تعبئة وتخزين الخضار والفواكه
Packing and storage of

لطلاب السنة الخامسة

الشعبة العامة

**منشورات جامعة دمشق**
**كلية الزراعية الثانية بالسويداء**

# تعبئة وتخزين الخضار والفواكه

## الجزء النظري

**الدكتور عادل نمر أبو حسون**
أستاذ في قسم علوم الأغذية

**جامعة دمشق**

**١٤٤٠ – ١٤٤١ هـ**

**٢٠١٨ – ٢٠١٩ م**

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

# قائمة المحتـويـات


| العناوين | رقم الصفحة |
|---|---|
| **المقدمة** | **٩** |
| **الفصل الأول : مكونات ثمار الخضار والفواكه** | **١١** |
| الماء | ١٢ |
| الكربوهيدرات : السكريات - النشاء - السيليلوز - المواد البكتينية | ١٣ |
| الدهون والشموع | ١٩ |
| المركبات الآزوتية | ٢٠ |
| الأنزيمات | ٢١ |
| الفيتامينات | ٢٢ |
| الاحماض العضوية | ٢٦ |
| الغليكوزيدات والاصبغة النباتية | ٢٧ |
| المركبات الفينوليه | ٣٣ |
| المركبات العطرية | ٣٦ |
| العناصر والأملاح المعدنية | ٣٧ |
| **الفصل الثاني : العوامل المؤثرة في جودة الخضار والفواكه** | **٣٩** |
| العوامل البيئية : منطقة الزراعة - الظروف الجوية – التربة | ٣٩ |
| المعاملات الزراعية : الري والتسميد – التقليم والمعاملات الكيميائية | ٤٣ |
| حالة الأشجار والثمار | ٤٨ |
| تقنيات وموعد الجمع | ٤٩ |
| **الفصل الثالث : فسيولوجيا نمو ونضج الثمار** | **٥١** |
| نمو وتطور الثمار | ٥١ |
| تشكل الدرنات والأبصال | ٥٣ |
| تنفس ثمار الفواكه والخضار | ٥٤ |
| ظاهرة الكلايمكتريك | ٥٨ |
| العوامل المؤثرة في شدة التنفس بعد الجمع | ٦٤ |

**الفصل الرابع : التغيرات في محتوى الثمار خلال النضج** ٦٩
تحولات النشاء والسكريات ٦٩
حلمهة المواد البكتينية ٧٣
التغيرات في المكونات الأخرى للثمار ٧٤
التغيرات التي تطرأ على الفيتامينات ٧٦
فقد الثمار لمحتواها المائي ٧٨

**الفصل الخامس : الأسس النظرية للتخزين** ٨١
الأسس البيولوجية ٨١
- قابلية التخزين ٨١
- إمكانية التخزين ٨٢
- قابلية تخزين الخضار والبطاطا ٨٣
- قابلية تخزين ثمار التفاحيات والخضار الثمرية ٨٤
- قابلية تخزين الخضار الورقية والأعناب والثمار اللوزية ٨٥
عوامل التخزين ٨٦
- درجة الحرارة ٨٦
- رطوبة وسط التخزين ٩١
- التهوية ومكونات هواء المخزن. ٩٦

**الفصل السادس : جمع وتوظيب وتعبئة الخضار والفواكه** ٩٩
تحديد الموعد الأمثل للجني ٩٩
عمليات الجمع ١٠٢
التوضيب والتعبئة : الفرز الأولي - التنظيف - التطهير - التجفيف ١٠٤
- الفرز النهائي - التدريج - ختم الثمار - التعبئة - التغليف - النقل

**الفصل السابع : تخزين الخضار والفواكه** ١٢١
طرق التخزين الطبيعية : التخزين على الأشجار- التخزين في الحقل ١٢١
- التخزين في الأقبية والمخازن
طرق التخزين الصناعية (التخزين بالتبريد) ١٢٨
طرق التبريد المحدودة المدى ١٢٨
التبريد الميكانيكي : سوائل التبريد - نظام التبريد ١٣٠
- طرق التبريد - مواد العزل - حمولة التبريد.

**الفصل الثامن : الأضرار التي تتعرض لها منتجات الخضار والفواكه** ١٤٥
الأضرار الفسيولوجية ١٤٥
- أضرار التجميد - أضرار البرودة - ضرر الحرارة المرتفعة ١٤٥
- أضرار المركبات الكيميائية ١٥٥
- أضرار نقص العناصر ١٥٦
الأضرار المرضية ١٥٧
- أهم الأمراض التي تصيب الثمار بعد الجمع ١٥٩
- طرق الوقاية من الأمراض ١٦١
الأضرار الميكانيكية ١٦٣
تدهور وتلف الحاصلات البستانية ١٦٤
- العوامل المسببة للفس اد والتدهور ١٦٤
- أهم أنواع الفقد خلال التخزين ١٦٦

**الفصل التاسع : المعاملات المستخدمة لإطالة تخزين الخضار والفواكه** ١٦٧
التبريد المبدئي ١٦٧
- طرق التبريد ١٦٨
- العوامل المؤثرة في سرعة التبريد ١٧٢
المعاملات الكيميائية والحرارية ١٧٣
- المعاملات المضادة لنمو وانتشار الأحياء الدقيقة ١٧٣
- المعاملات المستخدمة لمقاومة الأمراض الفسيولوجية ١٧٨
- المعالجة بالتجفيف ١٨٠
- المعاملة الحرارية ١٨١
- منع الإنبات ١٨٣
التشعيع ١٨٥
- آلية تأثير الأشعة المؤينة في الأحياء الدقيقة ١٨٧
- أهم تطبيقات تقنية التشعيع في تخزين الحاصلات البستانية ١٨٩

**الفصل العاشر: التخزين في الأوساط الغازية** ١٩٣
الأسس النظرية للتخزين في الأوساط الغازية ١٩٣
أسس تشكيل الأوساط الغازية ١٩٤
أنظمة التخزين في الأوساط الغازية ١٩٧
طرق تشكيل الأوساط الغازية ١٩٩
طرق التحكم بالوسط الغازي ٢٠١

- التخزين في وسط متحكم فيه ٢٠٢
- التخزين في جو هوائي معدل ٢٠٦
**الفصل الحادي عشر : الإنضاج الصناعي** ٢١٥
أهمية الإنضاج الصناعي ٢١٥
طرق الإنضاج الصناعي ٢١٦
دور الإتيلين في مرحلة ما بعد القطاف ٢٢٠
- تأثير إضافة الإتيلين في الثمار ٢٢٤
- العوامل المؤثرة في إنتاج الإتيلين ٢٢٦
- طرق تقدير الإتيلين ٢٢٧
- استخدامات الإتيلين في فسيولوجيا ما بعد القطاف ٢٢٧
- طرق التخلص من الإتيلين ٢٢٩
**الفصل الثاني عشر: توضيب وتخزين أهم محاصيل الخضار والفواكه** ٢٣١
توضيب وتخزين : البطاطا - الملفوف - الزهرة – الخضار الورقية ٢٣١
تخزين الخضار الباذنجانية : بندورة - فليفلة - باذنجان ٢٤١
تخزين الخضار القرعية : الخيار - الكوسا ٢٤٥
- البطيخ الأحمر- البطيخ الأصفر – اليقطين
تخزين الخضار الجذرية : الجزر - الفجل - الشوندر الأحمر ٢٤٩
- البطاطا الحلوة - تخزين اللفت والكرفس الجذري
تخزين محاصيل الخضر البصلية : البصل – الثوم ٢٥٤
تخزين الخضار البقولية : البازلاء ٢٥٨
تداول وتخزين التفاحيات ٢٥٩
- تخزين التفاح ٢٥٩
- تخزين الإجاص ٢٦٢
- تخزين السفرجل ١٦٣
تخزين اللوزيات : الدراق - المشمش - الخوخ - ا لكرز ١٦٣
تخزين الحمضيات: البرتقال - الليمون الحامض - اليوسفي - الجريب فروت ٢٦٩
تخزين العنب ٢٧٣
تداول وتخزين : الموز - الفريز - الرمان - التين - البلح ٢٧٦
تخزين بعض الثمار الاستوائية : المانجو - الكاكي - الباباظ - ا لجوافة ٢٨٢
تخزين الزيتون ٢٨٣
المصطلحات العلمية ٢٨٥
المراجع العلمية ٢٩٩

# مقدمة

إن أهم مظاهر العجز في توفير الغذاء هو ارتفاع نسبة الفقد في محاصيل الخضار والفواكه الطازجة خلال معاملات ما بعد الحصاد إلى أن تصل للمستهلك

وتؤكد بعض الدراسات أن نسبة الفقد هذه تصل إلى ٥٠ % في بعض البلدان ولبعض المحاصيل ، بالمقابل من المعروف الأهمية التغذوية الخاصة لمجموعة الخضر والفاكهة ليس فقط كونها تشكل الجزء المهم من القيمة الحرارية في الوجبات الغذائية وإنما تعتبر المصدر الأساس لكثير من المكونات الحيوية الهامة في جسم الإنسان والتي لا يمكن الاستغناء عنها لسير النشاط الفيزيولوجي الطبيعي في الجسم مثل الفيتامينات . ومن الواضح أن تقليل نسبة التلف سيؤدي إلى زيادة الإنتاج وتوفير الموارد والطاقات التي تهدر أثناء عملية الإنتاج والتسويق.

ورغم أهمية تطوير وتحسين عمليات إعداد وتسويق محاصيل الخضر والفاكهة الطازجة في دول العالم الثالث إلا أن الجهود المبذولة في هذا المجال لا تزال محدودة بسبب عجز الأجهزة التسويقية المتخصصة.

ومن هنا تأتي أهمية بذل الجهود وتركيز الاهتمامات نحو تطوير العمليات التسويقية ورفع كفاءتها ومعالجة العيوب التي تعاني منها خاصة تلك المتعلقة بالجودة والتي لها أثر مباشر في مستوى الخسائر عن طريق الاهتمام بعمليات الجمع والتوضيب والنقل والتخزين والتسويق وذلك باتباع الأساليب العلمية الحديثة والتي تحافظ على جودة المنتجات مع أقل قدر من الفقد والتلف وإيصالها للمستهلك بحالة جيدة وفي الأوقات المناسبة لخلق توازن ملائم بين العرض والطلب.

وضمن هذا المنحى تعرضنا في هذا الكتاب للأسس العلمية والمبادئ الواجب معرفتها لضمان إجراء مختلف عمليات الإعداد بشكلها الأمثل منذ الجمع وحتى

التسويق. وتضمن هذا الكتاب أيضاً طرق إعداد وتوضيب الحاصلات البستانية وطرق التخزين البسيطة والحديثة والتغيرات التي تحدث في المنتجات خلال الإعداد والتخزين والتسويق والتعرف على بعض المعاملات الخاصة للمنتجات بهدف تحسين الجودة وتقليل الفقد ، وتضمن الكتاب حيزاً مهماً خُصص للتعرف على الظروف التخزينية لأهم الحاصلات البستانية.

آملين أن يساهم هذا الكتاب في تطوير المعرفة حول المواضيع التي يُعالجها ونرجو أن نكون قد وفقنا في ذلك.

**الاستاذ الدكتور عادل نمر أبو حسون**

# الفصل الأول

# مكونات ثمار الخضار والفواكه

تعتبر الخضار والفواكه مجموعة خاصة من الأغذية النباتية كونها الجزء الغض من النبات ولها تركيب خاص ومحدد ومؤشرات نوعية مميزة الجدول(١-١ ) وتحوي الخضار والفواكه على نسبة مرتفعة من الماء وسطياً ٨٠ – ٩٠ % والمادة الجافة والتي تتراوح نسبتها وسطياً ١٠ – ٢٠ %.

تقسم المادة الجافة إلى منحلة بالماء والمادة الجافة غير المنحلة بالماء والتي تشكل أساساً الجدر الخلوية والعناصر الميكانيكية للأنسجة مثل السيليلوز ومرافقة الهيميسيليلوز والبروتوبكتين والأشكال غير الذوابة من المواد الأزوتية والعناصر المعدنية والنشاء والفيتامينات الذوابة بالدسم إضافة لنسبة قليلة جداً من المواد غير المعروفة وكل هذه المواد تحدد بشكل أساسي وصلابة الأنسجة وأحياناً لون القشرة . إن محتوى المواد الجافة غير المنحلة في الماء بالخضار والفواكه قليل نسبياً حيث تشكل وسطياً من ٢ – ٥ %.

نسبة المواد الجافة المنحلة بالماء تتراوح من ٥ – ١٨ % وسطياً وهي عبارة عن المركبات الأزوتية – السكريات – الحموض – المواد العفصية وغيرها من المواد ذات الطبيعة الفينولية – الأشكال الذوابة من البكتين والفيتامينات – الأنزيمات – الأملاح المعدنية وعدد من المركبات الأخرى بكميات قليلة .

إن أهمية منتجات الخضار والفواكه لا تقدر دائماً بمحتواها من السكريات أو الطاقة الحرارية أو القيمة الغذائية وإنما بتوفر مكونات الطعم والنكهة ونسبة الفيتامينات والأملاح المعدنية وغيرها من المواد التي لا توجد بالمنتجات الغذائية الأخرى أو توجد بنسب قليلة جداً .

تم تحديد العديد من مكونات الخضر والفواكه ومع هذا يبقى جزء من تلك المكونات غير مدروس تماماً ولكن من الثابت أن جسم الإنسان بحاجة لتلك المواد على مدار السنة ويفضل إمداده بالخضر والفواكه بشكلها الطازج .

**الماء**

- تتميز الخضار والفواكه باحتوائها نسب عالية من الماء تصل إلى ٩٥ – ٩٧ %.
- للماء تأثير واضح في قوام الخضر والفواكه فانخفاض نسبته في الخضر والفواكه يغير من قوامها كما في حالة ذبول الخس .
- وظيفة الماء في عمليات النشاط الحيوي عظيم وكبير للغاية لأنه أحد العوامل الرئيسية التي تحدد شدة العمليات البيوكيميائية فيها فكلما ارتفع محتوى الأنسجة من الماء كلما جرت فيها عمليات النشاط الحيوي بشدة أكبر.
- يؤثر الماء في قابلية الحاصلات البستانية للحفظ والتخزين خاصة نسبة الماء الحر حيث تقل القابلية للحفظ مع ازدياد نسبة الماء فيها لأن الماء هو الوسط الذي تذوب فيه معظم مكونات المادة الغذائية والوسط الذي تجري فيه التفاعلات الكيميائية والأنزيمية ولأن وجوده ضروري لنشاط الأحياء الدقيقة والذي يعتبر شرطاً أساسياً لنموها وانتشارها.
- تتميز الخضار والفواكه بمحتواها المائي المرتفع والذي يتراوح وسطياً من ٨٠ – ٩٠ % ويصل أحياناً إلى ٩٣ – ٩٧ % كما في الخيار والخس وذلك باستثناء بعض أصناف البلح وثمار الجوز واللوز والبندق والتين تتراوح نسبة الماء فيها وسطياً من ٢ – ٥ %.
- نلاحظ أن امتلاء خلايا وأنسجة الخضار والفواكه بالماء يحدد حالتهاالشكلية وهذا مرتبط مباشرة بمواصفاتها السلعية فإذا ما فقدت الخضار والفواكه الطازجة جاذبية الشكل تفقد أهم مواصفاتها الاستهلاكية ويحدث ذلك إذا انخفض محتواها المائي٥– ٧% كما في التفاح وأحياناً إذا انخفض ٢ – ٣ % كما في الخيار.

- الماء يساعد في استقرار العمليات الجارية داخل الأنسجة واتزانها في أثناء تخزين الخضـــار والفواكـــه بالتبريـــد ويقيهـــا مـــن خطـــر التجميـــد وضـــرر البـــرودة. كون المحاليل المائية هي الوسط السائل للأنسجة وبالتالي درجة تجمدها أخفض من درجة تجمد الماء. ومن جهة أخرى ارتفاع السعة الحرارية للماء. إضافة لارتفاع الحرارة اللازمة لتجمد الماء . ويساعد في ذلك الطاقة المنطلقة من عملية التنفس لذلك تعتبر الخضار والفواكه نظاماً حرارياً هادئاً أثناء التخزين وبطيء التغير وقادر على حماية نفسه من خطورة زيادة التبريد والتجميد .

- إن احتواء معظم الخضار والفواكه على نسبة مرتفعة من الماء يجعلها تتمتع بخصائص مميزة :

- سرعة نشاط العمليات الحيوية فيها وبالتالي زيادة شدة التنفس وفقد المواد الادخارية فيها مقارنة ببعض الحاصلات الزراعية الأخرى كالحبوب .

ارتفاع النسبة المئوية للفقد بالوزن خلال التخزين والذي يعود أساساً إلى فقد الثمار والخضار لكمية كبيرة من مائها أثناء التخزين .

- ضعف مقاومة الثمار والخضار للأضرار والإصابات الميكانيكية والمرضية مما يستدعي العناية بجمع ونقل وتوضيب الثمار والخضار بشكل جيد .

**الكربوهيدرات**

تعتبر الكربوهيدرات المصدر الأساسي للطاقة وتدخل في تركيب كل المنتجات الزراعية وأهمها السكريات – النشاء – السيليلوز – والبكتين .

تخزن الكربوهيدرات في الثمار والخضار إما على صورة نشاء كما في البطاطا أو على صورة انيلوين كما في الأرضي شوكي أو دكسترين كما في الثوم .

**– السكريات :**

– السكريات الأحادية : وأكثرها انتشاراً بالثمار والخضار الغلوكوز والفركتوز

– السكريات الثنائية : ومن أهمها : السكروز والمالتوز

**جدول ( ١-١ ) : المكونات الأساسية في بعض ثمار الفاكهة والخضر (%)**

| المحصول | المحتوى المائي | القيمة الحرارية (كالوري) | الكربوهيدرات الكلية | الآلياف | البروتينات | الدهون |
|---|---|---|---|---|---|---|
| البرتقال | ٨٦ | ٤٩ | ٢ – ١٢ | ٠,٥ | ١,٠ | ٠,٢ |
| الليمون | ٨٩ | ٢٨ | ٩,٥ | ٠,٥ | ٠,٧ | ٠,٢ |
| الموز | ٧٦ | ٨٥ | ٢٢ | ٠,٢ | ١,١ | ٠,٢ |
| العنب | ٨١ | ٦٧ | ١٧ | ٠,٥ | ٠,٦ | ٠,٣ |
| التفاح | ٨٥ | ٥٦ | ١٤ | ٠,١ | ٠,٢ | ٠,٦ |
| الدراق | ٨٩ | ٣٨ | ١٠ | ٠,٦ | ٠,٦ | ٠,١ |
| الإجاص | ٨٣ | ٦١ | ١٥ | ١,٤ | ٠,٧ | ٠,٤ |
| المشمش | ٨٥ | ٥١ | ١٣ | ٠,٦ | ١,١ | ٠,٢ |
| الخوخ | ٨٦ | ٤٨ | ١٢,٣ | ٠,٦ | ٠,٥ | ٠,٢ |
| الفريز | ٩٠ | ٣٧ | ٨,٤ | ١,٣ | ٠,٧ | ٠,٥ |
| البطاطا | ٨٠ | ٧٦ | ١٧,١ | ٠,٥ | ٢,١ | ٠,١ |
| البصل | ٨٩ | ٣٨ | ٨,٧ | ٠,٦ | ١,٥ | ٠,١ |
| الثوم | ٦١ | ١٣٧ | ٣٠,٨ | ١,٥ | ٦,٢ | ٠,٢ |
| البطاطا الحلوة | ٧٠ | ١١٤ | ٢٦,٣ | ٠,٧ | ١,٤ | ٠,٤ |
| الجزر | ٨٨ | ٤٢ | ٩,٧ | ١,٠ | ١,١ | ٠,٢ |
| الفليفلة | ٩٣ | ٢٢ | ٤,٨ | ١,٤ | ١,٢ | ٠,٢ |
| الكوسا | ٩٤ | ١٩ | ٤,٤ | ٠,٦ | ١,١ | ٠,١ |
| الملفوف | ٩٢ | ٢٤ | ٥,٤ | ٠,٨ | ١,٣ | ٠,٢ |
| البازلاء | ٧٨ | ٨٤ | ١٤,٤ | ٠,٢ | ٦,٣ | ٠,٤ |
| السبانخ | ٩١ | ٢٦ | ٤,٣ | ٠,٦ | ٣,٢ | ٠,٣ |
| الخس | ٩٥ | ١٤ | ٢,٥ | ٠,٥ | ١,٢ | ٠,٢ |

– السكريات الثلاثية : وهي قليلة الانتشار منها سكر الرافينوز

– تضم السكريات كذلك الديكسترينات : وتنتج أثناء حلمهة وتفكك النشاء .

