

عوامل تدهور الحاصلات البستانية بعد الحصاد

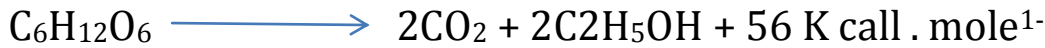
Deterioration Factors of Postharvest Horticultural Crops

تتأثر الحاصلات البستانية بعد الحصاد بعدة عوامل تؤدي الى تدهورها منها ما يرجع الى عوامل تدهور داخلية خاصة بالمحصول مثل التنفس و إنتاج الأتلين و فقدان الماء و الأضرار الفسلجية , و منها ما تسببه عوامل خارجية مثل الحرارة و الرطوبة و مكونات الجو الهوائي حول المحصول و الإصابات المرضية. و تصل نسبة الفقد في الحاصلات البستانية بعد الحصاد في الدول النامية الى أكثر من 25-50 % حسب نوع المحصول كالفقد كمي و هنالك فقد نوعي أيضاً يتمثل بالذبول و الكرمشة و فقدان البريق و تدهور اللون و غيرها و يمكن تقسيم عوامل التدهور الى : -

1- عوامل تدهور داخلية الخاصة بالمحصول Internal deterioration factors وتشمل :

1- التنفس Respiration

التنفس هو عملية أكسدة الكربوهيدرات و أحياناً الدهون أو أي مادة عضوية أخرى بالأوكسجين و عادة ما يتم أكسدة المركب العضوي بصورة كاملة بحيث تكون النواتج النهائية هي ثاني أوكسيد الكربون CO_2 و ماء H_2O مع انطلاق كمية من الطاقة Energy في حالة مادة السكر السداسي Hexose (كلوكوز أو الفركتوز) تكون كمية الطاقة الناتجة هي $686 \text{ K call.mole}^{-1}$, و يطلق على هذا النوع من التنفس بالهوائي , و عند حرمان الأنسجة النباتية من الأوكسجين تتهدم المركبات العضوية التي تتأكسد بعملية التنفس بصورة جزئية بحيث تكون النواتج هي ثاني أوكسيد الكربون CO_2 و الكحول الأيثلي في حالة السكر السداسي Hexose يكون التفاعل على الشكل التالي :



ومن المعروف أن الخميرة و بعض أنواع البكتيريا تستطيع هدم بعض المركبات هدماً جزئياً تحت ظروف لا هوائية في حالة عمل الخميرة على الكلوكوز تكون النواتج هي أيضاً ثاني أوكسيد الكربون CO_2 و الكحول و يسمى هذا النوع من التنفس بالتخمير الكحولي Fermentation . ولقد أظهرت الدراسات أن عملية التنفس بشكل عام لا تتم في خطوة واحدة و لكنها تشتمل على العديد من الخطوات التي يمكن أيجازها بالشكل التالي : -

1- المرحلة اللاهوائية للتنفس و تسمى أيضاً بمرحلة الانشطار السكري Glycolysis و التي تبدأ بسكر سداسي و تنتهي بحامض البيروفك Pyruvic acid و تحدث تفاعلات هذه المرحلة في الساييتوبلازم ولا تحتاج الى الأوكسجين O_2 , و يمكن تقسيم هذه المرحلة الى خطوتين أساسيتين هما:

أ-تحول الكلوكوز الى الفركتوز

Glucose \longrightarrow Fructose - 1,6 - diphosphate

و تتم في العادة فسفرة المادة السكرية على حساب مركبات الغنية بالطاقة ATP .

ب - انقسام هذا المركب الى مركبين هما

Dihydroxyacetone diphosphate + Phosphoglycer aldehyde(PGA)

و ينشط هذا التفاعل بواسطة انزيم (Aldolase) .

بالنسبة للمركب الأول فإنه لا يدخل في التفاعل بل يتحول تدريجياً الى المركب الثاني كلما قلت

كميته و بعد ذلك يتحول الى (PGA) .

PGA \rightarrow Phosphoglyceric acid \rightarrow Phosphopyruvic acid \rightarrow Pyruvic acid

و بانتهاء هذه الخطوات يكون قد نتج لدينا من تكسير جزيئة واحدة من الفركتوز

(Fructose - 1,6 - diphosphate) جزيئات من حامض البايروفك و جزيئات من

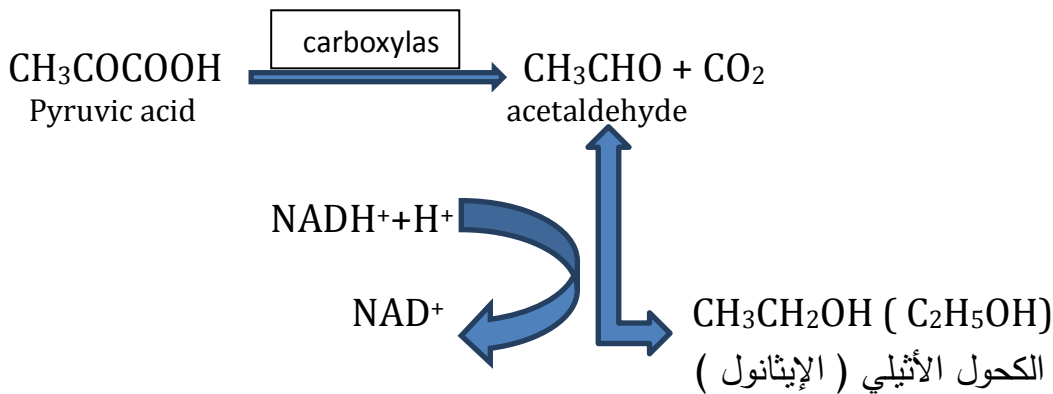
(ATP) و كذلك المرافق الأنزيمي ($NADH^+ + H^+$) .

★ خطوات تكون الكحول من حامض البايروفك في التنفس اللاهوائي و التخمر الكحولي

تبدأ عملية التخمر الكحولي بأن يفقد جزيء حامض البايروفك جزيئة من ثاني أوكسيد الكربون CO_2

حيث يتحول الى (acetaldehyde) و يساعد أو ينشط هذا التفاعل أنزيم (Carboxylase) و بعدها

يتم اختزاله الى الكحول الأثيلي و يمكن التعبير بالمعادلات التالية من عملية التحول :



وهذا التفاعل أنزيمي عكسي يتم بوجود المرافق الأنزيمي و بمساعدة أنزيم الكحول (dehydrogenase)

, و توجد الأنزيمات المسؤولة عن التخمر الكحولي في الثمار و على هذا الأساس يمكنها القيام بهذه العملية و

تحصل على الطاقة اللازمة لحيويتها بغياب الأوكسيجين O_2 , ولكن لا يمكن للأنسجة الثمرية أن تبقى حية

لفترة طويلة تحت الظروف اللاهوائية لسببين هما : -

1- قلة كمية الطاقة الناتجة .

2- تكوّن بعض المواد ذات الأثر الضار للبروتوبلازم (الكحول الأيثلي) .

و تعتبر عملية الانشطار السكري (مرحلة لا هوائية للتنفس) عملية مشتركة لأنواع الثلاثة من التنفس.

2 -المرحلة الهوائية للتنفس : في هذه المرحلة يتأكسد حامض البايروفك الى ثاني أكسيد الكربون CO_2 و ماء H_2O و يتم ذلك عن طريق سلسلة دائرية من التفاعلات تعرف بدورة الحامض ثلاثي الكربوكسيل أو دورة كريس *Kreb's cycle* , وفي هذه الدورة يدخل حامض البايروفك في سلسلة من التفاعلات تتميز بتكوين أحماض عضوية معينة و في بعض المراحل يتصاعد ثاني أكسيد الكربون CO_2 و تعتمد تفاعلات هذه المرحلة على وجود الأوكسجين و تقوم بتنشيطها أنزيمات مؤكسدة موجودة في الميتاكوندريا , وفي تفاعلات هذه المرحلة ينطلق الجزء الأكبر من الطاقة و التي تخزن جزء منها على صورة ATP و ينطلق الجزء الآخر على شكل حرارة . و يبلغ عدد جزيئات ATP التي تتكون عند التأكسد التام لوزن جزيئي غرامي (واحد مول) من الكلوكوز الى ثاني أكسيد الكربون CO_2 و ماء H_2O يبلغ 38 جزيئة من ATP و يوضح الشكل الآتي مخطط دورة كريس :

و يعتبر معدل التنفس المحصول البستاني بعد حصاده دليلاً مباشراً على عمره التسويقي و كذلك قابليته الخزنية بعد الحصاد و كلما كان معدل تنفس الحاصل البستاني مرتفعاً كلما زادت سرعة تدهوره و كان عمره التسويقي و التخزيني محدود و العكس صحيح , و يوضح الجدول التالي تقسيم الحاصلات البستانية من حيث سرعة تدهورها بعد الحصاد و علاقة ذلك بمعدل تنفسها :

ت	سرعة تدهور المحصول البستاني بعد الحصاد	معدل التنفس $mg\ CO_2/kg/h$	الأمثلة
1	بطئ التدهور جداً	Less 5	البقوليات الجافة , ثمار النقل (الجوز , اللوز) , التمر
2	بطئ التدهور	10-5	البصل , الثوم , التفاح , عنب , أبصال نباتات الزينة
3	متوسط التدهور	20-10	فجل بدون أوراق , خيار , طماطة
4	سريع التدهور	40-20	قرنبيط , الخس الورقي
5	سريع التدهور جداً	60-40	الباميا , الفاصوليا الخضراء
6	فائق السرعة في التدهور	More 60	الشليك , أسبركس , البقدونس

و يمكن حصر آثار التدهور التي تصاحب ارتفاع معدل تنفس المحصول البستاني بما يلي : -

- 1) فقدان جزء كبير من القيمة الغذائية للمحصول البستاني بعد حصاده .
- 2) يؤدي فقدان المكونات الغذائية للمحصول البستاني بعملية التنفس الى فقدان النكهة (الطعم و الرائحة) المميزة للمحصول و بالتالي انخفاض جودته و تدني سعره التسويقي .
- 3) فقدان المادة الجافة في التنفس أي بمعنى فقدان كمي للمحصول .
- 4) الطاقة الحيوية (Vital heat) وهي الطاقة الناتجة من عملية تنفس الحاصلات البستانية بعد حصادها , و الحرارة الحيوية المصاحبة لعملية التنفس تؤدي الى زيادة سرعة جميع العمليات الحيوية للمحصول و منها التنفس ذاته و كذلك سرعة اندفاع المحصول البستاني نحو الشيخوخة و تدني في مستوى جودته و تنشيط عمليات التلف و التزريع و غيرها , كما أنها ترفع من درجة حرارة المحصول مما يزيد نشاط الكائنات الحية الدقيقة و بالتالي سرعة أنتشار الأمراض الفطرية و البكتيرية و ارتفاع نسبة التلف .
- 5) قصر العمر التسويقي و العمر التخزيني للمحصول بعد حصاده .

العوامل المؤثرة على معدل تنفس المحصول البستاني بعد الحصاد



Factors affecting postharvest respiration level of horticultural crops

1-العوامل الخارجية (Environmental factors)

و تشمل درجة الحرارة و مكونات الجو الهوائي حول المنتج البستاني و تركيز غاز الأتلين و

ظروف التخزين تحت الضغط العادي أو التفريغ .

2-العوامل الداخلية Internal factors : و تشمل

أ-مرحلة النضج البستاني للمحصول (صلاحية القطف) يرتبط معدل تنفس المحصول البستاني بعمره الفسيولوجي عند الحصاد فهناك محاصيل تُحصد أثناء مراحل تطورها مثل القرنيبيط و البروكلي و غالبية محاصيل الخضر الورقية و هي محاصيل ذات معدل تنفس مرتفعة و هذا يعني أنها ذات معدل تدهور سريع بعد الحصاد , و هنالك حاصلات لا تحصد إلا بعد اكتمال نموها مثل البطاطا و العنب و الحمضيات وهي محاصيل يكون معدل تنفسها قد أنخفض الى أقل مستوى له و هذا يعني بطأ تدهورها و إمكانية تخزينها لفترات طويلة , و هنالك محاصيل يتم جنيها في مرحلة النضج التسويقي أو النضج التجاري أو النضج البستاني مثل محاصيل الباميا و الخيار و الباذنجان . و هذا يعني ارتفاع معدل تنفسها و تدهورها بعد الحصاد .

