٧- الشيخوخة:

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

٨- النضج:

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

٩- الإثيلين:

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

التغيرات غير المرغوبة التالية للحصاد

تشمل التغيرات غير المرغوبة كل ما يؤدى إلى تدهور المحصول وتلفه. وهى فى غالب الأمر امتداد للتغيرات المرغوبة التى سبق بيانها؛ حيث تتخطى الثمار مرحلة النضج المناسبة للاستهلاك وتصبح زائدة النضج. كما أن من التغيرات غير المرغوبة مالا علاقة له بمسألة النضج كما سيأتى بيانه. ومن هذه التغيرات ما يلى:

التغيرات فى اللون

قد تحدث تغيرات غير مرغوبة فى اللون، ومن أمثلتها ما يلى:

١- فقدان الكلوروفيل – أى فقدان اللون الأخضر – فى الخضر التى تؤكل خضراء؛ كالخضر الورقية، والخيار، والفاصوليا، والبسلة الخضراء وغيرها.

٢- تكوُّن لون بنى غير مرغوب فيه نتيجة لأكسدة المواد الفينولية، كما فى البطاطس.

٣- اخضرار درنات البطاطس عند تعرضها للضوء.

التغيرات فى الكربوهيدرات

من أمثلة التغيرات غير المرغوبة فى المواد الكربوهيدراتية ما يلى:

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

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

فقدان الصلابة

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

التغيرات فى الطعم

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

فقدان حامض الأسكوربيك

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

١– درجة الحرارة والرطوبة النسبية التى يتعرض لها المنتج:

يؤدى التأخير فى تبريد المنتج أوليًا إلى انخفاض محتواه من حامض الأسكوربيك. ويحدث الأمر ذاته مع استمرار التخزين فى حرارة الغرفة بدلاً من التخزين المبرد. وفى المقابل .. فإن الإصابة بأضرار البرودة تخفض هى الأخرى من محتوى حامض الأسكوربيك فى المنتجات الحساسة للبرودة. وذلك قبل ظهور أية أعراض لأضرار البرودة.

كذلك فإن كل الظروف التى تزيد من ذبول المنتجات – وخاصة انخفاض الرطوبة النسبية – تؤدى إلى فقد سريع فى محتواها من حامض الأسكوربيك. ويؤدى التغليف – الذى يقلل من الفقد الرطوبى – إلى تقليل الفقد فى الفيتامين.

٢– الجروح والتقليم والتقطيع:

ينخفض دائمًا محتوى الخضر من حامض الأسكوربيك لدى تجريحها أو خدشها أو تقطيعها بأى طريقة كانت، وتزداد الحالة سوءًا – بطبيعة الحال – فى الخضر التى تجهز للمستهلك fresh-cut. ولذا .. فإن استعمال الشفرات الحادة فى التقطيع التى تقل معها الجروح، يقل معها – كذلك – الفقد فى حامض الأسكوربيك.

٣– المعاملات الكيميائية

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

٤– التعريض للإشعاع:

يقل – أحيانًا – معدل الفقد فى حامض الأسكوربيك فى الخضر المعاملة بالإشعاع.

٥– مدة التخزين:

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

النموات النباتية

يحدث أثناء التخزين أن تتكون نموات نباتية بالثمار؛ كما فى الحالات التالية

١– تزريع البطاطس، والبصل، والثوم، والخضر الجذرية، كالجزر واللفت؛ ويقلل ذلك من صلاحيتها للتسويق.

٢– نمو الجذور فى الجزر، ويقلل ذلك أيضًا من قيمتها التسويقية.

٣– إنبات البذور داخل الثمار؛ وهو الأمر الذى قد يحدث أحيانًا فى ثمار بعض سلالات الطماطم والفلفل.

٤– استطالة مهاميز الأسبرجس والتواؤها لأعلى إذا كانت بوضع أفقى أثناء التخزين، وتصاحب ذلك زيادة فى صلابتها.

٥– ظهور نموات زغبية بأقراص القنبيط (عن Kader وآخرين ١٩٨٥).

الفقد فى الوزن

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

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

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

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

ومن الممكن خفض الفقد الرطوبى بتعبئة الخضروات فى عبوات بلاستيكية، إلا أنها تَحدُّ من تبادل الغازات، كما تبطئ التوصيل الحرارى. وقد تفقد الخضروات المعبأة جزءًا كبير من رطوبتها إلى العبوات الخشبية. ولهذا ينصح أحيانًا ببل الصناديق الخشبية قبل تعبئتها.

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

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

الخضر	معدل الفقد اليومى (٪)
الأسبرجس	٨,٤
الفاصوليا الخضراء	٤.٠
الجزر (بدون أوراق)	٣,٦
البنجر (بدون أوراق)	٣,١
الخيار	٢,٥
قرع الكوسة	٢,٢
الطماطم	٠,٩
القرع العسلى	٠,٣

ويحدث معظم الفقد فى الرطوبة أثناء مراحل التبريد الأولىّ؛ حيث يكون الفرق فى ضغط بخار الماء كبيرًا. ويقل – تدريجيًّا – مع انخفاض درجة الحرارة. ويعطى جدول (٣–٨): أمثلة تبين أهمية كل من درجة الحرارة والرطوبة النسبية فى التأثير على الفرق فى ضغط بخار الماء؛ وبالتالى على الفقد الرطوبى من الخضر المخزنة.

ويوضح جدول (٣–٩) الحد الأقصى المسموح به للفقد الرطوبى فى الخضر المخزنة؛ حيث لا تكون بعدها صالحة للتسويق. هذا .. وبرغم أن جزءًا من الفقد فى الوزن يرجع إلى التنفس، إلا أن ذلك الجزء لا يُعْتَدُّ به، بالمقارنة بالفقد الرطوبى.

جدول (٣–٨): أهمية درجة الحرارة والرطوبة النسبية فى التأثير على الفرق فى ضغط بخار الماء؛ وبالتالى على الفقد الرطوبى فى الخضر المخزنة (عن Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

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

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

الخضر	الحد الأقصى المسموح به للفقد فى الرطوبة (٪)
الأسبرجس	٨
الفول الرومى	٦
البنجر (جذور)	٧
البروكولى	٤
الكرنب بروكسل	٨
الكرنب (أصناف مختلفة)	١٠–٧
الجزر (جذور)	٨
الجزر (بأوراقه)	٤
القنبيط	٧
الكرفس	١٠
الكرات أبو شوشة	٧
البصل	١٠
الجزر الأبيض	٧
البطاطس	٧
البسلة (بالقرون)	٥
السبانخ	٣
الذرة السكرية	٧
الطماطم	٧
اللفت	٥
الخس	٥–٣

التغيرات المرغوبة التالية للحصاد

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

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