وأهم ميزات السكريات بالخضار والفواكه :

– تظهر السكريات الطعم الحلو ولكن تختلف السكريات في درجة حلاوتها

– حلاوة السكروز /١٠٠/ حلاوة الفركتوز /١٧٣/ وحلاوة الغلوكوز /٧١/ والسكر المتحول الناتج من حلمهة السكروز /١٣٠/ لذلك نجد أن الفركتوز أكثر السكريات حلاوة وهذا ما يفسر بعض المفارقات في الطعم، مثل حلاوة البطيخ لأن السكر السائد فيه الفركتوز مع أن نسبته لا تتجاوز ٧%.

– كما يلاحظ تحسن الطعم الحلو أثناء نضج ثمار التفاح نتيجة لحلمهة السكروز إلى غلوكوز يستهلك بالتنفس وفركتوز يتراكم مكسباً الثمار طعمها الحلو المميز.

– تتكرمل السكريات بالتسخين فتكسب بعض الأطعمة ألواناً مائلة للاحمرار .

– احتواء السكريات الأحادية على مجموعة مختزلة (ألدهيدية أو كيتونية) يمكن لها أن تتفاعل مع الأحماض الأمينية حسب تفاعل ميلارد مشكلة مركبات ذات لون داكن يسيء إلى خواص الأغذية ونكهتها وهذا ما يسمى بالاسمرار اللاانزيمي.

– يعد السكر المادة الأساسية التي تستعمل في عملية التنفس لذلك تقل كميته وهذا مؤشر سلبي خاصة على طول فترة التخزين حيث تصبح الثمار أكثر عرضة للإصابة بالأمراض .

تختلف نسبة كل من الفركتوز والغلوكوز والسكروز في الثمار باختلاف الأنواع والأصناف حيث تسود نسبة سكر الفركتوز في ثمار التفاحيات على حين تسود نسبة السكروز في ثمار المشمش ، الدراق ، الخوخ ، البرتقال ، اليوسفي ، الليمون ، الموز والأناناس أما ثمار الكرز ، الفريز ، توت العليق ، عنب الثعلب الأسود فتحتوي على كميات متساوية تقريباً من الغلوكوز والفركتوز وعلى نسبة دنيا من السكروز .

**الجدول ( ٢-١ ) : متوسط نسبة السكريات في بعض الثمار ( % )**

| نوع الثمار | نوع السـكر | | | | السكر السائد |
|---|---|---|---|---|---|
| | سكريات كلية | سكروز | غلوكوز | فركتوز | |
| تفاح | ١٤,٩ | ٣ | ٣,٨ | ٨,١ | فركتوز |
| اجاص | ١١,٧ | ١,٥ | ٢,٣ | ٧,٨ | |
| سفرجل | ٩,٥ | ١,٠ | ٢,٢ | ٦,٣ | |
| دراق | ١٥,٨ | ٦,٣ | ٥,١ | ٤,٤ | سكروز |
| مشمش | ٦,٩ | ٦ | ٢,٢ | ١,٧ | |
| خوخ | ٩,٦ | ٥,٤ | ٣,٤ | ٠,٨ | |
| كرز حلو | ٨ | ٠,٦ | ٤,٧ | ٢,٧ | غلوكوز + فركتوز |
| كرز حامض | ٨,٧ | ٠,٤ | ٤,٥ | ٣,٨ | |
| عنب | ١٥,٦ | – | ٨ | ٧,٦ | |
| فريز | ٦,٥ | ٠,٤ | ٢,٨ | ٣,٣ | سكروز |
| يوسفي | ٧,٤ | ٤,٩ | ١,٠ | ١,٥ | |
| برتقال | ٦,٤ | ٣,٦ | ١,٣ | ١,٥ | |
| ليمون | ٢,١ | ٠,٩ | ٠,٦ | ٠,٦ | |
| كاكي | ١٨,١ | ١,٢ | ٩,١ | ٧,٨ | غلوكوز |
| الموز الناضج | ١٩ | معظمها غلوكوز وفركتوز | | | – |
| بطاطا | ٠,٩ | ٠,٦ | ٠,٢ | ٠,١ | سكروز |
| جزر | ٦,٦ | ٣,٧ | ٢,٩ | أثار | |
| بصل حريف | ٨,٨ | ٦,٣ | ١,٣ | ١,٢ | |
| بطيخ أصفر | ٨,٧ | ٣,٧ | ٢,٢ | ٢,٨ | |
| ملفوف عادي | ٤,٣ | ٠,١ | ٢,٦ | ٠,١ | غلوكوز |
| بندورة | ٢,٨ | ٠,٢ | ١,٥ | ١,٠ | |
| بازيلاء خضراء | ٥,٢ | ٠,٤ | ٠,١ | ٤,٧ | فركتوز |
| بطيخ أحمر | ٨,٢ | ١,٥ | ٢,٤ | ٤,٣ | |

أما ثمار العنب فيسود فيها سكر الغلوكوز لكن نسبة السكريات في الخضار أقل منها في الفاكهة باستثناء القرعيات ، الجدول ( ٢-١ ).

**- النشاء :**

ومن أهم خواص النشاء :

- عديم اللون ويتحلل مائياً بواسطة أنزيمات الأميليز
- لاينحل بالماء لكنه يتشرب الماء بالتسخين وبالتدريج
- يعطى النشاء مع اليود لوناً أزرق ويعتبر الانعكاس النوعي للنشاء
- كثافة النشاء عالية ١,٥- ١,٦ وبالتالي تستخدم هذه الخاصية عند استخلاصه من درنات البطاطا حيث تهرس وتمزج مع الماء فيرسو النشاء في القاع.
- يتواجد النشاء في الخلايا النباتية على شكل حبيبات يختلف شكلها وحجمها وبنائها حسب المحصول فمثلاً بالبطاطا تأخذ شكلاً كروياً غير منتظم قد يصل حجمها إلى ١٠٠ ميكرون وبالمتوسط ١٢- ٣٥ ميكرون ويلاحظ تغير حجم الحبيبات خلال التخزين وتصبح أقل حجماً وبالتالي تقل قابليتها للطهي

البطاطا من المحاصيل الغنية بالنشاء تحتوي ١٥ – ١٨% وسطياً. وزيادة النشاء بالبطاطا دليل على جودة الدرنات بينما تحتوي البازيلاء الخضراء على حوالي٥% نشاء وارتفاع نسبته فيها دليل على زيادة نضجها فتصبح خشنة القوام ويسوء طعمها. وبالمقابل وجود النشاء في معظم ثمار الفاكهة دليل على عدم نضجها.

**- السيليلوز:**

يكون السليلوز هيكل النبات حيث يدخل مع اللغنين والبكتين في تركيب الجدر الخلوية النباتية ومحتوى الخضار والفواكه من السيليلوز مرتبط بمتانتها الميكانيكية وإمكانية نقلها وقابليتها للتخزين. ومن خواص السيليلوز: أنه ثابت كيميائياً ولا يذوب بالماء ولا يهضم من قبل الإنسان.

- زيادة محتوى السيليلوز بالأغذية يكسبها خشونة كما في القشور والأغلفة.

– تختلف الأغذية بمحتواها من السيليلوز تبعاً للنوع والنسيج فبينما تتراوح نسبته بالخضار والفواكه من ٠,٢٥– ٢,٨ % تتضاعف عشر مرات في أغلفة البذور.

**– الهيميسيليلوز:**

– يتواجد مع السيليلوز ويشاركه في بناء الجدر الخلوية النباتية ويعتبر أقل ثباتاً من السيليلوز– لاينحل بالماء لكنه ينحل بالقلويات ويتحلمه بالحموض الممددة.

– نسبته بالخضار والفواكه متناسبة مع وجود السيليلوز وتتراوح من ٠,٢– ٣,١ % . يدخل في عمليات تبادل المواد أثناء النضج لذلك يخفض من قوام وتماسك الفواكه كما يغير جزئياً في طعمها .

**– المواد البكتينية :**

– تقسم المواد البكتينية إلى:

البكتين الذائب بالماء ويشمل: حمض البكتينيك – حمض البكتيك – البكتين .

البروتوبكتين: وهو أكثر المواد البكتينية تعقيداً ووحدة تكوينه حمض البكتينيك ويوجد مرتبطاً مع السيليلوز والنشاء وغيرها من المواد. يتحلمه بسهولة تحت تأثير الحموض والأنزيمات معطياً البكتين، والبكتين بدوره ينحل بالماء.

– ينحل البروتوبكتين بالمذيبات القابلة للمزج بالماء لذلك يستخلص باستخدام الكحول الإيتيلي.

– لا يذوب بالماء البارد إنما يتحلل بالماء الساخن ويبدأ بالتحلل عند الدرجة ٨٠ – ٨٥ م$^{o}$. والحموض والقلويات المخففة الساخنة.

– يدخل في تركيب المواد البكتينية مواد أخرى مثل بعض السكريات كالغلاكتوز والارابينوز والزايلوز وحمض الخل وشوائب من النشاء والهيميسيليلوز والبروتينات واللبيدات والتانينات والفلافونات ونسبه من الكالسيوم تصل إلى ٧,٥%.

– يوجد البروتوبكتين بكميات كبيرة في الثمار غير الناضجة ويعمل على ربط المكونات الميكانيكية للأنسجة وكمادة لاصقة لجدران الخلايا وكلما زاد طول سلسلة البروتوبكتين ازدادت صلابة الثمار.

محتوى ثمار الفاكهة من المواد البكتينية أكبر منها في الخضار ٠,٥ – ١,٥ % وأعلى نسبة لها نجدها بالحمضيات والتفاحيات ثم المشمش والخوخ وعنب الثعلب وبعدها الكرز والعنب والفريز ونسبتها بالخضار ٠,١ – ٠,٧ % وقد تصل إلى ١% وتتفاوت أنسجة الثمرة بمحتواها من المواد البكتينية فبينما بالطبقة البيضاء في قشور الحمضيات (الألبيدو) بينما تكون أقل بكثير في الأنسجة والخلايا العصيرية .

## الدهون

تتحدد الصفات الفيزيائية للدهن بقدر ما تحتويه من الأحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة فالزيوت السائلة تحوي على نسبة كبيرة من الأحماض الدهنية غير المشبعة ،بينما تكون الدهون صلبة على نفس درجة الحرارة لاحتوائها على نسبة أكبر من الأحماض الدهنية المشبعة.

– تتعرض الدهون للفساد حيث تتعرض لنوعين من التزنخ:

أ– التزنخ المائي : يتحلل الغليسيريد إلى مكوناته الرئيسية (الجليسرول والأحماض الدهنية) بفعل أنزيم الليباز وبوجود الماء فترتفع الحموضة.

ب– التزنخ الأوكسيدي : حيث تتأكسد الأحماض الدهنية غير المشبعة بأكسجين الهواء ويظهر نتيجة لذلك طعم شحمي زنخ.

إن نسبة الدهون في الثمار منخفضة جداً وعادة ترافق الشموع أما النسب المرتفعة من الدهون تتواجد عادة في البذور كما في نواة بذور اللوزيات والقرعيات .

ومن المعروف الأهمية الخاصة لزيت الزيتون في ثمار الزيتون حيث تحوي الثمار على كميات مرتفعة من الزيت تصل أحياناً في بعض الأصناف إلى ٣٠ %

## الشموع

وهي اتحادات ذات طبيعة دهنية تغطى طبقة البشرة ( الكيوتيكل ) في الثمار والخضار فتحد من فقد الرطوبة وتعيق وصول الأحياء الدقيقة المحرضة إلى الثمار ودخول الماء من الوسط الخارجي إلى الأنسجة كما تكسب الثمار بريقاً ولمعاناً طبيعياً إلا أن الطبقة الشمعية على سطح البشرة عند أغلب منتجات الخضار والفواكه تشكلها ضعيف وبالتالي دورها يبقى محدوداً .

الشموع ثابتة كيميائياً بالحرارة العادية وتذوب بالمحاليل القلوية الساخنة .

## المركبات الآزوتية

تشمل المواد الآزوتية البروتينات والأحماض الأمينية والنووية والأميدات ومركبات النشادر وأملاح حمض الآزوت وغيرها وتشكل البروتينات القسم الرئيسي من المواد الأزوتية في ثمار الفاكهة والخضار وتعد المادة الرئيسية المكونة لبروتوبلازما الخلايا .

تعتبر ثمار الفاكهة والخضار فقيرة بمحتواها البروتيني عموماً حيث تبلغ نسبة البروتينات من ٠,٢ – ١,٢ % ، في اللوزيات من ٠,٤ – ١,٣ % وفي الأعناب من ٠,٥ – ٥,١ % على حين تبلغ من ١٨ – ٢٠ % في ثمار الجوز واللوز و ٩ – ٢٠ % في البيكان . أما في الخضار فتتراوح نسبة البروتينات من ٠,٩ % في القرعيات والبندورة إلى ٤,٥ – ٦,٥ % عند البقوليات الخضراء .

ومن أكثر البروتينات المدروسة بروتين البطاطا التوبرين الذي يعتبر من البروتينات الكاملة إذ تقترب نسبة الأحماض الأمينية فيه من البومين البيض . وكذلك من البروتينات الكاملة بروتين الخضار البقولية وبروتين السبانخ والخس والخضار الملفوفية أما بروتين الجزر فيعتبر غير كامل لخلوه من التربتوفان .

## الأنزيمـات

تعتبـر أنزيمـات الخضـر والفواكـه ذات أهميـة كبيـرة فـي تسـيير معظـم التفـاعلات البيوكيميائيـة فـي الخلايـا حيـث تنشـط عمليـات التنفس وتحـولات المـواد بعـد القطـاف وشدة التحولات تتوقف على ظروف التخزين بعد القطاف من حرارة ورطوبـة إضـافة لنوع المادة والصنف وهذه التغيرات تسمى بالتغيرات الأنزيمية المرغوبـة لأنها تؤدي إلـى نضـج الثمـار واكتمـال مواصـفاتها التسـويقية والاسـتهلاكية . لكـن اسـتمرار عمـل الأنزيمات بعد ذلك يؤدي إلى فساد الثمار وتدهورها.

ومن أهم الأنزيمات بالخضار والفواكه :

١- أنزيم الليبيز: يحلل الدهون إلى أحماض دهنية وغليسرين وينتج عن ذلك ارتفاع الحموضة وظهور طعم غير مرغوب .

٢- الأنزيمات الكربوهيدراتية ومنها :

- أنزيمات الانفرتيز : تحلل السكروز إلى غلوكوز وفركتوز .

- أنزيمات الأميليز : تحلل النشاء وتعتبر من أهم أنزيمات الحلمهة ولها أهمية كبيرة في إنضاج الفواكه وأهم هذه الأنزيمات : ألفا أميليز - بيتا أميليز

- الأنزيمات البكتينية: تعمل على تحطيم المواد البكتينية ويؤدي وجودها بالخضار والفواكه إلى فقدانها الصلابة والقوام خاصة خلال النضج والتخزين .

ومن أهم هذه الأنزيمات :

- بكتين أستريز: الذي يحلل الرابطة الإستيرية بين المجموعة الكربوكسيلية لحمض الغالاكتيورينك والكحول الميتيلي.

- بولي غالاكتيورنيك : الذي يحلل الرابطة بين جزيئات سلسلة حمض الغالاكتيورنيك ولا يبدأ عمله عادة إلا بعد أن تتحل جميع الروابط بين مجموعة الكحول الميتيلي وحمض الغالاكتيورنيك.

٤- الأنزيمات المؤكسدة وأهمها :

– الفينوليز: وهي مجموعة من الأنزيمات التي تحدث الاسمرار الأنزيمي للخضار والفواكه وتعرف باسم مؤكسدات الفينول.

المواد الفينولية بالأنسجة الكاملة تكون بمعزل عن الهواء وفعل الأنزيمات المذكورة. لذلك لا يحدث تلون بني لها أما التلون فيحدث على الأسطح المقطوعة للخضار والفواكه ذات اللون الفاتح كالتفاح والموز فيتعرض السطح المقطوع للهواء (الأكسجين) ينتج عنه التلون البني السريع بسبب أكسدة الفينولات أنزيمياً . وتعرف هذه المجموعة باسم البولي فينول أكسيديز.

– اللايبوكسيديز: يكثر وجوده في فول الصويا والبقوليات وبنسبة أقل في الحبوب والبذور الزيتية. وجد أنه المسؤول عن تدهور طعم ونكهة المواد الحاوية عليه بسبب أكسدته للأحماض الدهنية غير المشبعة. وثبت أنه ذو فعالية عالية في أكسدة الأحماض الدهنية الحرة وأقل فعالية بالنسبة للغليسيريدات الثلاثية وعديم الفعالية بالنسبة للدهون الفوسفورية والسكرية.

## الفيتامينات

تقسم إلى مجموعتين نذكر المهم منها في الخضار والفواكه .

**أ- الفيتامينات الذوابة بالدهون :**

١- فيتامين A (الريتول) : تحوي النباتات على الكاروتينات مولدات الفيتامين A يحولها الجسم إلى الحالة النشطة . يتأكسد بسرعة تحت تأثير الضوء. وغير ثابت في وجود الأحماض المعدنية بعكس الحال في الوسط القلوي. ويعتبر هذا الفيتامين ثابتاً بالحرارة في غياب الأكسجين إلا أنه يفقد جزء منه بالحرارة العالية ويسهل أكسدة فيتامين A بالبيروكسيدات المتولدة عن التزنخ الأوكسيدي للدهون.

وتوجد الكاروتينات بكميات كبيرة في كثير من الفاكهة والخضار الجدول (٣-١) والكاروتين لا يهضم بشكل كامل إذا كان طازجاً لذلك عملية طبخ الخضار الغنية به

مع الدهون تساعد في الاستفادة منه بشكل أفضل كونه ينحل بالدهون وخاصة أنه مقاوم لحرارة الطهي .

٢ – فيتامين E أو التوكوفيرول: تتميز التوكوفيرولات بنشاط بيولوجي هام كمضادات للأكسدة وتستخدم لحفظ بعض الفيتامينات الأخرى الشديدة التأثر بالأكسجين كفيتامين A. لا يتأثر فيتامين E بالحرارة في غياب الأكسجين ولا يتأثر بالضوء العادي لكنه يتأثر بالقلويات وبتزنخ الدهن المحتوي عليه. ويوجد بكميات كبيرة في بذور اللوزيات وثمار الزيتون والجوز .

**الجدول ( ٣-١ ) : نسبة الكاروتين في بعض أنواع الفاكهة والخضار ( ملغ/١٠٠ غ )**

| نوع الخضار | كاروتين | نوع الفاكهة | كاروتين |
|---|---|---|---|
| سبانخ – خس – بازيلاء – فاصولياء | ٠,٢ – ٢,٥ | دراق | ١ – ٢ |
| جزر | ٨ – ١٢ | مشمش | ١ – ٢ |
| بندورة | ١,٥ – ٢ | برتقال – كرز حامض | ٠,٢ |
| قرع | ٦ – ٨ | يوسفي | ٠,٤ |
| بقدونس | ٨,٤ | عنب | أثار |
| بصل | ٤,٨ | ليمون | ٠,١ |

**ب- الفيتامينات الذوابة بالماء :**

١- فيتامين B (الثيامين): يتميز الثيامين بثبات نسبي بدرجات الحرارة المرتفعة أما وجود ثاني أكسيد الكبريت فيعد من العوامل التي تساعد على تحطيم الثيامين.

٢- فيتامين $B_2$ (الريبو فلافين): يعتبر الحليب ومشتقاته أفضل مصادره ويوجد بالكبد والبيض وبكمية أقل باللحوم والخضر الورقية.

٣- فيتامين $B_6$ (البيريدوكسين): يتوفر في أغذية كثيرة ومنهاالخضر والفاكهة .

٤- النياسين (حمض النيكوتينك): ويعتبر أكثر أفراد مجموعة فيتامينات B ثباتاً كونه لا يتأثر بأي من الحرارة – الضوء – الأكسجين – الحامض – القلوي.

٥- حمض الفوليك (الفولاسين): يوجد في كثير من الأغذية بالكبد والخضار الورقية والخميرة والفواكه. وتوجد الفولات بالكبد بصورة حرة أما الموجودة بالخضار فتكون مرتبطة ويتطلب تحرير حمض الفوليك لكي يكون نشطاً إلى أنزيم كونجوغيز الذي يوجد في الغشاء المخاطي للأمعاء.