Ripening النهائي : هو سلسلة من التغيرات في اللون و الطعم و التركيب الكيميائي

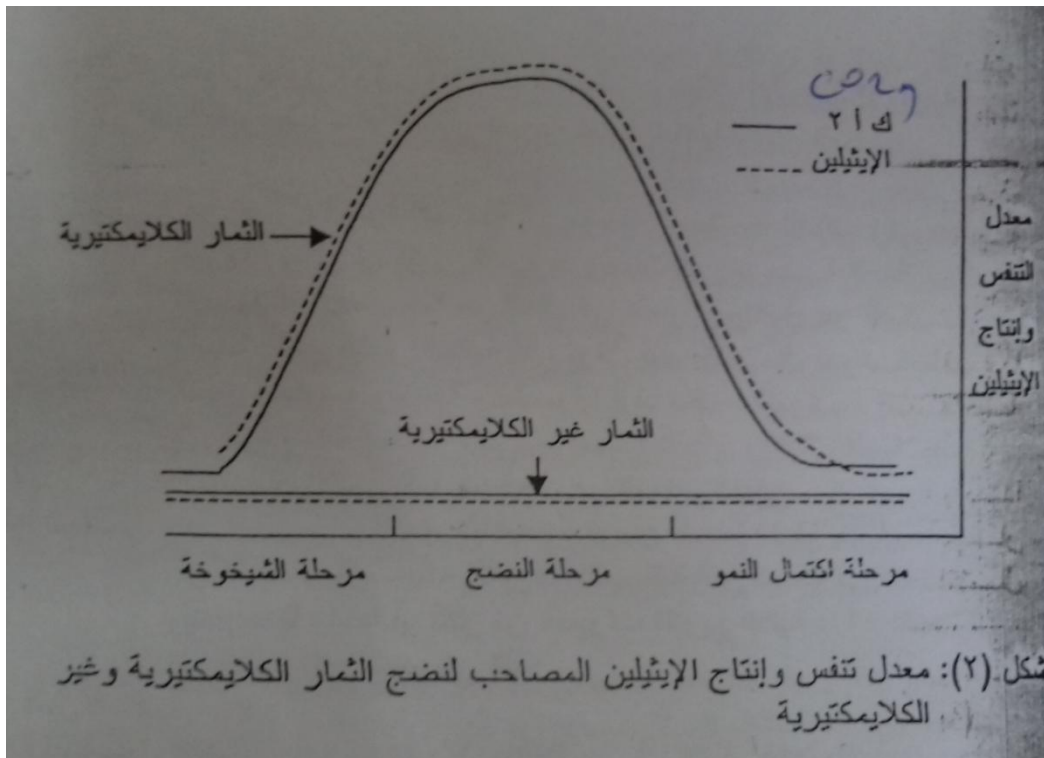
للثمار بما يجعلها صالحة للاستهلاك البشري .

النضج الفسلجي **Maturation** : و يقصد به اكتمال نمو الثمار و وصولها الى أقصى حجم لها (اكتمال التكوين) .

النضج البستاني أو التجاري : هو مصطلح يشير الى مرحلة القطف لبعض الحاصلات مثل الباميا و الخيار المرغوبة لدى المستهلك .

ب-ظاهرة الكلايمكتريك Climacteric pattern :-

هي حصول ارتفاع مفاجئ في سرعة تنفس الثمار عند دخولها مرحلة النضج النهائي و لقد درست هذه الظاهرة بشكل مفصل في أنواع عديدة من الثمار و وجد أن السبب الأساسي لحصولها هو تجمع غاز الأثلين في أنسجة الثمار الى المستويات التي تؤدي الى حصول هذا الارتفاع المفاجئ في سرعة التنفس وقد قسمت الثمار الى ثمار الكلايمكتريّة وهي الثمار التي يصاحب نضجها ارتفاع في معدل تنفسها و أنتاجها للأثلين و غالباً ما تكون سريعة التدهور بعد حصادها إلا إذا تم تقليل معدل تنفسها و أنتاجها للأثلين بالتخزين المبرد أو التخزين تحت الظروف الجو الهوائي المعدل أو المتحكم فيه (المسيطر عليه) ومن أمثلتها ثمار الطماطة و الموز و التفاح و الكمثرى و المشمش و الجوافة , أما الثمار غير الكلايمكتريّة فهي الثمار التي لا يصاحب نضجها ارتفاع في معدل تنفسها أو أنتاجها للأثلين و غالبيتها ثمار بطيئة التدهور إلا إذا قطفت قبل تمام نضجها ومن الأمثلة عليها ثمار الخيار و الكوسا و الباذنجان و الفلفل و الفراولة و العنب و الزيتون و الرمان و جميع أنواع الحمضيات .



تقدير سرعة تنفس الثمار (ملغم CO₂ / كغم / ساعة , mg CO₂/kg/h)

تقدر سرعة التنفس للثمار كميّاً و ذلك بقياس كمية ثنائي أكسيد الكربون CO₂ الذي ينتجه وزن معين من الثمار في الساعة الواحدة .

ومن الطرق الكمية المستخدمة في قياس سرعة التنفس طريقة الحيز المغلق الموصوفة من قبل (1968) Shirokov و المتمثلة بأخذ وزن معين من الثمار السليمة و توضع في كيس شبكي صغير يسمح بالتبادل الغازي و تعلق العينات بصورة حرة داخل دورق مخروطي ذي سعة 500 مل تحتوي على 50 مل من محلول هيدروكسيد الباريوم Ba(OH)₂ بتركيز 0.1 عياري و يغلق الدورق بسدادات بلاستيكية محكمة غير منفذة للغازات , و يراعى أن تجري هذه العملية بسرعة . وتترك العينات لمدة ساعتين ثم تستخرج من الدورق ثم يسحح محلول هيدروكسيد الباريوم مع حامض الهيدروكلوريك 0.1 عياري و بوجود دليل الفينونفتالين حتى اختفاء اللون الوردي .

و تقدر سرعة التنفس بوحدة (mg CO₂ /kg / h) و وفق المعادلة التالية : -

$$\text{سرعة التنفس} = \frac{\text{س-ص}}{\text{وزن العينة (كغم)}} \times 1.1 \times \frac{1}{\text{الزمن بالساعة}}$$

أذ أن : س = حجم (مل) من حامض HCl المستعمل لمعادلة هيدروكسيد الباريوم للعينة الخالية من أي نموذج (Blank) .

ص = حجم HCl (مل) المستهلك نتيجة التعادل مع هيدروكسيد الباريوم المتبقي في المحلول للعينة المحتوية على النموذج .

1.1 = ثابت (Baron ,1979)

ج - الأثلين (Ethylene) C₂H₄

يعتبر غاز الأثلين من أبسط المركبات الهيدروكربونية و يعد أيضاً أحد عوامل التدهور للحاصلات البستانية بعد حصادها لما له من تأثير شديد الفعالية ولو بتركيز قليلة جداً حيث يبدأ التركيز الفعال من 0.1 جزء بالمليون و يعتبر الأثلين من عوامل التدهور الداخلية و الخارجية أيضاً فإذا كان مصدره من الثمار البستانية فيعد عامل تدهور داخلي و إذا كان مصدره غير الثمار البستانية فيعد عامل تدهور خارجي , و يخلق الأثلين طبيعياً في النباتات الراقية أو في ثماره البستانية بثلاث طرز أساسية حسب العمر الفسيولوجي للنبات أو الثمرة أو الظروف البيئية المحيطة بها :-

1) الطراز الأول :-

_____ وهو طراز أنتاج الأثلين من الأثلين القاعدي Basal ethylene

وهو الأثلين الذي تنتجه النباتات أو ثمارها طوال حياتها و بصورة طبيعية و بتراكيز ضئيلة جداً لا تتعدى عدة أجزاء بالمليون وهذا الطراز الأساسي لتنشيط بعض العمليات الحيوية الضرورية .

2) الطراز الثاني :-

_____ أثلين الحث الذاتي Autocatalytic ethylene

و هو ناتج من حث الأثلين لتخليق ذاته عند وصول الثمار لأعمار فسلجيه محدودة و يتضح جلياً في الثمار الكلايمكترية حيث يبدأ أثلين الحث الذاتي بالظهور مصاحباً لعملية النضج النباتي في الثمار الكلايمكترية و تنتج الثمار بعدة أجزاء بالمليون .

3) الطراز الثالث :-

_____ أثلين التوتر Stress ethylene

و يخلق هذا النوع من الأثلين عند تعرض النبات أو الثمار الى واحد أو أكثر من عوامل التوتر مثل ظروف الإجهاد المائي Water stress أو التجريح الكيميائي مثل المعاملة بالمبيدات أو المعادن الثقيلة أو التعرض الى التجريح الميكانيكي مثل الخدوش أو الجروح أو الرضوض التي تتعرض لها الثمار البستانية عند الحصاد أو أثناء التداول و التعبئة .

أن معدل إنتاج الثمار البستانية من الأثلين القاعدي أو أثلين الحث الذاتي ليس له علاقة مباشرة بسرعة تدهورها بعد حصادها ولكن هنالك علاقة قوية لأثلين التوتر على سرعة تدهور المحصول البستاني بعد حصاده

★ و نتلخص أعراض التدهور التي يسببها الأثلين للثمار البستانية بما يلي :-

- 1) سرعة اندفاع الثمار البستانية نحو الشيخوخة .
- 2) قصر العمر التسويقي أو التخزيني للثمار البستانية بعد الحصاد .
- 3) الانخفاض الحاد في جودة الثمار البستانية بعد حصادها .
- 4) سرعة فقدان الكلوروفيل في المحاصيل الخضر الورقية أو الثمرية الخضراء .
- 5) زيادة معدل تنفس الثمار بعد الحصاد .
- 6) تليف بعض الثمار البستانية بعد الحصاد مثل الباميا و الفاصوليا و الكثير من المحاصيل الخضر الورقية الزهرية .
- 7) فقدان الثمار لصلابتها و بالتالي صعوبة تداولها عند التسويق .
- 8) تزرير درنات البطاطا و الأبصال و فصوص الثوم أثناء التخزين .
- 9) ظهور بعض الأمراض الفسلجية مثل التبقع الصوفي في الخس .
- 10) تزرير البذور داخل الثمار .

أما تقدير الأثلين فيتم تقديره بعدة طرق لعل أكثرها كفاءة هي استخدام طرق كروماتوغرافي الغازي و باستخدام جهاز **G-C or gas Chromatography** .

د -التبخر و فقد الماء : Evaporation and water loss

تفقد الثمار البستانية قابليتها على تعويض الماء المفقود بعد حصادها و انفصالها عن النبات الأم و بالتالي يعد فقد الماء هو فقد كمي في المحصول يمكن الاستدلال عليه بفقدان المحصول لجزء من وزنه بعد الحصاد و تفقد الثمار البستانية جزء كبير من جودتها بسبب الذبول و الكرمشة المرافق لاستمرار فقد الماء بعد الحصاد و على هذا الأساس يعد فقد الماء فقداً نوعياً للمحصول أيضاً أي فقد في جودته المظهرية و الحسية أيضاً .

كما أن تعرض الثمار لظروف الإجهاد المائي **Water stress** يؤدي الى زيادة إنتاج الثمار لأثلين التوتز والإجهاد و الذي يسبب سرعة تدهور الثمار و يتأثر معدل فقد الثمار للماء بعد الحصاد بالعديد من العوامل الداخلية للمحصول مثل الشكل المورفولوجي و التركيب التشريحي و نسبة وزن الثمار الى مساحة سطحها حيث يزداد معدل فقدان الثمار البستانية للماء بزيادة نسبة مسافة سطحها الى وزنها , كما هو الحال في محاصيل الخضر الورقية و الزهرية و كذلك عمر الثمار الفسيولوجي عند الحصاد و الثمار التي تحصد قبل اكتمال نموها تكون أكثر فقداناً للماء من الثمار التي تحصد مكتملة النمو أو النضج .

كما تؤثر العوامل الخارجية أيضاً على معدل فقدان الحاصلات للماء مثلاً مستوى الرطوبة النسبية حول الثمار بعد الحصاد و أثناء التخزين و سرعة حركة الهواء حول الثمار و الضغط الجوي و درجة الحرارة و غيرها , و يمكن السيطرة على فقدان الثمار البستانية للماء بعد الحصاد عن طريق رفع الرطوبة النسبية حول الثمار إضافة الى تسميع أو تغليف الثمار أو تعبأتها بأكياس البولي أثلين و كذلك التحكم في سرعة حركة الرياح حول الثمار في المخزن .

هـ -التطور و النمو بعد الحصاد Postharvest growth and development

تمتاز بعض الحاصلات البستانية بمقدرتها على مواصلة نموها بعد الحصاد مما يؤدي الى فقدانها لشكلها المميز و انخفاض جودتها المظهرية و ينطبق هذا على العديد من الحاصلات البستانية و أزهار القطف مثل الكلاديولس كما تنطبق على الأوراق الداخلية للبصل الأخضر و الخس .

أن مواصلة النمو بعد الحصاد يؤدي الى تليف الباميا و الفاصوليا و الفجل إضافة الى تزرير درنات البطاطا و تجذير البصل و غيرها و لتثبيط نمو الحاصلات بعد الحصاد يمكن استخدام العديد من الأساليب

منها حصاد المحصول البستاني في مرحلة القطف المثلى ثم تبريده بعد الحصاد مباشرة الى درجة الحرارة المثلى للتخزين (التبريد المبدئي) ثم التخزين المبرد على هذه الدرجة مع التخلص من الأتلين أو تثبيط تخليقه .

و -الأضرار الفسلجية : Physiological disorders

تعد الأضرار الفسلجية أحد اهم عوامل التدهور الداخلية و التي يمكن أن تنشأ من تعرض الثمار لعوامل غير ملائمة قبل أو بعد الحصاد فمثلاً عدم الاتزان الغذائي قبل الحصاد مثل النقص في تجهيز عنصر الكالسيوم يؤدي الى ظهور تعفن الطرف الزهري في الطماطة و الكوسا و الخيار و يؤدي ايضا الى تكون مرض النقر المر في التفاح بالإضافة الى ارتفاع معدل تنفس الثمار و لذلك يجب الاهتمام بالتغذية المعدنية للمحصول بعنصر الكالسيوم سواء كان قبل الحصاد أو المعاملة به بعد الحصاد للتقليل من فرصة تعرض الثمار الى هذا الضرر الفسلجي و لزيادة القابلية الخزنية للثمار .

