـا مؤديـة إلى تمـزق الأغشـية (membrane rupture) وبالتالي تحطم الأنسجة (tissue collapses) عند تسييح الثلج (defrosting) مما يؤدي إلى تغيرات قوام غير مقبولة (unacceptable textural changes). وهذه التغيرات أقل وضوحاً للمستهلك، عندما تكون في المنتج قليل محتوى الماء و/أو الذي سيطبخ قبل الاستهلاك، على سبيل المثال، البازلاء (peas) والذرة الحلوة (sweet corn) والجزر (parsnips) والبطاطس والجزر الأفرنجي (carrots) والبروكلي والسبانخ.

ضرر التبريد (chilling injury) واضح جداً ومتميز عن ضرر التجميد (freezing injury)، وقد يحدث عند درجات الحرارة فوق درجة حرارة التجميد مباشرة (Saltveit and Marries, 1990) (well above freezing point).

المنتجات الاستوائية (tropical commodities) وشبه الاستوائية (subtropical) عرضة، بصفة خاصة، لضرر التبريد، بالرغم من وجود فروقات في الحساسية له (chilling sensitivity) بين الأصناف وبين المنتجات الناضجة وغير الناضجة. وتشمل الأعراض البثور المائية (water soaking) والحفر السطحية (surface pitting) والتلوث الداخلي (internal discoloration) والفشل في النضج (failure to ripen) والشيخوخة المبكرة السريعة (accelerated senescence) وزيادة القابلية للنخر (التعفن والتحلل decay). وقد لا تكون الأعراض واضحة حتى ترتفع درجة حرارة المنتج إلى مستويات درجة حرارة غير حرارة التبريد (non-chilling levels). عند درجات حرارة تقل عن ٨-١٠ °م وبحد أقصى إلى ٢ °م تكون البطاطس الأيرلندية (Irish potatoes) قابلة لحلاوة رجعية، في درجات الحرارة المنخفضة (reversible low temperature sweeting) (Burton, 1989). تسبب السكريات المختزلة (reducing sugars) التي تنتج مشاكل لقطاع الصناعة (انظر القسم ٣و ٤ و ٧ سابقاً).

إذا تم تخزين المحصول في مناخ ناقص فيه الأكسجين أو زائد فيه ثاني أُكسيد الكربون، على سبيل المثال في المخازن سيئة التهوية (poorly ventilated stores)، فقد يتسبب ذلك في الاعتلالات التنفسية (respiratory disorders). في درجات حرارة عالية، يؤدي تنفس المحصول بسرعة أكبر إلى حدوث مناخ غير مناسب، وبسرعة. وتعتمد الأعراض على المنتج المعني، فقد تظهر، على سبيل المثال، على البطاطس مراكز سوداء (black centre) بينما قد تكون في أوراق الخس مناطق وسطى باهتة (pale midribs). تعاني بعض أصناف التفاح من الأضرار الخارجية وتظهر على أخرى تلون بني داخلي (internal browning) بسبب زيادة ثاني أكسيد الكربون في الأنسجة، وقد تؤدي مستويات الأكسجين المنخفضة جداً إلى تخمر كحولي (alcoholic fermentation) مع روائح كريهة (off-odors) مصاحبة. مستويات التحمل مختلفة، فعلى سبيل المثال، تتحمل بعض أصناف التفاح مستويات منخفضة تصل إلى أقل من ١٪ أكسجين، بينما تكون البطاطس الحلوة شديدة الحساسية، وقد يبدأ تخمرها إذا انخفضت مستويات الأكسجين إلى أقل من ٨٪. وتشجع الظروف اللاهوائية نمو البكتيريا المسببة للعفن الناعم (soft-rotting) في البطاطس.

يعزى مدى من الأعراض المعينة في الفواكه والخضراوات المخزنة للتعرض للإيثلين (Kader, 1985). وتشمل بعض الأمثلة التبقع الصدئي (russet spotting) للخس (عند تركيزات أكثر من ٠,١ في المليون) والذي يرتبط بزيادة نشاط الفينايل ألانين أمونيوم لايز (phenylalanine ammonium lyses (PAL)) وبالمحتوي الفينولي (phenolic content) وبتكون سم البيساتين (pisatin) في البازلاء، وبإنتاج الفينولات في البطاطس الحلوة والجزر. في الجزر يعطي الايسوكومارين الفينولي (phenolic isocoumarin) نكهة مرة (لاذعة) bitter flavor كما لوحظت النكهات المرة في الشمندر، البنجر (beetroot).

وهنـاك، أيضـاً، عـدد مـن الاعـتلالات الأخـرى المحـددة تحديـداً تامـاً لمنتجـات طازجة معينة والـتي تعتبر خارج نطـاق هـذا الكتـاب. ويمكـن الاطـلاع علـى مزيـد مـن المعلومات في كتب اسنودون (Snowdon, 1990, 1991).

(٧,٦,٢) الجروح الفيزيائية Physical Injury

يعتبر الأذى الفيزيائي (الجروح) أهم سبب مؤدٍّ لفقد المحاصيل الطازجة. وليس ذلـك بسـبب الفواقـد المباشـرة، بـالرغم مـن أنهـا قـد تكـون كـبيرة وملحوظـة في بعـض المحاصيل، لكنها بسبب الآثار غير المباشرة المتمثلة في إحداث جروح في سطح المنتجات. وهذه الجروح نقاط دخول مثالية لكثير من ممرضات ما بعد الحصـاد كمـا ذكـر مـن قبـل. أيضاً، تمكن الجروح من فقد الماء والذي يُعـرِّض جـودة المنتج للتـدهور (compromises the qualily of the produce). زد على ذلك، تستحث الجروح الفيزيائية إنتاج الإيثلين في أنسجة النبات والذي بدوره (إنتاج الإيثلين) قد يؤدي إلى الاصفرار المبكـر (pre mature yellowing) أو النضج المبكر للسلع الزراعية.

قد تحدث الجروح الفيزيائية في أي مرحلة مـن مراحـل حيـاة المحصـول، مـن أذى الحشـرات (insect injuris) في الحقـل إلى سـوء التـداول مـا بعـد الحصـاد (post-harvest handling). تغزو كـثير مـن الفطريـات مـن خـلال نهايـة الجـذع (stem end) حيـث تم أخـذ المحصول مـن النبـات الأم (mother plant). قـد يسـبب التغليـف السـيئ (poor packaging) مشـاكل مـن القطـع الـذي تسـببه الحـواف الحـادة (sharp edges) أو الأجـزاء القاسـية للمحاصيل المجاورة، على سبيل المثال، أكاليـل (ثمـار) الأنانـاس (pineapple crowns)، إلى الكشط والسحج (graze) الذي يسببه عدم وجود لباد (حشاوٍ) (lack of padding) أو حشاوٍ تحتية من الكرتـون (under filling of cartons) ممـا يتسـبب في حركـة المحصـول أثنـاء النقل والتداول. قـد يحـدث الخـدش والكـدمات (bruises) مـن السـقوط (dropping)، أو يحدث خـدش الضـغط (compression bruising) إذا رص المحصـول إلى مسـتويات عاليـة (stacked too high) أو بسبب الإفراط في مـلء العبـوات (packs are over filled). وتحـدث

فواقد (wastages) في صناعة البطاطس نتيجة للخدش الداخلي (internal bruising) لدرنات البطاطس أثناء التخزين والتداول (Balls et al., 1982). إن فترة صلاحية كثير من المحاصيل الطازجة تقل، بدرجة ملحوظة، بسبب الإتلاف الفيزيائي الذي يسببه التداول الخشن (rough handling) أثناء البيع بالتجزئة، وبخاصة عندما يكون المحصول غير مربوط بإحكام (loose) وقابلاً للعزل والاختيار من قبل الزبائن (picked-over' by potential customer).

(٧,٧) كيف تقاس جودة الفواكه والخضراوات : المظهر والقوام والنكهة

How Quality of Fruits and Vegetables is Measured: Appearance, Texture and Flavour

(٧,٧,١) مقدمة Ontruduction

من الضروري مراقبة تغيرات الجودة أثناء التخزين لضمان جودة مناسبة ومثلى (optimal quality) لمحصول يُسوِّق للاستهلاك الطازج أو للتصنيع. مثالياً، يرغب الذين يديرون سلسلة المحاصيل الطازجة في أن يقدروا على التنبؤ بفترة الصلاحية لمنتجاتهم. قد تحتاج بعض المنتجات نقلاً سريعاً خارج الموسم. على سبيل المثال، خارج الموسم، تحتاج المنتجات القابلة للفساد بسرعة إلى نقل جوي (air freighted) عوضاً عن النقل البحري بالبواخر من وراء البحار (overseas). ويمكن تخزين المنتجات الأخرى ذات فترة الصلاحية الطويلة وتصريفها أو عرضها للبيع وفقاً لمتطلبات السوق.

عادة، يتم القياس التجاري لفترة صلاحية المنتجات بواسطة موظفي ضبط الجودة (quality control staff) أو شركات إمداد البيع بالتجزئة (retail supply componies) (الموردون ومراكز التوزيع importers and distibution centres) ويعتبر هذا الأمر (القياس) جزءاً من إجراءات الالتزام الملزم (due diligence) المتوقعة من قبل الزبائن. يتم عزل (أخذ) عينات من المنتج من خط التعبئة (packging line) وتوضع في

غرف التخزين لدراسة الصلاحية (shelf-life rooms) على درجات حرارة تعكس أو تماثل أحوال درجات حرارة البيع بالتجزئة. ويتم تقييم تغيرات جودة المنتج عبر فترة من الزمن الذي يغطي فترة الصلاحية المتوقعة لمنتج معين زائداً عدة أيام أخرى، من قبل تاجر التجزئة. تملأ استمارات تقييم معينة (commodity specific evaluation sheets) خاصة بالأصناف وتوضع في أرشيف (archived). تستخدم اختبارات فترة الصلاحية (shelf-life test) للإخطار أو الإخبار بمشاكل الجودة المحتملة ومما يمكن من اتخاذ الإجراءات العاجلة (action to be taken promptly) لتحديد المشكلة والحد منها ومعالجتها، وتوفر هذه الاستمارات مراجع comeback لتجار التجزئة إذا كانت هناك مشاكل قد حدثت منذ خروج المنتج من المورد (produce left the supplier). للمؤسسات الكبيرة التي توفر منتجات معينة طوال العام، قد تكشف اختبارات لفترة الصلاحية (وما يعرف بدراسات الحفظ) الأنماط المؤقتة للجودة (temporal patterns in quality)، ويمكن استخدامها في اتخاذ القرارات مثل: متى يجب تغيير مصدر الإمداد.

للحظة كتابة هذا الكتاب، حقاً، لم يكن التنبؤ الدقيق الصحيح بفترة صلاحية المنتجات الطازجة أمراً ذا جدوى (not really feasible). لقد وصفت المجهودات والمحاولات التي اتخذت لتطوير نماذج تتنبأ بفترة صلاحية المنتجات الطازجة اعتماداً على كل من عوامل الجودة الداخلية والعوامل البيئية، في الأدبيات العلمية (Polderdijk *et al.*, 1998) (scientific literature)؛ وعلى أي حال، فقد بقي النجاح في هذا الحقل محيراً. وأساس المشكلة هو الاختلاف المتأصل (inherent variability) في عوامل جودة الفواكه والخضراوات التي قد تستخدم لتحديد فترة الصلاحية. وحتى إذا كان قياس بعض الخصائص يمكننا من التنبؤ بفترة الصلاحية بشكل سليم، فإن الاختلافات الفردية في المنتجات أو المحاصيل يعني، وبشكل مثالي، أن كل صنف بمفرده يحتاج أو

يتطلب تقييماً، كما يجب أن تكون الاختبارات سريعة جداً. للحظة تأليف هذا الكتاب، السبب كثير من الاختبارات المستخدمة إتلافاً للمنتجات؛ وعليه، يمكن استخدامها فقط في عينات صغيرة من المنتجات.

في كثير من المنتجات المصنعة، على سبيل المثال، العصائر والهريس purees والمنتجات المقطعة المعلبة (chopped canned) أو المجمدة، يمكن تخفيض أثر مشاكل اختلافات المنتج الخام، وذلك عندما تخلط المحاصيل أو المنتجات مع بعضها البعض. وعلى أي حال، فمما يستحق التركيز والاهتمام أيضاً، هو أن المنتجات عالية الجودة (top quality products) لا تنتج إلا من مكونات خام عالية الجودة (top quality raw ingredients)، وعليه، فإن القدرة على قياس جودة المنتجات الخام لا تقل أهمية في العمليات الصناعية عمَّا يحدث في قطاع المنتجات الطازجة.