٦- حمض البانتوثيك ($B_3$ ): متوفر في أغذية كثيرة ومنها : الحليب – اللحوم – الكبد – الحبوب الكاملة – الخضار – الخميرة – صفار البيض – فنادراً ما تظهر أعراض نقصه

٧- **فيتامين C (حمض الأسكوربيك) :** يلعب دوراً مهماً جداً في تفاعلات الأكسدة والاختزال وتعتبر الفواكه والخضار بمثابة المصدر الرئيسي لهذا الفيتامين . وكل الكائنات الحية تخلق فيتامين C عدا الإنسان ونوع من الخنازير (خنازير غينيا) وهذا الفيتامين منتشر بشكل واسع بالمملكة النباتية حيث تعتبر بعض منها غنياً بهذا الفيتامين أما المنتجات الحيوانية ففقيرة به.

وتأتي أهمية فيتامين C بالخضر والفواكه كونها المصدر الوحيد له فلابد من إدخالها في الوجبات الغذائية بشكل دائم وبالشكل الطازج لأن هذا الفيتامين يتلف بسرعة بالحرارة خاصة بوجود الأكسجين والتسخين لفترات طويلة .

الاسكوربيك والفينوليز فتعتبر حافزات قوية لتخريب حمض الاسكوربيك – وتؤدي الأضرار الميكانيكية والإصابة بالأعفان إلى حدوث خلل بالتنظيم الخلوي مما يساعد على بدء تحلل الفيتامين . وتبين أن وجود $SO_2$ يحمي هذا الفيتامين من الأكسدة ويعزى ذلك إلى تثبيط الأنزيمات المؤكسدة له ، كما تبين أن حموضة الوسط ( pH )

تـؤثر فـي ثبـات فيتـامين C حيـث يتمتـع بدرجـة عاليـة مـن الثبـات فـي الأوسـاط الحامضية على عكس الأوساط القلوية التي تعمل على تسريع تفاعلات تحطمه .

إن الاحتيـاج اليـومي للفـرد بالمتوسـط ٤٥ ملـغ وتـؤمن أساسـاً مـن الخضـر والفواكـه ويوجـد تبـاين فـي كميـة حمـض الاسـكوربيك بالخضـر والفاكهـة ولكـن يمكـن التعـرف على المادة الغذائية الغنية بهذا الفيتامين من خلال قياس أحد العاملين التاليين :

**الجدول ( ٤-١ ) : نسب فيتامين C في بعض أنواع الفاكهة والخضار ( ملغ/١٠٠ غ )**

| نوع الخضار | فيتامين C | نوع الخضار | فيتامين C | نوع الفاكهة | فيتامين C |
|---|---|---|---|---|---|
| الملفوف العادي | ٣٠ | الكوسا | ١٥ | التفاح | ٧ |
| الملفوف الأحمر | ٥٠ | القرع | ٨ | السفرجل | ١٨ |
| ملفوف بروكسل | ٩٤ | البطيخ الأحمر | ٧ | المشمش | ٩ |
| الزهرة | ٧٠ | البطيخ الأصفر | ٦٠ | الدراق | ١٠ |
| الفجل واللفت | ٢٠ | الشمام | ٣٠ | الخوخ | ٥ |
| الجزر والشوندر | ١٠ | الكراث | ٢٠ | الكرز | ١٥ |
| البطاطا الحلوة | ٢٣ | البازيلاء الخضراء | ٢٥ | ليمون – برتقال – أناناس | ٤٠ |
| البندورة | ٢٠ | البقدونس والشمره | ١٥٠ | العنب | ٣ |
| الفليفة الخضراء (الحلوة) | ١٠٣ | الحميض | ٦٠ | اليوسفي | ٣٠ |
| الفليفة الحمراء ( الحلوة ) | ٢٥٠ | السبانخ | ٥٠ | الفريز | ٦٠ |
| الباذنجان | ١٥ | الهليون | ٢٣ | الكاكي | ١٣ |
| البطاطا – الخيار | ١٠ | الأرضي شوكي | ٥ | الموز | ١١ |
| البصل الجاف | ١٠ | الخس | ٣٠ | الزعرور | ٥٠ |

كلما زادت حموضة الفاكهة زاد محتواها من حمض الاسكوربيك . وتزداد نسبتة في الأجزاء الخضراء عنها في الأجزاء البيضاء من النبات . الجدول ( ٤-١ ) .

لا تحوي الخضار والفواكه على بعض الفيتامينات مثل فيتامين A أو نسبة وجودها قليلة جداً مثل فيتامين $B_{12}$ .

## الأحماض العضوية

تعد الأحماض العضوية إحدى المركبات الهامة في ثمار الخضر والفاكهة :

- كثيراً ما تحدد الأحماض العضوية خواص الطعم وتكسب المنتجات طعماً أكثر قبولاً للمستهلك ولذلك تضاف لتحسين الطعم في كثير من الأغذية .
- تنشط الحموض العضوية الموجودة بالخضر والفاكهة العصارات الهاضمة وبذلك تحسن من هضم مكونات الغذاء الأخرى .
- تستخدم نسبة الحموضة كأحد مؤشرات النضج بالخضر والفواكه.
- تلعب الحموض العضوية دوراً فسيولوجياً أساسياً كونها تدخل في عملية التنفس وبالتالي تستهلك خلال فترات التخزين الطويلة .
- تؤثر الحموضة في نمو ونشاط الأحياء الدقيقة .
- بعض الأحماض العضوية مثل حمض السالسليك وملحه الصودي لها تأثير طبي وعلاجي كمعرق وخافض للحرارة ويوجد بتوت العليق بالفريز والكرز .

تحوي ثمار الفاكهة والخضار عدداً كبيراً من الأحماض العضوية وبكميات متفاوتة انما بعض الأحماض تسود في بعض أنواع الثمار أكثر من غيرها كسيادة حمض التفاح في التفاحيات وحمض الليمون في الحمضيات وحمض العنب في العنب وحمض الحماض في الحميض والرواند.

وفيما يلي أهم الأحماض العضوية الموجودة بالخضار والفواكه :

- حمض الليمون (الستريك): يوجد في كثير من الفواكه والأعناب تصل.
- حمض العنب (الطرطريك): يوجد بكميات ملحوظة في العنب.

– حمض التفاح (الماليك): يغلب وجوده بالفاكهة التفاحية ويوجد في كثير من النباتات مثل اللوزيات والبندورة والحميض وفي نبات الغبيراء حيث تصل نسبته إلى ٣ % وفي نبات الباربايس تصل نسبته إلى ٦ %.

– حمض الحماض (الأوكزاليك): نسبته قليلة بالفواكه وموجود بكميات عالية في الحميض والسبانخ والروند، يتواجد فيها على شكل أكزالات الكالسيوم التي ترتفع نسبتها مع زيادة عمر النبات وهذا الملح ضار بجسم الإنسان.

– حمض الخل: يوجد بكميات قليلة في الخضر والفواكه الطازجة.

– حمض اللبن: ينتج عن التخمر اللبني أثناء تحضير المخللات.

كما يوجد بالخضر والفاكهة عدد من الحموض الأخرى ومنها تلك الحاوية على حلقة عطرية مثل حمض البنزويك وحمض السالسليك .

تختلف كمية الأحماض ورقم الـ ( pH ) في الثمار تبعاً للنوع والصنف وغالباً ما تكون مجموعة ثمار الفاكهة ذات حموضة أكبر من حموضة الخضار باستثناء الحميض والروند والبندورة وتنخفض الحموضة مع زيادة النضج .

## الغليكوزيدات

تنتشر الغليكوزيدات بشكل واسع في النباتات ومعظمها سام وذات طعم مر وتكسب الثمار صفة المقاومة للأمراض ، ويغلب وجودها في قشور الثمار وبذورها ونادراً ما توجد في لب الثمار إلا في حالات التخزين في ظروف غير ملائمة . ومن أهم الغليكوزيدات التي توجد في ثمار الفاكهة والخضار

١– الأميجدالين :

ويتفكك تحت تأثير أنزيم الأمليسين أو تحت تأثير الأحماض إلى جزيئين من سكر الغلوكوز + جزيء واحد من الدهيد البنزويك (بنز الدهيد) + جزيء واحد من حمض الهيدروسيانيك ( HCN ) وهذا الحمض عبارة عن مادة سامة جداً عندما تصل نسبته إلى ( ١ ملغ لكل ١ كغ من وزن الجسم ) . يوجد غليكوزيد

الأميجدالين في بذور كثير من الفواكه وخاصة في بذور اللوزيات ويوجد في بذور اللوز المر بنسبة ٢,٣ – ٣ % وفي بذور المشمش بنسبة ٠,٣٧ % وفي بذور الخوخ بنسبة ٠,٩ – ٢,٥ % وفي بذور الكرز بنسبة ١,٣ – ٢,٤ % .

**الجدول ( ٥-١ ) : متوسط نسبة الحموضة ( % ) و pH العصير في بعض أنواع من الفاكهة والخضار**

| نوع الفاكهة | نسبة الحموضة | pH العصير | نوع الخضار | نسبة الحموضة | pH العصير |
|---|---|---|---|---|---|
| ليمون | ٧ | ٢,٤ | بطاطا | ٠,٢ | ٦,١ |
| برتقال | ١,٤ | ٣,٧ | بندورة | ٠,٥ | ٤,٥ |
| يوسفي | ٠,٤٥ | ٣,٥ | ملفوف أبيض | ٠,٢ | ٦,٥ |
| تفاح | ٠,٩٠ | ٣,٤ | جزر | ٠,١ | ٦,٤ |
| أجاص | ٠,٢ | ٠,٣ | شوندر | ٠,١ | ٦,٣ |
| مشمش | ١,٤ | ٣,٨ | بصل | ٠,١ | ٥,٩ |
| خوخ | ١,٩ | ٣,٥ | خيار | ٠,١ | ٦,٩ |
| دراق | ٠,٦ | ٤,٠ | بطيخ أحمر | ٠,٢ | ٥,٩ |
| كرز حامض | ١,٧ | ٣,٥ | شمام | ٠,١ | ٦,١ |
| كرز حلو | ١,٢ | ٣,٧ | سبانخ | ٠,١ | ٦,٩ |
| عنب | ٠,٩ | ٣,٩ | رواند | ١,٢ | ٣,٨ |
| فريز | ٢,١ | ٣,٢ | حميض | ١,٣ | ٣,٧ |

٢- **الفاكسينين :**

يتكون غليكوزيد الفاكسينين من اتحاد سكر الغلوكوز مع حمض البنزويك ويوجد في التوت البري وعنب البقر وهو ذو طعم مر . ويعتبر حمض البنزويك مضاداً حيوياً لذلك تحفظ الثمار الحاوية على هذا الحمض بشكل جيد .

**٣- الهيسبيريدين :**

يوجد بكميات كبيرة في قشور ثمار الحمضيات ، ليس له طعم مر، ويتمتع بخصائص فيتامين ( P ) المنظم لنفاذية الأوعية الدموية .

**٤- النارنجين :** يوجد في بذور الحمضيات وتحت طبقة الألبيدو البيضاء وخاصة في الثمار غير الناضجة وهو ذو طعم مر .

**٥- الليمونين :**

يوجد في ثمار الحمضيات وخاصة ثمار الليمون الحامض ليس له طعم مر إنما يسبب الطعم المر ( الذي يظهر في ثمار الحمضيات ) نتيجة اتحاده مع حمض الليمون وهذا ما يحدث عند انهيار الأنسجة نتيجة التجميد أو تعفن الثمار .

**٦- السولانين :**

عند وصول تركيز السولانين إلى تركيز معين يمكن أن يؤدي إلى التسمم ، هذا ويختلف تركيب السولانين باختلاف النباتات .

يوجد السولانين في خضار الفصيلة الباذنجانية بنسب مختلفة حيث توجد في ثمار الباذنجان بنسبة ( ٠,٠٠٤ – ٠,٠٩٨ % ) مما يكسب الثمرة مرارة خفيفة وتزداد هذه النسبة في الثمار الزائدة النضج ، كما يوجد في البندورة غير الناضجة بكمية ( ٢٠ ملغ /كغ ) وإذا زادت هذه الكمية عن ذلك تصبح الثمرة ذات طعم مر وغير صالحة للاستهلاك .

أما كمية السولانين في البطاطا فتختلف تبعاً لعوامل عديدة منها :

آ- درجة النضج : تكون نسبة السولانين في الدرنات غير الناضجة أكبر منها في الدرنات الناضجة .

ب- أجزاء الدرنة : يوجد السولانين بشكل رئيسي في القشرة والطبقات الخارجية. والنسبة العادية للسولانين التي توجد في الدرنات قليلة لا تزيد عن (٠,٠٠٢ – ٠,٠١ % ) تزداد هذه النسبة عند إنبات الدرنات فتكسبها الطعم المر ، كما تكون نسبة السولانين في البراعم النامية ومنطقة اللب الموجودة قرب العيون أكبر من نسبته في منطقة اللب الداخلي للدرنة حيث توجد في البراعم النامية بنسبة تتراوح ما بين ٤٣٠ – ٧٣٠ ملغ % غرام وفي الطبقة الخارجية للقشرة بنسبة ٣٦ – ٤٠ ملغ ، وفي القشرة بنسبة ٣٥ ملغ وفي منطقة الجزء الداخلي بنسبة ١,٢ – ١٠ ملغ .

جـ- الضوء : تزداد نسبة السولانين في الدرنات المعرضة للضوء المباشر وخاصة في الطبقات الخارجية مما يكسب الدرنات صفة المقاومة للأمراض وهذا يزيد من صلاحيتها للتخزين ويقلل من احتمال تعفنها في التربة بعد الزراعة .

وفي حالة استعمالها كغذاء تظهر أعراض التسمم على الإنسان وهي حدوث بحة في الحنجرة وصداع في الرأس وإقياء وتهيج في الأغشية المخاطية إضافة إلى تأثيرها على كريات الدم الحمراء عن طريق هيموغلوبين الدم .

٧- السنجرين : يوجد السنجرين في نباتات الفصيلة الصليبية وخاصة في الفجل البري وبذور الخردل الأسود ويعطيها النكهة والطعم اللاذع .

٨- السينالبين : يوجد هذا الغليكوزيد في بذور الخردل الأبيض ويعطي عند الحلمهة زيوت الخردل الطيارة التي تعطي الخردل الطعم اللاذع .

٩- الايبئين : يوجد في أوراق البقدونس ويكسبها مرارة خاصة .

١٠- الكابسيسين : يوجد في ثمار الفليفلة ويعطيها الطعم الحريف .

١١- اللاكتوسين : يوجد في الخس .

١٢- السانتونين : ويوجد في بذور الكوسا .

١٣- الفيسين : ويوجد في بذور الفول الخضراء .

## الأصبغة النباتية

الأصبغة النباتية عبارة عن مجموعة من المركبات تعزى إليها الألوان المختلفة في النباتات ، ومنها ما يذوب في الدهون مثل الكلوروفيلات والكاروتينوئيدات .

**١ – الأصبغة الذوابة في الماء :**

توجد في الأنسجة النباتية مدمصة على البلاستيدات الملونة كما توجد ذائبة في الماء الموجود في عصير فجوات الخلايا وهي عبارة عن غليكوزيدات تتكون من سكر وأكليكون يمكن فصلها عن بعضها بواسطة الأنزيمات أو الأحماض .

**– الأنتوسيانينات :**

عبارة عن مجموعة كبيرة من الصبغات تعطي الثمار ألواناً مختلفة ( أحمر ، أزرق ، بنفسجي ) تظهر في الثمار قبل اختفاء اليخضور وتصبح أكثر وضوحاً عند تلاشيه . توجد الانتوسيانينات ، إما في قشور الثمار كما في الخوخ والعنب وإما في قشور الثمار ولبها كما في الشوندر الأحمر وبعض أصناف العنب.

ومن أكثر الانتوسيانينات انتشاراً في ثمار الفاكهة والخضار :

١– الآينين : ويوجد في قشور ثمار العنب .

٢– البيتانين : ويوجد في الشوندر الأحمر .

٣– الكيراسيانين : ويوجد في ثمار الكرز .

٤– الايدين : ويعزى إليه اللون الأحمر في بعض ثمار التفاح .

تتراكم الانتوسيانينات في الثمار كلما تقدمت في النضج ومن أهم خواصها :

١– لها صفات المضادات الحيوية .

٢– يتلف جزء منها عند التسخين في الماء لمدة طويلة وتتفاعل مع القصدير وتكسب الثمار لوناً مزرقاً .

١– تتمتع الأنتوسيانينات بخصائص أمفوترية يمكن أن تتغير تبعاً لوسط التفاعل ووجود أيونات المعادن .

٢- يمكن للأنتوسيانينات أن تتفاعل مع المركبات الفينولية أثناء فترة الشيخوخة بعد نضج الثمار وتعطي لوناً أسوداً أو بنياً .

**- الفلافونوئيدات :**

الفلافونوئيدات هي مجموعة من الصباغات النباتية القابلة للذوبان في الماء توجد في العصير الخلوي للثمار وتعطيها اللون الأصفر البرتقالي ، ومنها غليكوزيد الكويرسيترين الذي يوجد في الأوراق الخارجية للبصل الجاف ( يستعمل منقوعها أحياناً كصباغ أصفر ) وأزهار المنتور الصفراء وفي الورود الحمراء والصفراء وحشيشة الدينار والشاي .

**٢- الأصبغة الذوابة في الدهون :**

وتشمل الكلوروفيلات والكاروتينات التي تحدد وهي مع الأنتوسيانينات لون الثمار الذي يعتبر من إحدى دلائل الجودة في الثمار ، توجد هذه الصبغات في البلاستيدات الخضراء أو الملونة وفي بروتوبلازم الخلايا.

آ- الكلوروفيلات :

وهي الصبغة المسؤولة عن اللون الأخضر في النبات الذي يأخذ بالتأكسد والاضمحلال كلما تقدمت الثمار في النضج ، ويستثنى من هذه القاعدة عدد من ثمار الفاكهة التي تظل خضراء بالرغم من وصولها إلى مرحلة النضج ، كما أن معظم ثمار التفاح والأجاص تفقد لونها الأخضر قبل انتهاء عمليات النضج وتفقد الثمار الموجودة في محيط الشجرة لونها الأخضر قبل الثمار الموجودة في وسط الشجرة ، بينما يكون فقدان اللون في ثمار الحمضيات والبندورة والخضار البقولية متوافقاً مع عمليات النضج .

يتحول الكلوروفيل في الوسط الحامضي من اللون الأخضر إلى اللون الأسمر الداكن نتيجة استبدال عنصر المغنيزيوم الموجود في جزيئاته بالايدروجين وتكوين مركب الفيوفيتين ذي اللون الأسمر الداكن وهذا ما يلاحظ عند طبخ الخضار الورقية. وكذلك يتغير لون الكلوروفيل عند استبدال المغنيزيوم بأيونات المعادن حيث

يظهر اللون البني بوجود الحديد واللون الفضي بوجود الرصاص والألمنيوم واللون الأخضر الفاتح بوجود النحاس . وللمحافظة على اليخضور تجرى عملية الطبخ في أوعية مغلقة لمنع تفكك الأحماض .

ب- الكاروتينات :

عبارة عن مجموعة من الصباغات تعطي الثمار الألوان الصفراء والبرتقالية وأحياناً الحمراء وينتمي لهذه المجموعة الكاروتين والزانتوفيل والليكوبين .

الكاروتين: لونه أصفر برتقالي يوجد في الجزر والمشمش والدراق والقرع والحمضيات وجميع أجزاء النباتات الخضراء ( يتواجد مع اليخضور الذي يعمل على إخفائه ) .

الزانتوفيل : لونه أصفر لكن أفتح من الكاروتين ، ينتج من أكسدة الكاروتين ، يوجد في قشور الحمضيات وفي الذرة الصفراء والأجزاء الخضراء من النبات .

الليكوبين : لونه أحمر برتقالي يوجد في البندورة الحمراء الناضجة والكريفون الأحمر والبطيخ الأحمر، وإن تراكم الليكوبين في البندورة دليل نضجها وأفضل درجة حرارة لتكوينه هي ( ٢٢ – ٢٤ °م ) وبانخفاض الحرارة عن ذلك تنضج الثمار ببطء بينما تصفر الثمار ولا تصبح حمراء عند ارتفاع الحرارة . تتكون الكاروتينات في الثمار قبل القطاف أو بعده عند انخفاض محتواها من اليخضور .