و تتعرض الحاصلات البستانية للعديد من الأضرار الفسلجية بعد الحصاد مثل أضرار الانجماد و اضرار البرودة و اضرار الحرارة العالية إضافة الى الأضرار الفسلجية الأخرى التي تنتج من عدم أتران نسب الغازات في الجو المحيط بالثمار مثل نقص غاز الأوكسجين O_2 يسبب القلب الأحمر في البطاطا و زيادة غاز ثاني أوكسيد الكاربون CO_2 أو زيادة غاز الأتلين يسبب التبقع الصوفي في الخس و التزريع للعديد من الحاصلات البستانية .

عوامل التدهور الداخلية الأخرى و تشمل عوامل التدهور الداخلية بعد الحصاد

ي -تراكم السكريات في البطاطا :

وهو (عامل سلبي) حيث يؤدي الى اسوداد شرائح البطاطا عند الطهي (القلي) كذلك فقدان الكلوروفيل أو تراكم الصبغات النباتية الأخرى مثل الكاروتينات أو الأنثوسيانين في بعض الثمار أو تلون لحم الثمار باللون البني نتيجة لتراكم المركبات الفينولية أو فقدان الثمار جزء كبير من الفيتامينات أو البروتينات .



1-الحرارة : Temperature

تعتبر درجة الحرارة أهم عامل من عوامل التدهور الخارجي للحاصلات البستانية بعد حصادها لما لها من تأثير بالغ على الفقد الكمي و النوعي للحاصلات و تؤثر درجة الحرارة العالية و المنخفضة على المحصول البستاني بعد حصاده و تؤدي الى تطور و ظهور العديد من الأضرار الفسلجية مثل أضرار الحرارة العالية Heat injuries و أضرار البرودة Chilling injuries و أضرار الانجماد Freezing injuries . من المعروف أن النباتات الراقية تقوم بضبط درجة حرارة الجو المحيط بها عن طريق عملية النتح و التي عن طريقها يتم تحويل الطاقة الحرارية المكتسبة من الجو المحيط و الزائدة عن حاجة النبات الى طاقة مفقودة في عملية التبخر للماء أثناء عملية النتح و بهذا يمكن للنبات المحافظة على درجة حرارته في حدود درجات الحرارة الحيوية اللازمة لاستمرار نشاطه و المحافظة على نوعه من الانقراض . و تقع حدود درجة الحرارة الحيوية ما بين درجة حرارة تجمد الماء (الصفير المئوي) و درجة حرارة تجمع البروتين (42 م°) . و حصاد الثمار البستانية يعني قطفها و فصلها عن النبات الأم و بالتالي حرمانها من مصدر التبريد الطبيعي الذي يوفرها له نبات الأم عن طريق عملية النتح و بالتالي ترتفع درجة حرارة الثمار بدرجة تسرع من تدهورها و هنالك عامل يعرف بـ (المعامل الحراري) أو معامل فان - هوف Vant - Hoff (Temperature coefficient Q₁₀) وهو بشكل مبسط جميع العمليات و التفاعلات الحيوية في أنسجة الكائنات الحية تزداد سرعتها الى الضعف أو عدة أضعاف كلما ارتفعت درجة الحرارة (10 م°) فوق درجة الحرارة المثلى للتفاعل و في حدود درجات الحرارة الحيوية , و توضح هذه الحقيقة العلمية أن ارتفاع درجة الحرارة يسرع من التفاعلات الحيوية و هذا يعني زيادة سرعة نشاط الأنزيمات و منها أنزيمات الهدم التي تُسرّع من فقدان الثمار لمخزونها الغذائي و تتلخص أضرار الحرارة العالية Heat injuries على الحاصلات البستانية بعد الحصاد بما يلي :-

- 1) سرعة تدهور المحصول البستاني بعد حصاده بما يعني فقداً كمياً و نوعياً .
- 2) اندفاع الثمار البستانية اتجاه الشيخوخة و بالتالي انخفاض جودتها .
- 3) ارتفاع درجة الحرارة يسرع من عملية التنفس و هذا يعني زيادة معدل الفقد في المادة الجافة و المخزون الغذائي في الثمار بعد حصادها .
- 4) يؤدي ارتفاع الحرارة الى تضاعف سرعة النشاط الأنزيمي و بالتالي سرعة هدم الكلوروفيل خاصة في الحاصلات التي تقاس جودتها بثبات و عمق لونها الأخضر .
- 5) ترتبط درجة الحرارة ارتباطاً عكسياً بالرطوبة النسبية في الجو المحيط بالثمار و هذا يعني ارتفاع معدلات فقدان الثمار للماء و بالتالي فقدان الوزن و الجودة .

6) تتضاعف سرعة نشاط الكائنات الحية الدقيقة بارتفاع درجة الحرارة بما يعني ارتفاع نسبة الإصابة بالأمراض الفطرية و البكتيرية بعد الحصاد .

7) يزداد معدل نمو الحاصلات البستانية التي تواصل نموها بعد الحصاد و بالتالي ترتفع نسبة التلف و التزريع حسب نوع المحصول .

8) فشل عملية النضج و التكوين في بعض الثمار مثل الطماطة و التي تتلون فقط باللون الأصفر أو البرتقالي إذا ما حُفظت على درجة حرارة أعلى من 28 م° بعد حصادها و ذلك لعدم تكون صبغة اللايكوبين على الدرجات الحرارية العالية .

9) ارتفاع درجة الحرارة من 20م°-25م° يزيد من إنتاج الثمار للأثلين مما يسرع من تدهورها و شيخوختها.

و لتقليل الأثر الضار للحرارة العالية على الحاصلات البستانية بعد حصادها يجب مراعات الآتي :

- 1) لا تُترك الثمار بعد حصادها في الحقل معرضه لأشعة الشمس بل يتم نقلها بعد الحصاد الى مكان مظل.
- 2) عدم ترك عبوات الحقل معرضة لأشعة الشمس المباشرة .
- 3) يتم الحصاد في أبرد وقت من النهار (الصباح الباكر) .
- 4) التخلص من حرارة الحقل و ذلك بسرعة إجراء عملية التبريد المبدئي .
- 5) استخدام النقل المبرد للحاصلات .
- 6) التخزين على درجة الحرارة المثلى لكل محصول مع مراعات تحديد درجة الحرارة المثلى لكل محصول و خاصة المحاصيل الحساسة للإصابة بأضرار البرودة .
- 7) يراعى حفظ الثمار البستانية على درجة حرارة قريبة من درجة الحرارة المثلى للتخزين .

حرارة الحقل Field heat : وهي الحرارة الناتجة من تعرض الثمار لأشعة الشمس في الحقل .

ب - الرطوبة النسبية Relative humidity :

_____ أن وقوع الثمار تحت ظروف الإجهاد المائي Water stress و فقدانها للرطوبة مما يزيد من معدل إنتاجها للأثلين و بالتالي سرعة تدهورها و اندفاعها نحو الشيخوخة و يتوقف فقدان الثمار لمحتواه الرطوبي على العجز في الضغط البخاري بين الثمرة و الجو المحيط بها حين يهاجر بخار الماء من الثمار (الضغط البخاري المرتفع) الى الجو المحيط بها (الضغط البخاري المنخفض) و كلما كان العجز في الضغط البخاري كبيراً كلما زاد معدل فقد الماء و بالتالي في الوزن و الجودة , ولتقليل الفقد في المحتوى المائي للحاصلات بعد الحصاد يجب التقليل من الفرق في الضغط البخاري بين الحاصلات البستانية

و الجو المحيط و يتم ذلك عن طريق رفع الرطوبة النسبية حول الثمار في جو المخزن و بالتالي يقل فقد الثمار للرطوبة .

و هنالك علاقة عكسية بين درجة الحرارة و الرطوبة النسبية في الجو المحيط بالثمار و هذا يعني أنه كلما انخفضت درجة الحرارة كلما ارتفعت الرطوبة النسبية وكلاهما مرغوب للمحافظة على جودة الثمار و تقليل نسبة الفقد منها , ألا أن ارتفاع الرطوبة النسبية حول الثمار يزيد من فرصة أصابتها بالأمراض الفطرية أو البكتيرية و لكن هذا يقل حدوثه بدرجة كبيرة تحت ظروف الخزن المبرد لانخفاض نشاط الكائنات الحية الدقيقة بانخفاض درجة الحرارة . إذا كانت النسبة المئوية للرطوبة النسبية للمخزن أقل من النسبة المئوية المطلوبة فيمكن التغلب على ذلك برفع رطوبة المخزن و يتم ذلك بعدة طرق مثل ضخ الماء بصور ضبابية داخل المخزن أو تغليف الثمار بأكياس البولي أثلين لزيادة الرطوبة النسبية أما عند الرغبة بخفض الرطوبة النسبية داخل المخزن كما هو الحال بالنسبة البصل و الثوم فإنه يمكن استخدام مواد لها خاصية امتصاص الرطوبة مثل مادة السليكا جل و كلوريد الكالسيوم و غيرها .

ج - الجو المحيط بالثمار Surrounding fruit atmospheric composition

التغير في نسب الغازات المكونة للجو الهوائي المحيط بالثمار بعد حصادها مثل غازي الأوكسجين O_2 و غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2 يمكن أن يؤثر سلباً أو إيجاباً على سرعة التدهور بعد الحصاد فالثمار هي كائنات حية تتنفس مستهلكة O_2 و منتجة CO_2 و عند تغير نسب هذه الغازات في الجو الهوائي المحيط بالثمار أعلى أو أقل من الحدود المناسبة و التي تختلف من محصول الى آخر فإن سرعة تدهور المحصول البستاني بعد حصاده تكون فائقة السرعة . أن نقص الأوكسجين O_2 حول الثمار يمكن أن يؤدي الى ظهور أمراض فسلجية مثل احمرار القلب في البطاطا (Red heart) , و تؤدي زيادة نسبة غاز CO_2 فوق الحد المسموح بها الى سرعة تلف الثمار و تتباين مقدرة الثمار على تحمل النسب المرتفعة من غاز CO_2 و تعتبر ثمار الشليك أكثر الثمار تحمل للتراكيز العالية حيث تتحمل تراكيز تصل الى 30% , لكن غالبية الحاصلات البستانية لا تتحمل ارتفاع غاز CO_2 فوق 10% تحت ظروف درجات الحرارة العادية ارتفاع غاز CO_2 يصاحبه انخفاض حاد في تركيز غاز الأوكسجين مما يدفع الثمار الى الدخول في التنفس اللاهوائي و بالتالي تخمرها و تلفها , لذلك فإن تهوية المخازن بصورة دورية أو مستمرة أو باستخدام بعض المركبات التي تمتص غاز CO_2 مثل الصودا الكاوية (هيدروكسيد الصوديوم) أو الفحم النشط عند الخزن في حيز مغلق من الاحتياطات الواجب أتباعها أثناء الخزن .

و يمكن استغلال التغير في نسب الغازات في الجو المحيط بالثمار في تقليل سرعة التدهور و التلف و زيادة العمر الخزني للمحصول البستاني و يعرف هذا بالجو الهوائي المعدل أو الجو الهوائي المتحكم فيه و سيتم شرحها لاحقاً بالتفصيل .

د - الأثلين :-

سبق الحديث عنه كعامل تدهور داخلي ولكن يمكن أن يعتبر من عوامل التدهور الخارجية أيضاً لأن الحرق غير المتكامل للوقود يمكن أن يؤدي الى تكوين هيدروكربونات غير مشبعة ومن بينها الأثلين و يمكن أن يحصل هذا داخل المخازن عند استخدام محركات أو أجهزة تبريد تعمل بالوقود .

هـ - الأضرار الميكانيكية Physical injuries :

أثناء الحصاد و التداول و التعبئة و النقل تتعرض الحاصلات البستانية للجروح و الخدش و السقوط من ارتفاعات مختلفة هذا يؤدي الى تعرضها للكدمات و الرضوض و يمكن أن تتعرض الثمار للجروح و الخدوش من أضافر أيادي القائمين بعمل الحصاد وعند التعبئة يمكن أن تتعرض الثمار لضغط الثمار المجاورة لها و كذلك الاحتكاك بجدران العبوات مما ينتج عنها أضرار ميكانيكية و هذه الأضرار تؤدي الى زيادة إنتاج الأثلين و خاصة أثلين التوتر و أثلين الجروح Stress wound ethylene و الذي يؤدي الى اندفاع الثمار باتجاه الشيوخة و لهذا لا بد من مراعات الاحتياطات لتفادي الأضرار الميكانيكية مثل ضرورة تقليل أضافر القائمين بالحصاد أو ارتدائهم قفازات مطهرة و عدم أسقاط الثمار داخل العبوات من الارتفاعات و الحرص بالتعبئة برفق داخل عبوات الحقل او عبوات الشحن و التي يجب أن تكون ملائمة الحجم لحجم الثمار .

و - الإصابات المرضية Pathological breakdown

تعتبر الإصابات المرضية أحد اهم عوامل تدهور المحاصيل البستانية بعد الحصاد و التي تنشأ من نشاط الفطريات و البكتريا كما أن هنالك بعض الامراض التي تنتج عن مهاجمة الكائنات الحية الدقيقة لثمار الحاصلات البستانية دون وجود اي اضرار ميكانيكية على اسطحها الخارجية ان مقاومة الثمار للإصابات المرضية تتخفض بدرجة كبيرة عند اصابتها بأضرار الفسيولوجية مثل اضرار البرودة و اضرار الحرارة العالية .