(٧,٧,٢) المظهر Appearance

اللون Colour

استعرض فرانسيس عام ١٩٨٠ (Francis, 1980) قياس اللون في المحاصيل البستانية (hortiultural crops). تستخدم صناعة المحاصيل الطازجة (fresh produce industry) لوحات ألوان قياسية لمقارنة ألوان منتجات معينة (produce- specific colour matching charts) وللمساعدة في التدريج وتقييم فترة صلاحية كثير من الفواكه. هذه اللوحات رخيصة وسهلة الاستخدام في تدريب الموظفين (for training personnel). في أماكن التعبئة الكبيرة (larger pack houses) قد يتبعان فراغ التقنيات (الأجهزة) الضوئية الكهربائية (photoelectric techniques) لتصنيف المنتجات شديدة التلوين (sort strongly coloured products) في ثلاث درجات على الأقل. من أجل الأغراض البحثية (research purposes)، بصفة عامة، يقاس اللون باستخدام مقياس فروقات اللون السطحية surface colour difference meter (أي المصنعة بواسطة مينولتا

أو هنتر minolta or hunter). يقيس هذا النوع من الأجهزة (instruments) خصائص الضوء المنعكس من سطح المنتج (reflected from the surface). يتم معاملة المخرج (output is processed) ليعطي بيانات قياسية (standard data) اعتماداً على نظام ثلاثي الاستحثاث (tri-stimulus system)، على سبيل المثال، أعداد أو قيم لتدرج اللون (hue) وصفاء أو كثافة اللون (chroma) والإشراق (قوة إضاءة اللون أو مدى الرمادية في اللون) (lightness) والتي تصف مع بعضها البعض لون الشيء المراد معرفة لونه (Minolta. Ltd, 1994). إن العامل المعوق لقياس اللون التحديدي بهذه الطريقة (spot colour measurement) هو عدم انتظام (lack of uniformity) المنتجات أو المنتج نفسه. على سبيل المثال، قد يكون لون تفاحة أو حبة مانجو في جهة منها مختلفاً اختلافاً كاملاً مقارنة بلونها في جهة أخرى.

العيوب الخارجية والداخلية External and Internal defects

يجرى تقييم العيوب البصرية (visual defects) مثل تشوهات الجلد (القشرة) (skin blemishes) أو التلوث باللون الأخضر في المحاصيل الجذرية، بشكل كبير، بواسطة عمال تشغيل يدوي (manual operators). يمكن إبعاد المحصول إذا كانت نسبة السطح المغطى بالتشوهات أكبر من النسبة المحددة وفقاً لمعايير الجودة (set quality standards). توجد بعض التطبيقات التجارية (commercial applications) لتقنيات تصوير الفيديو (الرؤية الآلية machine vision). على سبيل المثال، تستخدم بعض المصانع التصنيف المعتمد على الرؤية الآلية machine vision-based sorting، لعزل الدرنات الخضراء والسوداء أو غير المقشرة (green, black or unpeeled tubers) من البطاطس المعدة للتصنيع (larke, 1996). الطريقة الوحيدة المستخدمة تجارياً لتحديد وجود عيوب داخلية، للحظة تأليف هذا الكتاب، هي القطع وفتح عينات من المنتج من كل رسالة

وإزالة عينات في فترات منتظمة (reguler intervals) من خط التعبئة (pack line) وتسجيل وجود أي تلوث، ووجود حفر، وتجاويف (cautation) أو وجود عيوب أخرى.

(٧,٧,٣) القوام Texture

الصلابة Firmness

صلابة المنتج، في كثير من الأحيان، مؤشر جيد لخواص القوام (textural properties) كما أنها سهلة القياس آلياً، نسبياً (relatively easy to measure mechanically). يمكن تقييم الصلابة بصرياً بدرجة ما. على سبيل المثال، سواءً ظهر المنتج ذابلاً (shrivelled) أو رخواً (flaccid). ما زالت المقاومة للضغط اليدوي الخفيف (light manual pressure) طريقة شائعة لتقييم الصلابة، بالرغم من أن هذا، وبوضوح، أمر افتراضي بدرجة كبيرة (highly subjective) مع الحاجة لخبرة كبيرة للتقييم الصحيح. أكثر طرق تقييم الصلابة شيوعاً هي استخدام جهاز قياس الاختراق (penetrometer) مثل جهاز ماجنيس- تايلور لاختبار الصلابة (Magness- Taylor firmness tester) أو جهاز إيفيجي لقياس الاختراق (Effegi penetrometer). تقيس هذه الأجهزة القوة الكلية (total force) المطلوبة لخرق جزء معين من الفاكهة أو الخضار (puncture through a given portion of the fruit or vegetables) إلى عمق قياسي (standard depth) باستخدام مسبار قطري عياري (standard diameter probe). يمكن إجراء الاختبار من خلال القشرة (peel)، أو قد يزال جزء منها وتقدر صلابة اللحم (اللب) فقط (flesh firmness only). تتوافر أدوات اختبار ضغطية غير متلفة (non-destructive compression testers) في السوق ويمكن استحداثها ببساطة من أجهزة قياس الاختراق (penetrometer devices) (Macnish *et al.*, 1997). تستخدم معدات القطع (shear instruments) لقياس طراوة (tenderness) البازلاء والفاصوليا (broad beans) المعدة للتصنيع. على سبيل المثال،

جهـاز قيـاس الطـراوة tenderometer الـذي يسـتخدم منظـومتين أو وحـدتين (شـبكات قضـبان مقاضـبة) بمفصـلات (hinged grids) تشـابه حركتهـا حركـة الفـك الـذي يمضـغ (chewing jaws) (Salunkhe *et al.*,1991).

أيضاً، يمكن تقييم الصلابة باختبارات الاهتزاز (vibration tests). إذا نقر أو قرع المنتج بحدة (tapped sharply)، تنتشر موجات صوتية خلال أنسجته، ويمكن التقاطها بواسطة ميكرفون (microphone) أو جهاز إحساس كهرو ضغطي أو كهرو إجهادي (piezoelectric sensor). إن خصائص الموجات الصوتية هذه تختلف اعتماداً على صلابة تيبس الأنسجة (stiffness of the tissues) (من بين عوامل أخرى) وقد أظهرت ارتباطات جيدة مع صلابة الفاكهة. بالرغم من أن الأسس الفيزيائية وراء (underlying physical principles) هذه الاختبارات قد عرفت وفهمت منذ وقت بعيد، إلا أنها فقط حديثاً (نسبياً) قد طبقت تجارياً. تنتج شركة إسرائيلية (ايشيت إيلون Eshet Eilon) جهاز اختبار صلابة منضدى غير متلف (للفواكه والخضراوات) (non-destructive bench top firmness tester) باسم فيرمالون (firmalon)، اعتماداً على الرنين الصوتي (acoustic resonance) للاستخدام مع مختلف الفواكه، مثل التفاح والكمثرى (pears). أيضاً يتوافر جهاز بيليج لاختبار الصلابة (the 'Peleg firmness tester') من شركة تخنيون (technion) الإسرائيلية. لقد طور جهاز رنين صوتي لاختبار الصلابة باسم افواسكان (Avoscan) بواسطة شركة آليات (ماكينات) مقيمة في بريطانيا UK-based machinary company (شركة سينكلير العالمية بنورج Sinclair International, Norwich) اعتماداً على أبحاث لبيليج وآخرين (Peleg *et al.*, 1990). وقد استخدم هذا الجهاز تجارياً لتصنيف الفواكه مثل الأفاكادو إلى أصناف متفرقة للبيع بالتجزئة (seperate retail categories) (على سبيل المثال، جاهز للأكل (ready to eat) مع فترة صلاحية قصيرة متوقعة).

عوامل قوام أخرى Other textural factors

تستخدم تجهيزات الاختبار الشاملة العالمية (universal testing machines) (التي صنعتها شركة أنسترون Instron) استخداماً شائعاً، في المختبرات، وذلك لتقييم مختلف مكونات قوة الأنسجة النباتية (strength plant tissues) والتي تتغير أثناء التخزين. على سبيل المثال، التحبب والخشونة (القوام الطباشيري mealiness) عيبان في القوام وشائعان في بعض أنواع التفاح والبطاطس عندما يتقدم بها العمر. إن تطوير فك صناعي (artificial jaws) مرتبط بمقياس قوة (force gauges) قد يشابه عملية العض (bite action) وسيقيم، وبشكل أفضل، خصائص القوام مثل القوام الطباشيري والذي يحد من فترة الصلاحية فيما يتعلق بجودة الأكل (eating quality). وتستخدم هذه الأنواع من القياسات، فقط، في البحوث، وأما في الاستخدامات التجارية المناسبة (suitable commericial applications) فلم يتم تطبيقها/استخدامها بعد.

(٧,٧,٤) النكهة Flavour

مكونات المذاق Taste components

المذاق الحلو (sweetness) مكون مهم من مكونات جودة الفواكه الطازجة ويُعطي مؤشراً جيداً لحالة النضج (state of fruit ripeness) ثم لفترة الصلاحية المحتملة (potential shelf-life). في قطاع المحاصيل الطازجة تقاس الحلاوة، عادة، في شكل محتوى الجوامد الكلية الذائبة((total soluble solids (TSS) بالبركس (Brix). في معظم الفواكه والخضراوات ، السكر هو المكون الأساس للجوامد الكلية الذائبة والتي بذلك تكون مؤشراً معقولاً لنسبة مستويات السكر. تقاس الجوامد الكلية الذائبة باستخدام جهاز الرفراكتوميتر (refractometer) أو جهاز الهيدرومتر (hydrometer). يعمل الجهاز الأول على أساس انكسار الضوء الذي تسببه عينة العصير، ويعتمد انكسار الضوء

على كثافة العصير (density of juice). ويرتبط انكسار الضوء في الأشعة تحت الحمراء القريبة (near infrared) ارتباطاً وثيقاً بالجوامد الكلية الذائبة، كما تم الارتباط بنجاح في عدة سلع (عصائر). لقد طورت هذه الخاصية كطريقة غير متلفة (non-destructive method) لقياس مستويات السكر في المحاصيل مثل الشمام (melons).

بصفة عامة، تقاس الحموضة بالمعايرة (titration) مع محلول قلوي مناسب مثل هيدروكسيد الصوديوم (sodium hydroxide). تعتمد معايير أو مواصفات نضج أنواع الحمضيات على نسبة قياس البيركس إلى الحموضة (Brix- to- acid ratios). وكل من الجوامد الكلية الذائبة والحموضة من القياسات المهمة لجودة عنب الطاولة (table grape quality). لا توجد طريقة واقعية سريعة (rapid objective method) لقياس الطعم المر (bitterness) أو غيرها من الروائح غير المرغوبة وغير المقبولة في الفواكه والخضراوات. التقييم الحسي (sensory evaluation) هو الاختبار التجاري الوحيد المستخدم في قطاع المحاصيل الطازجة. في المختبر يمكن استخلاص مكونات الطعم المر أو الطعم القابض astringent الذي تسببه، عادة، المركبات الفينولية (phenolic compouds) ويتم قياسها بطريقة تحليلية مختلفة (varicus analytical procedures)، على سبيل المثال، كروموتوغرافيا السوائل عالية الأداء (high performance liquid chromatography (HPLC)).

مكونات الرائحة Aroma compenents

يقيم قياس الرائحة (measurement of arama) حالياً بواسطة الصناعة على أساس غير نظامي (informal basis)، اعتماداً على الروائح غير المقبولة (off-odour) في عينات فترة الصلاحية التي يلاحظها مدراء جودة المحاصيل (produce quality managers). لقد أجريت القياسات المختبرية تقليدياً بواسطة تحليل الفراغ القمي (أي الفراغ الموجود في أعلى العبوة headspace) باستخدام كروموتوغرافيا الغاز (gas

(Wehner and kohler,1992) chromatography). ويمكن تحديد المكونات المفصولة (seperated components) بشكل إيجابي وفعلي (objectively) (كيميائياً chemically) بوسائل مختلفة (various means) أو تحديدها افتراضياً (subjectivety) باستخدام أجهزة قياس الرائحة (odourmeters).

التقييم الحسي Sensory evaluation

نسبياً، توجد اختبارات قليلة تجرى بالأجهزة (instrumental tests) يمكن أن تعطي نتائج تتماثل جيداً مع تقييم المستهلك لجودة المحاصيل الطازجة. قياس اللون أحد الاستثناءات القليلة. والطريقة الأشمل لتقييم الجودة الشاملة (overall quality) هي استخدام التحكيم الحسي (use panels) أي التقييم الحسي (sensory evaluation) للمنتجات. يمكن تدريب أعضاء فريق التحكيم في تحكيم مكونات جودة معينة (cartain quality components)، وذلك في نمط كمي إحصائي (statistically quantitative fashion) (Lawless and Heymann, 1998). وبديلاً لذلك، يمكن إشراك فريق تحكيم (panel) من المستهلكين أنفسهم (consumer panel). وفي حالة فريق التحكيم من المستهلكين، يكون التقييم هيدونك تفضيلي(hedonic assessment)) وهو مصطلح يستخدم في الاختبارات والمسح الحسي بحيث يشير المشارك في التحكيم إلى مدى درجة رغبته أو عدم رغبته في الغذاء الذي يتم تقييمه حسياً، أي ترتيب المادة الغذائية وإعطاء درجات لصفاتها الحسية حسب درجة تقبلها أو تفضيلها، أي التقييم وفقاً للتفضيل الشخصي (in terms of personal preference). في قطاع المحاصيل الطازجة، ببساطة، قد يقوم بالاختبارات الحسية ضابط الجودة (أو مدير الجودة quality controller) الذي يعمل كخبير تذوق وحيد (single expert taster). بديلاً لذلك، قد تجرى اختبارات تذوق محكمين غير نظامية (informal taste panels)، ولو مرة في الشهر، ويضم فريق التحكيم ١٥ عضواً

مـن المـوظفين الـذين قـد لا يكونـون أعضـاء منـتظمين (regular members) في فريـق التحكيم. شجعت مبادرات تجار البيع بالتجزئة الحديثة (recent initiatives by retailers) خاصة في المملكة المتحدة، الصناعة على تقييس أو معايرة (standardise) استخدام فرق تحكيم حسي مدربة لتقوم بقياس خصائص الجودة (تقييم الجودة).