## المركبات الفينولية

تعتبر المواد الفينولية من أكثر المركبات الكيميائية تعقيداً وتشمل عدداً من الأحماض العضوية العطرية الموجودة في الثمار بالإضافة إلى بعض المركبات المسؤولة عن اللون في بعض الثمار مثل الفلافونوئيدات والأنتوسيانينات وغيرها. كما تدخل المواد الفينولية العديدة ( التانينات ) في تحديد طعم الثمار ومدى صلاحيتها للاستهلاك ، وللمواد الفينولية صفة المقاومة للأمراض وبعضها الآخر يتمتع بخواص الفيتامينات .

تنتشر المركبات الفينولية في ثمار الفاكهة والخضار بشكل واسع وغالباً ما توجد على صورة غليكوزيدات ( ونادراً جداً ما توجد بشكل حر ) ، وتختلف المركبات الفينولية في عدد الحلقات العطرية ، وتحتوي ثمار الفاكهة على نسبة عالية منها وخاصة الثمار غير الناضجة وفيما يلي بعض المركبات الفينولية الهامة :

١- حمض السلسليك : يوجد هذا الحمض في الكرز والفريز وتوت العليق ، أملاحه مخفضة للحرارة.

٢- حمض البنزويك : يوجد في التوت البري وعنب البقر ويعتبر مضاداً حيوياً.

٣- حمض الكافيئيك: يوجد في البن مع الكافيئين وفي البطاطا والتفاح متحداً مع حمض الكيونيك على صورة حمض الغلوروجنيك.

٤- حمض الكيونيك: يوجد بكميات كبيرة في التفاح والخوخ والعنب والتوت البري والآس الأسود ويدخل في تركيب المواد التانينية .

٥- حمض الغلوروجينيك: وتتكون جزيئاته من حمض الكافيئيك وحمض الكيونيك، يتأكسد بسهولة ، ويعمل هذا الحمض وخاصة الشكل المؤكسد منه مضاداً للأمراض وعند إصابة ثمار الأصناف المقاومة بالأمراض يزداد تركيزه في الأنسجة المتاخمة لمنطقة دخول المرض وتشكل عائقاً كيميائياً في طريق نمو وتطور المرض .

٦- الفلافونوئيدات والأنتوسيانينات .

٧- التانينات : التانينات عبارة عن مركبات فينولية متعددة ذات وزن جزيئي مرتفع (٥٠٠ – ٣٠٠٠ ) تنتشر في ثمار الفاكهة بشكل أوسع من انتشارها في الخضار وتعطي طعماً تربينياً قابضاً وخاصة في طور اكتمال النمو الأخضر . وتقسم التانينات النباتية إلى قسمين :

- تانينات قابلة للتحلل ( حرة ): وهي عبارة عن عدد من جزيئات حمض العفصيك ويتكون هذا الحمض من عدد من جزيئات حمض البنزويك وبها مجموعات كربوكسيلية .

– تانينات غير حرة: لا يوجد فيها مجموعات كربوكسيلية زائدة مثل التانينات القابلة للتحلل . يكثر وجود التانينات في الثمار غير الناضجة ، وتختلف كميتها تبعاً للنوع والصنف ودرجة النضج ، وأكثر ما توجد في ثمار الكاكي والسفرجل والجانرك.

وبصفة عامة تقل كمية التانينات الحرة في الثمار مع تقدمها في النضج نتيجة لزيادة قابليتها للذوبان وزيادة تحول التانينات غير الحرة إلى أجسام تانينية صلبة غير قابلة للذوبان بل تتحوصل في الخلايا فلا تتهشم أثناء الأكل ولا تنتشر بالفم ولا تختلط باللعاب وبذلك لا يشعر المستهلك بالطعم القابض عند أكل الثمار ويمكن التخلص من المواد القابضة باستخدام الانضاج الصناعي .

– بعض خواص التانينات :

آ– تتأكسد المواد التاتينية بسهولة تحت تأثير أنزيم البولي فينول أوكسيداز بوجود الهواء وتكون كينونات ومن ثم تتفاعل المركبات الناتجة مع بعضها ومع مواد أخرى مكونة اللون الغامق وهذا ما يفسر اسمرار لب ثمار التفاح والباذنجان وغيرها عند قطعها وتعرضها للهواء .

ب– للمواد التانينية القدرة على ترسيب البروتينات والمواد الغروية الأخرى الموجودة في العصير لذلك فإن وجودها يساعد على جعل العصير رائقاً .

جـ– تتحد المواد التانينية القابلة للتحلل مع الحديد الثلاثي التكافؤ وتعطي لوناً أسود مزرقاً ، بينما تعطي المواد التانينية غير القابلة للتحلل عند اتحادها مع الحديد لوناً أسود مخضراً لذلك يجب عدم ملامسة لب الثمار أو عصيرها المعادن

– تزداد المواد الفينولية في عيون درنات البطاطا خلال فترة السكون وتعمل على منع تنبيتها قبل الأوان .

هـ– تلعب المواد الفينولية دوراً وقائياً أو دفاعياً هاماً عند إصابة المحصول المخزن بالأمراض وذلك نتيجة تأكسدها وتحولها إلى مضادات حيوية نشطة تعمل عائقاً كيميائياً في طريق نمو وتطور المرض .

**المركبات العطرية ( الزيوت الطيارة )**

عبارة عن مجموعة من المركبات ( تربينات ، استرات ، كحولات ، الدهيدات ، أحماض عضوية ) تعزى إليها رائحة الثمار ونكهتها المميزة وهي قابلة للتطاير نظراً لطبيعة تركيبها الكيميائي .

تحتوي ثمار الفاكهة والخضار كميات قليلة من الزيوت العطرية إلا أن بعض الفاكهة والخضار تكون غنية بهذه الزيوت غيرها مثل:

**الحمضيات** : تعتبر ثمار الحمضيات أغنى الفواكه في الزيوت العطرية خاصة في قشور الثمار إذ تحتوي قشور الليمون والبرتقال على حوالي ٢,٥ % وقشور اليوسفي حوالي ١,٥ % أما لب الثمار فيحتوي على آثار فقط من الزيوت الطيارة . ومن هذه الزيوت في الحمضيات : الدهيد السترال ، كحول الستراتول ، تربين الليمونين الخ.

**التفاحيات واللوزيات والأعناب** : توجد الزيوت العطرية فيها بشكل رئيسي في لب الثمار بنسبة تقل عن ٠,٥ % ومنها استرات الفورميك والخليك والبنزالدهيد وغيرها .

**خضار التوابل** : ( بقدونس ، كرفس ، شمرة ، طرخون ، نعناع .. الخ ) تعتبر خضار التوابل غنية بالزيوت العطرية حيث تصل النسبة فيها حتى ٠,٥ % ومنها الأبيون في البقدونس والكارفون في الشمرة والمنتول في النعناع .

**الأبصال** : تتركز كمية الزيوت العطرية داخل البصلة حيث تحتوي بداءات البراعم على حوالي ٣٥ ملغ% وتحتوي الحراشف اللحمية المغلقة على حوالي ٢٥ ملغ % أما الحراشف اللحمية المفتوحة على حوالي ٢٠ ملغ % .

والجزء الأساسي من الزيوت العطرية المسؤول عن رائحة البصل والثوم هو مادة الآليسين الناتجة عن تحلل الحمض الأميني المسمى اليئين فتتبخر مادة الآليسين في الهواء ( عند قطع البصلة ) وتتفكك مكونة الرائحة المميزة للبصل والثوم .

العوامل التي تؤثر في نسبة الزيوت العطرية الطيارة :

١- الصنف : يعتبر من أهم العوامل التي تؤثر في نسبة الزيوت العطرية فأصناف البصل الحريفة تحوي مركبات عطرية تتراوح بين ١٨-٢٦ ملغ % وتصل أحياناً إلى ٦٥ ملغ % بينما تحتوي أصناف البصل غير الحريفة على حوالي ١٥ ملغ . لذلك فإن الأصناف الحريفة صالحة للتخزين أكثرمن الأصناف غير الحريفة .

٢- نوع التربة : للتربة تأثير في نسبة الزيوت العطرية فالنباتات المزروعة في تربة غنية تحتوي على مركبات طيارة أكثر مما تحتويها النباتات المزروعة في تربة فقيرة.

٣- درجة النضج والظروف الجوية السائدة عند النضج : تزداد نسبة الزيوت العطرية مع تقدم الثمار في النضج ، كما تقل نسبتها في الأعناب التي تنضج في جو بارد وماطر وإن تعرض التفاح عند نضجه إلى درجة قريبة من الصفر المئوي ولمدة طويلة يؤدي إلى حدوث بعض النقص في الزيوت الطيارة في ثماره .

٤- طول مدة التخزين: تزداد نسبة الزيوت الطيارة في الفاكهة والخضار بزيادة مدة التخزين ومثال على ذلك زيادة حرافة الأبصال لدى تخزينها لمدة طويلة .

من خواص الزيوت العطرية :

- لا تذوب في الماء لكنها تذوب في المذيبات العضوية كالبنزين والايتر والكحول.

- للزيوت العطرية خصائص مضادة للبكتريا وخاصة الزيوت الموجودة في البصل والثوم . وتشير الدراسات إلى أن مقاومة البصل لمسببات الأمراض (وخاصة العفن الرمادي ) ليست مرتبطة بكمية الزيوت العطرية بقدر ما هي مرتبطة بالتغيرات التي تطرأ على هذه الزيوت والتي من خلالها تتكون مواد ذات تأثير قاتل للفطريات .

**العناصر والأملاح المعدنية :**

وتقدر بكمية الرماد المتبقي بعد حرق المادة الغذائية وخلوها من الفحم وتتراوح نسبتها بين (٠,٢٥ - ١,٥) . يبلغ عدد هذه العناصر أكثر من ( ٦٠ ) عنصراً معدنياً فمنها ما يوجد بكميات قليلة ومنها ما يوجد بكميات كبيرة .الجدول ( ٦-١ ).

- توجد العناصر المعدنية في الثمار والخضار على شكل أملاح قابلة للتمثيل الغذائي تكونت من مختلف الأحماض العضوية والمعدنية .

– يشكل عنصر الكالسيوم أكثر من نصف المحتوى الكلي للعناصر المعدنية .

– نجد أن الأملاح القلوية ( البوتاسيوم – الصوديوم ) هي الغالبة في الثمار لذلك فإن تفاعلها دائماً يكون قلوياً .

– تدخل المواد المعدنية في تركيب المركبات العضوية ذات الوزن الجزيئي العالي على هيئة عناصر معدنية كالمغنزيوم الذي يدخل في تركيب الكلوروفيل والكبريت والفوسفور اللذين يدخلان في تركيب البروتينات وغيرها وبالتالي فهي تلعب دوراً فيزيولوجياً هاماً في نشاط التبادل الخلوي . فالبوتاسيوم يؤثر في قدرة احتفاظ الأنسجة بمائها ويحافظ الصوديوم على التوازن المائي . ويلعب الكالسيوم دوراً هاماً في تحديد مدى صلابة الثمار إضافة لدوره في كثير من العمليات الفزيولوجية.

**الجدول ( ٦–١ ) : كمية المواد المعدنية في بعض ثمار الفاكهة والخضار ( % )**

| نوع الخضار أو الفاكهة | نسبة المواد المعدنية | نوع الخضار أو الفاكهة | نسبة المواد المعدنية |
|---|---|---|---|
| ملفوفيات | ٠,٥٦ – ١,٦٤ | أبصال | ٠,٦٥ – ٠,٧٢ |
| خضار جذرية | ٠,٦٢ – ١,٠٧ | خضار السلطة | ٠,٧٧ – ٠,٩٠ |
| بطاطا | ٠,٨١ – ١,٢٢ | التفاحيات | ٠,٣٣ – ٠,٧٨ |
| قرعيات | ٠,٤٠ – ٠,٧٨ | اللوزيات | ٠,٤٤ – ٠,٦٦ |
| بندورة | ٠,٤٩ – ٠,٨٣ | الأعناب | ٠,٢٦ – ٠,٨٣ |

هذا ونجد أن معظم العناصر النادرة تدخل في تركيب الأنزيمات وتنشط تفاعلاتها فمثلاً يدخل النحاس في تركيب أنزيم البولي فينول أكسيداز وأنزيم أكسيداز حمض الاسكوربيك . ومن المهم ذكره أن زيادة تركيز كثير من العناصر المعدنية في الجسم عن حاجته قد يؤدي إلى تسممات خطيرة جداً كتسممات التوتياء والنحاس والفلور والسيليسنيوم وغيرها.

# الفصل الثاني

## العوامل المؤثرة في جودة الخضار والفواكه

إن الاهتمام بالمحافظة على المنتوجات الزراعية حالياً يسمح باستخدام منجزات العلوم في عملية الإنتاج بهدف تحسين مواصفات جودة المنتجات وبالتالي زيادة إمكاناتها التخزينية مع المحافظة على مواصفاتها الاستهلاكية المطلوبة .

لقد استطاع العلماء تقديم نصائح وتوجيهات مثبتة علمياً في مجال تخزين وتوضيب الخضر والفواكه على أساس الأبحاث الملائمة وتعميم التجربة الإنتاجية .

من المعروف أن كمية ونوعية أي محصول هو عبارة عن تفاعل الصفات الوراثية للصنف مع ظروف الوسط الخارجي لذلك تلعب الظروف المناخية والمعاملات الزراعية المختلفة دوراً هاماً في جودة وحفظ الثمار ومن أهم هذه العوامل :

**العوامل البيئية**

**- منطقة الزراعة**

تؤكد التجارب والمعطيات العملية أن موقع الزراعة حسب خطوط الطول والعرض وطبيعة المكان وشكله وتوضعه والارتفاع عن سطح البحر تؤثر على التركيب الكيميائي للثمار وعلى كثير من المواصفات الاستهلاكية وقابلية الثمار للتخزين . فمثلاً يزداد محتوى ثمار أصناف التفاح الشتوية من السكريات بانتقال الزراعة من الشمال نحو الجنوب بينما تقل نسبة الحموضة فيها .ويلاحظ زيادة تراكم الكربوهيدرات في الثمار بالمناطق الباردة نتيجة لانخفاض شدة التنفس ليلاً لذلك نجد زيادة في محتوى الثمار السكري إلا أنه قد تزداد سماكة جدر الخلايا مما يجعل مضغها أصعب لكنها أكثر تحملاً لعمليات النقل والتخزين

**– الظروف الجوية**

تظهر ظروف الطقس تأثيراً كبيراً بمرحلة النمو على محتوى الثمار من الكربوهيدرات والحموض والمواد البكتينية والفينولية والمواد الملونة وعلى صلابة الثمار وعلى مختلف العمليات الحيوية فيها .

**١ – درجة الحرارة :**

ارتفاع الحرارة أثناء الإزهار يقصر من فترة الإزهار ويؤدي ذلك إلى الحصول على ثمار متجانسة عند جمع المحصول لأن التلقيح يتم بوقت واحد تقريباً ، كما أن ارتفاع الحرارة أثناء نمو الثمرة يؤدي لتسريع عمليات نضجها .

تشير العديد من الأبحاث بأن ظهور بعض الأمراض الفسيولوجية كالحرق (اللفحة) يتوقف بدرجة كبيرة على الظروف الحرارية في فترة ما قبل الجمع حيث يمكن أن تقل حساسية الثمار لهذا المرض بانخفاض درجة حرارة الليل. كما أظهرت الدراسات التأثير الكبير لمتوسط درجات الحرارة اليومية في شهر أيلول على محتوى السكريات والتي يجب أن تكون أكثر من ١٦ م$^{o}$ بالنسبة للتفاح ولدرجات الحرارة تأثيرات مشابهة بالنسبة للمكونات الأخرى للثمار . ولهذا فقد أشار بعض الباحثين إلى ضرورة الأخذ بعين الاعتبار ليس فقط مجموع الحرارات الفعالة وإنما مجموع الحرارات الصغرى خلال شهر ما قبل الجني ليكون تحديد موعد الجني المتوقع أكثر دقة عند بعض الثمار .

ومن جهة أخرى تبين أن ارتفاع درجة الحرارة خلال موسم النمو المترافق مع هطولات مطرية قليلة نسبياً يساعد على تراكم السكريات والمواد البكتينية ويخفض من نسبة المركبات الفينولية لكنه يسرع حلمهة المواد البكتينية أثناء التخزين وبالتالي يؤدي إلى طراوة الأنسجة وينعكس سلبياً على قابلية الثمار التخزينية .

**٢- الضوء :**

تختلف شدة الإضاءة الشمسية والحرارة تبعاً لارتفاع المنطقة عن سطح البحر وشدة الانحدار وطبيعته. وتشير الأبحاث إلى تأخر النضج في الثمار من (٣-٨) أيام لكل ارتفاع عن سطح البحر مقداره ( ١٠٠ ) م ولكن تتمتع تلك الثمار بنوعية أفضل وبقابلية جيدة للتخزين بالمقارنة بالأشجار المزروعة بالسهول ويفسر ذلك بزيادة تراكم المواد الغذائية فيها .

إن الإضاءة الضعيفة مع وجود كفاية من الرطوبة تسرع النمو الخضري للأشجار وتؤخر نمو ونضج الثمار بشكل ملحوظ . يلعب اتجاه المنحدر تأثيراً واضحاً على تكوين مواصفات الثمار وعموماً تبين أن المنحدرات الجنوبية المشمسة تساعد في تكوين الخصائص النوعية المميزة للصنف كالتلون الجيد وزهو ونضارة مظهر الثمرة وزيادة قدرتها التخزينية كما تبين أن الجزء المتوسط من المنحدر أعطى ثماراً خزنت بشكل أفضل من تلك المأخوذة في الجزء المنخفض للمنحدر .

**٣- الرطوبة :**

تؤثر الرطوبة بشكل كبير على قابلية الثمار للتخزين ففي المناطق ذات الرطوبة العالية وفي السنين المتميزة بأمطارها الغزيرة تطول فترة النمو ويتأخر نضج الثمار وتزداد نسبة الأحماض فيها وينخفض تركيز المواد الجافة كالسكريات والتانينات والأصبغة والمواد العطرية فتصبح أقل طعماً وأسوأ نكهة ويكبر حجم الخلايا وتترقق جدرها وبذلك تصبح أقل مقاومة للأضرار الميكانيكية والأمراض وترتفع شدة نشاطها الحيوي وبالنتيجة تصبح أقل صلاحية للنقل والتخزين .

عند نقص الماء في التربة تعوض الأوراق حاجتها على حساب الثمار وبالتالي يمكن أن تتكون طبقة انفصال في حامل الثمرة وبالتالي سقوطها وعموماً نقص الرطوبة عن الحد المناسب للنمو الطبيعي للأشجار يسيء إلى صفات الثمار النوعية ومقدرتها التخزينية وتقل نسبة مكونات الجودة كالطعم والنكهة .

**٤- التربة**

يؤثر نوع التربة ومحتواها بشكل واضح في مواصفات الثمار وقدرتها التخزينية كونها المصدر الرئيسي لنمو وتغذية النبات .

بشكل عام الترب ذات التركيب الميكانيكي المتوسط والدبالية والمسمدة بشكل جيد وفيها محتوى كاف من الرطوبة تعطي ثماراً تتميز بأفضل المواصفات النوعية والمقدرة التخزينية حيث ترتفع فيها نسبة المواد الصلبة الذوابة وتتشكل فيها عناصر الطعم والنكهة بشكل أفضل وتزداد صلابتها ومقاومتها لمختلف الأضرار والأمراض وبالنتيجة تعطي ثماراً عالية الجودة .

فالبطاطا المزروعة في أرض خفيفة ذات محتوى رطوبي وغذائي كاف يكون إنتاجها كبيراً من الدرنات النموذجية التي تمتاز بقشرتها القوية ونضجها بالوقت المناسب وملاءمتها للطهي وتحدث فترة السكون في ميعادها المناسب وترتفع مقاومتها للأمراض وبالتالي ذات قدرة تخزينية جيدة .

البطاطا المزروعة في تربة طينية ثقيلة تعطي نسبة كبيرة من الدرنات الصغيرة وتنضج بوقت متأخر وذات قشرة رديئة وبالتالي تخزينها أسوأ وعند الطهي تعطي قواماً متماسكاً ويسوء طعمها .

إن البطاطا المزروعة في أراض ثقيلة جداً وخاصة في الأعوام الممطرة يحدث خللاً في تنفس الدرنات وبالتالي تصبح غير مقاومة للأمراض ويزداد الفقد فيها أثناء التخزين لذلك يجب عدم تخزين مثل هذه الدرنات وإنما تخصص للاستعمالات الأخرى وقياساً لذلك يمكن وجود مقارنات مشابهة ليس فقط بالمحاصيل الجذرية والدرنية وإنما عند أغلب محاصيل الخضر والفاكهة .