ز-الضوء Light :

يؤدي تعرض بعض الحاصلات البستانية للضوء الى انخفاض حاد في جودتها مثل البطاطا و العكس صحيح في محصول السبانغ ففي البطاطا فأن تعرضها للضوء بعد الحصاد يؤدي الى اخضرارها و هذا يعني تكون الكلوروفيل و صبغة السولانين و الكلايكوسيدات السامة للإنسان اما بالنسبة للسبانغ فأن تعرضها للضوء لعدة ساعات قبل او بعد الحصاد يؤدي الى انخفاض محتواها من النتريت Nitrate (NO₃) الضار بصحة الإنسان .

ف-المعاملات الكيميائية Chemical treatments :

يؤدي استخدام مبيدات الحشائش (الأدغال) و المبيدات الحشرية و الفطرية و منظمات النمو قبل او بعد الحصاد الى تعرض النبات او الحاصلات البستانية الى عوامل التدهور المتمثلة بعوامل التوتر (Stress factors) و بالتالي زيادة معدل انتاج الاثين كذلك استخدام الصبغات في تلوين الثمار بعد الحصاد و استخدام المعاملات الكيميائية تؤدي الى ضعف قشرة الثمرة و بالتالي سهولة أصابتها لبعض الأضرار الفسلجية مثل ضرر البرودة او ارتفاع معدل التنفس .

★ تحديد الصلاحية للقطف :

أن تحديد درجة النضج التي تقطف عليها محاصيل الخضر و الفاكهة لها أهمية كبيرة في المحافظة على نوعية الثمار و صلاحيتها للتخزين و تتوقف درجة النضج المناسبة لقطف الثمار على عدة عوامل :

- 1-نوع الثمار و الصنف و الظروف التي صاحبت مراحل الإنتاج و طريقة التداول و الشحن و التخزين .
- 2-مدى تحمل الثمار لعمليات الأعداد و التسويق .
- 3-المسافة بين مراكز الإنتاج و مراكز الاستهلاك .
- 4-مدة عرضها في الأسواق و كذلك التخزين .

و لتحديد الوقت المناسب للقطف فإنه يجب التمييز بوضوح بين بعض المصطلحات و التي يمكن تقسيمها الى ثلاث مراحل فسلجية رئيسية بعد عملية الإنبات و هذه المراحل هي :-

(a) النمو Growth : يشمل بدرجة أساسية عملية انقسام الخلية (Cell division) الذي يعقبه أو يتزامن معه عملية أتساع الخلية (Cell enlargement) و التي هي مسؤولة عن الحجم النهائي لثمار الفاكهة والخضر .

(b) اكتمال النمو أو البلوغ Maturation : في العادة تبدأ قبل توقف النمو و تشمل فعاليات مختلفة في الأنواع المتباينة من محاصيل الفاكهة و الخضر و يطلق على مرحلتي النمو و اكتمال النمو معاً أسم مرحلة التطور (Development)

(c) مرحلة الشيخوخة Senescence : و هي مرحلة الهدم و التدهور و موت النسيج النباتي .

و تستخدم عبارة اكتمال النمو في تعريفين مختلفين وهما : -

1- هو ما يعرف باكتمال النمو الفسيولوجي و يقصد به تلك المرحلة من تطور محاصيل الفاكهة و الخضر التي عندها يحدث النمو و التطور الى أقصى ما يمكن و يلي هذه المرحلة عادة مرحلة الشيخوخة , وفي حالة الثمار فأن مرحلة الاكتمال الفسلجي يعني أنها جاهزة للدخول في مرحلة النضج.

2- أما المعنى الثاني لاكتمال النمو : فيشير الى الاكتمال البستاني Horticultural maturity و الذي يعرف باكتمال النمو التجاري Commercial maturity و يقصد بها المرحلة التي يكون فيها العضو النباتي صالحاً للاستهلاك أو الاستعمال عند القطف .

أن اكتمال النمو البستاني أو التجاري ليس له علاقة باكتمال النمو الفسلجي وقد يحصل في أي مرحلة من خلال التطور و الشيخوخة . أن عبارة النضج Repining التي تطلق على الثمرة فقط وهي تبدأ في المراحل النهائي لعملية اكتمال النمو و تعتبر اول مراحل الشيخوخة و تشمل العمليات التي تصل فيها الثمرة الى أفضل خصائصها الأكلية .

أن عملية اكتمال النمو الفسيولوجي تحدث فقط عندما تكون الثمرة متصلة بالنبات الأم , في حين أن عملية النضج قد تحصل على النبات أو بعيداً عنه باستثناء بعض الشواذ مثل الأفوكادو و التي لا تنضج الا بعد قطف الثمرة من النبات , أما العنب فلا ينضج إلا على نبات الأم , في حين أن عملية القطف تسرع من نضج ثمار أخرى مثل التفاح و الكمثرى .

أمثلة على طور النضج الصالح للجمع

الطماطة : تقطف ثمار الطماطة في مرحلة اكتمال النمو عند شحنها الى مسافات بعيدة و ذلك قبل ظهور اللون الأحمر على سطحها بعدة أيام مع مراعات اكتمال نضجها بعد ذلك , و الثمار التي تجمع قبل اكتمال نموها لا يمكن نضجها ولا تتلون باللون المناسب ولا تكسب الخصائص الأكلية الجيدة حتى لو أنضجت صناعياً , ولا بد من معرفة مقاييس اكتمال النمو لثمرة الطماطة وهي كما يلي :-

(1) اكتمال حجم الثمار الخضراء .

(2) بدأ ظهور اللون الأخضر الفاتح أو الأبيض في الطرف الزهري للثمرة الخضراء .

(3) تكون الطبقة الشمعية على سطح الثمرة و عدم إمكانية أزاله القشرة بالأظافر .

- 4) سهولة انفصال الثمرة عن الساق مع وجود ندبة فليئة بنية اللون في مكان اتصالها بالساق .
- 5) عند قطع الثمرة يلاحظ اكتمال تكون البذور بداخلها و صلابتها و وجودها مغمورة في مادة شبه جيلاتينية .
- 6) تكون المادة شبه جيلاتينية حول البذور في فجوتين أو أكثر من فجوات البذور .
- 7) عند قطع الثمرة بسكين حاد نجد بأن البذور تتزلق ولا تنقطع .
- 8) وجود لون وردي خفيف داخل الثمرة .

وتمر الثمار الخضراء بعدة مراحل حتى تمام نضجها وهي كما يلي :

1. ثمار خضراء غير مكتملة النمو (Immature green) . ومثل هذه الثمار لا تصلح للقطف .
2. ثمار خضراء جزئية اكتمال النمو (partially mature green) يتكون في فجوة واحدة على الأقل من فجوات مادة شبه جيلاتينية و ليس في جميع فجوات البذور .
3. ثمار خضراء مكتملة النمو تماماً (Topically mature) يتكون داخل كل فجوة من فجوات البذور المادة شبه الجيلاتينية و لا تتقطع البذور عند قطعها بسكين حاد .
4. خضراء في درجة متقدمة من اكتمال النمو (Advanced mature) وهي مماثلة للثمار الخضراء المكتملة النمو تماماً مع بعض اللون الأحمر من الداخل .
5. مرحلة التلون باللون الوردي (Pink) حيث أن اللون الأحمر يظهر على أكثر من 30-90 % من سطح الثمرة.
6. مرحلة اللون الأحمر الخفيف (Light red) اللون الأحمر يغطي 60-90% .
7. مرحلة اللون الأحمر و يعني أن أكثر من 90% من سطح الثمرة ملون باللون الأحمر .

الحصاد Harvesting :- يتم حصاد ثمار الطماطة يدوياً أو ميكانيكياً لغرض الاستهلاك الطازج أو التصنيع على حد سواء ففي حالة الحصاد اليدوي Hand harvesting يجب تحديد مرحلة النضج التي سيتم عندها الحصاد و يبدأ الحصاد بعد حوالي 50-60 يوم حيث يبدأ التلون الطبيعي للثمار بعد حوالي 50-55 يوماً من العقد و يتم الحصاد اليدوي كل 4-7 أيام لمدة تتراوح بين 2-5 أشهر حسب الصنف و ظروف الجوية السائدة و مناطق الإنتاج .

- 1) التفريغ في بيوت التعبئة : يتم تفريغ الثمار في بيوت التعبئة تفريغاً جافاً (بدون استخدام الماء) أو مبتلاً و يتم تفريغ الثمار الجاف ثم تسحب علي سيور داخل بيوت التعبئة أما التفريغ المبتل فتفرغ الثمار في مستودع من المياه المخلوطة بالكلورين بتركيز (100-200 ppm) لتطهر الثمار و تستبعد الثمار الطافية على سطح الماء لأنها ثمار مجوفة و غير ممثلة بالمادة الجيلاتينية و تنشأ هذه الحالة عن زيادة التسميد النتروجيني أثناء النمو ثم يتم سحب الثمار من المستودع المائي على سيور الحركة الى داخل بيوت التعبئة .
- 2) الغسل : تغسل الثمار بتفريغها من مستودعات المياه المضافة لها الكلور أثناء حركة الثمار داخل بيوت التعبئة .
- 3) الفرز : يتم الفرز أما ميكانيكياً أو يدوياً و نعني به استبعاد الثمار الصغيرة و الأجزاء النباتية غير الثمرية و الثمار المتضررة ميكانيكياً و مرضياً مثل الثمار التي تعاني من مرض التعفن الطرف الزهري الناتج عن نقص تجهيز بعنصر الكالسيوم Ca أثناء نمو الثمار خاص في مراحل نموها الأولى .
- 4) التدرج الحجمي و النوعي : حيث يتم تدرج الثمار بعد فرزها حسب أحجامها و يتم ذلك ميكانيكياً باستخدام غرابيل ذات ثقوب مختلفة الأقطار ثم تدرج الثمار نوعياً الى درجات من الجودة تختلف باختلاف سوق الاستهلاك .
- 5) التشميع : يمكن أن تتم عملية التشميع قبل تدرج الحجمي أو بعده و تتم عملية التشميع للثمار لغرض التقليل من الفقد بالوزن و تأخير النضج و تقليل الأمراض بعد الحصاد أثناء الشحن و التخزين .
- 6) التعبئة : تختلف العبوات و طريقة التعبئة باختلاف مناطق التسويق فقد تكون التعبئة في صناديق خشبية و مبطنة بغطاء ناعم لضمان عدم تعرض الثمار للجروح وقد تستخدم صناديق الكارتونية في عملية تعبئة ثمار الطماطة و ممكن استخدام السلال أو أكياس النايلون (بولي أثلين) المثقبة و ممكن استخدام أكياس شبكية من البلاستيك .
- 7) التبريد المبدئي : لا ينصح بأجراء عملية التبريد المبدئي لثمار الطماطة إلا إذا كانت درجة حرارتها أعلى من 25م° وكانت هنالك رغبة في تأخير عملية نضج الثمار أثناء الشحن و في هذه الحالة يتم تبريد الطماطة باستخدام طريقة الهواء البارد المدفوع (Forced air cooling) ولا ينصح باستخدام طريقة الماء المتلج (Hydro cooling) و ذلك لأن الثمار لا يتم تخزينها بعد عملية التبريد المبدئي بهذه الطريقة على درجة حرارة منخفضة لأن ذلك يعطي الفرصة لزيادة نمو الاعفان في الثمار لارتفاع نسبة الرطوبة حولها .

و يتم حفظ درجة الحرارة مكتملة التكوين بأجراء عملية التبريد المبدئي الى درجة 15-16م° , أما الثمار أكثر تقدماً في النضج فيتم تبريدها آلياً الى درجة حرارة 10-12م° , أما ثمار الطماطة الناضجة فيتم تبريدها آلياً باستخدام طريقة الهواء البارد المدفوع الى درجة حرارة 7-10م° .

(8) الشحن : يتم شحن ثمار الطماطة براً باستخدام الشاحنات أو بحراً باستخدام البواخر أو جواً باستخدام الطائرات و تختلف درجات الحرارة باختلاف مرحلة النضج التي عليها الثمار أثناء الشحن فتكون للثمار مكتملة التكوين (خضراء ناضجة) 15م° , و إذا رغب بإنضاجها أثناء الشحن فتحفظ على درجة حرارة 20-25م° .