(٧,٨) المحافظة على جودة المحاصيل الطازجة: التبريد المسبق

Maintaining the Guality of Fresh Produce: Precooling

(٧,٨,١) مقدمة Introduction

يقدم الجدول (٧,١) بعض أمثلة اختلافات ظروف التخزين التجاري (varration in commercial storage conditions) وفترات الصلاحية المتوقعة (expected shelf-life) لبعض الفواكه والخضراوات الممثلة (representative fruit & vegetables). إن انتشار الإتلاف الفيزيائي (الرضح) (prevelence of physical damage) أو وجود الممرضات، وعلى أي حال قد يعوق التنبؤات بفترات الصلاحية (sheif-life predictions). وصفت العوامل الأساسية المسببة لتدهور المحاصيل الطازجة في الأقسام (٧,٣) إلى (٧,٦). وعليه، فإن المحافظة على الجودة تتطلب العمل للحد من هذه العوامل. في بعض الحالات، توجد إجراءات وقائية، على سبيل المثال، توفير تغليف مناسب لمنع الإتلاف الفيزيائي. على أي حال، لابد من تطبيق مدى واسع من التقنيات الفعالة، (فائقة الأداء proactive technologies)، ذلك لإطالة فترة صلاحية السلع (سريعة التلف perishable commodities) ومن الأمور ذات الأهمية الأساسية: خفض تنفس المحاصيل وخفض فقد الماء وخفض نمو الممرضات. ومن هذا يسود التبريد (باستخدام الثلاجات refrigeration dominate) كطريقة أولية سابقة (most fundamental) مقارنة بكل تقنيات ما بعد الحصاد.

(٧,٨,٢) التبريد المسبق Precooling

التبريد المسبق لإزالة حرارة الحقل (field heat) بأسرع ما يمكن بعد الحصاد من ضروريات إبطاء سرعة تدهور المنتجات سريعة التلف. وتحدد الطريقة المختارة بدرجة كبيرة، بنوع المنتج المعني وبتكاليفه وبنسبة التكلفة للفائدة (العائد المادي) (cost to benefit ratio) (kasmire and Thompson, 1992, Mitchell, 1992).

التبريد الغرفي والتبريد بالهواء المدفوع Room and forced air cooling

في التبريد المسبق في الغرف (room precooling)، يتم وضع المحصول المحصود في منطقة مبردة (refrigerated area). نموذجياً، ينفخ الهواء المبرد (refrigerated air is blown) أفقياً (horizentally) تحت السقف مباشرة (just below the ceiling)، ويتخلل من خلال آنية المحصول الموجودة أسفل. وعند الوصول إلى السطح الأرضي (floor)، يتحرك أفقياً إلى منفذ الرجوع (return vent) ليعاد تدويره (to be recycled). يتحقق التبريد السريع بالهواء المدفوع، أو بالتبريد المسبق بالضغط (pressure precooling)، في هذه الحالة، يضغط الهواء المبرد في مسار فرق الضغط (along pressure gradient) من خلال كل عبوة (each package). ويتحقق هذا بوضع رصات الحاويات في خط متصل (lining up stacks of containers) (أي طبليات محملة أو كراتين فردية (pallet loads or individual cartons) في كل جانب من جانبي مروحة شفط (exhaust fan) وذلك لإعطاء غرفة منضغطة بالهواء (أي ممتلئة بالهواء (air plenum chamber). ويمنع الهواء من التحرك إلى أسفل بين أحمال الطبليات أو بجوانب الكراتين؛ وذلك بقفل الفراغات (gaps) بواسطة عوارض أو حواجز مرنة (flexible baffles). عليه، على الهواء البارد في الغرفة أن يمر من خلال فتحات (holes) الأغلفة، والعبوات وحول المحصول، بداخلها. ويسرع هذا بزمن التبريد من ربع إلى عشر ما يحدث في التبريد الغرفي التقليدي.

التبريد المائي Hydrocooling

الماء أفضل من الهواء في نقل الحرارة. ويمكن تبريد كثير من أنواع المحاصيل بجعلها تلامس الماء البارد الجاري (flowing cold water) أي التبريد المائي (hydrcooling). يحد التغليف من حركة الماء ويقلل كفاءة التبريد (cooling efficiency) بدرجة كبيرة ؛ لذا، يتم تبريد المحصول مائياً في صوامع كبيرة صهريجية (bulk bins)، ونادراً ما يستخدم بعد التغليف. تستخدم هذه الطريقة بشكل شائع للخضروات الجذعية (stem vegetable) ولكثير من الخضراوات الورقية وبعض الفواكه، مثل الطماطم والبطيخ. لا يمكن تبريد بعض المحاصيل بهذه الطريقة، على سبيل المثال الفراولة، وذلك لأن الماء الحر على السطح يرفع مخاطر الإصابة بالأمراض، بدرجة كبيرة. تطهير الماء بالشكل السليم (عادة بالكلورة usually by chlorination) من الإجراءات المطلوبة لمنع تكاثر البكتيريا في الماء والتلوث اللاحق للمحاصيل.

التثليج Icing

قد يكون استخدام الثلج المجروش (crushed) في تبريد بعض المحاصيل معالجة مناسبة. وبصفة عامة، يستخدم هذا في التبريد المؤقت (temporary cooling) أثناء نقل المحاصيل من الحقل، على سبيل المثال، نقل الخضراوات الورقية (leafy greens)، ويستخدم التثليج التغليفي (package icing) أثناء النقل إلى منافذ البيع بالتجزئة (shipment to retail outlets) وفي عرض المحاصيل للبيع به، على سبيل المثال، الخضراوات الجذرية والجذعية (root and stem vegetabls)، وكرنب بروكسيل (brussels sprouts) وبعض الخضراوات الزهرية (flower-type vegetables) مثل البروكلي. إن العيب الأساس في هذا هو الوزن الإضافي في النقل.

الجدول رقم (٧,١). مدى فترات تخزين فواكه وخضروات مختارة في ظروف تخزين نموذجية، لـــدرجات الحرارة والرطوبة النسبية.

السلعة	درجة الحرارة (مئوية)	الرطوبة (٪)	فترة التخزين
تفاح	-١-٤	٩٠-٩٥	١-٨ شهور
باذنجان	٨-١٢	٩٠-٩٥	١-٢ أسبوع
أفوكادو (غير ناضجة)	٤,٥-١٣	٨٥-٩٠	٢-٥ أسابيع
(ناضجة)	٢-٥	٨٥-٩٠	١-٢ أسبوع
موز (أخضر)	١٣-١٥	٨٥-٩٠	١٠-٣٠يوم
(ناضج)	١٣-١٦	٨٥-٩٠	٥-١٠أيام
فاصوليا	٧-٨	٩٥-١٠٠	١-٢ أسبوع
بروكلي	صفر-١	٩٥-١٠٠	١-٢ أسبوع
ملفوف (أخضر)	صفر-١	٩٥-١٠٠	٣ شهور
(أبيض)	صفر-١	٩٥-١٠٠	٦-٧ شهور
جزر (غير ناضج)	صفر-١	٩٥-١٠٠	٤-٦ أسابيع
(ناضج)	صفر-١	٩٥-١٠٠	٤-٨ شهور
زهرة	صفر-١	٩٥-١٠٠	٢-٤ أسابيع
كرفس	صفر-١	٩٥-١٠٠	١-٣ شهور
حمضيات (سهلة التقشير)	٤-٨	٩٠	٣-٨ أسابيع
كوسة	٨-١٠	٩٠-٩٥	١-٢ أسبوع
خيار	٨-١١	٩٠-٩٥	١-٢ أسبوع
ثوم	صفر	٧٠	٦-٨ شهور
قريب فروت	١٠-١٥	٩٠	٤-١٦ أسبوع
عنب	-١- صفر	٩٠-٩٥	١-٦ شهور
كيوي	-٠,٥-صفر	٩٠-٩٥	٢-٣ شهور
كراث	صفر-١	٩٥-١٠٠	١-٣ شهور
ليمون	١٠-١٤	٩٠	٢-٦ شهور

تابع الجدول رقم (٧,١).

السلعة	درجة الحرارة (مئوية)	الرطوبة (٪)	فترة التخزين
خس	صفر -١	٩٥-١٠٠	١-٤ أسابيع
مانجو	٥,٥-١٤	٩٠	٢-٧ أسابيع
بطيخ شمام	٤-١٥	٨٥-٩٠	١-٣ أسابيع
مشروم	صفر	٩٠-٩٥	٥-٧ أيام
بصل	-١-صفر	٧٠-٨٠	٦-٨شهور
برتقال	٢-٧	٩٠	١-٤ شهور
كمثرى	-١-صفر	٩٠-٩٥	١-٦ شهور
خوخ	صفر-١	٩٥-١٠٠	١-٣ أسابيع
بطاطس (غير ناضجة)	٤-٥	٩٠-٩٥	٣-٨ أسابيع
(ناضجة)	٤-٥	٩٠-٩٥	٤-٩ شهور
فواكة طرية	-١-صفر	٩٠-٩٥	٢ -٣ أيام
سبانخ	صفر-١	٩٥-١٠٠	٣ أسابيع
فواكه حجرية	-١-١	٩٠-٩٥	١-٢ أسبوع
فلفل حلو	٧-١٠	٩٠-٩٥	١-٧ أسابيع
طماطم (خضراء)	١٢-١٥	٩٠	١-٣ أسابيع
(ناضجة)	٨-١٠	٩٠	١-٢ أسبوع

التبريد بالتفريغ Vacum Cooling

إن أسـرع طـرق التبريـد وأكثرهـا انتظامـاً (rapid and uniform) طريقـة التبريـد التفريعي. ويتضمن خفض الضغط المحيط بالمحصول إلى النقطة التي يتم عندها خفض درجة غليان الماء (boiling point of water). يمتص التبخر اللاحق للماء الحرارة. وهذا أكثر كفاءة مع المحاصيل التي لها نسبة مساحة سطح كبيرة للحجم (large sunface area

(to volume)، مثل المحاصيل الورقية كالخس والسبانخ والكرنب الملفوف. وعادة، يمكن تحقيق التبريد الكافي بفاقد ماء لا يزيد عن ٣٪، ولكن يمكن خفض هذا برش سطح المحصول بالماء قبل التبريد.

(٧,٩) المحافظة على جودة المحصول الطازج: معاملة ما قبل التخزين
Maintaining the Quality of Fresh Produce: Prestorage Treatments

(٧,٩,١) التغطية السطحية واللفائف Surface coatings and wraps

تستفيد كثير من الفواكه والخضراوات من التغطية السطحية التي قد تبطئ من فقد الماء (Kester and Fennema, 1986). وهذا صحيح تماماً، وبخاصة للمحاصيل التي تغسل؛ لأن الماء الساخن أو استعمال منظفات قد يزيل الشموع الطبيعية من سطح الفواكه. أيضاً، قد تقلل التغطية من حركة الأكسجين (O_2) وثاني أُكسيد الكربون (CO_2) إلى داخل الفاكهة ومنها للخارج، على التوالي. قد يبطئ هذا التعديل للمناخ الداخلي (internal atmosphere) من التنفس؛ وعلى أي حال، يجب ألا تكون الطبقة سميكة بدرجة كبيرة، وإلا ستقل مستويات الأكسجين بنفس الدرجة إلى مستويات منخفضة مؤدية إلى مشاكل التخمر (fermentation problems). تأتي كثير من الأغطية المستخدمة من المستخلصات النباتية (plant extracts)، على سبيل المثال الكارنوبا ((carnuba) شمع نخلة الشمع البرازيلية) أو شمع قصب السكر (suger cane waxes) أو بوليميرات استرات السكر (polymers of suger esters)؛ وعلى أي حال، يمكن إضافة المنتجات المعتمدة على البترول (كمكون، (petroleum- based products) مثل شمع البرافين (paraffin wax)، وذلك لتحسين السيطرة على فقد الماء (منع الفقد (water loss control). الطريقة أو الحل البديل للسيطرة على فقد الماء في المحصول الطازج هو التغليف اللفائفي الانكماشي (shrink wrap) للمنتج فردياً في أفلام بلاستيكية (plastic

(films). أفلام (أغلفة) البولي إيثلين عالي الكثافة ((high density polyethelene (HDPE) مناسبة جداً لهذا الغرض، إذ يمكن استخدامها في طبقة رقيقة جداً (very thin layer)، وهي حاجز جيد لبخار الماء (water vapour barrier) ولكن لا تؤثر على حركة غازات التنـفس (respiratory gases) وخطورة تكوُّن الروائح غير المرغوبـة وغير المقبولـة (Ben Yehoshua, 1987).