تفضل زراعة الكرمه في أراض دافئة وجيدة الصرف عندها نحصل على عنب ذي نوعية جيدة نظراً لاحتواء ثماره على نسبة مرتفعة من السكريات وكميات كافية من الأحماض والأصبغة والمواد العطرية وغيرها وهذا ما يؤدي لتحسين طعم الثمار

بعكس تلك المزروعة بالترب الثقيلة والباردة وزائدة الرطوبة والتي فيها تسوء نوعية الثمار ويتأخر نضجها .

يتميز التفاح المزروع في الأراضي الرملية الخفيفة بضعف قابليته للتخزين حيث تنضج ثماره بسرعة وتصاب بشكل مبكر بضرر البرودة أثناء التخزين خاصة عند الجني المتأخر بينما تكون الثمار الناتجة عن أشجار مزروعة في أراض ثقيلة صغيرة الحجم وتلونها ضعيف ولكنها ذات لب متماسك وإصابتها بضرر البرودة يأتي متأخراً أثناء التخزين وعموماً قدرتها على التخزين أكبر .

لذلك لابد من الأخذ بعين الاعتبار خصائص التربة في الأراضي المخصصة لزراعة أي نوع من الفاكهة والخضار ومدى صلاحيتها له وخاصة إذا كانت الثمار معدة للتخزين الطويل .

مما تقدم نستنتج أن طبيعة الظروف المناخية ومواصفات التربة تنعكس على العمليات البيوكيميائية وفيزيولوجيا الثمار لذلك أي نظام تخزين معد في بلد معين لا يجوز تطبيقه من أجل الثمار المزروعة في ظروف أخرى فلابد من إجراء التجارب والأبحاث لتحديد وإعداد نظم التخزين المناسبة لظروف وطبيعة المنطقة المحددة .

**المعاملات الزراعية :**

**- الري :**

لابد من إمداد النباتات والأشجار بما تحتاجه من الماء ضمن نظام محدد كي نحصل على إنتاج عال مع مواصفات نوعية جيدة ، ولكن زيادة السقاية خاصة بالأسابيع الأخيرة التي تسبق الحصاد يؤدي إلى خفض جودة الثمار وصلاحيتها للنقل والتخزين وسهولة إصابتها بالأمراض . كما أن زيادة المحتوى الرطوبي للثمار يؤدي إلى تشققها عند النضج كما في حالة الكرز والخوخ وزيادة فقد الماء منها خاصة عند ارتفاع درجة الحرارة ويؤدي إلى خفض محتوى الثمرة من المادة الجافة

بما في ذلك نسبة السكريات وانعدام النكهة المميزة للثمار . لذلك لابد من استخدام نظام ري ملائم مع إيقاف السقاية قبل الجمع بـ ( ٣-٤ ) أسابيع .

**- التسميد :**

تؤثر الأسمدة بأنواعها تأثيراً كبيراً في جودة ثمار الفاكهة والخضار وعلى مكوناتها المختلفة وبالتالي على قدرتها التخزينية .

أشار عدد من العلماء إلى التأثير الإيجابي للسماد المعدني على الإنتاج وجودة الثمار وزيادة حجمها إلا أن الثمار الكبيرة الحجم تخزينها أسوأ ولكن في حالة التسميد المعدني المتوازن والمتكامل من البوتاسيوم والفوسفور وفي المواسم ذات الرطوبة الكافية تخزن الثمار بشكل أفضل حتى لو كانت كبيرة الحجم .

إن الإضافات الزائدة من الآزوت تؤدي إلى خفض قدرة الثمار والخضار التخزينية نتيجة للتأثيرات السلبية على طبيعة الثمار مثل :

١- تأخير نضج الثمار وزيادة تراكم الكلوروفيل مع تأخير تكوين الأصبغة الأخرى وانخفاض نسبة السكريات

٢- كبر حجم الخلايا وترقق الجذر الخلوية وانخفاض مقاومتها للأضرار المختلفة .

٤- ارتفاع معدل التنفس وانخفاض نسبة المواد الصلبة الذوابة .

٥- زيادة تشقق بعض الثمار مثل الكرز .

٦- تأخير تكوين المادة الجافة والنشاء في درنات البطاطا وتدهور طعمها وتكوين

لب ذي قوام شمعي ويصبح لونها قاتماً عند الطبخ .

٧- زيادة عدد الجذور المشوهة والمتشققة بالجزر .

٨- زيادة نسبة الحموضة بالبندورة وإصابتها بالتبقع .

٨- زيادة نسبة الفقد في الملفوف خلال فترة التخزين .

كما يلاحظ عند تسميد محاصيل الخضر بمقادير كبيرة من الأسمدة الآزوتية تراكم كميات كبيرة من النترات في هذه المحاصيل .

وفي القناة الهضمية للإنسان يتحول الآزوت النتراتي إلى أزوت نتريتي بواسطة البكتريا وهذا بدوره يؤثر على كريات الدم الحمراء ويشل عملها وقد ينتهي ذلك بالتسمم أو ظهور الأمراض والاختلالات الفيزيولوجية المميتة .

وحسب منظمة الأغذية والزراعة العالمية فإن الحد الأقصى لمعدل الاستهلاك اليومي من الآزوت هو (٥٠٠ ملغ).

تظهر زيادة النترات في معظم أنواع الخضار عند تسميدها بالأسمدة الآزوتية بمعدل يزيد عن ٢٥٠ كغ/هكتار وتكون الزيادة في النترات أكبر عند استخدام نترات النشادر وأقل عند التسميد بسلفات الأمنيوم .

لا يتوقف تراكم النترات على مقدار الآزوت فقط بل يتوقف على الخصائص البيولوجية للنوع والصنف فمثلاً تتراكم هذه المركبات في الشوندر أكثر من تراكمها بالجزر بمعدل عشر مرات ضمن الظروف الواحدة كما تتراكم النترات بكميات أكبر في السبانخ والخس والفجل والشوندر والكوسا والكرنب من البازيلاء الخضراء والبندورة والجذر والبصل والفليفلة والكرفس والقرع...

تنخفض نسبة النترات في الثمار مع تقدمها بالنضج فمثلاً تكون كميتها في ثمار البندورة الحمراء أقل بـ ( ٢-٣ ) مرات من كميتها في طور النضج اللبني.

يستهلك الآزوت النتراتي في النباتات بواسطة أنزيم نترات ريدوكتاز الذي يتوقف نشاطه على شدة الإضاءة حيث تتراكم النترات في النباتات بشكل كبير جداً عند نقص الضوء كما في حالة الأجواء الغائمة والباردة حيث لا تستخدم النترات الممتصة من التربة بشكل كامل في عمليات التمثيل الغذائي فتتراكم بكميات كبيرة بالنبات . كما يمكن أن تكون كميات النترات مرتفعة في الخضار المزروعة في البيوت البلاستيكية عند الإضاءة الضعيفة بالشتاء .

وتشير بعض الدراسات إلى أن الجرعات السامة من النترات توجد في ٨٥٠ غ فجل أو في ١ كغ خس عند الزراعة في ظروف إضاءة غير كافية .

إن التسميد البوتاسي والفوسفوري يلعب دوراً هاماً في تكوين النوعية العالية الجودة عند الثمار والخضار ويزيد من محتوى المواد الصلبة الذوابة والسكريات والنشاء وبذلك يرفع من قيمتها الغذائية وقدرتها التخزينية .إن تسميد الخضار والفاكهة بمقادير عالية نسبياً من الأسمدة الفوسفورية والبوتاسية يؤدي إلى :

١- زيادة استخدام النبات الأزوت النتراتي في بناء البروتين وبالتالي تخفيض نسبة هذه المركبات في الثمار .

٢- تقلل الأسمدة البوتاسية من حجم الثمار وبالتالي تؤثر على كمية المحصول إنما تسرع من نضج الثمار وتلعب دوراً كبيراً في تكوين ثمار ذات نوعية جيدة . حيث تساعد على تمثيل وبناء المركبات المختلفة وتؤمن أفضل تكوين واصطناع للكربوهيدرات والمواد الملونة في الثمار وبالتالي ترتفع قيمتها الغذائية كما يزيد البوتاسيوم من متانة الأنسجة كونه يساعد في تكوين جدر خلوية سميكة فتتحسن قابليتها للنقل والتخزين .

٣- تساعد الأسمدة البوتاسية في تراكم أشباه الغرويات المحبة للماء في الخلايا فتحتفظ الأنسجة بمائها وتقل نسبة الفقد بالوزن وتزداد مقاومتها للأمراض .

٤- يقلل البوتاسيوم من درجة اسمرار درنات البطاطا وتميل الدرنات إلى الاسمرار عندما تكون نسبة البوتاسيوم فيها أقل من ٢ % من الوزن الجاف

٥- يعمل البوتاسيوم على تراكم كميات كبيرة من المادة الجافة والكاروتين في جذور الجزر ويقلل ميولها للتشقق ويزيد مقاومتها للأمراض أثناء التخزين .

٦- يحسن البوتاسيوم من القيمة الغذائية للملفوف ويقلل الفقد الناتج عن الأعفان.

٧- التسميد البوتاسي الجيد للتفاح يزيد من مقاومة الثمار للأمراض الفسيولوجية .

٨- الزيادة الكبيرة بالبوتاسيوم يساعد في تطور التبقع تحت القشرة أثناء التخزين .

٩- يسرع الفوسفور من نضج الثمار ويزيد من جودتها وتخزينها إلا أن الكميات الزائدة من الأسمدة الفوسفورية قد تسبب ذبول ثمار التفاح أثناء التخزين .

**الكالسيوم :**

يكسب الثمار الصلابة حيث يدخل في تركيب وبناء الجدر الخلوية ويشكل مع البكتين بكتات الكالسيوم غير الذوابة بالماء . تعمل هذه المواد على ربط جدر الخلايا والأنسجة وتزيد من متانتها ومقاومتها للأضرار الميكانيكية ويزيد من مقاومة الثمار للأمراض الفيزيولوجية والميكروبيلوجية .

فعند زراعة العنب في تربة غنية بالكالسيوم تزداد نسبة السكريات وتقل كمية النترات بالثمار وتخزن بشكل أفضل . وفي حال نقصان الكالسيوم بالتربة تتجوف درنات البطاطا وتصاب ثمار التفاح ببعض الأمراض كالنقرة المرة خلال التخزين وعموماً عندما تحوي ثمار التفاح على نسبة من الكالسيوم أقل من ٠,٠٦ % من الوزن الجاف تكون غير صالحة للتخزين الطويل .

**- الأصول والتقليم:**

الأشجار المطعمة على أصول مقصرة تعطي ثماراً ذات نوعية عالية ، جيدة التلون وكبيرة الحجم لكنها تنضج أبكر قليلاً وتخزن لفترة أقصر من المقطوفة من أشجار مطعمة على أصول قوية

تؤثر كثافة الأغصان على الشجرة سلبياً في مواصفات الثمار نتيجة لتضليلها وهذا ينعكس على درجة تلونها وصلاحيتها للتخزين وانتشار بعض الأمراض. والمطلوب إجراء التقليم المعتدل الذي يضمن الإضاءة الكافية لتلون الثمار ونضجها بوقت واحد وارتفاع نسبة السكريات . أما التقليم الجائر فيضعف إمكانية الثمار على تحمل التخزين لأنه يسرع من النمو والنضج .

**- المعاملات الكيميائية :**

أدى استخدام المركبات الكيميائية المختلفة إلى زيادة إنتاج محاصيل الفاكهة والخضار مثل : المبيدات الحشرية والفطرية ومبيدات الحشائش والمواد المنظمة للنمو المساعدة في منع تساقط الأزهار وزيادة نسبة العقد أو خف الثمار وغيرها .

نتيجة للدراسات الغنية في هذا المجال يمكن ذكر أهم تأثيرات تلك المواد في جودة ثمار الفاكهة والخضار:

– تقلل المبيدات والمعقمات الفطرية من حمولة الثمار من الأحياء الدقيقة وبالتالي من فرصة إصابتها أثناء التخزين

– تعمل منظمات النمو على زيادة حجم وتلون وصلابة الثمار وتزيد من قابليتها للتخزين

– تؤثر مثبطات النمو مثل الماليك هيدرازيد برشها على نباتات الثوم والبصل والبطاطا قبل الحصاد في طول فترة السكون وبالتالي إطالة فترة التخزين.

– عدم التقيد بنسب استخدام المواد الكيميائية المسوح بها وعدم التقيد بالمواعيد المناسبة لرش تلك المواد يمكن أن يسيء إلى جودة منتجات الخضر والفواكه خاصة تلك المواد التي تترك أثراً متبقياً والتي يمكن أن تؤدي إلى رفض المنتج من قبل المستهلك لذلك يجب استخدام المبيدات المسموح بها فقط وإجراء آخر مكافحة قبل الجمع بمدة لا تقل عن ثلاثة أسابيع .

**حالة الأشجار والثمار :**

**– عمر الشجرة :**

أشجار التفاح الفتية القوية النمو تكون ثمارها كبيرة الحجم وتحتوي على كمية قليلة من الكالسيوم وتصبح عرضة للأمراض الفسيولوجية وبالتالي قابليتها للتخزين ضعيفة. أما ثمار أشجار التفاح القديمة تكون صغيرة الحجم وتصاب بشدة بالأمراض وقابليتها للتخزين ضعيفة بينما ثمار أشجار التفاح في طور الإثمار الكامل (المليء) تمتاز بجودتها العالية وبصلاحيتها للتخزين الطويل.

– **حمل الشجرة :** إن تنظيم الحمل كيميائياً أو طبيعياً يضمن أفضل الظروف لتغذية الثمار المتبقية حيث يزداد نموها وتنضج مبكراً وعند قلة عدد الثمار على الشجرة تكبر هذه الثمار في الحجم إنما تكون قدرتها التخزينية ضعيفة .

**- موقع الثمار على الشجرة :**

غالباً ما يوجد تفاوت في نضج الثمار على الشجرة الواحدة بسبب موقع الثمار على الشجرة ويكون هذا التفاوت بالنسبة لثمار التفاح من ( ١٠ – ١٥ ) يوم . فالثمار الموجودة داخل الشجرة والمظللة تنضج بشكل أبطأ من الموجودة على محيط الشجرة والمضاءة جيداً.

لذلك يفضل جمع الثمار في ٢-٣ مواعيد تبعاً لموقعها على الشجرة ويفضل للتخزين الطويل الثمار المتوسطةالحجم.

لأن الثمار الصغيرة تكون غير مكتملة النمو وتفقد الماء بسرعة لعدم اكتمال تكون الطبقة الشمعية على القشره ويقل التناسب بين الوزن والحجم وغالباً ما تكون فقيرة بمكوناتها الغذائية .

أما الثمار الكبيرة تكون أكثر نضجاً من المتوسطة والصغيرة وتنضج بسرعة بعد القطاف مما يقلل من مدة تخزينها كونها:أكثر تطوراً من الناحية الفيسيولوجية مقارنة بالثمار المتوسطة عند الجمع ، وأكثر تعرضاً للإصابة بالأضرار الفسيولوجية والأمراض الفطرية حيث تفقد مقاومتها تدريجياً مع اقترابها من طور الشيخوخة .

## تقنيات الجمع

إن طريقة الجمع تؤثر إلى حد كبير في جودة ومقدرة الثمار على التخزين . فالأضرار الميكانيكية من خدوش ورضوض وتقشر تسبب زيادة تبخر الماء من الثمار . وتهتك الأنسجة يؤدي لسهولة نفاذ الفطريات والمسببات المرضية من خلالها وترتفع شدة التنفس بالثمار المصابة ويزداد احتمال التنفس اللاهوائي وكل ذلك يقلل من قابلية الثمار للتخزين .

## موعد جمع الثمار

يؤثر موعد جمع الثمار تأثيراً كبيراً في جودتها وقابليتها للتخزين لذلك يجب جمعها في درجة النضج الملائمة .

إن التبكير أو التأخير في جمع الثمار عن الموعد الملائم يجعل فترة تخزين هذه الثمار محدودة . فعند التأخير بالقطف تكون الثمار قد قطعت شوطاً بالنضج وتسلك سلوك الثمار الكبيرة من حيث صلاحيتها للتخزين والحالة الفسيولوجية أما الثمار المقطوفة بموعد مبكر جداً تسلك سلوك الثمار الصغيرة غير مكتملة النمو.

من نتائج جمع الثمار في موعد مبكر :

١- نقص في وزن الثمار وبالتالي انخفاض كمية المحصول .

٢- فقدان الماء بسرعة من الثمار لعدم اكتمال تكوين الطبقة الشمعية.

٣- فقدان الثمار القدرة على النضج الطبيعي وتكوين اللون والطعم والنكهة المميزة.

٤- انخفاض محتوى الثمار من المواد الغذائية والتي تنعكس على جودة الثمار.

٥- تصبح الثمار أكثر حساسية للإصابة بالأمراض الفسيولوجية المختلفة. حيث

٦- تكون حالة الثمار الفسيولوجية غير مهيئة بعد لاستمرار العمليات الحيوية فيها بشكلها الطبيعي بمعزل عن الشجرة .

أما نتائج جمع الثمار في موعد متأخر :

١- زيادة تساقط الثمار وخاصة بوجود الرياح وارتفاع نسبة الضرر الميكانيكي.

٢- إضعاف حالة البراعم الزهرية وهذا يؤدي لانخفاض محصول السنة القادمة.

٣- انخفاض صلاحية الثمار للتخزين حيث تنخفض مقاومتها للأضرار والأمراض الفطرية والفسيولوجية من جهة ومن جهة أخرى تصعب السيطرة على شدة العمليات الحيوية خلال التخزين وبالتالي على شدة عمليات النضج فتصل الثمار بسرعة أكبر إلى حالة التدهور وبالتالي تقل فترة التخزين .

عموماً يتوقف نجاح التخزين على درجة نضج الثمار عند الجمع أو عند بدء تخزينها ، ولكل نوع أو صنف علامات خاصة بدرجة النضج الملائمة له والتي تضمن إمكانية تخزين ثماره لفترة طويلة مع المحافظة على نوعيتها ما أمكن.

# الفصل الثالث

# فيزيولوجيا نمو ونضج الثمار

## نمو وتطور الثمار

خلال مراحل نمو الثمار تحدث تغيرات طبيعية في حجم ووزن وشكل الثمار:

**أ- التغير في الحجم :**

يزداد حجم الثمار خلال مراحل النمو وذلك ناتج عن انقسام الخلايا واستطالتها وبما أن حجم الثمار صفة وراثية خاصة بالنوع والصنف لذلك فإن حجم الثمار يتحدد وإلى حد كبير بالظروف البيئية والمعاملات الزراعية وأهمها :

السقاية التسميد – درجة الحرارة – كمية المحصول على الأشجار . وأحياناً يمكن زيادة حجم الثمار باستخدام بعض منظمات النمو .

**ب- التغير في الوزن :**

إن الزيادة في وزن الثمار ترافق الزيادة في الحجم ، وتعود في بداية النمو إلى انقسام الخلايا أما بعد ذلك فترجع إلى زيادة محتوى الثمار من الماء والمواد الغذائية والأدخارية المختلفة .

**جـ – التغير بالشكل :**

يتغير شكل بعض الثمار أثناء تقدم أطوار نموها فمثلاً تبدأ ثمار الأجاص حياتها بشكل قريب من الكروي ويتقدم النمو يظهر الشكل الاجاصي كذلك تكون ثمرة الموز مثلثية الشكل في بداية أطوار النمو ثم تصبح مستديرة مع النضج .

تمر الثمار بمراحل مختلفة من بدء تكوينها وحتى إتمام نضجها وهي :

**عقد الثمار :**

عند إتمام عملية التلقيح تبدأ الزهرة بالنمو إلى ثمرة صغيرة ويرافق ذلك تغيرات على الأزهار مثل سقوط البتلات وبعض الأجزاء الزهرية الأخرى .

**نمو الثمار :** حيث يبدأ المبيض في النمو بعد تمام عملية العقد لتكوين الثمرة وعادة ما تتشكل الثمرة عن طريق نمو أنسجة المبيض التي تحفزها عملية التلقيح وقد تتشكل من نمو أجزاء أخرى من الزهرة مع أنسجة المبيض وتشمل هذه المرحلة عدة أطوار وهي :

**١- طور انقسام الخلايا:**

حيث تمتاز الأنسجة بنشاط حيوي كبير وانقسام سريع للخلايا وارتفاع معدل تنفسها . ويختلف طول الفترة التي تستغرقها هذه المرحلة من نوع إلى آخر ففي بعض الأنواع تستغرق هذه المرحلة فترة قصيرة من حياة الثمرة (٥-٨ ) أيام مثل اليقطين – الكوسا وفي بعض الأنواع قد تستمر حتى اكتمال النمو مثل الفريز والأجاص .