(9) الإنضاج الصناعي : تجري هذه العملية على الثمار الخضراء و التي تم حصادها في مرحلة اكتمال النمو وذلك بحفظ الثمار بغرف أنضاج على درجة حرارة 15-25م° الا أن هذا لا يضمن انتظام التلوين نتيجة التباين في تحديد مرحلة اكتمال التكوين عند الحصاد , و يستخدم غاز الأثلين بنجاح في أنضاج الثمار و تلوينها تلويناً منتظماً بتركيز تتراوح بين (200-500ppm) و بهذه الطريقة يحدث التلون الجيد بعد 4-5 أيام على درجة حرارة 15-25م° و يجب أن لا تقل درجة الحرارة أثناء الإنضاج الصناعي عن 8م° حيث لا تتلون الثمار على هذه الدرجة لأصابتها بأضرار البرودة و يجب أيضاً أن لا تزيد عن درجة حرارة 28م° لأن ذلك يؤدي الى تثبيط تلوين الثمار باللون الأحمر لتثبيط تخليق صبغة اللايكوبين المسؤولة عن اللون الأحمر و تتلون الثمار باللون الأصفر فقط (صبغة الكاروتين) و عند هذه الدرجة يحدث أيضاً تثبيط لتخليق الأثلين و يمكن إنضاج الثمار و تلوينها صناعياً بغمر الثمار في الأثيفون وهو أحد مركبات إنتاج الأثلين أو رشها به بتركيز تتراوح بين (250-500 ppm) و يراعى عند تحضير الأثيفون حفظ درجة الحموضة (pH) بحيث لا يزيد عن 6 حتى لا يفقد الأثلين بتحلل الأثيفون على درجة حموضة 6.5 و في جميع حالات الإنضاج الصناعي يجب أن تحفظ الثمار على درجة حرارة 18-21م° وهي أنسب درجات الحرارة لنضج ثمار الطماطة .

(10) التخزين : تختلف درجة الحرارة المثلى لتخزين ثمار الطماطة باختلاف مرحلة نضجها .

أ- الثمار الخضراء مكتملة التكوين وهي أكثر المراحل تأثراً بالبرودة و تعرضاً لأضرارها حيث تصاب الثمار بأضرار البرودة عند تخزينها على درجة حرارة 10م° أو أقل لمدة يوم واحد و تظهر أضرار البرودة على الثمار عند نقلها الى درجة حرارة أعلى من الدرجة السابقة و تصبح الثمار جلدية القوام و ذات نسيج داخلي مائي و ذات رائحة كريهة تشبه رائحة التخمر , و إذا كان الغرض من تخزين الثمار المكتملة التكوين هو تقليل سرعة نضجها مع تلافي تعرضها لأضرار البرودة و الأمراض فتعتبر درجة الحرارة 14-16م° هي الدرجة المثلى لهذا الغرض حيث تنضج الثمار بعد 2-3 أسابيع و تزداد هذه الفترة الى 5-6 أسابيع عند إجراء عملية التشميع , أما إذا كان الغرض من

التخزين هو سرعة أنضاجها فتعتبر درجة الحرارة 20-22م° هي الدرجة المثلى لسرعة الإنضاج خلال أسبوع وفي جميع الحالات يجب أن لا تقل درجة الحرارة عن 10م° لتفادي أضرار البرودة .

ب- الثمار المتحولة : وهي أقل حساسية لبرودة عن الحالة الأولى حيث لا تصاب هذه الثمار بأضرار البرودة إلا إذا انخفضت درجة الحرارة عن 7م° و تعتبر درجة الحرارة المثلى للتخزين من 10-13م° و لمدة 4-7 أيام حتى تصل مرحلة النضج الأحمر .

ت- الثمار الناضجة : وهذه يمكن تخزينها على درجة 5م° لحين استهلاكها و يمكن تخزينها على هذه الدرجة لمدة 7 أيام , أن انخفاض درجة الحرارة عن 5م° يؤدي الى فقدان اللون و الصلابة و قصر العمر الخزني و لكن يمكن تخزينها على درجة (0-1) م° لمدة ثلاثة أسابيع بشرط أستهلاكها بعد التخزين مباشرة .

عند الرغبة بتأخير نضج ثمار الطماطة في المخزن لتنظيم عرضها في الأسواق أو لشحنها لمسافات البعيدة فيمكن أتباع ما يلي : -

a. أستخدام أصناف بطيئة النضج .

b. نقع الثمار في محلول كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ بتركيز 5% لعدة دقائق حيث تؤدي هذه المعاملة الى تأخير النضج و زيادة الصلابة وطول العمر الخزني .

c. التخزين في مخازن الخالية من المنتجات الزراعية المنتجة للأتلين .

d. التخزين في جو هوائي متحكم (المسيطر عليه) فيه بحيث لا يزيد فيه تركيز الأوكسجين عن 4% ولا يقل عن 3% حيث أن زيادة تركيز الأوكسجين الى 10% يلغي تأثير الجو الهوائي المتحكم فيه و تتضج الثمار كما لو كانت في الجو العادي كما أن نقص تركيز الأوكسجين عن 3% يؤدي الى التنفس اللاهوائي و تكون نكهة غير مرغوبة في الثمار وقد أثبتت الدراسات عدم فائدة زيادة تركيز غاز ثاني أوكسيد الكربون بل أن زيادته عن 5% يضر بالثمار و يؤدي الى تكون نكهة غير مرغوبة , كما أثبتت الدراسات أن تخزين ثمار الطماطة تحت التفريغ يعطي نتائج مشابهة للتخزين في جو هوائي يحتوي على نسبة 4% من غاز الأوكسجين .

تختلف دلائل النضج البستاني باختلاف موعد و مكان التسويق أو التصدير باختلاف الأصناف و نوق المستهلك فمثلاً بالنسبة للمحصول المبكر فيتم حصاده عند اكتمال نمو الدرنات بغض النظر عن حالة المجموع الخضري وعلى اكتمال تكوين القشرة على الدرنات أما بالنسبة للمحصول الرئيسي و المتأخر فيستدل عليه باصفرار و بداية جفاف المجموع الخضري و في هذا الوقت تكون الدرنات قد اكتملت في التكوين و تصلب قشرتها و يستخدم محصول هذه المرحلة من النضج للأستهلاك المحلي و التخزين و التصدير , ويمكن تقسيم البطاطا بستانياً الى ثلاث مراحل حسب الغرض من الحصاد :-

- (1) الحصاد قبل أكتمال التكوين للبطاطا لغرض التعليب .
- (2) الحصاد المبكر عند أكتمال نمو الدرنات و قبل تصلب قشرتها و تستخدم لغرض التصدير الى الأسواق البعيدة أو الأسواق المحلية كمحصول مبكر .
- (3) الحصاد عند أكتمال تكون الدرنات و تصلب قشرتها و أصفرار مجموعها الخضري و بداية جفافه و تستخدم لغرض التسويق المحلي و التخزين أو كتقاوي للتصدير .

الحصاد Harvesting

يتم حصاد البطاطا يدوياً أو نصف ميكانيكياً أو حصاد ميكانيكي كامل حسب المساحة المزروعة و توفر الأيدي العاملة و يتم أعداد البطاطا مكتملة التكوين و صلبة القشرة و التي تمثل غالبية العظمى بأنباع الخطوات التالية :-

(1) **العلاج التجفيفي Curing** : تعتبر هذه العملية من أهم العمليات التي تتم بعد الحصاد حيث يتم علاج البطاطا تجفيفاً مباشرة بعد الحصاد , و أنسب ظروف لعملية العلاج التجفيفي هي درجة الحرارة ما بين 10-15م° و الرطوبة النسبية 85% لمدة تتراوح بين 10-14 يوماً حيث أن هذه الظروف هي الظروف المثلى لتكوين طبقة البريديرم على سطح الدرنات و تكون هذه الطبقة يحمي الدرنات أثناء التخزين من مهاجمة الفطريات و البكتريا لها و تقلل من الفقد في الوزن و تطيل عمر الدرنات في المخزن مع تقليل نسبة التلف أو الفقد أثناء التخزين و يمكن إجراء هذه العملية في الحقل في مكان مظل و مهوى و يجب أن تكون البطاطا أثناء العلاج التجفيفي غير معرضة للضوء المباشر حتى لا يحصل لها الأخضرار للدرنات و تكون المواد السامة و الضارة بصحة الأنسان و حتى لا تفقد الدرنات لونها الجذاب .

(2) **الغسل Washing** : بعد عملية العلاج التجفيفي تنقل درنات البطاطا الى بيوت التعبئة حيث توضع في أحواض الغسل المملوءة بالماء الذي يحتوي على الكلور بتركيز (100-200ppm) ثم تخرج الدرنات من أحواض الغسل و تسحب الى داخل بيوت التعبئة عن طريق سيور متحركة (الناقله) مع تعرضها للماء

أيضاً لأستكمال عملية الغسل للتخلص من عوالم التربة و تقليل أعداد الفطريات البكتريا و تقليل سرعة تكاثرها .

(3) **الفرز Sorting** : وفي هذه العملية يتم أستبعاد الدرنات المصابة بالجروح و المشوهة و المخضرة و ذات الأضرار الميكانيكية أو المرضية أثناء حركة الدرنات على سيور الحركة داخل بيوت التعبئة و غالباً ما تتم هذه العملية يدوياً عن طريق عمال فرز متخصصين .

(4) **التشميع Waxing** : يتم في بعض الأحيان تشميع درنات البطاطا بشمع نقي شفاف للمحافظة على مظهرها و قد تشمع بشمع ملون للمحافظة على أنتظام توزيع اللون على الدرنه .

(5) **التدريج الحجمي Sizing** : و تتم هذه العملية ميكانيكياً أثناء سير الدرنات على السيور الحركة حيث تتكون سيور الحركة في منطقة التدريج الحجمي من وصلات حديدية متوازية تتسع المسافة بين هذه الوصلات تدريجياً بحيث تسمح بسقوط الدرنات الصغيرة أولاً ثم الأكبر فالأكبر بحيث يسقط كل حجم من هذه الأحجام على أحد سيور الحركة و يمكن أستخدام أسطح مثقبة يزداد قطر ثقبها تدريجياً بحيث تسمح بالتدريج الحجمي .

(6) **التعبئة Packing** : يمكن أن تتم تعبئة الدرنات ميكانيكياً أو يدوياً في صناديق من الكارتون أو الخشب أو في عبوات شبكية و غيرها .

(7) **الشحن Shipping** : يتم شحن درنات البطاطا عن طريق البحار و ممكن شحنها براً للأسواق القريبة و تشحن على درجة حرارة 4م° و رطوبة نسبية لا تقل عن 85 % .

(8) **تخزين درنات البطاطا** : تتعرض درنات البطاطا الى عوامل كثيرة قبل و أثناء التخزين تؤدي الى أنخفاض جودتها و زيادة نسبة التلف و أهم هذه العوامل :-

i. الأضرار الميكانيكية : وهي من العوامل التي تشجع غزو الفطريات و البكتريا للدرنات و تزيد من محتوى الدرنات من المواد السامة و تزيد من الفقد بالوزن و يمكن تلافي الأضرار الميكانيكية بأتباع الطرق السليمة في الحصاد و التداول و إجراء عملية العلاج التجفيفي .

ii. أضرار الحرارة العالية : تتعرض لها الدرنات إذا تركت معرضة للشمس في الحقل حيث ترتفع نسبة الإصابة بلفحة الشمس كما أن ارتفاع درجة الحرارة أثناء العلاج التجفيفي الى 49م° يصيب الدرنات بأضرار الحرارة العالية .

iii. أضرار البرودة و الانجماد : تتعرض لها الدرنات أثناء التخزين عند تخزينها على درجة حرارة أقل من 1م° حيث تصاب الدرنات بتبقع الجلد و اللحم باللون البني كما تصاب الدرنات بأضرار الانجماد عند تخزينها على درجة حرارة من (-2 , -6) م° .

iv. الأضرار Greening : يحدث الأضرار نتيجة تعرض الدرنات قبل و بعد الحصاد الى الضوء المباشر خاصة عند أكمال نموها و تكونها و تتوقف درجة الأضرار على شدة الضوء و فترة

التعرض له و يقلل الأخضرار من جودة مظهر الدرنات و يصاحب تكوين الكلوروفيل المسبب للأخضرار و تكوين مادة السولانين و مركبات أخرى ضارة بالصحة .

v. اسوداد قلب درنات البطاطا : و يعزى هذا الى نقص التهوية و انخفاض نسبة غاز الأوكسجين O₂ في جو المخزن .

vi. القلب الأجوف : و تنشأ هذه الظاهرة نتيجة نقص الأمداد بعنصر الكالسيوم Ca أثناء النمو الأول للدرنات .

vii. فقد الرطوبة : يحصل أثناء التخزين و خاصة التخزين غير المبرد .

viii. أصابه بأمراض الخزن : تحصل هذه الحالة خاصة في المخازن غير المبردة حيث تصاب الدرنات بالتعفن الطري البكتيري و الذي قد تحمله الدرنه من الحقل أو تصاب به في المخزن وقد تصاب الدرنات بالأعفان , و لتقليل من الإصابة بالأعفان لا بد من استخدام العلاج التجفيفي قبل التخزين ثم إجراء عملية التخزين المبرد و الذي يتم بتخزين الدرنات بعد علاجها تجفيفي على درجة حرارة من 3.5-4.5م° و رطوبة نسبية 85% و تعتبر أفضل الطرق لخزن درنات البطاطا المعدة للأستهلاك الطازج أو لخزن التقاوي لفترة تتراوح من 5-8 أشهر وعند تخزين البطاطا بهذه الطريقة لغرض استخدامها كتقاوي يجب أخراجها من المخازن المبردة الى الغرف العادية (درجة حرارة الغرفة) قبل شحنها أو زراعتها 2-3 أسبوع و تجدر الإشارة الى أن الدراسات العديدة التي أجريت على تخزين البطاطا في جو هوائي معدل أو مسيطر عليه لم تثبت كفاءة تلك الطرق في تخزين البطاطا لأن هذه الطرق تثبط تكوين طبقة البريديرم و تؤدي الى تغيرات غير مرغوبة في النكهة و تزيد من فرصة الإصابة بمرض أسوداد القلب و أمراض المخازن و تسرع من التزريع و تزيد من فرصة الإصابة بأضرار البرودة أثناء الخزن المبرد و لهذه الأسباب لا ينصح بتخزين البطاطا في جو الجو الهوائي معدل أو متحكم فيه .