(٧,٩,٢) معالجة الجذور والدرنات Curing of Roots and Tubers

تحتفظ بعض محاصيل الجذور والدرنات، مثل البطاطس الحلوة والبطاطس الأيرلندية (Irish potato)، بقدرة على البرء من الجروح البسيطة (heal minor wounds) بعد الحصاد شريطة أن تكون الظروف صحيحة وسليمة (Burton *et al.*, 1992, Morris and Mann, 1955). ويتضمن هذا تطور أو تكون طبقة البيريديرم periderm layer في مواقع الجروح (wound site). وإذ إن هذه المحاصيل عرضة للجروح الفيزيائية أثناء الحصاد والتداول، فمن المفيد وبصفة عامة، تشجيع البرء والشفاء من الجروح قبل التخزين. وتعرف هذه العملية بالمعالجة (علاج الجروح curing) وتتطلب أن يحفظ المحصول في درجات حرارة مرتفعة (elevated temperatues) وفي درجة رطوبة نسبية عالية (relative humidity RH) لفترة من الوقت. وتعتمد الظروف الفعلية المستخدمة على احتمالات حدوث الأمراض. في درجات حرارة عالية، يكون العلاج أسرع، ولكن تصبح العدوى البكتيرية أكثر احتمالاً. نموذجياً، تم علاج درنات البطاطس الأيرلندية (Irish potato tubers) في ١٥-٢٥°م وفي رطوبة نسبية (RH) تبلغ ٨٥-٩٨٪ لمدة ٧-١٥ يوماً. وعلى أي حال، هناك براهين على أن العلاج عند درجات رطوبة منخفضة قد يقلل حدوث العدوى الخارجية السطحية (Hide (superficiel infection)

and caley, 1987). نموذجياً، تعالج جذور البطاطس الحلوة (sweet potato roots) عند ٢٩-٣٢°م ورطوبة نسبية ٨٥-٩٨٪ لمدة ٤-٨ أيام.

(٧,٩,٣) تجفيف (معالجة) المحاصيل اللبية Dehydration ('curing') of Bulb Crops

تختلف المحاصيل اللبية، أي البصل والثوم، عن الفواكه والخضراوات في أن فقد الماء فيها مرغوب جداً لإعدادها للتخزين. تعرف عملية التجفيف هذه بالمعالجة (as curing) ولكنها عملية مختلفة جداً عن عملية معالجة الجذور والدرنات. الفرض في هذه المعالجة للمحاصيل اللبية هو إزالة الماء من القشور الخارجية (outer scales) وبقايا السوق (stalk reminant). في المناخات المعتدلة (temperate climales)، قد تتم، غالباً، المعالجة الاصطناعية (artrficial curing) (بالرغم من الاستمرار في القيام بالمعالجة الحقلية (field curing) في بعض الأقطار). يوضع البصل فوق بعضه البعض (topped) ويوضع في المخزن، وينفخ الهواء الساخن فوقه (hot air is blasted over them)، ودرجة الحرارة الابتدائية هي ٣٠°م، حتى تجف القشور الخارجية، ثم تخفض درجة الحرارة إلى ٢٧°م لمدة ما يقرب من ٤ أسابيع قبل تخزين اللب على درجات حرارة منخفضة (O'Connor, 1979).

(٧,٩,٤) السيطرة الكيميائية على الممرضات الفطرية والبكتيرية

Chemical Control of Fungal & Bacterial Pathogens

في كثير من الأحوال، يغسل المحصول الطازج قبل تدريجه (grading) وتصنيعه وتغليفه. إن جودة الماء مهمة جداً، خاصة إذا تم تدويره. يمكن أن تتكون الجراثيم البكتيرية والفطرية في الماء وتصبح مصدراً ممتازاً للقاح (المعدى) (inoculum) ما لم تتم السيطرة عليها. أكثر طرق السيطرة شيوعاً هي إضافة الكلور بمستوى يجعله نشطا؛ يتراوح بين ٥٠- ٢٠٠ جزء في المليون، وأيضاً، تم استخدام الأوزون في بعض الصناعات الأخرى (Beuchat, 1992).

وكما جاء في الوصف في القسم (٧,٥)، فإن عدداً من الممرضات التي تسبب فواقد كبيرة في المحصول الطازج بعد الحصاد أصلها في ما قبل الحصاد (pre-harvest in origin) وهناك عدة وسائل للحد من عدوى ما قبل الحصاد، ولكنها خارج نطاق هذا الكتاب. وعلى أي حال، فإن استخدام الأصناف المقاومة والنظافة الجيدة للمحصول والإجراءات التي تحافظ على حيويته (measures which maintain crop vigour) والمقاومة الطبيعية natural resistence للعداوى واستخدام مبيدات الفطريات (fungicides)، تعمل كل هذه، على تقليل مشاكل أمراض ما بعد الحصاد. استخدام المضادات الحيوية (antibiotics) للسيطرة على البكتيريا في المحاصيل، ممارسة غير مقبولة في كثير من الأقطار، وذلك بسبب المخاوف من احتمال انتقال مقاومة الممرضات الحقلية للمضادات الحيوية والتي تنتقل من الاستخدامات الحقلية إلى الممرضات البشرية (human pathgens) (Lund, 1983).

تعالج كثير من المحاصيل التي تخزن بعد الحصاد بواحد أو أكثر من مبيدات الفطريات. وهناك حوالي ٢٠ نوعاً من هذه المبيدات مصرح باستخدامها في المحاصيل الطازجة (Eckert and Ogawa, 1990)، بالرغم من اختلاف التصريح من قطر إلى آخر. إن مقاومة الفطريات (fungal resistance) لمبيدات الفطريات المعتمدة على البينزيميدازول (benzimidazole-based fungicides) مثل البينومايل (benomyl) والثيابيندوزول (thiabendozole) والثيوفاثانات ميثايل (thiophthanate methyl) والبيترتانول...إلخ (bitertanol) واسعة الانتشار، قد قادت إلى زيادة استخدام مثبطات التخليق الحيوي للإرجياستيرول ((ergesterol biosynthesis inhibitors (EBIs) مثل الإمازاليل (imazalil) والإتاكونيزول (etaconizole) والبيترتانول (bitertanol) ...إلخ. تعتمد طرق الاستخدام بدرجة كبيرة، على نوع المبيد ونوع المحصول. غالباً ما ترش الفواكه، مثل التفاح

والكمثرى والمانجو والموالح، والمحاصيل الجذرية، بمحاليل مبيدات الفطريات، أو تغطس في حمام من هذه المبيدات (fungicide baths). يمكن تضمين بعض مبيدات الفطريات في شموع للاستخدام السطحي (surface application)، كما في الحمضيات، مثلاً. وحيث يكون غير مرغوبٍ أن يبلل المنتج، يمكن استخدام التبخير/ المبخرات (fumigants)، على سبيل المثال، يمكن تبخير البطاطس بـ ٢- أمينوبيوتان (2-aminobutane) للسيطرة على التعضّن (موت بعض الأنسجة) (النكرزة/النخر (gangrene)) وتبقع الجلد (skin spot)، ويستخدم ثاني أُكسيد الكبريت (sulphur dioxide) للسيطرة على الأعفان الرمادية (grey mould) في عنب المائدة (Eckert and Ogawa, 1988). لا تعالج كثير من المحاصيل مثل الفراولة بأي مادة كيميائية بعد الحصاد بالرغم من قابليتها العالية للتلف الذي تسببه الممرضات.

(٧,٩,٥) مثبطات التبرعم للمحصولات الجذرية والدرنية واللبية

Sprouting Suppressants for Roots, Tuber and Bulb Crops

يمكن السيطرة على التبرعم في المحصولات الجذرية واللبية باستخدام الماليك هايدرازايد (maleic hydrazide) كمعاملة قبل الحصاد. يجب استخدام المركب على الأغصان بفترة ٣-٦ أسابيع قبل الحصاد. يمكن أيضاً، معالجة المحاصيل الجذرية بعد الحصاد، بمختلف مثبطات التبرعم (Burton *et al.*, 1992)، على سبيل المثال، البروفام/ كلوربروفام (propham/chlorpropham(IPC/CIPC)) والذي يستخدم، عادة، كخليط بمعدل حوالي ١٠ جرامات/ لتر (10g/ t). يجب استخدام هذه المركبات بعد شفاء الجروح، حيث إنها تثبط الشفاء والتئام الجروح (supress wound healing). بصفة شائعة، يستخدم التيكنازين (Tecnazene (TCNB) كبديل، وله ميزات على الـ IPC/ CIPC في أن له أثراً بسيطاً في شفاء الجروح، كما أن له خصائص إبادة للفطريات (fungicidal properties). معدل الاستخدام حوالي ١٣٥ ملجرام مركب نشط فعال

(active ingredient) لكل كيلو جرام. هناك مدى واسع من الكيميائيات البديلة التي لها خصـائص تثبـيط للـبراعم (sprout- supressant propeoties) ولكـن لهـا كلـها قصـور (limitations) مقارنـة بالمركبـات التقليديـة (conventional compounds) الموصـوفة سـابقاً (Prange *et al.*, 1997).

(٧,٩,٦) المعاملات الكيميائية بعد الحصاد لخفض الاعتلالات

Post-Harvest Chemical Treatments to Reduce Disorders

القشور السطحية (superficial scald) عبارة عن اعـتلال جلـدي α(skin disorder) لأصناف تفاح معينة والتي تتكون أو تحدث أثناء التخزين نتيجة لأكسدة مركب طبيعي في الجلـد (القشـرة) يعـرف بالألفـا- فارنيسـين (α-farnesene). تجارياً، يمكـن اسـتخدام المركبـات المضـادة للأكسـدة؛ الـدايفينايل أمـين (diphenylamine) والإثوكسـيكوين (ethoxyquen) كمحلـولي تغطـيس (dip) بعـد الحصـاد، للسـيطرة علـى هـذا الاعـتلال (بمعـدل ٠,١-٠,٢٥٪ و٠,٢- ٠,٥٪، علـى التـوالي). ويمكـن اسـتخدام الـدايفينايل أمـين في تراكيـب شمعيـة (wax formulation) أو في لفافـات مشـربة (منقوعـة بالمركب)(impregnated wraps) (Snowdon, 1991).

المعالجة بالكالسيوم هي معالجة أخرى مهمة للتفاح، ما بعـد الحصـاد؛ وتـتم إمـا بالرش قبل الحصاد (pre-harvest spray) أو كمحلول تغطيس بعد الحصاد (post-havvest dip) للسـيطرة علـى اعـتلال التخـزين (storage disorder) المعـروف بـالنواة المـرة اللاذعـة (bitter pit) (Anon, 1984). بـالرغم مـن أن المعالجـة بالكالسـيوم قـد تحسـن جـودة تخـزين (storage quality) كثير من الفواكه الأخرى، إلا أنهـا لم تتطـور بسـبب المشـاكل المتمثلـة في وصول الكالسيوم للأنسـجة بمعـدلات كافيـة بالتخلـل والتسـرب (infiltration) بـدون التسبب في إتلاف الفواكه.

(٧,٩,٧) التشعيع Irradiation

لقد تم توضيح فوائد استخدام التشعيع التأيني (الإشعاع lonising radiation) [أشعة إكس x-rays وأشعة جاما (γ-rays) أو الإليكترونات عالية الطاقة high energy) (electrons في المحاصيل الطازجة، ويشمل ذلك تثبيط التبرعم في المحصولات الجذرية والدرنية واللبية، والسيطرة على بعض الأمراض الفطرية وزيادة فترة التخزين من خلال تأخير عملية نضج الفواكه (ripening proases of fruits) (Dennison and Ahmad, 1975). لقد تم السماح باستخدام مدى من المعالجات/ المعاملات في كثير من الأقطار، منها المملكة المتحدة؛ وعلى أي حال، فقد أظهر المستهلكون اعتراضاً أو رفضاً شديداً (reluctance) للأغذية المشعة (irradiated food) (Foster, 1991). وعملياً، يشع قليل جداً من المحاصيل الطازجة، ذلك بسبب كل من تحفظات المستهلكين المذكورة سابقاً والقيود القانونية (legislative restrictions).

(٧,١٠) المحافظة على جودة المحصول الطازج: التخزين المبرد
Maintaining the Quality of Fresh Produce: Refrigerated Storage

(٧,١٠,١) مقدمة Intruduction

وكما جاء في المناقشة في القسم (٧,٨,٢)، يمكن تمديد فترة صلاحية المحاصيل الطازجة المخزنة، بدرجة كبيرة، إذا أمكن إبطاء التنفس باستخدام التبريد. وتوجد قوائم بظروف التخزين الموصى بها (recommended storage conditions) لمدى واسع من الفواكه والخضراوات في عدد من المنشورات (publications) (kader, 1992; Snowdon and Ahmed, 1981 Thompson, 1996; pre cooling)، من المهم بعد التبريد المبدئي (pre cooling)، من المهم المحافظة على سلسلة التبريد (cold chain) طوال فترة حياة المنتج (المخزن). ويعني هذا أن يتم التبريد خلال النقل (transportation) (Eksteen, 1998) والتخزين، ويفضل

المحافظة عليه (التبريد) أثناء البيع بالتجزئة (retailing) وفي منازل المستهلكين. نموذجياً، تكون حاويات النقل البري والبحري (road & sea containers) مبردة، كما الوحدات التخزينية (storage units) الموجودة في مراكز المصدرين والموردين وموزعي البيع بالتجزئة (exporters, importers and retail distrbution centers). نادراً ما يبرد النقل الجوي (air freight) ويعتمد على التبريد المسبق (المبدئي precooling) والتعبئة والتغليف الجيد المعزول (good pack insulation) وسرعة النقل؛ للمحافظة على جودة كافية ومعقولة (adequate quality) (Frith, 1991). وتميل سلسلة التبريد للانقطاع (to be broken) في مخازن البيع بالتجزئة (retail store) حيث نادراً ما تعرض الفواكه والخضراوات في كبائن مبردة (chilled cabinets).