**٢- طور استطالة الخلايا :**

وفيه تتحول الخلايا من ميرستيمية نشطة إلى بارنشيمية يزداد حجمها نتيجة تراكم الماء والمواد الغذائية وخاصة السكريات في العصير الخلوي كما تتصلب جدر الخلايا نتيجة لترسب المواد البكتينية وينتهي هذا الطور بوصول الثمار إلى أقصى حجم لها تقريباً .

**٣- طور اكتمال النمو وتراكم المواد الأحادية :**

وفيه يكتمل حجم الثمار ولا يزداد بعد ذلك زيادة ملحوظة ويصاحب هذا الطور تغيرات بيوكيميائية وبنوية في أنسجة الثمار تؤدي إلى اكتمال تكوينها الداخلي حيث تتراكم المكونات المختلفة كالنشاء – السكريات – الأحماض وغيرها .

وفي بعض الثمار لو فصلت الثمرة عن الشجرة بعد اكتمال هذا الطور تستطيع الاستمرار في النضج بحالة طبيعية كما لو كانت على الشجرة .

٤- **طور اكتمال النضج :**

وفي هذه المرحلة تصل فيها الثمار إلى الحالة التي تكون فيها صالحة للاستهلاك حيث يظهر اللون النهائي المميز للثمرة وتحدث بالثمرة الكثير من التحولات البيوكيميائية حيث يتحول النشاء إلى سكريات وتختفي المواد القابضة وتقل صلابة الثمار ولكن تبقى أنسجة الثمرة بحالة جيدة وتجري العمليات الفسيولوجية المختلفة فيها بصورة طبيعية .

٥- **طور الشيخوخة:**

وفيه تصل الثمار إلى حالة تقل حيوية ونشاط الخلايا بالتدريج وتفقد قدرتها على القيام بالتحولات الفيزيولوجية المختلفة وتصبح الثمرة في نهاية هذا الطور مجموعة من الأنسجة اللينة غير الحية وتتحلل محتوياتها من سكريات وأحماض وغيرها إلى ثاني أكسيد الكربون والماء وتسهل إصابة الثمرة بالأمراض والأضرار المختلفة .

## تشكل الدرنات والأبصال

تتكون **الدرنات** من انتفاخ عدد من السلاميات نتيجة لانقسام الخلايا وزيادة حجمها. وتحتفظ الدرنة بالعقد التي تصبح على شكل عيون أو براعم تغلفها أوراق حرشفية .يبدأ تكوين درنات البطاطا مع توقف النمو الخضري للنبات وبدء دخوله مرحلة الشيخوخة . ويكتمل نمو الدرنات مع اكتمال شيخوخة الأجزاء الخضرية.

وتشجع ظروف النهار القصير والحرارة المنخفضة على تكوين الدرنات .

ويبدأ نمو الدرنات بطيئاً خلال الفترة الأولى ( ٣٠ – ٤٠ يوم ) ثم يزداد بسرعة خلال العشرة أيام الأخيرة وكما في الثمار يكون النمو نتيجة لانقسام الخلايا وكبر حجمها واستطالتها .

بعد اكتمال تكوين الدرنات تدخل مرحلة اكتمال النمو وخلافاً للثمار تتميز مرحلة النمو ببطء التغيرات التي تحدث في الدرنات .ويصاحب النضج انخفاض محتوى

السكريات وزيادة نسبة النشاء والبروتينات وانتظام معدل التنفس واكتمال تكوين طبقة القشرة الخارجية.

تتكون **الأبصال** نتيجة لانتقال المواد الكربوهيدراتية لقواعد الأوراق الصغيرة التي تنمو ويزداد حجمها وتنتفخ البصلة. ويتأثر تكوين الأبصال بطول الفترة الضوئية.

تتميز الدرنات والأبصال بوجود سكون داخلي وفي هذه الفترة تكون الدرنات أو الأبصال غير قادرة على الإنبات بعد الجمع حتى لو توافرت الظروف المناسبة ويعود السبب إلى عوامل فسيولوجية كالتوازن بين الهرمونات المانعة والمشجعة للإنبات . يعتمد طول فترة السكون على الصنف.

كما يوجد بالأبصال والدرنات نوع آخر من السكون يسمى بالسكون الخارجي الذي يكون بسبب عدم توفر الظروف الملائمة للإنبات كدرجات الحرارة والرطوبة والضوء.

يحتاج المزارع في بعض الأحيان إلى كسر طور السكون لتشجيع الإنبات عند الزراعة بينما يرغب من يعمل في مجال التخزين في إطالة فترة السكون لمنع الإنبات وتقليل الفاقد .

## تنفس ثمار الفواكه والخضار

بعد قطف الثمار وعزلها عن النبات تستمر العمليات الحيوية فيها لذلك تبقى الثمار محتفظة بحيويتها ونشاطها وتجري فيها التغيرات والتحولات الحياتية بشكل طبيعي إلا أنها بعد القطف تتعرض إلى تغيرات كثيرة كونها تجري بمعزل عن مشاركة باقي أجزاء النبات وانقطاع تدفق المواد الغذائية إلى الثمار .

تعتبر عملية التنفس من أهم التغيرات الحيوية الرئيسية التي تكون في مجملها مظاهر حياة الثمار .

تحصل الثمار على الطاقة أثناء أكسدة المركبات العضوية المختلفة والتي تحوي على طاقة مخزنة وبالتالي تتحرر الطاقة على شكل طاقة بيوكيميائية تخزن وتستهلك مباشرة في إنجاز التفاعلات الحيوية المختلفة وتكوين المركبات والمواد

المهمة في حياة وتطور الثمرة . وجزء من طاقة التنفس تتحرر كطاقة حرارية تعمل على تعديل حرارة الثمرة في الظروف غير الملائمة وهذا الجزء من الطاقة .

تحصل الثمار على المواد العضوية طوال وجودها على الشجرة من الأوراق إضافة لحصولها على الماء والأملاح المعدنية عن طريق الجذور وباقي أجزاء النبات وتخزن الثمار في أنسجتها مواد مختلفة أكثر مما تحتاج إليه وتكفي لبقاء الثمرة في حالة جيدة فترة طويلة بعد القطاف . حيث تستخدم الثمرة بعضاً منها كمادة للتنفس وإنتاج الطاقة . لذلك فإن الهدف الأساسي لتخزين الثمار بعد القطاف هو توفير الظروف التي تساعد على إبطاء عملية استهلاك هذه المواد والمحافظة على قيمتها الغذائية والاستهلاكية من جهة أخرى .

تتم عملية التنفس على مرحلتين أساسيتين :

المرحلة الأولى :

وتشمل الخطوات الأولية لعملية التنفس والتي عن طريقها يتحول السكر (الغلوكوز) إلى حمض البيروفيك وتشمل عدة تفاعلات مهمة ويدخل فيها مجموعة من المواد تسمى بالسكريات المفسفرة وتحدث هذه العملية في السيتوبلازم حيث توجد الأنزيمات المسؤولة عن هذه التفاعلات وتسمى هذه العملية بالجلكزة Glycolysis وهذه المرحلة لا يشترط لحدوثها وجود الأكسجين حيث تتم بوجود أو بعدم وجود الأكسجين .

المرحلة الثانية :

وهي عبارة عن تحولات حمض البيروفيك حيث تتوقف هذه التحولات على ظروف الوسط المحيط

**- التنفس الهوائي**

في حالة توفر الأكسجين عندها تشمل الخطوات النهائية لعملية التنفس وفيها يتحول حمض البيروفيك المتكون بالمرحلة الأولى إلى ثاني أكسيد الكربون وماء وطاقة عن طريق دورة الأحماض العضوية ( حلقة كريبس) وتتم هذه الدورة في الميتوكوندريا

حيث توجد الأنزيمات المسؤولة عن تفاعلاتها وكذلك الأنزيمات الخاصة لانتقال الالكترونات والطاقة .

وكون سكر الغلوكوز هو المركب المستهلك مباشرة في التنفس يمكن تلخيص عملية التنفس في هذه الحالة بالمعادلة التالية :

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + \text{674 كيلو كالوري}$$

وتتم عملية التنفس هذه كما سبق في حالة استهلاك السكريات السداسية الكربون في عملية التنفس وفي حال توفر الأكسجين ودخوله بشكل حر إلى الوسط المحيط وفي حال أكسدة المواد الكربوهيدراتية أكسدة تامة .

إلا أن تلك الظروف ليست دائماً محققة لأنه قد تستهلك في عملية التنفس الأحماض العضوية أو مواد عضوية أخرى وقد تستخدم العبوات البلاستيكية والتي تحد من الوصول الحر للأكسجين وبالتالي عمليات الأكسدة لا تسير حتى النهاية .

**- التنفس اللاهوائي ( التخمر)**

في حال عدم توفر الأكسجين وهنا يتحول حمض البيروفيك إلى كحول ايتلي وثاني أكسيد الكربون في حال غياب الأكسجين . وتحدث هذه الحالة في ظروف التخزين العادية التي لا تكون كمية الأكسجين المتوفرة كافية لاستمرار التنفس الهوائي عندها تلجأ الأنسجة إلى التنفس اللاهوائي الذي عن طريقه يتحول الغلوكوز إلى حمض البيروفيك ثم يتحول حمض البيروفيك إلى حامض اللاكتيك (حمض اللبن) أو الأسيتلدهايد ثم الايتانول ويمكن تمثيل التنفس اللاهوائي بالمعادلة التالية :

$$C_6H_{12}O_2 \xrightarrow{\text{تخمر}} 3C_2H_5OH + 2\,CO_2 + \text{28.2 كيلو كالوري}$$

تحدث عملية التنفس اللاهوائي في نهاية فترة التخزين خاصة بعد نضج الثمار.

حيث تضعف قدرة الأنسجة على امتصاص وتمثيل الأكسجين ويلاحظ خلل بالتسلسل والتناسق والانتقال الطبيعي بين تفاعلات وحلقات عملية التنفس فتنخفض شدة التنفس الهوائي فتتنفس الثمار لا هوائياً ثم تتخمر وتكون النواتج الوسطية التي يتراكم جزء منها بالثمار مثل الدهيد الخل وحمض الخل وحمض اللين وحمض الاسيتون ومركبات أخرى إضافة للكحول الايتيلي .

وأخيراً سوف يؤدي كل ذلك إلى ظهور أعراض التدهور الفيسيولوجي وتظهر تلك الأعراض خاصة في المراحل المتقدمة لشيخوخة الثمار حيث تفقد الثمار مقاومتها لمثل تلك التدهورات كما تسوء مواصفات الثمرة الاستهلاكية كتغير الطعم والرائحة والنكهة وبالتالي لا يمكن أن تبقى أنسجة الثمرة حية لفترة طويلة في غياب الأكسجين حيث أن بعض النواتج الوسطية للتخمر ذات تأثير سام وبالتالي سرعان ما تتموت أنسجة الثمرة وتتحلل.

إن نسبة الأكسجين بالوسط المحيط والتي يحدث عندها التنفس اللاهوائي تختلف باختلاف المحصول ، الصنف ، درجة النضج ، درجة الحرارة وينتج عن التنفس اللاهوائي كمية أقل من الطاقة مقارنة بالتنفس.

- **معامل التنفس**

يعرف معامل التنفس بأنه نسبة حجم ثاني أكسيد الكربون المنبعث إلى حجم الأكسجين الممتص نتيجة لعملية التنفس ( RQ ) .

يدل معامل التنفس على نوع المادة العضوية التي تستهلك في التنفس وبنفس الوقت يعتبر كمؤشر لطبيعة ارتفاع شدة التنفس اللاهوائي. فإذا كان معامل التنفس مساوياً للواحد دل ذلك على أن المادة المستهلكة في التنفس هو سكر الغلوكوز وتجري عملية الأكسدة حتى النهاية . ويكون معامل التنفس أكبر من الواحد في حال استهلك بالتنفس الأحماض العضوية وفي حال عدم كفاية الأكسجين .

ومن المهم الإشارة إلى أن معامل التنفس بارتفاع مستمر إلى نهاية التخزين.

تقاس شدة تنفس الثمار في مجال فيسيولوجيا ما بعد القطاف بأنها كمية غاز $CO_2$ المنطلقة بالميلغرام من وزن قدره واحد كغ ( خضار أو فاكهة ) خلال زمن قدره ساعة ( ملغ $CO_2$ / كغ / سا ) .

**التغيرات في معدل تنفس الثمار**

إن شدة تنفس الثمار ليست ثابتة خلال مراحل نموها وتطورها وبعد القطاف شكل ( ١-٣ ) حيث يلاحظ أن قمة الشدة التنفسية تكون بعد الإخصاب مباشرة في مرحلة الانقسام الخلوي ثم تأخذ بالانخفاض حتى تصل إلى الحدود الدنيا وذلك مع نهاية أو قبل انتهاء مرحلة اكتمال النمو، بعدها يلاحظ عند بعض الأنواع زيادة ثانية في الشدة التنفسية وتستمر هذه الزيادة حتى تصل إلى ذروتها وذلك مع وصول الثمار إلى مرحلة النضج الاستهلاكي أو قبله بقليل.

وبعد الوصول إلى الذروة يلاحظ ثانية انخفاض في الشدة التنفسية وذلك في مرحلة هرم وشيخوخة الثمار كما يلاحظ في مرحلة الشيخوخة وبفترة وجيزة من انهيار وتدهور الثمرة بكاملها ارتفاع بسيط للشدة التنفسية ثم تعود إلى الانخفاض

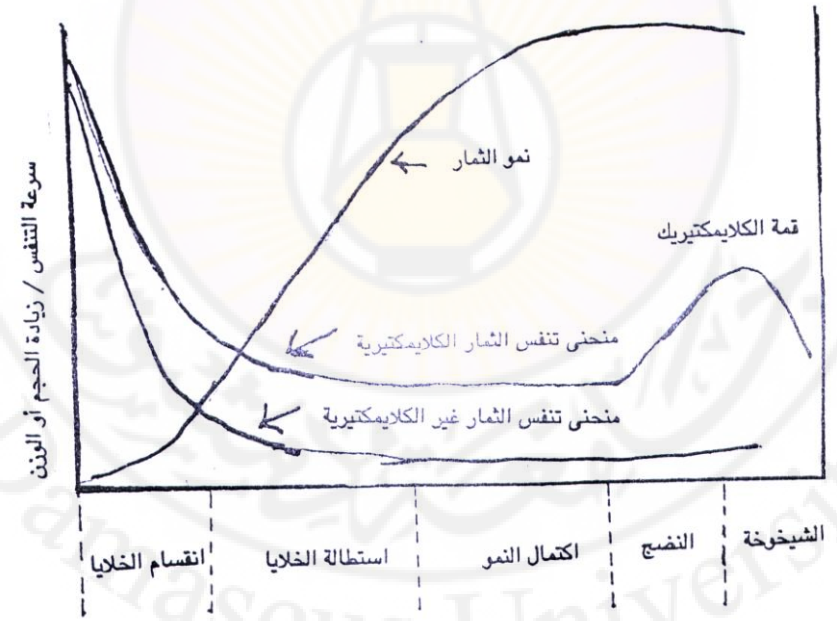
- **ظاهرة الكلايمكتريك : Climacteric**

وهي الزيادة في الشدة التنفسية التي تحدث بعد دخول الثمار مرحلة النضج (نضج القطاف ) واكتشفها لأول مرة العالمان البريطانيان ( Kidd and West ) بين عامي ١٩٢٢ – ١٩٢٥ وتمثل هذه الظاهرة مرحلة هامة من مراحل حياة وتطور الثمار . وهي حالة فسيولوجية تظهر في إحدى مراحل طور النضج في الثمرة وتفصل بين مرحلة البناء والتكوين وبين مرحلة الشيخوخة .

عند حدوث هذه الظاهرة في الثمار ترتفع شدة التنفس ارتفاعاً كبيراً ومفاجئاً ويصحبه تغيرات عميقة كثيرة في طبيعة الثمرة التي تؤدي إلى اكتمال نضج الثمار حيث يتغير لون الثمار الصفراء من الأخضر إلى الأصفر وتقل الحموضة وتنخفض

الصلابة وتتكون مواد النكهة والطعم وغير ذلك من التغيرات التي تؤدي إلى اكتمال مواصفات الثمرة الاستهلاكية . وبنفس الوقت تظهر تغيرات في مكونات الثمار كتحولات النشاء والبروتوبكتين ويلاحظ ارتفاع في نشاط الأنزيمات المرتبطة بالنضج وتغيرات بطبيعة الثمرة الفيزيولوجية ومدى مقاومتها للأمراض المختلفة.

يعتبر بدء حدوث ظاهرة الكلايمكتريك بأنه بداية نهاية حياة الثمرة ولهذه الظاهرة حد أدنى لسرعة التنفس يميز بداية حدوثها ومرحلة الصعود حتى تصل إلى أقصاها وتسمى بقمة الكلايمكتريك أو ذروة التنفس الأعظمي والتي بعدها تبدأ شدة التنفس بالتناقص إلى أدنى مستوى وتسمى ما بعد الكلايمكتريك إلى أن تستقر تقريباً. الكلايمكتريك الشكل ( ٢-٣ ) .




**الشكل ( ١-٣ ) : مراحل نمو الثمار ومعدل تنفس الثمار الكلايمكتيرية وغير الكلايمكتيرية**

تقسم الثمار تبعاً لهذه الظاهرة إلى مجموعتين :

- **الأولى وتسمى بالثمار الكلايمكتيرية**

وتتميز هذه الثمار بوجود ظاهرة الكلايمكتريك حيث تحدث فيها زيادة في معدل التنفس مصاحبة للنضج وتختلف شدة حدوث الزيادة في معدل التنفس وطول المدة التي يستغرقها حدوث الكلايمكتريك باختلاف النوع والصنف الشكل ( ٣-٣ ) ودرجات الحرارة ووقت القطاف وعموماً عملية القطف تسرع من حدوث ظاهرة الكلايمكتريك بالنسبة لغالبية أنواع الثمار .

تتوافق الزيادة في شدة التنفس مع وصول الثمار إلى أكبر حجم لها ( نهاية طور اكتمال النمو ) وبعد ذلك بقليل.

يمكن أن تحدث الزيادة في شدة التنفس فيما لو كانت الثمرة ما زالت على الشجرة أو حتى بعد أن تعزل عن الشجرة خلال التخزين .

تقسيم الثمار الكلايمكتيرية تبعاً للعلاقة بين مراحل اكتمال نمو الثمرة وظاهرة الكلايمكتريك إلى :

١- ثمار تحدث فيها ذروة التنفس عندما تكون صالحة للاستهلاك مثل الأجاص.

٢- ثمار تحدث فيها ذروة التنفس قبل وصولها إلى مرحلة النضج الاستهلاكي بفترة قليلة مثل ثمار التفاح والموز والمانجو .

٣- ثمار تحدث فيها ذروة التنفس قبل النضج بفترة كبيرة مثل البندورة .

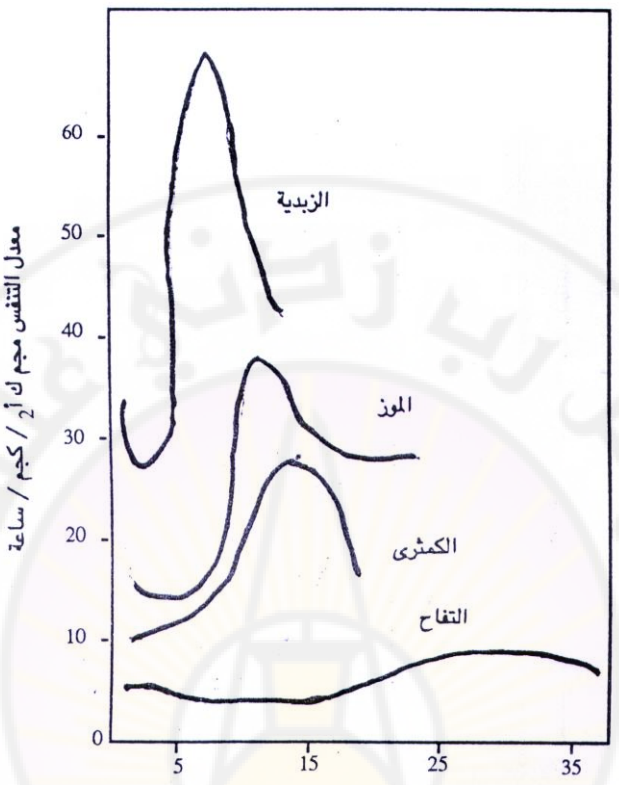
ومن أهم الثمار الكلايمكتيرية : التفاح – الأجاص – المشمش – الخوخ – الدراق – الموز – المانجو – الكاكي – البندورة – الزبدية – البطيخ .