تحديد الأمثل لمراحل القطف و الحصاد في الحاصلات البستانية

- 1) عدد الأيام من الزراعة كما هو متبع في محاصيل الخضر الورقية والبطاطا و الجزر .
- 2) عدد الأيام من أكمال التزهير كما هو في التفاح و الكمثرى .
- 3) تكوين مكان الانفصال الموجودة في عنق الثمرة كما في التفاح و الطماطة .
- 4) الوصول الى الحجم الأمثل للصنف و النوع .
- 5) المظهر الخارجي للثمار مثل تكوين طبقة الكيوتيكل في العنب و الطماطة .
- 6) الكثافة النوعية كما هو الحال في الكرز .
- 7) الشكل الخاص بالثمرة .

- (8) اللون الخارجي للثمار .
- (9) المحتوى من النشا كما هو الحال في التفاح و الكمثرى و البطاطا .
- (10) المحتوى من السكر و الأحماض العضوية و المحتوى الزيتي و المواد القابضة و كمية العصير .
- (11) محتوى الثمار من الأتلين الداخلي كما في التفاح و الكمثرى .

تخزين الحاصلات البستانية

أهداف التخزين :-

1. تسهيل عمليات نقل المحصول من مسافات بعيدة وذلك بالتخزين بالتبريد لأنه من المعروف أن ثمار الحاصلات البستانية سريعة التلف و خاصة أثناء الشحن .
2. تنظيم المعروض من الثمار في الأسواق و بالتالي المحافظة على أسعار مقبولة .
3. إطالة فترة وجود الثمار في الأسواق (مدة العرض) .
4. استخدام بعض الحاصلات كقناوي مثل البطاطا حيث يساعد التخزين على حفظ الدرنات بحالة جيدة الى موسم الزراعة القادم .

طرق التخزين

(1) التخزين غير المبرد و يشمل :-

أ- التخزين على الأشجار .

ب- التخزين في درجات الحرارة المرتفعة (درجة حرارة الغرفة) .

ت- التخزين في غرف أو مخازن مهوات .

(2) الخزن المبرد : يعتبر الخزن المبرد من العمليات الأساسية للمحافظة على الحاصلات البستانية و إطالة العمر التخزيني لها إذ يعمل الخزن المبرد على تأخير العمليات الحيوية في الحاصلات البستانية و خاصة الثمار مثل عملية التنفس إذ تعمل الدرجات الحرارية المنخفضة على تثبيط تلك العملية و خاصة في الثمار الكلايمكترية التي تمتاز بزيادة سرعة تنفسها خلال النضج كما يعمل الخزن المبرد على الحد من نمو الأحياء المجهرية التي تُعد العامل الأساسي بزيادة نسبة التلف للثمار البستانية بعد حصادها , كما يعمل الخزن المبرد على تقليل إنتاج الأتلين من الثمار و تأخير عملية النضج و التي هي بطبيعتها عملية تدهور تدفع الثمار باتجاه الشيخوخة , و يعتبر استخدام الدرجات الحرارية المنخفضة عامل أساسي مهم و تعتبر العوامل الأخرى مثل الخزن في جو هوائي معدل أو مسيطر عليه أو استخدام معاملات ما بعد

الحصاد هذه العوامل تعتبر من العوامل الإضافية للتبريد و يبين الجدول التالي أنسب درجات حرارة و رطوبة نسبية لتخزين ثمار المحاصيل البستانية .

جدول (٧) : أنسب درجات الحرارة والرطوبة النسبية لتخزين ثمار المحاصيل الهامة

المحصول	درجة الحرارة المناسبة م°	الرطوبة النسبية %	فترة التخزين (يوم)
البريقال	٥	٩٠-٨٥	٦٥-٢١
اليوسفي	٧	٩٠-٨٥	٢٨-١٤
الليمون البلدي	١٣	٩٠-٨٥	١٢٠-٣٠
المانجو	١٢	٩٠-٨٥	٢٨-١٤
الجوافة	١٠	٩٠-٨٥	٢١-١٤
العنب	١-	٩٥-٩٠	١٢٠-٣٠
التين	صفر	٩٥-٩٠	١٠-٧
البلح الطازج	صفر	٩٥-٩٠	٣٥-٢١
الموز	١٤	٩٠-٨٥	٢٨-٧
الكمرى	١-	٩٥-٩٠	٩٠-٣٠
التفاح البلدي	صفر	٩٥-٩٠	٢٨-١٤
التفاح المستورد	٤	٩٥-٩٠	٩٠-٤٥
الخوخ	صفر	٩٥-٩٠	٢٤-٧
الفاولة	صفر	٩٥-٩٠	١٠-٥
طماطم نصف تلوين	١٢	٩٠-٨٥	٢٨-٢١
مكتملة التلوين	١٠-٨	٩٠-٨٥	١٤-٧
الباذنجان	١٠	٩٠-٨٥	١٤-١٠
الفلفل	١٠	٩٠-٨٥	١٨-١٢
البامية	١٠	٩٠-٨٥	١٤-٧
الخيار	١٠ م°	٩٠-٨٥	١٤-١٠
قرع الكوسة	١٠	٩٠-٨٥	١٤-٧
الشمام	١٠	٩٠-٨٥	١٤-١٠
الكانتلوب	٥	٩٠-٨٥	١٤-١٠
البطيخ	١٠	٩٠-٨٥	٢١-١٤
الفاصوليا	٧	٩٥-٩٠	١٤-٧
البسلة	صفر	٩٥-٩٠	١٠-٧
الخرشوف	صفر	٩٥-٩٠	١٦-١٠
الكرنب والقنبيط	صفر	٩٥-٩٠	٩٠-٣٠
الخس والسبانخ	صفر	٩٥-٩٠	١٤-٧
الجزر (بدون عرش)	صفر	٩٥-٩٠	١٥٠-٢٨
البطاطس	٧	٩٥-٩٠	١٢٠-٤٥
البصل الناضج	صفر	٧٠-٦٥	٣٠٠-١٨٠
الثوم الناضج	صفر	٧٠-٦٥	١٨٠-٩٠

التركيب الغازي لجو الهوائي في غرف التبريد

يتم التحكم بالتركيب الغازي لجو غرف التبريد عن طريق إضافة الغازات أو الاعتماد على المحصول في استهلاك أو إنتاج الغازات أو عن طريق التخلص من بعض الغازات بصورة طبيعية أو كيميائية ويمكن التحكم بإضافة غازات مثل غاز ثاني أكسيد الكربون أو الأثلين أو النتروجين عن طريق استخدام أسطوانات لهذه الغازات أو استخدام الثلج الجاف في حالة غاز ثاني أكسيد الكربون , وعلى سبيل المثال أن الحاصلات الطازجة عند تنفسها تستهلك غاز الأوكسجين و تنتج غاز ثاني أكسيد الكربون و يمكن استغلال ذلك في تعديل جو الغرفة كما يمكن التخلص من التراكيز الزائدة للغازات باستخدام مواد تقوم بامتصاص هذه الغازات فمثلاً الأثلين و بعض المواد الطيارة الأخرى يتم التخلص منها عن طريق امتصاصها بأستعمال البوتاسيوم أو الأكدسة أو الأشعة فوق البنفسجية .

طرق تعديل الجو الهوائي حول الثمار البستانية

1. أستغلال الثمار البستانية نفسها في التعديل : و يمكن في هذه الحالة استخدام المحصول البستاني في خفض تركيز غاز الأوكسجين و زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في جو المخزن عن طريق استهلاك غاز الأوكسجين و إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون من خلال عملية التنفس للمحصول البستاني أثناء تخزينه أو شحنه في حيز مغلق أو بإعاقه التبادل الغازي بين المحصول البستاني و الجو المحيط و يمكن أعاقه التبادل الغازي بين المحصول و الجو المحيط عن طريق التشميع أو تغليف الثمار البستانية بأستخدام أكياس البولي أثلين .
2. تعديل الجو الهوائي بأستخدام الغازات : و تعتمد هذه الطريقة على استخدام مولدات للغاز تعتمد في عملها على حرق أحد الغازات الهيدروكربونية المشبعة مثل غاز الميثان أو البروبان في جو المخزن فيتم استهلاك غاز الأوكسجين أثناء الأحتراق و الأكدسة للميثان أو البروبان و الذي يتحول بعد الحرق و الأكدسة الى غاز ثاني أكسيد الكربون و بالنتيجة يزداد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في جو المخزن و يقل تركيز غاز الأوكسجين , ولا بد من المحافظة على مستوى ثابت من الأخفاض في غاز الأوكسجين حتى لا تندفع الثمار البستانية نحو التنفس اللاهوائي وفي حالة زيادة مستويات غاز ثاني أكسيد الكربون عن المستويات المطلوبة فيمكن استخدام بعض المواد الكيميائية التي تقوم بامتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون مثل أستخدام هيدروكسيد الصوديوم أو هيدروكسيد الكالسيوم أو الفحم النشط . و تعتمد بعض الطرق على استخدام غاز الأمونيا في خفض تركيز غاز الأوكسجين في جو المخزن حيث يتكسر جزيء الأمونيا بالحرارة الى هيدروجين و نتروجين و يتحد الهيدروجين مع جزيء من الأوكسجين الموجود في جو المخزن فيتحول الى ماء و يحل غاز النتروجين محل جزء آخر من غاز الأوكسجين و بذلك يقل تركيز الأوكسجين في جو المخزن و هناك طريقة أخرى أذ تعتمد على استخدام

أسطوانات غاز النتروجين لتقليل تركيز غاز الأوكسجين في جو المخزن بطريقة أستبدال غاز النتروجين و أحلاله محل هواء المخزن مع بقاء التركيز المطلوب من غاز الأوكسجين .

3. تعديل الجو الهوائي بأستخدام النتروجين السائل و غاز ثاني أوكسيد الكاربون (الثلج الجاف) : هذه الطريقة كانت تستخدم قديماً على نطاق تجاري لغرض التبريد و تعديل الجو الهوائي في وقت واحد و ينتج عن غاز النتروجين السائل أو المسال على زيادة تركيز غاز النتروجين في جو المخزن أما الثلج الجاف فإنه يتحول الى غاز ثاني أوكسيد الكاربون و نظراً لصعوبة التحكم في عملية التبريد بأي من الغازين أصبح أستخدامها لتعديل الجو الهوائي أكثر شيوعاً من أستخدامها للتبريد.

4. التعديل بالتخزين تحت التفريغ الجزئي أو الضغط الجوي المنخفض : تعتبر طريقة الشحن أو التخزين تحت التفريغ الجزئي أحد طرق تعديل الجو الهوائي أذ يقل تركيز غاز الأوكسجين بتقليل الضغط الجوي حول المحصول بالتفريغ فعندما يقل الضغط الجوي حول المحصول من 76 سم زئبق (واحد ضغط جوي) الى 7.6 سم زئبق (0.1 ضغط جوي) يقل تركيز غاز الأوكسجين في جو المخزن من 21% الى 2.1% وهذا بالإضافة بالتخلص من معظم المركبات الطيارة و منها الأتلين . أن خفض الضغط الجوي يعني سرعة فقدان المحصول للماء و هذا يستلزم أستمرار تهوية المحصول أثناء الشحن أو التخزين تحت التفريغ بهواء مشبع ببخار الماء للتغلب على فقد الماء من المحصول .