(٧,١٠,٢) السيطرة على (ضبط) الرطوبة Control of Humidity

تبرد معظم مخازن التبريد (cool stores) أو الحاويات المبردة (refrigeratsd containes) بأنظمة التمدد المباشر (direct expansion system) (Thompson, 1992). عادة، المراوح مهمة لتدوير هواء التخزين/المخزن (storage air) فوق سلسلة أنابيب التبخير الملفوفة (evaporator coils) ومن ثم خلال المحصول في حيز التبريد (cooling space). تزال الحرارة من حيز التبريد عندما يسمح لغاز التبريد (refrigerant gas) بالتمدد في أنابيب التبخير الملفوفة. يصاحب انحدار (الفرق في) الحرارة (temperature gradient) بين الأنابيب الملفوفة والمحصول نقص في ضغط البخار (vapour pressure deficit)، والذي يرفع فقد الماء من المحصول. ولتقليل فاقد الماء أثناء التخزين لفترات طويلة، من المهم أن يكون الفرق في درجة حرارة الأنابيب الملفوفة ودرجة حرارة تخزين المحصول بسيطاً قدر المستطاع. للمحاصيل المعرضة لفقد الماء بصفة خاصة، مثل الخضراوات الورقية، قد يستخدم نظام تبريد غير مباشر (indirect cooling system). يبرد هواء التخزين

(storage air) إلى حوالي ١-٢°م ويرطب إلى رطوبة نسبية (RH) أعلى من ٩٨٪ بتمريره خلال دش (shower) ماء بارد (cold water) قد سبق تبريده بالتبريد الميكانيكي/ الآلي (mechanical refrigeration).

(٧,١٠,٣) السيطرة على الإيثلين Control of Ethylene

قد يستحث الإيثلين الشيخوخة ويكون سبباً لظهور عدد من الاعتلالات كما هو موصوف في القسم (١. ٦. ٧). الإدارة الجيدة للمخازن مهمة لضمان عدم تخزين الفواكه التي تكون في مرحلة النضج مع الفواكه غير الناضجة أو غيرها من المحاصيل الحساسة للإيثلين (Dover, 1989). تحتوي غازات العادم (exhaust gases) من المركبات على الإيثلين، وعليه، يجب أن تحفظ جيداً، كما يجب إبعاد هذه المركبات عن مخازن المحاصيل. للفواكه والخضراوات التي تنتج فقط، قليلاً من الإيثلين، تكون التهوية الكافية (adequate ventilation) من مصدر هواء نظيف، عادة، كافية لحفظ الإيثلين بمستويات مأمونة (safe levels). وعندما تكون التهوية غير كافية للمحافظة على مستويات الإيثلين، يمكن إتلاف الإيثلين بالأكسدة. يمكن تمرير الهواء المخزن فوق مركب الأكسدة (oxidizing compound) مثل بيرمينجنات البوتاسيوم (potassium permanganate) المحمولة على مادة خاملة (inert substrate). وعوضاً عن ذلك أو بدلاً من ذلك، تستخدم الأشعة فوق البنفسجية (ultraviolet (uv) light) تجارياً لإتلاف الإيثلين. تولد الأشعة فوق البنفسجية الأوزون (ozone)، ويعتقد أن الإيثلين يتلف بمركبات وسيطة نشطة (active intermediates)، والتي تنتج أثناء تكون الأوزون (Reid, 1992). و أيضاً، يمكن إتلاف أو تحطيم الإيثلين باستخدام محولات تحفيزية (catalytic converters) بتسخين الهواء إلى ما فوق ٢٠٠°م في وجود مادة محفزة للتفاعل مناسبة (suitable catalyst) مثل البلاتينوم (knee *et al.*, 1985).

(٧,١٠,٤) ضبط أضرار (اعتلالات) التبريد وتعرق درجة الحرارة المنخفضة
Control of Chilling Injury and Low Temperature Sweetening

بدرجة كبيرة، قد تحد أضرار التبريد في المحاصيل الاستوائية وشبه الاستوائية (tropical & sub-tropical crops) من استخدام التبريد بدرجات حرارة أعلى من درجة التجميد (well above freezing). تعتمد أضرار التبريد ليس فقط على درجة الحرارة، ولكن على طول فترة التعرض لدرجة الحرارة تلك. يعتقد بأن المراحل الأولى من تأثيرات التبريد الضارة، عكسية (reversible)، حيث تستطيع بعض المحاصيل تحمل درجات حرارة التبريد لفترات قصيرة بدون ظهور أعراض. وتوجد عدة طرق للحد من أضرار التبريد (Wang, 1991). وتشمل هذه خفضاً تدريجياً في درجات حرارة التخزين، أو التدفئة المتقطعة (intermittent warming) أثناء التخزين (مثل الخوخ والنكتارين/الدراق nectarines and peaches). قد تصبح بعض الفواكه، مثل المانجو والأفكادو، أقل عرضة للبرودة عندما تحفظ في جو معدل ومناسب (appropriate modified atmosphere).

(٧,١١) المحافظة على جودة المنتجات الطازجة: التخزين في جو متحكَّم فيه
Maintaining the Quality of Fresh Produce: Controlled Atmosphere (CA) Storage

يمكن السيطرة على التنفس في كثير من المحاصيل بخفض مستويات الأكسجين في المخزن و/ أو برفع مستويات ثاني أوكسيد الكربون. ويعرف هذا بالتخزين في جو متحكم فيه (controlled atmosphere (CA) storage) وقد تمت مراجعة استخدام هذا التخزين مع الفواكه والخضراوات من قبل ثمبسون (Thompson, 1998). وتوجد في كثير من الاستعراضات الأدبية العلمية قوائم بتوصيات أحوال وظروف التخزين في جو متحكم فيه لمدى واسع من المحاصيل (Kader, 1997, Meheriuk, 1990). وقد كان الـ CA قيد الاستخدام منذ

وقت بعيد كوسيلة لإطالة فترة تخزين (صلاحية) التفاح لأوقات أطول مما يتحقق بالتبريد فقط، حيث قد تصل إلى ١٠ شهور لبعض الأصناف، مثل صنف الجراني سميث (Grany Smith) (Meheriuk, 1990). ويكون التخزين في جو متحكم فيه (CA) مفيداً لتبريد المحاصيل الحساسة، فقد لا يعطي التبريد بمفرده عمراً تخزينياً كافياً (فترة صلاحية كافية). يتزايد الآن ترحيل الموز في جو متحكم فيه (نموذجياً ٣٪ أكسجين و٥٪ ثاني أكسيد كربون) مما يحقق خفض معدلات النضج المبكر والسيطرة على (منع) مرض عفن التاج (crown rot disease). يمدد التخزين في جو متحكم فيه فترة تخزين البصل بشكل كبير، وذلك لآثاره المثبطة للتبرعم (inhibitory effect on sprouting). وعلى أي حال، إنشاء هذه التقنية مكلف جداً ويتطلب تقنيين جيدي التدريب (well trained technical staff) لتشغيلها بشكل فعال (operated effectively).

قد يكون لمستويات ثاني أكسيد الكربون أثر مثبط مباشر على ممرضات معينة. ويعتمد الحد الأعلى لمستويات ثاني أكسيد الكربون على حساسية المحصول (sensitivity of the crop). لكثير من محاصيل العناب أو التوت (berry crops) قدرة تحمل عالية (high tolerance) لثاني أكسيد الكربون، على سبيل المثال، يحفظ الكشمش الأسود المعد للتصنيع أو المراد تصنيعه عصيراً، في جو ثاني أكسيد كربون ٤٠٪. تقلل المستويات الأعلى من ١٥٪، حدوث العفن الرمادي (grey mould) في الفراولة وتوت العليق (raspberry) والكرز والعنب بدرجة ملحوظة ومعنوية (Kader, 1997)، ويتزايد الآن استخدام تركيبات التخزين في جو متحكم فيه بحجم صغير (small scale CA storage structures) في هذه المحاصيل.

(٧,١٢) المحافظة على جودة المحاصيل الطازجة: التغليف
Maintaining the Quality of Fresh Produce: Packaging

(٧,١٢,١) العبوات التقليدية Conventional Packs

من المهم تقليل الإتلاف الفيزيائي للمحاصيل الطازجة إذا رغب في أن يكون لها فـترة صـلاحية مثلـى (optimal shelf-life). إن اسـتخدام التغليـف المناسـب (suitable packaging) أمـر حيـوي وفي غايـة الأهميـة فيمـا يتعلـق بفـترة الصـلاحية (Thompson, 1996). إن أكثر أنـواع التغليـف شـيوعاً في هـذا القطـاع هـو اسـتخدام كـراتين الفيبربـورد كراتين الرقائق الليفية (fibreboard cartoon)، وعلـى أي حـال، تحتـاج معظـم المحاصـيل لتغليـف داخلـي إضـافي (additional internal packaging)، علـى سـبيل المثـال، لفـائف مناديـل ورق (tissue paper wraps) وأطبـاق (trays) وكاسـات (cups) أو وسـائد (pads)، ذلك لتقليل الإتلاف بسبب الكشط، والاحتكاك (abrasion). وللفواكه الناعمة الرقيقة جـداً (delicate fruits)، تسـتخدم أغلفـة رقيقـة ذات طبقـات أقـل نسـبياً مـن الفاكهـة، لتقليـل الإتـلاف بالضـغط (compression damage). يمكـن اسـتخدام أطبـاق مقولبـة (بأشكال) (moulded trays) والتي تفصل القطع الفردية للمحاصيل عن بعضها البعض. ويمكـن تغليـف (لـف) الفاكهـة فرديـاً (منفصـلة) في مناديـل أو أوراق شمعيـة (waxed paper). يحسـن مثـل هـذا التغليـف الوقايـة الفيزيائيـة (physical protection)، وكـذلك، يقلـل مـن انتشـار الكائنـات الممرضـة داخـل العبـوة. يوجـد وصـف مفصـل لتصـميمات الصناديق (detailed box designs) في الـ (ITC (1988).

(٧,١٢,٢) التعبئة تحت الجو المعدل Modified Atmosphere Packaging (MAP)

اسـتخدمت الأفـلام المبلمـرة (polymeric films) لتغليـف المحاصـيل الطازجـة لأكثـر مـن ٣٥ سـنة، وقـد حقـق ذلـك عـدة فوائـد تشـمل السـيطرة علـى فقـد المـاء والوقايـة مـن الاحتكاك/السـحج الجلـدي (skin abrasion) وتقليـل تلـوث المحصـول

أثناء التداول. وأيضاً، توفر الأفلام حاجزاً يمنع انتشار العفن (decay) من وحدة إلى أخرى (Kader, *et al.*, 1989).

وتمكن هذه الأفلام، أيضاً، من حركة غازات التنفس، ويعتمد ذلك على نفاذية الفيلم النسبية (relative, permeability of the film). وقد يؤدي هذا إلى خفض الأكسجين وزيادة ثاني أكسيد الكربون داخل العبوة. وكما في التخزين في جو متحكم فيه (CA storage)، فإن هذا يقلل تنفس المحصول ويمدد فترة الصلاحية. يتم ترحيل الموز، عادة، في أكياس بولي إثايلين مغلقة (sealed polyethylene bags). وقد ذكر أنه إذا ما تحقق محتوى غاز بنسب ٢٪ أكسجين و٥٪ ثاني أكسيد كربون، فإن فترة الصلاحية ستمدد خمسة أضعاف (extended five-fold) (Shorter *et al.*, 1987).

يمكن خلق جو معدل داخل العبوة بطريقتين. الطريقة الأولى: التعديل النشط (active modification) ويتضمن تكوين تفريغ بسيط (light vacuum) داخل العبوة، ومن ثم استبدال الجو بخليط الغاز المطلوب أو المرغوب (desired gas mixtures)، ويمكن إضافة ممتصات الأكسجين وثاني أكسيد الكربون أو الإيثلين داخل العبوة للسيطرة على تركيز هذه الغازات. الطريقة الثانية: في أنظمة التعديل غير المباشرة (passive modification)، يتم الحصول على الجو (المطلوب) من خلال تنفس المنتج داخل العبوة. يعتمد الجو المتوازن النهائي (final equilibrium atmosphere) على خصائص المنتج ومادة التغليف (Kader *et al.*,1989). السيطرة على درجة الحرارة مهمة جداً مع التغليف في جو معدل (MAP)، إذ إن ذلك سيؤثر على نفاذية الفيلم للغاز (gas permeability)، وبالمثل يؤثر على معدل تنفس المنتج. وأحد عيوب أو مساوئ الـ MAP هو احتمال انخفاض مستويات الأكسجين بدرجة كبيرة مما يسبب إنتاج روائح غير مرغوبة وغير مقبولة بسبب تخمر الأنسجة.