- **الثانية الثمار غير الكلايمكتيرية :**

وتضم الكرز – الأناناس – العنب – الحمضيات – ( البرتقال – الليمون – كريفون ) الفريز – التين – الزيتون – البلح – الرمان – الخيار – الفليفلة – الشمام .




**الشكل رقم ( ٢-٣ ) : منحني التنفس للثمار الكلايمكتيرية بمراحل المختلفة**




**الشكل ( ٣-٣ ) : تنفس بعض الثمار الكلايمكتيرية**

لا يحدث فيها ارتفاع في معدل التنفس وتحدث التغيرات اللازمة لاكتمال النضج على مدى أطول وببطء مقارنة بالثمار الكلايمكتيرية .

مع أنه يمكن أن يلاحظ تزايد عمليات نضج الثمار وتغير مواصفاتها الاستهلاكية بعد القطف لكنها تبقى محدودة وبسيطة وغالباً في اتجاه تدهور الثمرة وضعفها .

ويلاحظ أن الثمار التي لا تحدث فيها ظاهرة الكلايمكتريك يكون فيها منحنى التنفس آخذاً في الانخفاض بدءاً من مرحلة الإخصاب حتى مرحلة الشيخوخة وهرم الثمرة .

ويرى بعض الباحثين أن الفرق في تنفس كلتا المجموعتين من الثمار ربما يكون نسبياً فقط حيث يوجد في ثمار كلتا المجموعتين نفس الأنزيمات ومواد التنفس

وينحصر سبب التباين على ما يبدو في الاختلاف بالتغيرات الخلوية وعدم كفاية نشاط الأنزيمات في تفاعلات محددة ونتيجة لظروف داخلية فيزيولوجية أخرى تعكس الطبيعة الوراثية للنوع أو الصنف .

والسبب المباشر لحدوث الكلايمكتريك لا يزال غير واضح بشكل كامل ولكن من الثابت أنه يحدث نتيجة لتراكم تأثير عوامل عديدة تترافق بارتفاع مستوى إنتاج بعض الهرمونات وشدة في نشاط الكثير من الأنزيمات .

ويوجد فارق مهم بين الثمار الكلايمكتيرية وغير الكلايمكتيرية وهو أنه يمكن حصاد الثمار الكلايمكتيرية بعد طور اكتمال النمو ويمكنها بعد ذلك مواصلة نضجها حتى بعد القطاف وهذا مهم جداً بالنسبة للتخزين الطويل .

تقطف الكثير من الثمار الكلايمكتيرية قبل النضج مثل الموز والبندورة والأجاص والتفاح لأنها تكون في هذه المرحلة تتحمل النقل والتسويق والتخزين حيث يتم إنضاجها قبل الاستهلاك أو خلال التخزين .

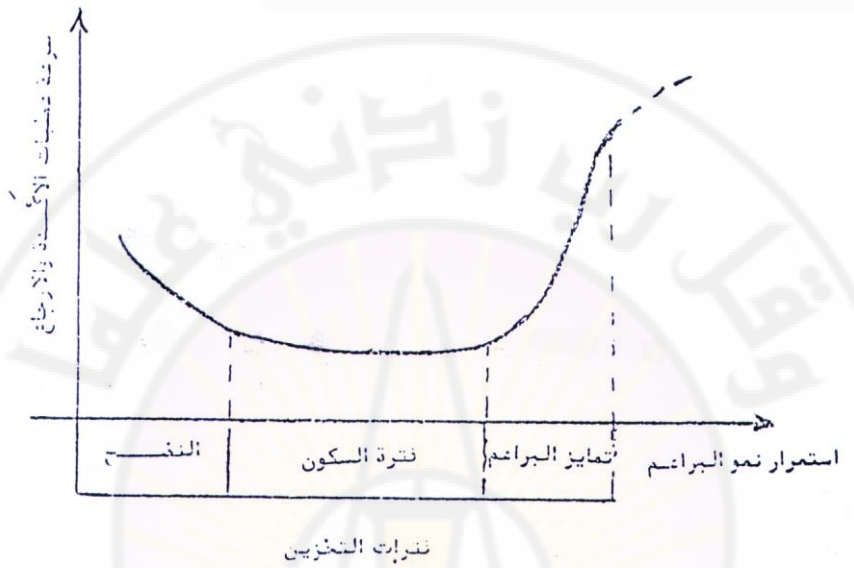
أما الثمار غير الكلايمكترية فتتغير بعد الحصاد للأسوأ حيث لا نستطيع متابعة نضجها بشكل جيد بعد الحصاد ولا يمكن إنضاجها صناعياً أو خلال التخزين لذلك يجب عدم قطف الثمار غير الكلايمكترية إلا بعد وصولها إلى طور النضج الأمثل.

وأخيراً يمكن اعتبار جميع المحاصيل الورقية محاصيل كلايمكترية للارتفاع المستمر للشدة التنفسية فيها خلال النمو وبعد الجمع .

تغيرات معدل تنفس الحاصلات البستانية ثنائية الحول

يكون معدل التنفس في الخضار الثنائية الحول وخاصة الأنسجة المتمايزة (البراعم) منخفضاً أثناء فترة السكون ويبقى هذا المعدل ثابتاً ما لم تحدث تغيرات كبيرة في درجة الحرارة والرطوبة وغيرها . وفي نهاية فترة التخزين ( مرحلة إتمام تمايز البراعم وانتهاء فترة السكون ) يزداد معدل التنفس الشكل ( ٤-٣ ) وذلك

خلافاً للثمار التي يكون فيها معدل التنفس منخفضاً في نهاية التخزين بشكل ملحوظ أكثر من بداية التخزين .




**الشكل ( ٤-٣ ) :** معدل التنفس **في الخضار الثنائية الحول خلال فترة التخزين**

## العوامل المؤثرة في شدة التنفس

### أ- العوامل الداخلية :

النوع :

تختلف الحاصلات البستانية اختلافاً كبيراً في شدة تنفسها مثل البطاطا والبصل تنفسها أقل كالخضر الورقية كالبقدونس والخس جدول (١-٣) .

الصنف :

وذلك لاختلاف الطبيعة الوراثية للصنف التي تظهر في اختلاف خواصه الفسيولوجية والتشريحية مثل ثخانة القشرة وسمك الطبقة الشمعية .

**الجدول رقم ( ١-٣ ) : تقسيم الحاصلات البستانية حسب معدل التنفس عند الدرجة ٥ م° . مغ $CO_2$ / كغ / ساعة**

| المجموعة | معدل التنفس | المجموعة | معدل التنفس |
|---|---|---|---|
| التفاح | ٣ – ١٠ | الفاصولياء الخضراء | ٣٢ – ٤٥ |
| الاجاص | ٣ – ٧ | البازيلاء | ٤٧ – ٧٥ |
| الليمون | ١١ | الباميه | ٥٥ – ٩٥ |
| البرتقال | ٤ – ٩ | البقدونس | ٣٠ – ٤٠ |
| العنب | ١ – ٢ | الخس | ٦ – ٢٧ |
| الدراق | ٤ – ٦ | البصل الأخضر | ١٠ – ٣٢ |
| الخوخ | ٢ – ٣ | الملفوف | ٤ – ٦ |
| المشمش | ٥ – ٦ | الزهرة | ١٦ – ١٩ |
| التين | ٨ – ١٢ | الثوم | ٤ – ١٤ |
| الرمان | ٣ – ٦ | البصل الجاف | ٣ |
| الفريز | ٨ – ١٢ | الخيار | ٢٣ – ٢٩ |
| الزيتون | ١٥ – ٢٥ | البطيخ | ٦ – ١٢ |
| الجزر | ١٠ – ٢٠ | الفليفلة | ١٠ – ٢٠ |
| الفجل | ٣ – ٩ | السبانخ | ١٩ – ٢٢ |
| البطاطا | ٣ – ٩ | البندورة الخضراء | ١٠ – ٢٨ |
| الكوسه | ١٤ – ٣٦ | البندورة الحمراء | ١٣ – ١٦ |

ظروف النمو :

لها دور أساسي في ارتفاع شدة تنفس الثمار حتى بعد الجمع وخاصة تغذية النبات خلال موسم النمو.

درجة النضج :

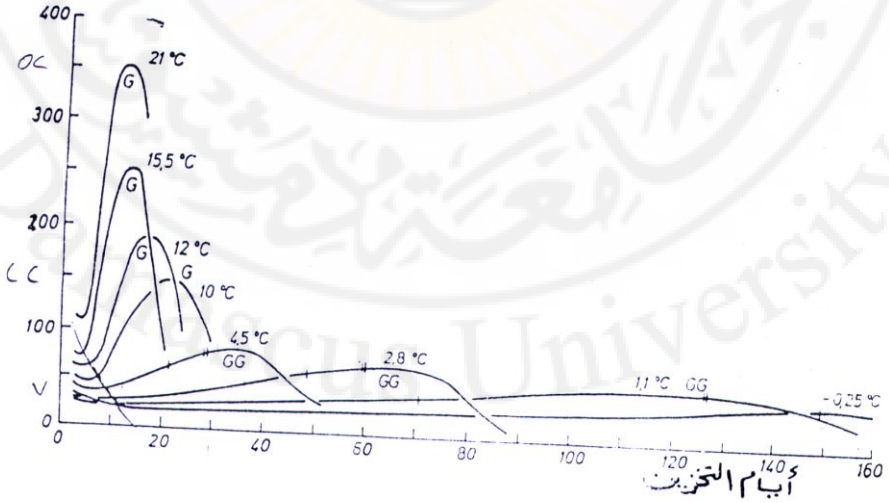
تختلف شدة التنفس حسب مراحل نمو الثمار فالثمار غير مكتملة النمو معدل تنفسها أعلى من تلك المكتملة النمو .

الأضرار الميكانيكية والإصابات : تؤدي إلى زيادة شدة التنفس عموماً .

**ب- درجة الحرارة :**

تزداد شدة التنفس بارتفاع درجة الحرارة وذلك لتنشيط أنزيمات التنفس وذلك حتى ٤٠ م° ثم تقل بعدها بسرعة لتثبيط وإبطال نشاط الأنزيمات . وهذا التأثير ينطبق على كل عمليات الاستقلاب الغذائي للثمار في كافة مراحل نموها حتى النضج قبل أو بعد القطاف وفي كل الثمار الكلايمكترية أو غير الكلايمكترية .

وتخضع علاقة درجة الحرارة بالتنفس لقانون فانت هوف Vant Hoff الذي يقول بأن شدة التفاعلات الحيوية والبيولوجية تزداد مرتين إلى ثلاث مرات لكل زيادة قدرها ١٠ م° . ونلاحظ ذلك في الشكل رقم (٥-٣) .




**الشكل ( ٥-٣ ) : الشدة التنفسية لصنف الإجاص وعلاقتها بدرجة الحرارة ومدة التخزين**

ومن خلال الشكل السابق يتبين تأثير درجة الحرارة المنخفضة ليس فقط في المدة اللازمة للوصول إلى ذروة الكلايمكتريك وإنما في خفض هذه الذروة إلى حد كبير وإطالة فترة الكلايمكتريك مع تأخير مظاهر النضج المختلفة .

وعموماً يمكن القول إن ذروة التنفس للثمار تحدث عند أية درجة حرارة تخزينية إنما تكون أقل وضوحاً عند درجات الحرارة المنخفضة.

**جـ – تركيز الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون :**

يعمل خفض تركيز الأكسجين وزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون ( وبحدود معينة ) إلى تخفيض شدة التنفس وبشكل كبير الجدول رقم (٢–٣) . وهذا يؤدي إلى تخفيض شدة كافة مظاهر النضج المرتبطة بها مما يساعد على المحافظة على جودة الثمار وإطالة فترة تخزينها .

**الجدول ( ٢–٣ ) : تأثير تركيب هواء المخزن على الشدة التنفسية لثمار التفاح على اعتبار شدة تنفس الثمار بالوسط العادي ١٠٠ % على درجة حرارة + ٣ م °**

| تركيز $O_2$ % | تركيز $CO_2$ % | مستوى شدة التنفس |
|---|---|---|
| ٢١ | صفر | ١٠٠ |
| ١٠ | صفر | ٨٤ |
| ٥ | صفر | ٧٠ |
| ٣ – ٢ | صفر | ٦٣ |
| ١,٥ | صفر | ٣٩ |
| ١٠ | ١٠ | ٤٠ |
| ٥ | ٥ | ٣٨ |
| ٣ | ٥ | ٣٢ |
| ١,٥ | ٥ | ٢٥ |

وبنفس الوقت يؤثر ذلك على ظاهرة الكلايمكتريك التي تحدث للثمار أثناء النضج حيث يخفض من ذروتها ويؤخر حدوثها بشكل واضح ولكن خفض تركيز غاز الأكسجين إلى أقل من ٥ % عموماً في هواء المخزن يؤدي إلى حدوث التنفس اللاهوائي ضمن الثمار المخزنة وتزداد شدته بازدياد انخفاض تركيز الأكسجين والأمر مشابه عند زيادة تركيز غاز $CO_2$ إلى أكثر من ١٠ % .

ولقد لوحظ زيادة حمض السكسينيك ( الكهرمان ) في أنسجة الثمار بشكل كبير عندما يكون تركيز $CO_2$ بوسط التخزين مرتفعاً على حين يزداد تكوين الاسيد الدهيد والايتانول عندما يكون محتوى الأكسجين في هواء المخزن أخفض من الحد الحرج الذي يمكن للثمار تحمله .

هذا ويلاحظ اختلاف كبير بين الحاصلات البستانية على مدى تحمل انخفاض تركيز غاز الأكسجين أو ارتفاع تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون .

**د – غاز الايتلين ومنظمات النمو :**

عرف دوره في التأثير في شدة التنفس وتأكد أنه هرمون نضج طبيعي إذ يستطيع وبتركيز منخفض جداً من ٠,١ – ١ جزء بالمليون ( ppm ) أن يحرض ويزيد الشدة التنفسية للثمار .

ومن منظمات النمو الأخرى التي تزيد من شدة تنفس الثمار مواد منتجة للايتلين مثل الإيتيفون والألسول ومواد أخرى مثل نفتالين حمض الخليك ويوجد مواد تقلل من شدة التنفس مثل الالار – الماليك هيدرازيد .

# الفصل الرابع

# التغيرات في محتوى الثمار خلال النضج

خلال التخزين والنضج تستكمل الثمار المخزنة نضجها بشكل تدريجي وتكتسب صفاتها الأساسية فتصبح الثمار أكثر حلاوة وأكثر طراوة ويقترن ذلك بتغير في الصفات الخارجية حيث يظهر اللون الأساسي المميز للصنف ويرافق كل ذلك تغيرات جذرية بالتركيب الكيميائي للثمار .

**- تحولات النشاء والسكريات**

**في ثمار التفاحيات :**

تحتوي ثمار التفاحيات قبل بداية النضج على كمية من النشاء تتحول تدريجياً أثناء النضج وخلال التخزين إلى سكريات ويبدأ التحول ابتداءً من المنطقة المجاورة لعنق الثمرة ثم مركز الثمرة ثم نحو محيط الثمرة (عبر اللب ) حتى الطبقة الواقعة تحت القشرة ويختفي النشاء تماماً عند بلوغ الثمرة درجة النضج الكامل .

تزداد نسبة السكريات الكلية أثناء النضج في بداية التخزين على حساب حلمهة النشاء والمواد الكربوهيدراتية الأخرى ثم تبدأ بعد ذلك بالانخفاض تدريجياً نتيجة لاستهلاكها بالتنفس .

ترتفع نسبة السكريات الأحادية قليلاً على حساب حلمهة السكروز إلى سكريات أحادية. ويلاحظ انخفاض نسبة الأحماض العضوية كحمض التفاح خاصة في نهاية النضج الكامل.

المحتوى الكلي للسكريات والنشاء ودرجة نضج الثمرة أثناء الجمع والظروف التخزينية تؤثر في طبيعة التغيرات الكمية للسكريات أثناء التخزين فكلما جمعت الثمار بشكل أسرع بعد التراكم الأعظمي للنشاء كانت نسبة السكريات فيها أقل.

تزداد نسبة السكريات في الأسابيع الأولى بعد الجمع خلال نضج الثمار أما طول المدة التي تصل فيها السكريات إلى تركيزها الأقصى فيتوقف على درجة الحرارة . يتوقف مقدار هذه الزيادة على كمية النشاء ، والثمار التي تحتوي أثناء الجمع على كمية كبيرة من السكريات فإنها تستهلك هذه السكريات في عملية التنفس بشكل أسرع من الثمار ذات المحتوى المنخفض ويرتبط ذلك بدرجة النضج وحلمهة النشاء .

**في ثمار الموز :**

تحوي ثمار الموز الخضراء على ٢٠ % نشاء وسطياً وأقل من ١ % سكريات وفي الثمار الناضجة تنخفض نسبة النشاء إلى ٢ % تقريباً وتزداد نسبة السكريات وسطياً إلى ١٦ % تتوزع بنسب متساوية تقريباً بين السكروز والفركتوز والغلوكوز.

**في البازيلاء والفاصولياء الخضراء :**

لهذه المجموعة طبيعة خاصة في تغيرات النشاء والسكر خلال النضج والتخزين فلا يتحول النشاء إلى سكر بل على العكس يتحول السكر إلى نشاء . فعند تخزين البازيلاء الخضراء عند درجة ( ٨ م$^{o}$ ) ولمدة (١٢) يوم فإن محتواها السكري ينخفض من ٤,٥ % حتى ١,٢ % ويزداد النشاء فيها من ١,٨ % حتى ٧,١ % وعند التخزين على درجة حرارة صفر مئوية تحدث عملية تحول السكر إلى نشاء بشكل أبطأ ولكن بنفس الاتجاه .

وتختلف سرعة هذه التحولات باختلاف الأصناف حيث تكون أسرع في أصناف البازيلاء الملساء حيث خلال يوم أو يومين تزداد نسبة النشاء زيادة ملحوظة فتصبح حبوبها ذات طعم رديء وغير صالحة من الناحية الاستهلاكية والتصنيعية كحبوب

خضراء مقارنة بأصناف البازيلاء ذات الحبوب المجعدة لذلك تعد أكثر أهمية في التصنيع والاستهلاك .

ويلاحظ زيادة سرعة تلك التحولات بمعدل مرتين تقريباً إذا خزنت البازيلاء كحبوب بدون قرون لذلك تخزن القرون لمدة أطول من الحبوب .

**في البطاطا :**

يخضع النشاء في البطاطا أثناء التخزين إلى تغيرات كبيرة تحت تأثير أنزيمات مختلفة وتتوقف طبيعة هذه التغيرات على ظروف الوسط المحيطة بالدرنات وخاصة درجة الحرارة وعلى عمر الدرنات والخصائص الصنفية وتعتبر نسبة النشاء والسكر في أي وقت من فترة التخزين محصلة لجريان العمليات التالية.

١- تحليل النشاء إلى سكر ٢- تحول السكر إلى نشاء ٣- استهلاك السكر بالتنفس.

تزداد شدة تلك العمليات بارتفاع درجة الحرارة وتنخفض بانخفاضها ولكن بمعدلات متفاوتة فانخفاض الحرارة يضعف تحول السكر إلى نشاء أكثر من تحول النشاء إلى سكر.

تبين أن انخفاض درجة الحرارة من ٢٠ م$^{o}$ إلى الصفر يؤدي إلى انخفاض سرعة تحول النشاء إلى سكر بمقدار الثلث فقط أما سرعة تحول السكر إلى نشاء تقل بمعدل عشرين مرة وتنخفض أكسدة السكر بالتنفس بمعدل ثلاث مرات.

ويعود السبب في اختلاف سرعة هذه التحولات إلى اختلاف نشاط الأنزيمات المسؤولة عن تلك التفاعلات باختلاف درجات الحرارة وحموضة الوسط.

بالتخزين البارد تكون درجة انحلالية $CO_2$ في العصير الخلوي أكبر من انحلاليته في التخزين الدافئ وعند انحلاله يتشكل حمض الكربون فترتفع حموضة الوسط وفي الوسط الحامضي يميل نشاط الأنزيمات إلى تركيب النشاء من السكريات إلى الانخفاض وبالتالي يسود تحول النشاء إلى سكر على تحول السكر إلى نشاء.