الشروط الواجب توفرها في المحصول البستاني المُعدّ للشحن أو التخزين تحت ظروف الجو الهوائي المعدل :

- A. أن تكون جودة المحصول البستاني على أعلى درجاته لأنه الخزن في جو هوائي معدل يحافظ على الجودة ولا يحسنها .
 - B. أن يتم حصاد المحصول في مرحلة أكمال النمو أو النضج المناسبة .
 - C. أن يكون المحصول البستاني خالي تماماً من الأمراض الميكروبية .
 - D. تقليل الأضرار الميكانيكية أثناء الحصاد و التداول .
 - E. أختيار الجو الهوائي المعدل المناسب لكل محصول نتيجة لاختلاف الجو الهوائي المناسب من محصول الى آخر .
 - F. تحديد درجة حرارة الخزن المثلى .
- أدناه جدول بالدرجات المناسبة لكل محصول

جدول (٨) : بيان بالجو الهوائي المعدل المناسب ودرجة الحرارة المناسبة لتسحن أو تخزين بعض الحاصلات البستانية

المحصول	المدى المناسب من درجة الحرارة °م	المدى المناسب من ك أ %	المدى المناسب من ك أ %	المحصول	المدى المناسب من ك أ %	المدى المناسب من ك أ %	معاملات إضافية	معاملات إضافية
محاصيل يستخدم فيها الجو الهوائي المعدل على نطاق تجارى								
التفاح	صفر-٥	٢-١	٣-٢	-	الفاصوليا	-	٣-٢	-
المانجو	صفر-٥	-	-	ك ب أ	الجزر	صفر-٥	-	٣-٢
الكمثرى	صفر-٥	١٠٠-٩٨ %	-	-	البنجر	صفر-٥	صفر-١	١٠٠-٩٨ %
الموز	صفر-٥	٢٠-١٥	١٠	-				
محاصيل يستخدم فيها الجو الهوائي المعدل على نطاق تجارى ضيق								
الخوخ	صفر-٥	١-٥	٣-٢	-	الكرنب	صفر-٥	٣-٢	-
الذكاكين	صفر-٥	١٥-١٢	٢	-	الخص	صفر-٥	٢-٥	٢-٢ % ك أ
محاصيل يستخدم فيها الجو الهوائي المعدل على نطاق محدود								
الزبدية	صفر-٥	٥	٢-١	-	البنفل	١٢-٨	صفر	٥-٣
الأمبرجس	صفر-٥	-	٢-١	-	المشروم	٥-٥	١٥-١٠	هواء
البروكولى	صفر-٥	١٥	٥	-	البصل الأخضر	٥-٥	٢٠-١٠	٢-١
الكرنس	صفر-٥	١٣-٥	٥-٢	-	الكتنالوب	٧-٢	١٥-١٠	٥-٣
	صفر-٥	١٠-٥	هواء	-	الطماطم	٢٠-١٢	صفر	٥-٣
	صفر-٥	١٠-٥	٢-١	-	خضراء	١٢-٨	صفر	٥-٣
	صفر-٥	صفر	٤-٢	-	ناضجة جزئياً			٥-٣

Quality standard factors of horticultural crops

1) المظهر Appearance : يعتبر المظهر عامل الجودة الرئيسي لأنه يعتمد على الرؤية بالعين و لأن الحاصلات البستانية يجب أن يتوفر فيها عامل الجذب بالنسبة للمستهلك و يمكن الحكم على جودة المظهر من خلال مكوناته التالية : -

أ- الحجم Size : يتباين حجم الثمار البستانية حسب نوع المحصول و مرحلة القطف فمثلاً تفضل الأحجام الصغيرة في الحاصلات الثمرية التي تحصد أثناء تطورها و قبل أكمال نموها مثلاً الخيار و الباميا و على العكس تماماً تفضل الأحجام الكبيرة في الثمار التي تحصد مكتملة النمو أو الناضجة مثلاً الطماطة و الفراولة و يقاس حجم الثمار بعدة طرق منها قياس الأبعاد و الأقطار و الأطوال أو استخدام حلقات يمكن أمرار الثمار من خلالها لتحديد الحجم , كما يمكن قياس حجم الثمار بطريقة الإزاحة (غمر الثمرة بالماء) و قياس حجم الماء المزاح .

ب- الشكل Shape : يلعب شكل الثمرة البستانية دوراً بارزاً في تحديد جودتها مظهرياً فمثلاً قياس جودة محصول البصل بمعامل أستدارة الأبعاد الناتجة و يحسب معامل الأستدارة على أساس نسبة قطر البصلة الى ارتفاعها .

ت- اللون Color : و هو أحد عوامل جودة المظهر حيث تشكل كثافة و أنتظام توزيعه على الثمار قواعد أساسية للحكم على جودة لون الثمرة و تختلف الثمار حسب المحصول و مرحلة القطف في اللون المميز لها و الذي يدل على جودتها فمثلاً اللون الأخضر و كثافة و أنتظام توزيعه دليل هام في جودة محاصيل الخضر الورقية و الثمرية التي تؤكل قبل أكمال نموها مثلاً الخيار , وفي الثمار الناضجة ترتفع جودة الثمار بزيادة كثافة و أنتظام توزيع اللون المميز لها كما هو الحال في حالة اللون الأحمر في الطماطة و اللون البرتقالي في البرتقال و الأصفر في المشمش و يمكن الاستدلال على ارتفاع قيمة المحصول الغذائية من خلال كثافة اللون المميز له كما هو الحال في الجزر لكون اللون البرتقالي دلالة على ارتفاع محتوى الكاروتين و يمكن قياس لون الثمار البستانية بعدة وسائل منها العين المجردة مع الاستعانة بصور ملونة (color charts) تدل على درجات جودة المظهر .

ث- البريق Gloss : يمكن الأعتداد و بدرجة كبيرة على درجة البريق في تحديد جودة الثمار البستانية حيث أختفاء بريق الثمار عند تسويقها يعني أنها ثمار غير طازجة أو مضى على حصادها وقت طويل .

ج- العيوب المظهرية **Visual defects** : يؤدي تواجد بعض العيوب المظهرية التي قد تكون خارجية أو داخلية على الحاصلات البستانية الى انخفاض حاد في جودتها المظهرية و يمكن أن تكون العيوب المظهرية للثمار ناتجة من تشوهات حصلت أثناء نمو الثمرة مثل التبقع الفليني في التفاح و الكمثرى (cork spot) و هو من الأضرار الفسلجية و يجب العناية باستبعاد الثمار ذات العيوب المظهرية أثناء الفرز و التدرج بعد الحصاد .

(2) التكوين الحسي Texture :

أ- الصلابة Firmness :

كلما فقدت الثمار صلابتها كلما كان تداولها بعد الحصاد و تسويقها أمراً صعباً , و تعد عملية تأخير فقدان الثمار لصلابتها أحد مفاتيح نجاح تداولها و تسويقها و تقليل الفاقد منها بعد الحصاد و تقاس صلابة الثمار بأجهزة أخترق الثمار بالضغط (كغم . سم⁻²) .

ب- الغضاضة Tenderness و العصيرية Juiciness :

و هما صفتان مميزتان لغالبية الحاصلات البستانية و لهما ارتباط وثيق بالمحتوى المائي للعصير و يمكن الاستدلال على أي منهما بقياس المحتوى المائي أو كمية العصير للثمار .

ت- التليف Fibrousness :

وهي صفة تنتشر في محاصيل الخضر الجذرية و الورقية و الزهرية و بعض المحاصيل الثمرية مثل الفاصوليا و الباميا و هي صفة غير مرغوبة تدل على شيخوخة المحصول البستاني , و يمكن قياس التليف بعدة طرق مثل جهاز shear force و كذلك التقدير الكيميائي للألياف و اللكتين .

(3) النكهة Flavor :

تشمل النكهة طعم و رائحة المحصول البستاني و كلاهما يتحكم و بدرجة كبيرة بجودة المحصول

البستاني , و مكونات الطعم ما يلي :

أ- الحلاوة Sweetness :

تعتمد حلاوة الثمار على محتواها من السكريات الأحادية و كذلك السكريات الثنائية أو كلاهما و يمكن

الاستدلال على محتوى الحاصلات البستانية من السكريات بالتذوق أو بقياس النسبة المئوية للمواد الصلبة

الذائبة الكلية TSS في تحديد درجة القطف المثلى كما هو الحال في العنب و تزداد جودة العديد من

الحاصلات كلما زاد محتواها من السكريات , يؤدي سوء تداول و خزن الثمار البستانية الى انخفاض محتواها

من السكر لكونه المادة الأساسية للتنفس و بالتالي انخفاض مقاومة الجودة فيها و لهذا يعد محتوى الثمار من السكر دليلاً أساسياً على درجة جودتها .

ب- الحموضة Acidity :

ارتفاع حموضة الثمار يعني زيادة محتواها من الأحماض العضوية و بالتالي ارتفاع جودتها و قيمتها الغذائية كما هو الحال في الحمضيات و تعد الأحماض العضوية كما هو الحال في السكريات مادة التنفس الرئيسية بمعنى أن انخفاض محتوى الثمار من الأحماض العضوية يعني تدهورها و انخفاض جودتها . تلعب نسبة السكر الى الأحماض (sugar / acid Ratio) دوراً هاماً في تحديد درجة الجودة الخاصة بطعم و نكهة المحصول البستاني حيث تعد هذه النسبة مقياس دقيق لجودة الطعم في غالبية الثمار .

ت- المرارة Bitterness:

و هي أحد عوامل تحديد جودة الطعم حيث تقل جودة المحصول البستاني بارتفاع مرارته مثل تكون الطعم المر في الجزر نتيجة سوء الخزن و التعرض للأتلين .

ث- الطعم القابض Astringency :

يرجع الطعم القابض غير المرغوب لبعض ثمار الحاصلات البستانية مثل الموز الى وجود مركبات Tannins في الثمار , و يمكن قياس المواد القابضة في الثمار عن طريق قياس محتواها من التانينات و التي بذوبانها في الثمار يزول الطعم القابض و يمكن التخلص من الطعم القابض لمثل هذه الثمار بمعاملتها بغاز CO₂ أو حفظ الثمار في أكياس البولي أثلين ليوم أو يومين قبل الاستهلاك .

ج- الملوحة Saltness:

نادراً ما تستخدم الملوحة كعامل جودة للثمار البستانية .

4) القيمة الغذائية للحاصلات Nutritive value :

يعد محتوى الحاصلات البستانية من المكونات الغذائية دليلاً على جودة المحصول البستاني و تشمل

المكونات الغذائية :

a. الكربوهيدرات Carbohydrates :

مثل السكريات sugar و النشا Starch أذ يعد ارتفاع محتوى الثمار من السكريات عند النضج كالتفاح و الكمثرى و ثمار النخيل و غيرها دليلاً على جودة تلك المحاصيل كما أن ارتفاع النشا في درنات البطاطا يعد من عوامل جودة ذلك المحصول .

b. الدهون أو الليبيدات Fats or Lipids :

في بعض المحاصيل البستانية يستخدم ارتفاع محتواها من الدهون أو الزيوت في تحديد جودتها من حيث قيمتها الغذائية مثلاً يعد محتوى الخس الزيتي من الزيت أحد عوامل الجودة المحددة للطعم و القيمة الغذائية , و تعد التحاليل الكيميائية الأساس في تقدير جودة الثمار من حيث محتواها من الدهون و الليبيدات و الأحماض الدهنية .

c. البروتينات Proteins :

تمتاز بعض الحاصلات البستانية مثل البقوليات بأرتفاع محتواها من البروتينات و الأحماض الأمينية و التي يمكن الأستدلال عليها بالتقديرات الكيميائية .

d. الفيتامينات Vitamins :

تعد الحاصلات البستانية أهم مصادر الفيتامين في غذاء الإنسان و يعد محتوى ثمار الفلفل من فيتامين ج vit. C دليلاً على جودتها .

e. الأملاح المعدنية Minerals :

تعد الحاصلات البستانية المصادر الأساسية للكثير من الأملاح المعدنية و العناصر مثل K , Mg , Ca , Fe و غيرها لهذا يعتبر محتوى الحاصلات البستانية من الأملاح و العناصر المعدنية دليلاً على جودة المحصول البستاني .

(5) عوامل الأمان الحيوي Bio safety factors : و تشمل هذه العوامل

i. السموم Toxicants :

(a) السموم الطبيعية Natural toxicants : وهي السموم التي تخلق طبيعياً أو تتراكم كنواتج داخل الحاصلات البستانية مثل الكلوكوسيدات Glucosides الموجودة في فاصوليا ليما و النترات (NO₃) و النتريت (NO₂) الموجودة في معظم محاصيل الخضر الورقية و الأوكزالات التي تتراكم داخل أوراق السبيناغ و الثايوكلوكوسيدات Thioglucosides المتواجدة في العائلة الصليبية و كذلك Glycoalkaloids المتواجدة في درنات البطاطا . و للحد من تخليق أو تراكم مثل هذه السموم يجب العناية بنوعية الأسمدة المستخدمة و الأهتمام بظروف الخزن التي تمنع تخليق أو تراكم مثل هذه السموم .

(b) السموم الصناعية Synthetic toxicants : وهي ناتجة من تلوث البيئة نتيجة استخدام المبيدات الكيميائية في مقاومة الحشائش و الحشرات و الآفات و الأمراض و يؤدي

هذا الى تواجد أثر متبقي لمثل هذه الكيماويات في الحاصلات البستانية بعد حصادها مما يشكل تهديداً لصحة الإنسان . و تدخل المعادن الثقيلة تحت هذا النوع من السموم و التي يمكن أن يكون مصدرها عادم السيارات و مخلفات المصانع و مياه المجاري غير المعالجة و المستخدمة في الري . الأتجاه الى ترشيد استخدام المبيدات و قصر الأستخدام المسموح منها دولياً و عدم أستخدام مياه الأنهار في التخلص من نفايات المصانع أو التخلص من الصرف الصحي و غيرها من احتياطات الحفاظ على البيئة .

.ii الملوثات Contaminants :

(a) الملوثات الطبيعية Natural contaminants : و يندرج تحت هذه الملوثات سموم الفطريات و البكتريا و أيضا المعادن الثقيلة .

(b) التلوث الميكروبي Microbial contamination : يمكن للحاصلات البستانية أن تتلوث بالميكروبات عند ملامستها للأسمدة العضوية في الحقل مثل بكتريا Salmonella الموجودة في سماد الأغنام و الماعز العضوي و العديد من البكتريا الموجودة في سماد الدواجن و يمكن أيضاً أن تصاب الثمار بالميكروبات عند أستخدام مياه المجاري غير المعالجة للري , و كذلك عدم تطهير الحاصلات البستانية بالمطهرات المسموح بها دولياً بعد الحصاد يؤدي الى تلوثها ميكروبياً .