(٧,١٣) الاتجاهات المستقبلية

Future Trends

(٧,١٣,١) المنتجات المحدودة التصنيع والتعبئة في الجو المعدل

Minimally Processed Products and MAP

مـن أكثـر الاتجاهـات أو التوجهـات نمـواً في بيـع الأغذيـة بالتجزئـة التوجـه نحـو الأغذيـة مسـبقة الإعـداد (ready prepared foods). يلاحـظ هـذا في قطـاع المحاصـيل/ المنتجات الطازجة، في تزايد ونمو مبيعات (growing sales) ما يعرف بالسلطات المقطعة وهي في حالتها الطازجة (fresh cut) أو الأقل تصنيعاً (fresh cut or minimally processed salads). وهناك حاجة لتطورات جديدة في التغليف في جـو معـدل لمنـع التـدهور السـريع الذي يحدث بمجرد تقطيع المنتج لفتحـه (cut open) (Day, 1996, Day and Gorris, 1993). وحتى الآن، بقيت تطورات الحلول الجديدة للتغليف في جـو معـدل، كنـوع مـن الفـن (something of an art)، مع الاختيار المعتمد على التجربة والخطأ. قادت محاولات وضع تصـميمات للتغليـف في جـو معـدل، علـى أسـاس نظـري، في أكثـر الأحـوال (more theoretical basis)، إلى تطـوير عـدد مـن النمـاذج (المـوديلات). وعلـى أي حـال، يعتبر التطبيق العام لهذه النماذج محدوداً بسبب تعقيـدات الأنظمـة المسـتخدمة (Kader *et al.*, 1989). مـع التوسـع المسـتمر في قـوى الحسـاب الآلـي، أي قـوى الحسـابات الرياضـية المتـوافرة (computing power available)، سـيتم تطـوير نمـاذج رياضـية يمكـن اسـتخدامها بنجاح تنبئ بحلول للـMAP مناسبة، في نهاية الأمر.

ستسـرع التطـورات في الـMAP نتيجـة لتـوافر أفـلام تجاريـة لمـا يعـرف بـالتغليف النشـط (active packaging)، علـى سـبيل المثـال، أفـلام البـوليمر (polimer films) الـتي أصـبحت أكثـر نفـاذا لغـازات التـنفس عنـدما تكـون درجـات الحـرارة عاليـة (Day and Gorris, 1993). قـد يشـمل التغليـف مكونـات تبعـد الرائحـة (aroma) أو الـروائح غـير المقبولـة وتكسـح الأكسـجين (O_2 scavenge) والإيثـايلين أو بخـار المـاء، أو تنفـث (emit)

ثاني أكسيد الكربون أو أبخرة مواد حافظة أخرى (Robertson, 1991, Wills *et al.*, 1998) (other preservative vapours). قد يكون لتركيبات الغازات الابتكارية (الجديدة novel gas) (combinations) مثل الأكسجين والأرجون (argon) أو النيون (neon) استخدامات مفيدة في هذا الحقل (Day, 1996).

(٧,١٣,٢) تقنيات على خط الإنتاج للتدريج غير المتلف وتقييم فترة الصلاحية

On-line Technologies for Non-Destructive Grading and Shelf-Life Evaluation

سوق آخر ذو أهمية متعاظمة هو سوق (المأكولات) الجاهزة للأكل (ready-to-eat market) حيث تقود/توجه بطاقة المنتج (product label) المستهلك ليتوقع فاكهة ناضجة نضوجاً تاماً وصالحة للاستهلاك الفوري (immediate consumption). ولضمان جودة (تجعل المنتج) منتجا جيدا للأكل (good eating quality) مع تقليل فواقد ما بعد الحصاد، يلزم تطوير أجهزة اختبار جودة غير متلفة وعملية (robust non-destructive quality testing equipment) لتستخدم في خطوط التعبئة والتغليف. سيستخدم هذا النوع من الأجهزة للكشف عن العيوب الخارجية والداخلية، أيضاً، وبذلك، يتم تقليل تكاليف العمالة (Labor costs) في بيت (مصنع) التعبئة (packhouse).

العلوم الفيزيائية التي تقف خلف كثير من التقنيات غير المكلفة، لتقييم الجودة الداخلية للمحاصيل الطازجة، مثل استخدام الأشعة تحت الحمراء القريبة (near infrared) وتشتت أشعة إكس (x-ray scattering) والرنين الصوتي (acoustic resonance) ... إلخ، تعتبر مفهومة جيداً (Chen and Sun, 1991). إن الهدف من تحويل العلوم إلى تقنيات قابلة للاستخدام التجاري داخل قطاع المحاصيل الطازجة قد أثبت أنه أمر محير وصعب (غير قابل للتحقيق). قد تقاس عوامل النكهة، مثل محتوى السكر في النهاية وبشكل روتيني، باستخدام الأشعة القريبة تحت الحمراء (Peiris *et al.*, 1999). قد يتم تقييم مستويات رائحة/ نكهة (aroma profiles) الفواكه باستخدام تقنية الأنف

الإلكترونـي (electronic nose technology) اعتمـاداً علـى التحاليـل الإلكترونيـة (البوليميرية (polymer arrays)) الـتي لهـا حساسية للمركبـات الطيـارة (sensitive to volatile compound) (Russell, 1995). في أوقـات تـأليف هـذا الكتـاب، كـان وقـت استجابة (response time) هذا الجهاز بطيئاً جداً، مما يجعله غير عملي الاستخدام (to be of practical use)، بمعنى آخر، أنه يعمل في حدود دقائق عوضاً عن أن يكـون عمله في ثوانٍ. يمكـن تضـمين بعـض هـذه المعلومـات الإضـافية في البطاقـة الموجـودة علـى خـط الإنتاج (on-line)، ربما الإفادة عن فترة الصلاحية المتوقعة والنسبة المئوية لمحتوى السكر لكل منتج بمفرده.

تتطـور تطبيقـات (اسـتخدامات) الرؤيـة الآليـة (machine vision application) للكشـف عـن التشـوهات الخارجيـة بـاطراد لتصـبح تجاريـة (Tillett, 1991, Yang, 1992) (toward commercialization). ومن بين التقنيات الجديدة الـتي تم تطويرهـا للكشـف غـير المتلـف، عـن العيـوب الداخليـة توموغرافيـا أشـعة إكـس (التصـوير المقطعـي بأشـعة X) المعتمـدة أو المدعومـة بالحاسـب الآلـي (computer-aided x-ray tomography) والتصـوير بالرنين المغناطيسي الذري (nuclear magnetic resonance (NMR) imaging). وتعتمد هذه التقنيـات علـى قيـاس الفروقـات في كثافـة الأنسـجة أو حركـة البروتونـات (proton mobility)، علـى التـوالي. ويمكـن أن تسـتخدم، علـى سـبيل المثـال، للكشـف عـن التجـاويف cavities، أو تمـزق (انفجـار) الأنسـجة (tissues disruption) الـذي تسـببه الحشـرات، أو تطـور الأمـراض، أو الاعـتلالات في أطوارهـا المتـأخرة (developmental disorders) (Wills *et al.*, 1998).

(٧,١٣,٣) استبدال المواد الكيميائية ما بعد الحصاد

Replacements for Post-Harvest Chemicals

يوجد في كثير من الأقطار اتجاه قوي نحو خفض أو تقليل اسـتخدام الكيميائيـات في البسـتنة (horticulture)، بمـا في ذلـك اسـتخدام مبيـدات فطريـات مـا بعـد الحصـاد

ومثبطات التبرعم ومضادات الأكسدة للسيطرة على مرض السفح أو الاحتراق (scald control). ويتزايد استعداد المستهلكين لدفع مبالغ أكبر للمنتجات العضوية (organic products)، ويشجع قطاع البيع بالتجزئة هذا التوجه (Geier, 1999). وعامل آخر، وربما الأهم في توجه خفض استخدام كيميائيات ما بعد الحصاد، هو تصاعد (زيادة) تكاليف صناعة الكيميائيات الزراعية فيما يتعلق بتسجيل (registration) مبيدات الآفات الجديدة (new pesticides) أو إعادة تسجيل (re registration) المبيدات المستخدمة حالياً (Crossley and Mascall, 1997). يعتبر سوق استخدام مبيدات آفات ما بعد الحصاد للفواكه والخضراوات سوقاً صغيراً جداً مقارنة باستخدامات ما قبل الحصاد لمحاصيل العالم الرئيسة (major world crops) مثل الحبوب (cereals) والحبوب الزيتية (oilseed crops). ألغى كثير من المنتجين اختيارياً (voluntarily deregistered) كثيراً من منتجاتهم المسجلة للاستخدام ما بعد الحصاد، و تم إلغاء تسجيل منتجات أخرى من قبل الجهات النظامية (regulatory bodies)، على أساس البيانات الصحية وبيانات المأمونية الجديدة (new health and safety data). في عام ١٩٩٤م بدأ الاتحاد الأوروبي (EU) عملية الاتفاق (harmonizing) على تحديد أقصى مستويات البقايا (maximum residue levels (MRLs)) كتوليفة لكل محصول/ مكون نشط مبيدات (crop/ pesticide active ingredient) يتم استخدامه عبر أقطار الاتحاد. وحيث توجد كيميائيات خارج التسجيل (الترخيص) (out of patent) ولا ترغب الشركة المنتجة للمادة الكيميائية (chemical company) في دفع تكاليف متطلبات البيانات الجديدة، فإن المكون/ المكونات الفعالة (active ingredient) قد تم منعها (banned). إن تبعات أوضاع استخدام هذه المبيدات في أوروبا (implications of this pesticide harmony in Europe) أمر جدي وشديد الخطورة للصناعة البستانية الأوروبية (European horticulture industry) وبالمثل للمزارعين الدوليين (International growers) المصدِّرين لأوروبا (Exporting to Europe) (Aked and Handerson, 1999).

ومـن الواضـح أن قطـاع المحاصـيل الطازجـة يحتـاج، بشـكل عاجـل، بـدائل لكيميائيات ما بعد الحصاد، وإن تطورات هـذه التقنيـات سـتنمو في المسـتقبل. ومـن بـين التقنيات المستخدمة حالياً (أو التي تتطور) تقنية التخزين في جو معـدل (MAP)، علـى سبيل المثال، معالجة مرض السفح في التفاح (scald apples) (Dover, 1997)، والمعالجات الفيزيائية مثل الحرارة (Barkai- Golan and Phillips, 1991)، واستخدام عوامل السيطرة الحيويـة (biocontrl agents) (koomen, 1997) والكيميائيـات الطبيعيـة (natural chemicals)، مثـل المستخلصـات النباتيـة (plant extracts) وطـرق اسـتحثاث المقاومـة الطبيعية لأمراض (natural disease resistance) المحاصيل، مثل تطبيقـات الأشـعة فـوق البنفسجية (Joyce and Johnson, 1999).

أحد الكيميائيات الجديدة، والذي سيحصل على موافقة باستخدامه مستقبلاً، على المحاصيل الطازجة، هو المثبط الغـازي (gaseous inhibitor) لتـأثير الإيثلين، أي الـ ١- ميثايـل سـايكلوبروبين ((1-methylcyclopropene (I-MCP). يثبط الـ I-MCP إنضـاج الفواكه اللكليماكترية (التي تكون في مرحلة تحـول حرجة، (climacteric fruit)) وشيخوختها المحفزة بالإيثلين (ethylene-stimulated senescence)، ويكـون هـذا المركـب فعـالاً عنـد تركيـزات منخفضة جداً (جزء من البليون) (Serek *et al.*, 1995).

(٧,١٣,٤) زيادة التركيز (الاهتمام) بالجوانـب الصـحية لاسـتهلاك المحاصـيل الطازجـة

Increased Emphasis on Health Aspects of Fresh Produce Consumption

شجع المستشارون التغذويون الحكوميون المستهلكين، منذ وقت بعيد، على زيادة استهلاك المحاصيل الطازجة، استناداً إلى أن هـذه الأغذيـة مصـادر غذائيـة حيويـة لعناصر معدنية وفيتامينات معينة. وعلى أي حـال، يُعتقـد الآن علـى نطـاق واسـع، أن

استهلاك مستويات عالية من المحاصيل الطازجة قد يمنع أمراضاً قاتلة، مثل السرطان وأمراض القلب (Joshipura *et al.*, 2001, Wallstorm *et al.*, 2000).

وحيث إن مزيداً من التطورات والتقدم قد تم في فهم العلاقة بين الغذاء والمرض، فمن المحتمل أن تصبح القيمة التغذوية للفواكه والخضراوات عامل جودة مهماً. وعليه، فإن المحافظة على المكونات الكيميائية المفتاحية (الأساسية) التي لها فوائد صحية معينة، خلال كل فترة التخزين، يشكل تحديات إضافية لتقنيي ما بعد الحصاد (post-harvest technologist).