(c) التلوث الإشعاعي Radiant contamination : ينشأ هذا النوع من تلوث من تسرب الإشعاعات الذرية من المفاعلات النووية و يمكن أن ينتقل الإشعاع للحاصلات البستانية عن طريق الأمطار إذا كانت ناتجة من غيوم مارة فوق مناطق تلوث إشعاعي أو من أسمدة كيميائية تم استيرادها من أماكن بها تلوث إشعاعي و يمكن التأكد من سلامة الحاصلات البستانية عن طريق تقدير الأثر المتبقي للسموم و الكيماويات بأستخدام أجهزة التحليل الكروموتوغرافي و يمكن أستخدام أجهزة الكشف عن الإشعاع للتأكد من خلو الحاصلات البستانية و خاصة المستوردة من هذا الخطر .

Chilling injuries أضرار البرودة

هي أضرار فسلجية ذات أعراض مرئية سطحية و داخلية ولكن لا تظهر هذه الأعراض أثناء التخزين المبرد و لكنها سريعة التطور و الظهور بعد التخزين المبرد بفترة قصيرة تتراوح ما بين ساعات قليلة الى يوم أو يومين على الأكثر وهذا يتزامن تماماً مع وقت عرض الثمار في الأسواق مما يؤدي الى انخفاض حاد في الجودة و تدهور في السعر .

أن الحاصلات البستانية تتعرض للإصابة بأضرار البرودة خاصة تلك الحساسة للخن المبرد عند تخزينها بعد حصادها على درجات حرارة منخفضة و لكن أقل من درجة حرارة تجميد الماء (الصفر المئوي) أذ أنه لكل محصول بستاني في درجة حرارة حرجة لا ينصح بتخزينه على درجة حرارة أقل منها حتى لا يصاب بأضرار البرودة و تتوقف سرعة أصابه الثمار بأضرار البرودة على العوامل التالية : -

1. مدى الانخفاض في درجة الحرارة عن درجة الحرارة الحرجة أثناء الشحن أو التخزين .
2. طول فترة التعرض لدرجات الحرارة المنخفضة .
3. نوع و صنف المحصول البستاني الحساس للإصابة بأضرار البرودة .

و تتلخص أعراض الإصابة بأضرار البرودة في أحد أو بعض المظاهر التالية حسب نوع المحصول و نوع الضرر الى : -

أولاً : مظاهر عامة General symptoms و تشمل

1. التتقر و التبقع Pitting and spotting :

و تظهر هذه الأعراض على السطوح الخارجية للثمار بعد خروجها من المخزن المبرد و أثناء عرضها للمستهلك و تتحول هذه النقر الى بقع مائية تنمو عليها الاعفان لاحقاً , و تعتبر هذه الأعراض سائدة في ثمار الخضر التي تؤكل قبل أكمال نموها مثل الخيار و الكوسة و الفلفل و كذلك الحمضيات .

2. فقدان الثمار البريق الجذاب Loss of gloss و يشمل غالبية الثمار .

3. سوء تلوين الثمار و عدم نضجها DE coloration and Ripening failure .

و يقتصر هذا الضرر على الثمار التي تحصد عند أكمال نموها و تستكمل نضجها بعد الحصاد مثل الطماطة و الموز و المانجو و غيرها عند تخزينها بعد حصادها على درجة حرارة

اقل من درجة الحرارة الحرجة الخاصة بكل منها و لفترة زمنية تسمح بتطور أضرار البرودة على الثمار بعد التخزين المبرد , و تفشل هذه الثمار في أستكمال نضجها و يسوء تكوينها نتيجة أثر البرودة السلبي على تخليقها هرمون الأثلين أو فعله و كذلك عن طريق تثبيط نشاط أنزيمات النضج و أنزيمات هدم الكلوروفيل و أثر البرودة السيء على أغشية خلايا الثمرة .

4. الانهيار الداخلي Internal breakdown :

يصيب هذا الضرر ثمار ليمون الأضاليا و بعض أصناف الخوخ و التفاح الحساسة للإصابة بأضرار البرودة ففي الخوخ تفقد الثمار بريقها و يصبح لبها جافاً له طعم حامضي مر و تصبح الأنسجة الداخلية المحيطة بالنواة مائية تتلون فيما بعد باللون البني , أما ثمار التفاح فتتلون أنسجتها الداخلية باللون البني و يصبح سطح الثمرة قاتم اللون فاقداً لبريقه المميز , وفي ليمون الأضاليا يتلون لب الثمرة باللون البني المسود .

5. الانهيار المائي Watery breakdown :

و يظهر هذا الضرر على بعض الثمار مثل البرتقال حيث تصبح قشرة الثمرة لينة إسفنجية مائية المظهر , ويظهر هذا الضرر على بعض أصناف التفاح الحساسة للإصابة بأضرار البرودة حيث يتلون لب الثمرة باللون البني و تصبح الأنسجة مائية و يصاحب ذلك تخمر الأنسجة السليمة المجاورة للأنسجة المصابة .

6. فقدان الحاصلات البستانية قدرتها الطبيعية على مقاومة الكائنات الحية الدقيقة و بالتالي سهولة أصابتها بالأعفان الفطرية و البكتيرية و ارتفاع نسبة التلف بعد الخزن المبرد .

7. فقدان الثمار لعوامل النكهة .

8. أسوداد أصابع الموز .

و تتوقف حساسية الثمار للإصابة بأضرار البرودة على العديد من العوامل ومنها : -

1.العوامل الخاصة بالمحصول Crop factors :

أ-العوامل الوراثية : تتباين حساسية الثمار للإصابة بأضرار البرودة حتى لو كانت هذه الثمار ذات قرابة وراثية حيث تعد البقوليات محاصيل حساسة للتخزين المبرد ولكن يشذ عنها محصول البزاليا (البسلة) .

ب-أكمال النمو عند الحصاد : تقل حساسية الثمار للإصابة بأضرار البرودة كلما اقتربت من مرحلة أكمال النمو و تعد ثمار الطماطة مثلاً واضح على ذلك حيث أن درجة الحرارة الحرجة للطماطة مكتملة النمو الخضراء هي 13م° بينما تقل هذه الدرجة الى 8م° عند تخزين الطماطة الناضجة الحمراء . ومن هنا فأن أنصاج الثمار عند معاملتها بالأثلين أو أحد المركبات التي تنتجها مثل الأثيون يؤدي الى تقليل حساسية الثمار للإصابة بأضرار البرودة عن طريق خفض درجة الحرارة الحرجة للمحصول .

ج-موسم الإنتاج : تتضارب الآراء العلمية حول هذا العامل حيث يعتبر بعض العلماء ثمار المواسم الحارة (الصيف) اكثر حساسية للإصابة بأضرار البرودة و لكن هناك فريق آخر من العلماء يعتبر أضرار البرودة عملية تراكمية بمعنى أن الثمار النامية في فصل الشتاء تحصل على جزء من البرودة المسببة لظهور أضرار البرودة أثناء نموها في الحقل و لذلك تزداد حساسيتها للإصابة بأضرار البرودة عند التخزين المبرد .

د-موضع الثمرة على النبات : لوحظ ان ثمار الحمضيات و غيرها و التي يتم حصادها من المحيط الخارجي للأشجار و الأكثر تعرضاً للعوامل الجوية من ضوء و هواء أكثر عرضة للإصابة بأضرار البرودة من تلك التي تحصد من داخل محيط الأشجار .

ثانياً : العوامل الخاصة بظروف التخزين Storage factors : و تشمل

1)درجة الحرارة : لا تظهر أعراض الإصابة بأضرار البرودة على الثمار الحساسة للخن المبرد طالما أن درجة حرارة الخزن أعلى من درجة الحرارة الحرجة و لكن أنخفاض درجة الحرارة عن هذا الحد يؤدي الى ظهور أعراض الإصابة بأضرار البرودة .

2) إعادة التدفئة : يؤدي تدفئة الثمار أثناء الخزن المبرد (رفع درجة حرارة المخزن لعدة ساعات كل عدة أيام) الى تقليل حساسيتها للإصابة بأضرار البرودة لأن رفع درجة الحرارة لعدة ساعات أثناء الخزن المبرد يؤدي الى السماح بتخليص الثمار من مركبات التنفس الوسطية السامة و بالتالي تقليل فرصة الإصابة بأضرار البرودة .

3) نسبة الرطوبة في المخزن : تقل حساسية الثمار للإصابة بأضرار البرودة عند ارتفاع الرطوبة النسبية حول الثمار و بالتالي تقليل حساسيتها للإصابة بأضرار البرودة .

4) غاز ثاني أكسيد الكربون (CO₂) : بارتفاع تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون حول الثمار في الحدود المسموح بها تقل حساسية الثمار للإصابة بأضرار البرودة و يمكن رفع تركيز الغاز حول الثمار باستخدام تقنية الخزن تحت ظروف الجو الهوائي المعدل أو المتحكم فيه .

5) المعاملات قبل الخزن و خلاله : تعريض الثمار لدرجات حرارية عالية 45-60م° لعدة دقائق (3-5) دقائق قبل الخزن المبرد أو تعريض الثمار لظروف لاهوائية لعدة ساعات أو التخزين تحت ظروف الجو الهوائي المعدل أو المتحكم فيه يمكن أن تقلل حساسية الثمار للإصابة بأضرار البرودة .

ثالثاً : العوامل المتعلقة بتداول الثمار بعد الحصاد

- 1) الكالسيوم Ca : غمر الثمار قبل الخزن بالكالسيوم يقلل حساسية الثمار للإصابة بأضرار البرودة .
- 2) الإنضاج الصناعي : معاملة الثمار بالأثلين يقلل من حساسيتها للإصابة بأضرار البرودة .

أضرار الأنجماد Freezing injuries :

هي أضرار فسلجية أيضاً تنشأ و تتطور بعد الخزن المبرد و تصاب الثمار بأضرار الأنجماد عند تخزينها على درجة حرارة أقل من درجة حرارة تجميد الماء (الصفر المئوي) و تتلخص هذه الأعراض بفقدان الثمار لقوامها المميز و تبدو كأنها مسلوقة إضافة الى التبقع المائي مع انهيار و تلف الطبقات الخارجية ثم الداخلية للثمار .

و تعتبر غالبية الثمار حساسة لأضرار الأنجماد و لكن هناك ثمار يمكن تخزينها طازجة على درجات حرارة أقل من الصفر المئوي خاصة الثمار ذات المحتوى العالي من المواد الصلبة الذائبة و السكريات مثل التمر .

و لتلافي إصابة الثمار بأضرار الأنجماد يجب تخزينها دائماً على درجة حرارة أقل من نقطة انجمادها بحوالي (0.5-1م°) مع مراعاة أن تكون دائماً درجة الحرارة الدنيا للمخزن اعلى من نقطة تجمد المحصول .

التخزين تحت ظروف الجو الهوائي المعدل أو المتحكم فيه

Modified and controlled atmosphere

يتكون الهواء الجوي من N_2 بنسبة 78.08% و الأوكسجين O_2 بنسبة 20.95% و ثاني أوكسيد الكربون CO_2 بنسبة 0.03% و تشكل باقي الغازات نسبة 0.04%. وفي أي حيز مغلق يمكن زيادة نسبة أحد الغازات بإضافته أو أحلاله محل غازات أخرى أو تقليل نسبته بسحبه أو أحلال غازات أخرى محله وهذا يعني تعديل الجو الهوائي لهذا الحيز المغلق و تعديل الجو الهوائي يؤثر تأثيراً حيوياً على نشاط الكائنات الحية و يغير من سلوكها .

و تعديل الجو الهوائي المحيط بالثمار أثناء الشحن أو التخزين هو إحدى الوسائل التي تتبع لغرض تحقيق العديد من الفوائد منها إطالة عمر المحصول البستاني بالمخزن و المحافظة على جودته و يمكن تلخيص تلك الفوائد بما يلي :-

- (1) إطالة عمر المحصول البستاني في المخزن .
- (2) تأخير نضج الثمار .
- (3) تأخير الشيخوخة .
- (4) خفض معدل تنفس المحصول .
- (5) تقليل فقدان الثمار لصلابتها .
- (6) التغلب على بعض الأمراض الفسليجية مثل أضرار البرودة .
- (7) التأثير المباشر و غير المباشر على تثبيط نشاط الكائنات الحية .
- (8) إمكانية استخدامه في مكافحة الحشرات .
- (9) تثبيط تخليق و فعل الأتلين .

أما التأثير الضار للجو الهوائي المعدل فهو :

- (a) ظهور بعض الأمراض الفسلجية مثل القلب الأسود في البطاطا و التي يعود الى نقص الأوكسجين في جو المخزن و كذلك التصبغ البني في الخس و القلب البني في التفاح و الكمثرى .
- (b) عدم أنتظام النضج لبعض الثمار مثل الموز و الطماطة و الذي ينشأ من أنخفاض تركيز الأوكسجين الى أقل من 2 % أو زيادة تركيز ثاني أوكسيد الكربون الى أكثر من 5%.
- (c) زيادة حساسية الحاصلات التي أصيبت بأضرار فسلجية الى الاعفان .
- (d) اكتساب الحاصلات البستانية عند تعرضها للتراكيز شديدة الأنخفاض من الأوكسجين أو شديدة الارتفاع من غاز ثاني أوكسيد الكربون لنكهة غير مرغوبة بسبب حصول التنفس اللاهوائي .
- (e) يؤدي الجو الهوائي المعدل الى تثبيط تكون طبقة البريديرم في المحاصيل الجذرية و تشجيع تزييعها .