(٧,١٣,٥) الفواكه والخضراوات المحورة وراثياً

Genetically Modified (GM) Fruit and Vegetables

بالرغم من تحفظات الجمهور فيما يتعلق بتقبلهم للمحاصيل المحورة/المهندسة وراثياً، إلا أنه من المنظور والمحتمل أن تتوافر المنتجات المحورة وراثياً (مثل المتغير لونها (altered color) ونكهتها أو خصائصها التغذوية) في الأسواق في المستقبل. قد تتغير الخواص الجديدة في منتج ما لاستجابته للتخزين مما يتطلب معالجات جديدة للمحافظة على جودته. وقد وجهت التغيرات الوراثية مسبقاً، نحو خفض تغيرات الجودة غير المرغوبة. إن أول منتج محور وراثياً تم تسويقه هو طماطم الفلافرسافر (Flavrsavr tomato) والذي تمت هندسته باستخدام تقنية الآر إن أ (غير المحسوسة) (antisense RNA technology)، وذلك من أجل خفض مستويات عديد الجالاكتيورينيز (polygalacturonase) (Fuchs and Perlak, 1992). وقد أدى هذا التحوير إلى إطالة فترة صلاحية الطماطم بمنع التليين الزائد (excessive softening) الذي يصاحب النضج المفرط الزائد (over-ripening). وقد عولجت فواكه أخرى، مثل الطماطم والبطيخ، لخفض تصنيع الإيثلين.وقد يكون لهذه الفواكه فترات صلاحية ممتدة بدرجة كبيرة. وقد عولجت قابلية الفواكه للتلف واعتلالات ما بعد الحصاد في كثير من المحاصيل، على

سبيل المثال، فقد تم خفض نشاط أنزيم البولي فينول أُكسيديز (polyphenol oxidase activity) في الطماطم (Bachem *et al.*, 1994) وإزالة الحساسية (القابلية) للخدش (removing sinsitivity to bruising). وتسعى أبحاث أخرى حول العالم لنفس الفعل في مدى واسع من المحاصيل، تشمل الأناناس (pineapples) والتفاح والخس والعنب، وذلك لمنع مدى من تفاعلات الاستمرار (range of browning reactions) التي تصاحب الجروح الفيزيائية والفسيولوجية (Thwaites, 1995). وهناك طرق أخرى يمكن بها تمديد فترة صلاحية المحاصيل الطازجة، وراثياً، على سبيل المثال، بتحفيز تصنيع المركبات المضادة للميكروبات (synthesis ant microbial compounds).

(٧,١٤) الاستنتاجات
Conclusions

قطاع المحاصيل الطازجة سوق نامٍ تحركه تحسينات الجودة والتنوع والتوافر طوال أيام السنة. على الصناعة أن تلبي، بصفة دائمة، متطلبات الجودة العالية، وأن يترافق ذلك مع تكاليف العمالة (labor cost) العالية والاهتمام بخفض المدخلات الكيميائية (chemical inputs)، وذلك في حالة ما قبل وما بعد الحصاد ومتطلبات السوق للمنتجات المحضرة الجاهزة (ready prepared products). ومن أجل استمرار النمو، على الصناعة أن تكون مستعدة لتطبيق مدى واسع من التقنيات لتمكنها من تمديد فترة صلاحية (المنتجات) مع المحافظة على الجودة؛ لذا، هناك حاجة للأبحاث والتطوير المستمرين وعلى نطاق العالم، وذلك لإيجاد طرق محسنة لزيادة ثباتية وفترة صلاحية الفواكه والخضراوات. وقد يتحقق كسب ثقة المستهلك، وقد يكون التحوير الوراثي (الهندسة الوراثية) مفتاح التغيرات الدراماتيكية في معالجات فترة صلاحية المنتجات الطازجة في المستقبل.

ويمكن استنتاج أن الذين يرغبون في تحسين السيطرة على جودة المنتجات الطازجة يحتاجون لقاعدة واسعة من المعرفة والعلم، تشمل جوانب فسيولوجيا البستنة (horticulture physiology) والكيمياء الحيوية وأمراض النبات (plant pathology) والبيولوجيا (الأحياء) الجزيئية (molecular biology). ويحتاجون، أيضاً، أن يعتادوا على مدى واسع من التقنيات والإستراتيجيات الإدارية (management strategies) تتراوح من خيارات التعبئة والتغليف (packaging options) إلى إدارة سلاسل التبريد (cool chain management). وما زالت المحافظة على جودة المنتجات الطازجة باقية كتحدٍّ لكل من أسواقها وصناعاتها، ولكن في نفس الوقت باقية كنشاط فاتن ساحر (رائع) (fascinating activity).

(٧,١٥) مصادر المعلومات المستقبلية والنصح
Sources of Future Information and Advice

(٧,١٥,١) المنظمات (المؤسسات) البحثية Research Organization

بسبب العدد الكبير للمنظمات التي تجري أبحاثاً في جودة المنتجات الطازجة على نطاق العالم، فقد حد المؤلف المراجع بالمؤسسات البريطانية فقط (UK. establishments). والمنظمات التالية مهتمة ومشغولة بالأبحاث المتعلقة بالتخزين وفترة صلاحية المحاصيل الطازجة. وقد تقدم المنظمات التي ما زالت في القطاع العام (public sector) (يصرف عليها بدرجة ما)، بعض النصائح والمعلومات مجاناً. وأما تلك التي تصرف عليها الصناعة بدرجة كبيرة، فإنها عادة ما تقدم المعلومات بالمقابل المادي، وقد تقدم البيانات العلمية للذين يدفعون من الأعضاء: Campden and Chorleywood Food Research Association, Chipping Campden, Glouces Tershire GL 55 6 LD, UK: تقدم هذه المنظمة البحثية التي ترعاها الحكومة والصناعة، برامج

أبحاث وتدريب في جوانب تعبئة وتغليف المحاصيل الطازجة في جو معدل (MAP) وجوانب الهاسب HACCP.

Institute of Food Research, Norwich Research Park, Colney, Norwich HR4 7UA, UK: وهذه منظمة أبحاث تتلقى هبات (grants) من مجلس الأبحاث العلمية الحيوية والتقنية الحيوية (Biotechnology and Biological Sciences Research Council) ، تقوم بإجراء أبحاث أساســـــية وإستراتيجية في قضايا مأمونية الأغذية (food safety) والجودة والتغذية والكيمياء.

منظمة أبحاث البساتين العالمية (المكتب الرئيسي) ويليسبورن Horticulture: Research International (Headquarters), Wellesbourne هذه منظمة أبحاث حكومية متعددة المواقع (multisite) لها عدة مجموعات تجري أبحاثاً لزيادة وتمديد قدرة تخزين فواكه وخضروات المملكة المتحدة.

جمعية ليذرهيد لأبحاث الأغذية (لجنة الفواكه الخضراوات) Leatherhead Food Research Association (Fruit and Vegetable Panel) Randalls Road, Leatherhead, Surrey KT22 7RY, UK: هذه منظمة أبحاث ترعاها الصناعة ، ولها لجنة لمنتجات الفواكه والخضراوات وبعض برامج جمعية أصحاب الشحن المبرد لأبحاث التدريب المتعلقة بصناعة المحاصيل الطازجة.

Ship owners Refrigerated Cargo Research Assocation, 140 Hewmarket Road, Cambridge CB5 8HE, UK: وهذه جمعية ترعاها الصناعة وتجري أبحاثاً في السلع المشحونة التي تشمل المحاصيل الطازجة.

معهد سيلسو للأبحاث Silsoe Research Institute, Wrest Park, :Silsoe, Bedford MIC45 4HS, UK ويتم الصرف على هذا المعهد من قبل الحكومة ، ويجري أبحاثاً متعلقة بالخواص الفيزيائية للمحاصيل الطازجة وتقنيات الاختبارات غير المتلفة

(machine vision technology) وتقنية الرؤية الآلية (nondestructive testing techniques) للحصاد، وتدريج المنتجات البستانية.

منظمات القطاع الجامعي (University Sector Organization): معروفة للمؤلف أنها تجري أبحاثاً و/ أو تقدم تدريباً في جوانب تمديد فترة صلاحية المنتجات الطازجة:

Grandfield University at Silsoe (Post Harvest Technology Laboratory) Silsoe, Bedford MK45 4DT, *Natural Resources Institute* (Postharvest Horticulture Group), University of Greenwich, Chatham, kent ME4 4TB, *Notingham University* (plant sciences Division), Sutton Ponnington Campus, loughborough LE12 5RD; *Reading University* (Department of Agricultural Botany), Reading, Berkshire RG6 6AS; *Scottish Agricultural Collage* (Food Systems Division), Craibstone Estate, Buckburn, Aberdeen AB21 9YA; *Writtle College*, University of Essex, Chelmsford, Essex CMI 3RR; *Wye college*, University of London (Department of Agriculture and Horticulture), Ashford, kent TH25 5AH.

(٧,١٥,٢) مصادر مكتوبة وإلكترونية Written and Electronic Sources

يجب الرجوع للكتب التالية للاسترجاع والنظر في بيولوجيا المحاصيل الطازجة وتقنيات ما بعد الحصاد المناسبة، للفواكه والخضراوات.

Kader, 1992; kays, 1991; Thompson, 1996, Weichmann, 1987, Wills *et al.*, 1998.

تنشر مجلات الـ *Post Harvest Biology and Technology* والـ *Scientia Horticulture* (Elsevier) والـ *Postharvest News and Information* (CABI Publishing) أوراقاً علمية في المحاصيل البستانية (horticultural produce). ويمكن إيجاد أوراق استرجاعية ومستخلصات لأوراق مناسبة (للموضوع) في منشورات الـ سي أب العالمية (CAB International publication) ومنشورات الـ *Postharvest News and Information* Center.

أنشأ الـ Postharvest News and Information Center، Department of Pomology, University of California, Davis, CA, USA. موقع الشبكة (الموقع الإليكتروني) التالي، والذي يوفر/يقدم حقائق حول المنتجات (المحاصيل) (produce fact sheet)، وحول خصائص تخزين الفواكه والخضراوات الطازجة وظروف تخزينها الموصى بها، ونشر

حقائق (fact sheets) حول الاعتلالات الفسيولوجية للفواكه والخضراوات . والموقع هو : http://postharvest. ucdavis. edu/.

وقد تم وضع كثير من المعلومات حول ما بعد الحصاد في الموقع الإليكتروني للفاو (FAO website) : http://www.fao.org/inpho/. يمكن للمشتركين في قائمة بريد مجلة ما بعد الحصاد (Subscribers to Postharvest Mailing List) أن يتبادلوا المعلومات مع غيرهم من مستخدمي الموقع. والتواصل مع posth@ hra.marc.cri.nz.

(٧,١٦) المراجع

References

AKED J and HENDERSON D (1999) 'Responding to the pesticide challenge', *Fresh Produce J,* 18 December, 6.

ANON (1984) 'Bitter pit development and control in apples' , *Deciduous Fruit Grower,* 34, 61-3.

BACHEM C W B, SPECKMANN G-J, VAN DER LINDE P C G, VERHEGGEN F T M, HUNT M D, STEFFENS J C and ZABEAU M (1994) 'Antisense expression of polyphenol oxidase genes inhibits enzymatic browning in potato tubers', *Bio-Technology,* 12,1101-5.

BALLS R C, GUNN J S and STARLING A J (1982) *The National Potato Damage Awareness Campaign,* London, UK, Potato Marketing Board, 32 pp.

BARKAI-GOLAN R and PHILLIPS D J (1991) 'Postharvest heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control', *Plant Disease,* **75** (11),1085-9.

BEATTIE B B, MCGLASSON W B and WADE N L (1989) *Postharvest Diseases of Horticultural Produce, Volume* 1. *Temperate fruit,* Melbourne, Australia, CSIRO Publications, 84 pp.

BEN YEHOSHUA S (1987) 'Transpiration, water stress and gas exchange', in *Postharvest Physiology of Vegetables,* ed Weichmann J, New York, Marcel Dekker, Chapter 6, 113-70.

BEUCHAT L R (1992) 'Surface disinfection of raw produce', *Dairy Food and Environ Sanitation,* **12** (1), 6-9.

BIALE J B (1960) 'Respiration of fruits', *Encyclopaedia Plant Physiol,* 12, 536-92.

BURTON W G (1989) *The Potato,* 3rd edition, Harlow, UK, Longman Group, 742 pp.

BURTON W G, VAN ES A and HARTMANNS K J (1992) 'The physics and physiology of storage', *The Potato Crop,* ed. Harris P, London, Chapman and Hall, Chapter 14, 608-727.

CHEN P and SUN Z (1991) 'A review of non-destructive methods for quality evaluation and sorting of agricultural products' *J Agric Eng Res,* 49, 85-98.

CLARKE B (1996) 'Packhouse operations for fruit and vegetables', in *Postharvest Technology of Fruits and Vegetables,* ed Thompson A K, Oxford, Blackwell Science, Chapter 7, 189-218.

COATES L, COOKE T, PERSLEY D M, BEATTIE B B, WADE N and RIDGEWAY R (1995) *Postharvest Diseases of Horticultural Produce, Volume* 2: *Tropical Fruit,* Brisbane, Australia, Queensland Department of Primary Industries, 86 pp.

CROSSLEY S J and MASCALL R P (1997) 'Pesticide residues - UK and EC legislation', *Postharvest News and Information,* 8 (3), 23-6N.

DAY B (1996) 'Novel MAP for fresh prepared produce', *Eur Food Drink Rev,* Spring, 73-80.

DAY B and GORRIS L G M (1993) 'Modified atmosphere packaging of fresh produce on the West-European market', *Internat Food Manufact, ZFL,* **44** (1/2), 32-7.

DENNIS C (1983) *Post-harvest Pathology of Fruits and Vegetables,* London, Academic Press, 264 pp.

DENNISON R A and AHMED E M (1975) 'Irradiation treatment of fruits and vegetables' , *Symposium: Postharvest Biology and Handling of Fruits and Vegetables,* Westport, Connecticut, AVI Publishing Company, 118-29.

DOVER C J (1989) 'The principles of effective low ethylene storage', *Acta Horticulturae,* 258, 25-36.

DOVER C J (1997) 'Strategies for control of scald without the use of chemical antioxidants' , *Postharvest News and Information,* 8 (3), 41-3N.

ECKERT J W and OGAWA J M (1988) 'The chemical control of postharvest diseases: Deciduous fruits, berries, vegetables and root/tuber crops', *Ann Rev Phytcpathol,* 26, 433-69.

ECKERT J W and OGAWA J M (1990) 'Recent developments in the chemical control of postharvest diseases', *Acta Horticulturae,* 269, 477-94.

EKSTEEN G J (1998) 'Transport of fruit and vegetables', in *Food Transportation,* eds Heap R, Kierstan, M and Ford G, Glasgow, Blackie Academic and Professional, Chapter 6, 111-28.

FEMENIA A, SANCHEZ E S and ROSSELLO C (1998) 'Effects of processing on the cell wall composition of fruits and vegetables', *Recent Res Developments in Nutrition Res,* 2, 35-46.

FOSTER A (1991) 'Consumer attitudes to irradiation', *Food Control,* 2,8-12.

FRANCIS F J (1980) 'Colour quality evaluation of horticultural crops', *Hortic Sci,* 15, 58.

FRITH J (1991) *The Transport of Perishable Foodstuffs,* Cambridge, Shipowners Refrigerated Cargo Research Association, 55-6.

FUCHS R L and PERLAK F J (1992) 'Commercialization of genetically engineered plants', *Curr Opinion in Biotechnol,* 3, 181-4.

GEIER B (1999) 'Organic trade is a growing reality', *Food and Drink Exporter,* 10, 12.

HARPER K A, BEATTIE B B, PITT J I and BEST D J (1972) 'Texture changes in canned apricots following infection of the fresh fruit with *Rhizopus stolonifer', J Sci Food Agric,* 23,311-20.

HIDE G A and CALEY G R (1987) 'Effects of delaying fungicide treatment and of curing and chlorpropham on the incidence of skin spot on stored potato tubers' , *Annal Appl BioI,* 110,617-27.

HOFMAN P J and SMITH L G (1994) 'Preharvest effects on postharvest quality of subtropical and tropical fruit', in *Postharvest Handling of Tropical Fruits,* International Conference, eds Champney BR, Highley E and Johnson G I, Canberra, Australia, ACIAR, 261-8.

ITC (1988) *Manual on the Packaging of Fresh Fruits and Vegetables,* International Trade Centre, UNCTAD/GATT Geneva.

JIMENEZ A, GUILLEN R, FERNANDEZ-BOLANOS J and HEREDIA A (1997) 'Factors affecting the "Spanish green olive" process: their influence on final texture and industrial losses', *J Agric Food Chem,* 45, 4065-70.

JOSHIPURA K J, HU F B, MANSON J E, STAMPFER, M J, RIMM E B, SPEIZER F E, COLDITZ A U, ASCHERIO A, ROSNER B, SPIEGELMAN D and WILLETT W C (2001) 'The effect of fruit and vegetable intake on risk for coronary heart disease' , *Annal Int M ed,* 134, 11 06-14.

JOYCE D C and JOHNSON G I (1999) 'Prospects for exploitation of natural disease resistance in harvested horticultural crops', *Postharvest News and Information,* 10 (3), 45-8N.

KADER A A (1985) 'Ethylene induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops', *HortScience,* 20, 54.

KADER A A (1992) *Postharvest Technology of Horticultural Crops,* University of California, Publication 3311, 296 pp. KADER A A (1997) 'A summary of CA requirements and recommendations for fruits other than apples and pears', *7th International Conference Controlled Atmosphere Research CA* '97, *Volume* 3: *Fruits other than apples and pears,* Davis, California, USA, 1-34.

KADER A A, ZAGORY D and KERBEL E L (1989) 'Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables', *Crit Rev Food Sci Nutr,* 28 (1), 1-30.

KASMIRE R F and THOMPSON J F (1992) 'Selecting a cooling method', in *Postharvest Technology of Horticultural Crops,* ed Kader AA, University of California, Publication 3311, Chapter 8 (III), 63-8.

KAYS S J (1991) 'Metabolic processes in harvested products' in *Postharvest Physiology of Perishable Plant Products',* New York, Van Nostrand Reinhold, 75-142.

KESTER J J and FENNEMA 0 R (1986) 'Edible films and coatings: a review', *Food Technol,* **40** (12), 47-59.

KNEE M, PROCTOR F J and DOVER C J (1985) 'The technology of ethylene control: use and removal in postharvest handling of horticultural commodities', *Annal Appl Biol,* **107** (3), 571-80.

KOOMEN I (1997) 'Biological control of postharvest diseases on fruit', *Postharvest News and Information,* 8 (3), 33-7N.

LAWLESS T H and HEYMANN H (1998) *Sensory Evaluation of Food - Principles and Practices,* London, Chapman & Hall.

LUND B M (1983) 'Bacterial spoilage', in *Post-harvest Pathology of Fruits and Vegetables,* ed Dennis C, Academic Press, Chapter 9, 219-57.

MACNISH A J, JOYCE, DC and SHORTER A J (1997) 'A simple non-destructive method for laboratory evaluation of fruit firmness', *Austral J Exp Agric,* **37,** 709-13.

MAFF (1996a) *EC Quality Standards for Horticultural Produce: Vegetables.*

MAFF (1996b) *EC Quality Standards for Horticultural Produce: Fresh Salads.*

MAFF (1996c) *EC Quality Standards for Horticultural Produce: Fresh Fruit.* MEHERIUK M (1990) 'Controlled atmosphere storage of apples: a survey', *Postharvest News and Information,* 1 (2) 119-21.

Minolta Co. Ltd. (1994) *Precise Colour Communication,* Minolta, Osaka 564, Japan, 49 pp.

MITCHELL E G (1992) 'Cooling methods', in *Postharvest Technology of Horticultural Crops,* ed Kader AA, University of California, Publication 3311, Chapter 8 (II), 56-62.

MORRIS L L and MANN L K (1955) 'Wound healing, keeping and compositional changes during curing and storage of sweet potatoes', *Hilgardia,* **24,** 143-83.

MORTON I D and MACLEOD A J (1990) 'Food flavours', in *The Flavour of Fruits,* Amsterdam, Elsevier, part C, 360 pp. O'CONNOR D (1979) *Onion Storage,* Grower Guides no. 2, London, Grower Books.

PATRICK R and HILL E C (1959) 'Microbiology of citrus fruit processing', *Bull Florida Agric Exp Station,* **618,** 62 pp.

PEIRIS K H S, DULL G G, LEFFLER R G and KAYS S J (1999) 'Spatial variability of soluble solids or dry-matter content within individual fruits, bulbs or tubers: Implications for the development and use of NIR spectrometric techniques', *HortScience,* **34,** 114-18.

PELEG K, BEN-HANAN U and HINGA S (1990) 'Classification of avocado by firmness and maturity', *J Texture Studies,* **21,** 123-39.

PHILLIPS C A (1996) 'Review: Modified atmosphere packaging and its effect on the microbiological quality and safety of produce', *Intemat J Food Sci Technol,* **31,** 463-79.

POLDERDIJK H W, TIJSKENS L M M, ROBBERS J E and VAN DER VALK H C P M (1993) 'Predictive model of keeping quality of tomatoes', *Postharvest Biol Technol,* **2,** 179-85.

PRANGE R, KALT W, DANIELS-LAKE B, LIEW C, WALSH J, DEAN P, COFFIN R and PAGE R (1997) 'Alternatives to currently used potato sprout suppressants', *Postharvest News and Information,* **8,** 37N-41N.

REID M S (1992) 'Ethylene in postharvest technology', in *Postharvest Technology of Horticultural Crops,* ed Kader AA, University of California, Publication 3311, Chapter 13, 97-108.

ROBERTSON G L (1991) 'The really new techniques for extending shelf-life', in *6th International Symposium, Controlled/Modified Atmosphere/Vacuum Packaging,* Princeton, NJ, USA, Schotland Business Research Inc, 163-81. RUSSELL P (1995) 'Sensory analysis', *Milk Ind Intemat,* **97** (5),11-12.

SALTVEIT M E and MORRIS L L (1990) 'Overview on chilling injury of horticultural crops', in *Chilling Injury of Horticultural Crops,* ed Wang C Y, Boca Raton, Florida, USA, CRC Press, 3-15.

SALUNKHE D K, BOLIN H R and REDDY N R (1991) 'Sensory and objective quality evaluation', in *Storage, Processing and Nutritional Quality of Fruits and Vegetables. Volume I: Fresh Fruits and Vegetables,* Boston, CRC Press, Chapter 9, 181-204.

SCHOUTEN S P (1987) 'Bulbs and tubers', in *Postharvest Physiology of Vegetables,* ed Weichmann J, New York, Marcel Dekker, Chapter 31, 555-81.

SEREK M, SISLER E C and REID M S (1995) 'Methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruits, cut flowers and potted plants', *Acta Horticulturae,* 394, 337-45.

SHARPLES R 0 (1984) 'The influence of pre-harvest conditions on the' quality of stored fruits', *Acta Horticulturae,* 157, 93-104.

SHORTER A J, SCOTT K J and GRAHAM D (1987) 'Controlled atmosphere storage of bananas in bunches at ambient temperatures', *CSIRO Food Research,* 47 (3), 61-3. SNOWDON A L (1990) *A Colour Atlas of Post-Harvest Diseases and Disorders of Fruits and Vegetables, Volume 1: General Introduction and Fruits,* Barcelona, Wolfe Scientific, 302 pp.

SNOWDON A L (1991) *A Colour Atlas of Post-Harvest Diseases and Disorders of Fruits and Vegetables, Volume* 2: *Vegetables,* Barcelona, Wolfe Scientific, 416 pp.

SNOWDON A L and AHMED A H M (1981) *The Storage and Transport of Fresh Fruits and Vegetables,* UK, National Institute of Fresh Produce, 32 pp.

SWINBURNE T R (1983) 'Quiescent infections in post-harvest diseases', in *Post-harvest Pathology of Fruits and Vegetables,* ed Dennis C, London, Academic Press, Chapter 1, 1-21.

THOMPSON A K (1996) *Postharvest Technology of Fruits and Vegetables,* Oxford, Blackwell Science, 410 pp.

THOMPSON A K (1998) *Controlled Atmosphere Storage of Fruits and Vegetables,* Wallingford, CAB International, 278 pp.

THOMPSON J F (1992) 'Storage systems', in *Postharvest Technology of Horticultural Crops,* ed Kader AA, 2nd edition, University of California, Publication 3311, Chapter 9,69-78.

THWAITES T (1995) 'Wave goodbye to discoloured fruit', *New Scientist,* 21 January, 24.

TILLET R D (1991) 'Image analysis for agricultural processes; a review of potential opportunities', *J Agric Eng Res,* 50, 247-58.

TUCKER G A (1993) 'Introduction', in *Biochemistry of Fruit Ripening,* eds Seymour G B, Taylor J E and Tucker G A, London, Chapman and Hall, 53-81.

VAN DER PLAS L H W (1987) 'Potato tuber storage: Biochemical and physiological changes', in *Potato. Biotechnology in Agriculture and Forestry* 3, ed Bajaj Y P S, Berlin, Springer Verlag, 109-35.

VAN DER VALK H C P M and DONKERS J W (1994) 'Physiological and biochemical changes in cell walls of apple and tomato during ripening', *6th International Symposium of the Eurcpean Concerted Action Programme,* COST94, Oosterbeek, The Netherlands, 19-22.

WALLSTROM P, WIRFALTE E, JANZON L, MATTISSON I, ELMSTAHL S, JOHANSSON U and BERGLUND G (2000) 'Fruit and vegetable consumption in relation to risk factors for cancer: a report from the Malmo Diet and Cancer Study', *Public Health Nutr,* 3 (3), 263-71.

WANG C Y (1991) 'Reduction of chilling injury in fruits and vegetables', *Postharvest News and Information,* 2 (3), 165-8.

WEHNER wand KOHLER T (1992) 'A simple desorption device for gas chromatographic aroma analysis using the dynamic headspace technique', *Gartenbauwissenschaft,* 57 (3), 126-9.

WEICHMANN J (1987) *Postharvest Physiology of Vegetables,* New York, Marcel Dekker, 597 pp.

WILLS R, MCGLASSON B, GRAHAM D and JOYCE D (1998) *Postharvest. An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetable and Ornamentals,* Wallingford, CAB International, 62 pp.

YANG Q (1992) 'The potential for applying machine vision to defect detection in fruit and vegetable grading', *Agric Eng,* 47, 74-9.