وتبين أن أنزيم الفوسفوريليز هو المسؤول عن زيادة الحلاوة في درنات البطاطا عند تخزينها في درجات الحرارة المنخفضة لنشاطه في درجة الصفر المئوي، أما أنزيم الاميلز والفوسفاتز فنشاطهما يكون منخفضاً في درجات الحرارة المنخفضة.

عند تحول جزء من النشاء إلى سكريات يزداد تركيز العصير الخلوي وهذا يضمن زيادة تحمل الأنسجة للتبريد .

ولكن تحول النشاء المفرط بسبب التبريد الزائد يؤدي لاختلال الدرنات فسيولوجياً فيسمر لبها نتيجة لحدوث تفاعل ميلارد( بالتخزين الطويل) وتسوء نوعيتها وينخفض حجم حبيبات النشاء وتتغير طبيعتها وتصبح أقل قابلية للطهي والتصنيع ويزداد الفاقد منها بالتقشير وإعاقة تكوين البراعم وتأخير الإنبات وانخفاض كمية المحصول لذلك يجب عدم الإفراط في تبريد تقاوي البطاطا.

إذا نقلت الدرنات من التخزين البارد إلى التخزين الدافئ (١٠ م°) أو أكثر لفترة ٣-٤ أشهر تنخفض نسبة السكريات بسبب زيادة شدة تفاعلات تحول السكر إلى نشاء وزيادة استهلاك السكر في التنفس وتنبيت البراعم.

وتلعب الرطوبة النسبية بالوسط دوراً في فعالية الحرارة المرتفعة حيث يصبح فقد الحلاوة في الدرنات بالحرارة المرتفعة أقل إذا كانت الرطوبة النسبية ١٠٠ % مما لو كانت ٨٥ % .

تبين أن نسبة السكريات بدرنات البطاطا ترتفع بعد فترة تخزين طويلة (أكثر من٥أشهر) بدرجات الحرارة المرتفعة وتسمى هذه الحالة بحلاوة الشيخوخة التي تزداد سرعتها بارتفاع درجة الحرارة وهذه الحالة تزداد بسرعة عند التخزين في درجات الحرارة المرتفعة مقارنة بالتخزين على درجات الحرارة المنخفضة.

يمكن تجنب تراكم السكريات في الدرنات بتخزينها عند درجة حرارة أقل من١٠ م° وعند درجة حرارة ( ٤-٥ م° ) تنخفض نسبة السكريات إلى حدودها الدنيا لذلك من الملائم تخزين البطاطا عند درجة حرارة ( ٤ م ° ) .

ويمكن أيضاً تعريض الدرنات بعد التخزين البارد إلى درجات حرارة مرتفعة نوعاً ما ولمدة معينة قبل استهلاكها للتخلص من نسبة السكريات الموجودة فيها .

## حلمهة المواد البكتينية

يتراكم البروتوبكتين أثناء نمو الثمار في الجدر الخلوية وتتراكم البكتات في الصفيحة الوسطى لذلك فإن نسبة البكتين الذواب في خلايا الثمار النامية التي لم تنضج منخفضة جداً ومع نضج الثمار وأثناء تخزينها يتحول البروتوبكتين تدريجياً ويتحلمه إلى بكتين ذواب بالماء بفعل أنزيم البروتوبكتيناز وكذلك تقل نسبة البكتات تدريجياً وتصبح الثمرة طرية اعتباراً من مركزها وباتجاه محيطها وبالتالي هذه التحولات هي المسؤولة ولحد كبير عن ليونة لب الثمار.

ومع تقدم الثمار في النضج ووصولها إلى مرحلة الشيخوخة يتفكك البكتين الذواب إلى كحول ميثيلي وأحماض بكتينية ويصبح لون اللب غامقاً ومن ثم تتفكك الأنسجة وتزداد شدة الاختلالات الفيزيولوجية وتتلف الثمار .

تختلف سرعة تحول المواد البكتينية في الثمار أثناء التخزين باختلاف الأنواع والأصناف والظروف التخزينية. ويلاحظ عند نضج ثمار البندورة تغير في المواد البكتينية عند تحول الثمار الخضراء إلى ثمار حمراء إذ تنخفض كمية المواد البكتينية من ٣,٩ % إلى ٢,٧ % وينخفض البروتوبكتين من ٢,٩ % إلى ٠,٩ % أما البكتين فيرتفع من ٠,٩ % إلى ٢,٦ % .

أما في ثمار اللوزيات فيلاحظ زيادة البروتوبكتين عند النضج ( مع أن النسبة العامة للمواد البكتينية تنخفض ) وتنخفض كميته مع تقدم الثمار في النضج فتلين بسرعة. كما أن شدة تحولات المود البكتينية ترتفع أو تنخفض تحت تأثير العوامل التي تسرع أو تبطئ من عمليات نضج الثمار.

تعريض الثمار لدرجات حرارة مرتفعة قبل تبريدها أو الارتفاع المؤقت للحرارة لمدة ٣-٤ أيام خلال التخزين على درجات حرارة منخفضة يساعد على تحلل

البروتوبكتين بسرعة أكبر وإلى الإسراع في تحلل البكتين المنحل وإذا بدأت هذه العملية فإن الحرارة المنخفضة لفترة التخزين التالية لا يمكن أن توقفها كلياً.

كذلك هذه العملية تحدث بسرعة أكبر في الثمار التي لم تتعرض للتبريد المبدئي والنتيجة بالنهاية زيادة طراوة الأنسجة وقصر فترة التخزين .

**التغيرات في المكونات الاخرى للثمار**

١- تغيرات السيليلوز والهيمي سيليلوز:

لا يلاحظ تغيرات ملحوظة على محتوى الثمار من السيليلوز بينما يدخل جزء من الهيمي سيليلوز في التحولات الغذائية للثمرة وينخفض محتواه بعد عدة أشهر من التخزين إلى ٢٥ % .

**٢**- استهلاك الأحماض العضوية :

إن كمية الأحماض العضوية وأنواعها تختلف في ثمار الفاكهة حسب النوع والصنف ودرجة النضج وحتى في أجزاء الثمرة حيث تكون نسبتها باللب أعلى من القشرة وعموماً نسبة الأحماض العضوية في الثمار غير الناضجة مرتفعة وتنخفض تدريجياً مع اقتراب الثمار من النضج بسبب استهلاكها في عملية التنفس لسهولة استخدامها كمادة للتنفس .

ويلاحظ ازدياد شدة استهلاك الأحماض العضوية بارتفاع درجة حرارة التخزين، أما ارتفاع غاز ثاني أكسيد الكربون وانخفاض نسبة الأكسجين بحدود معينة في وسط التخزين فيخفض من شدة هدم الأحماض العضوية وكلما كان استهلاك الأحماض العضوية ضمن الثمرة بطيئاً كانت الثمرة أكثر قدرة على البقاء في حالة سليمة .

٣- تحولات المواد الآزوتية :

تختلف كمية المواد الآزوتية بالثمار حسب أنسجة الثمرة، فالقشرة تحوي على مواد آزوتية أكثر من اللب بمقدار ٣ – ٤ مرات وهذا يفسر جزئياً شدة التحولات الغذائية في قشرة الثمرة .

وعموماً يزداد محتوى الثمار البروتيني كلما تقدمت الثمرة بالنضج ويتناسب مع زيادة تنفس النضج ويصل إلى الذرة مع وصول الثمار إلى قمة الكلايمكتريك ثم يعود وينخفض في طور الشيخوخة وتدهور الثمار .

مع زيادة نسبة البروتينات تنخفض نسبة المواد الأزوتية المنحلة وقد يكون بسبب استخدامها في تصنيع البروتينات .

٤- تغيرات المواد التانينية:

تنخفض كمية التانينات في الثمار مع اقترابها من النضج حيث تأخذ تدريجياً بالاختفاء عن طريق الأكسدة إلى ماء وثاني أكسيد الكربون وتزداد شدة زوالها أثناء التخزين لذلك يختفي الطعم القابض ويتغير طعم الثمار عند اكتمال النضج .

٥- تغيرات المواد الملونة :

أثناء فترة نضج الثمار وتخزينها ينخفض محتواها من اليخضور ويرتفع محتواها من الكاروتينات. انخفاض درجة حرارة التخزين وتعديل الوسط الغازي يؤخر من تفكك اليخضور ويبطئ اصطناع الكاروتينات.

الفلافونات يزداد محتواها حتى القطاف وبعد ذلك يبقى محتواها ثابتاً تقريباً ما دامت الثمرة سليمة ولكن عندما تصاب الثمرة بالتدهور الفيزيولوجي والأمراض المختلفة عندها يحدث أكسدة لهذه المواد فيؤدي إلى تهدمها .

الأنتوسيانينات تزداد أثناء مسار تطور الثمرة وتزداد شدة تكوينها في الثمار مع بداية أو بعد هدم الكلوروفيل ويطرأ عليها تغيرات هدم نتيجة عملية الأكسدة عندما تصاب الثمرة وتتلف كما هو الحال عند الفلافونات .

إن ثمار التفاح ذات المحتوى العالي من الفلافونات والأنثوسيانينات ذات قدرة تخزينية عالية وتميل للذبول قليلاً لأن تشكل هذه الأصبغة لا يتم إلا عند الثمار التي تزود خلال مراحل تطورها بكميات كافية من المواد الغذائية والبنائية.

أنسب درجة حرارة لتكوين صفة الليكوبين في ثمار البندورة هي٢٠ – ٢٤ م$^{o}$ ويتوقف تكوينها عند انخفاض درجة الحرارة لأقل من ١,٣ م $^{o}$ والثمار التي تتعرض لدرجة

حرارة مرتفعة حتى ٣٢-٣٩ م° تصبح ذات لون أصفر ويمكن أن يظهر اللون الأحمر عندما تتعرض لدرجة حرارة بين ٢٠ – ٢٤ م° .

٦- تغيرات المركبات الطيارة ( الزيوت العطرية )

يزداد تكوين المركبات الغازية الطيارة في الثمار وطرحها إلى الوسط المحيط مع تقدم الثمرة بالنضج وتبلغ حدها الأقصى في مرحلة النضج الكامل وبالتالي تكتمل مواصفات النكهة والرائحة المميزة للصنف وبعد ذلك يختفي الكثير منها أثناء التخزين لفترات طويلة ودخول الثمار مرحلة الشيخوخة وعموماً تنخفض نكهة الثمار عند انخفاض درجة الحرارة لانخفاض شدة إنتاج تلك المواد.

٧- تغيرات الدهون والشموع

تزداد نسبة الدهون في قشرة الثمرة ولبها مع زيادة نضج الثمار حتى ذروة الكلايمكتريك ثم تنخفض في مرحلة الشيخوخة وبالتالي كل العوامل المؤثرة في إبطاء شدة النضج الثمري تحد من تراكم المواد الدهنية في قشور الثمار .

إن محتوى القشرة من الشموع يبقى نوعاً ما ثابتاً وذلك في مرحلة النضج على الشجرة وحتى في مرحلة النضج الاستهلاكي بغض النظر عن التغيرات الكمية والنوعية الطفيفة جداً التي تحدث. ولا تتأثر الشموع بدرجة حرارة التخزين ولا بالتركيب الغازي لوسط التخزين .

**التغيرات التي تطرأ على الفيتامينات**

عادة يقل محتوى فيتامين C في ثمار الخضار والفاكهة خلال التخزين وشدة تلف وتأكسد فيتامين C تزداد بارتفاع شدة تنفس الثمار فإذا تم جمع ونقل الخضار الورقية كالسبانخ والخس والبصل الأخضر في جو درجة حرارته مرتفعة (تحت أشعة الشمس) فإنها تفقد كثيراً من فيتامين C الموجود فيها . يلاحظ أكبر نسبة فقد في فيتامين C عند تخزين البطاطا خاصة بالأيام الأولى بعد الجمع ثم تتناقص نسبة

الفقد تدريجياً وأحياناً يلاحظ ارتفاع نسبة فيتامين C بدرنات البطاطا أثناء التخزين وتبين أن ذلك مرتبط بتنبت الدرنات .

ويلاحظ أن أقل نسبة فقد في فيتامين C أثناء التخزين نجدها في ثمار الحمضيات حيث تبقى نسبة هذا الفيتامين تقريباً ثابتة في لب الثمار بعد عدة شهور من التخزين إلا أن نسبته تنخفض بشكل ملحوظ في قشرة الثمار .

أما بالنسبة للخضار والفواكه الأخرى فإن شدة فقد هذا الفيتامين تعتبر متوسطة مقارنة بالبطاطا والحمضيات وعموماً كلما كانت درجة حرارة التخزين منخفضة قل الفقد في فيتامين C عدا البطاطا التي تبين أن نسبة فقد فيتامين C فيها كانت متساوية في درجات حرارة التخزين المختلفة ( ١ م° و ٥ م° ) ولمدة سبعة أشهر وهذا له أهمية عملية حيث يفضل تخزين البطاطا على درجة حرارة مرتفعة نسبياً(+٥م°) خلافاً للكثير من الخضار والفواكه الأخرى وتبين أن شدة أكسدة هذا الفيتامين تنخفض بشكل كبير بالوسط الحامضي ومعتدلة بالأوساط القليلة الحموضة والطبيعية وسريعة بالأوساط القلوية .

أن الدراسات التي اهتمت بتغيرات مجموعة فيتامينات B خلال تخزين الخضار والفواكه أعطت نتائج مختلفة أحياناً ومتوافقة أحياناً أخرى فمنها ما يثبت انخفاض نسبة فيتامين $B_1$ ( الثيامين ) بعد سبعة أشهر من التخزين ثم تزداد نسبته من جديد حتى تصل إلى محتواه الأولي أو تزيد حتى ١٠- ٢٠ % .

وفي دراسات أخرى لم يلاحظ الباحثون تغيراً ملموساً على محتوى فيتامين $B_1$ في درنات البطاطا بعد سبعة أشهر من التخزين .

وعموماً يمكن القول إن التغيرات التي تطرأ على محتوى الخضار والفواكه أثناء التخزين في مجموعة فيتامينات B تبقى منخفضة وبحدود مقبولة استهلاكياً بغض النظر إن كانت التغيرات المذكورة زيادة أو نقصاناً . ولكن من المهم الإشارة إلى أن ذلك مقرون بالحالة الطبيعية للثمار والخضار لكن إذا ما تعرضت الثمار إلى الإصابات الميكانيكية أو المرضية أو إذا تدهورت حالتها الفيزيولوجية وتعرضت

للتحلل عندها يلاحظ فقد كبير وواضح في محتوى الثمار من الفيتامينات المذكورة خاصة في أجزاء الثمرة المصابة .

يعتبر وجود الكاروتين في الخضر والفواكه من المؤشرات الأساسية لجودتها وقيمتها الغذائية على اعتباره مولداً لفيتامين A في جسم الإنسان ونتيجة للعديد من الدراسات تبين أن الكاروتين على درجة عالية من الثبات خلال ظروف التخزين وحتى إذا كانت الرطوبة النسبية بجو التخزين منخفضة وفقدت المواد المخزنة نسبة مرتفعة من محتواها المائي .

**فقد الثمار لمحتواها المائي**

يوجد الماء في العصير الخلوي والفراغات البينية وهو في حالة حركة وتبادل مستمر بين نسج الثمرة المختلفة وبنفس الوقت يكون في حالة تبادل بين المنتجات المخزنة والوسط أو الجو المحيط بها وهذه الحركة نجدها باتجاه تحقيق حالة توازن للمحتوى المائي في أنسجة المواد المخزنة والوسط المحيط بها لذلك نجد أن الثمار والخضار تفقد الماء إلى الوسط المحيط الأقل منها رطوبة وعلى العكس نجد الحبوب الجافة تمتص الرطوبة من الوسط المحيط ذي المحتوى الرطوبي الأعلى وتزداد نسبة الماء فيها .

وكون أغلب أنسجة الخضار والفواكه تحوي على نسب مرتفعة من الماء نجدها تفقد الماء إلى الوسط الخارجي بالتدريج بالنتح وهو فقد ماء خلايا المنتجات النباتية على شكل بخار ماء عن طريق المسامات والعديسات والبشرة الموجودة في الأوراق والثمار حيث تنفلت من خلالها جزيئات الماء للوسط المحيط متحولة للحالة الغازية.

فقد الماء من أهم أنواع الفقد التي تعاني منها المنتجات المخزنة خاصة إذا كانت نسب الفقد مرتفعة يؤدي إلى ذبول وتجعد الأنسجة وتغير شكل الثمار وبالتالي انخفاض جودتها وفقدان في وزنها وكذلك ترتفع حساسيتها للأمراض والإصابات الميكانيكية والتدهور والتلف وتصبح غير صالحة للتخزين لفترات طويلة .

يوجد عدة عوامل تؤثر في شدة فقد الماء من الثمار والخضار خلال التخزين أهمها:

**١ – منطقة الزراعة :**

تبين أن ثمار الصنف نفسه تفقد الماء بنسب مختلفة تبعاً لمكان الزراعة ويفسر ذلك باختلاف شدة السطوع الشمسي الذي تتعرض له الثمار حيث تبين أن جهة الثمار المعرضة للسطوع الشمسي على الشجرة تذبل بدرجة أقل من تلك المظللة نظراً لزيادة سماكة الجدر الخلوية وزيادة طبقات خلايا الأنسجة تحت القشرة في الجهة المعرضة للشمس مقارنة مع الجهة المظللة وهذه الفروقات بالبنية التشريحية للثمار لوحظت عند اختلاف شدة السطوع الشمسي في أماكن الزارعة المختلفة .

**٢ – نوع الثمار :**

يوجد اختلاف كبير بين المنتجات الزراعية في شدة فقدها للماء وذلك لاختلاف خصائصها النوعية وكذلك لاختلاف الأجزاء النباتية المستخدمة في التغذية (جذر – ساق – أوراق – ثمار ) فمثلاً الأبصال الجافة محاطة بحراشف جافة تمنع تبخر الماء منها وتحميها من الفقد خلال التخزين ولذلك تخزن الأبصال بوسط ذي رطوبة نسبية منخفضة ( ٧٠ – ٨٠ % ) حيث تمنع هذه الرطوبة من إصابتها بالعفن (عفن الرقبة ) . بينما يسهل تبخر الماء من الخضار الجذرية الغضة نظراً لرقة قشرتها فتذبل بسرعة وتفقد مقاومتها للأمراض لذلك يفضل تخزينها بين طبقات من الرمل الرطب ، وكذلك الحال بالنسبة للخضار الورقية حيث تفقد الماء بسهولة نظراً لزيادة مسطحها الورقي لذلك يفضل تخزينها في جو رطوبته النسبية مرتفعة .

في ثمار التفاح تساعد طبقة الكيوتيكل على الحد من شدة تبخر الماء منها وبالتالي حمايتها من الذبول أثناء التخزين . كما أن وجود الطبقة الشمعية على سطح الثمرة يساهم في تقليل عملية النتح في ثمار التفاح ومن المهم الإشارة أن طبيعة طبقة الكيوتيكل وسماكة الطبقة الشمعية تختلف تبعاً للصنف وبالتالي تختلف الأصناف فيما بينها لشدة فقد الماء منها خلال التخزين .

أصبح من المعروف لدى المهتمين في مجال التخزين أن صنف التفاح غولدن ديلشيس من أصناف التفاح الشتوية ويتمتع بقابلية تخزين جيدة إلا أنه يتعرض بسرعة للذبول خلال النصف الثاني من التخزين مقارنة ببعض أصناف التفاح التخزينية الأخرى مع أنه يمتلك طبقة شمعية جيدة ووضح بعض الباحثين ذلك بعدم اكتمال وتجانس الطبقة الشمعية عند الصنف غولدن ديلشيس من جهة ومن جهة أخرى إلى عدم تراص خلايا نسيج ما تحت القشرة والقشرة نفسها إضافة لتوزع وعدد المسامات والثغور التنفسية في هذا الصنف لذلك لابد من تأمين رطوبة نسبية مرتفعة في جو التخزين للحفاظ على المواصفات الاستهلاكية لهذا الصنف .

**٣- مكونات الثمرة :**

تبين أن ارتفاع نسبة السكريات بالثمار يجعلها ذات قدرة أكبر على الاحتفاظ بالماء مقارنة بتلك الثمار ذات المحتوى المنخفض من السكريات . وكذلك الحال في الثمار ذات المحتوى البروتيني والغروي المرتفع والتي تكون أكثر قدرة على جذب وربط جزيئات الماء في ستيوبلازما الخلايا .

**٤- درجة النضج وموعد القطاف :**

يلاحظ أن ثمار التفاح غير المكتملة النمو المقطوفة قبل الموعد الأنسب للجني تفقد الماء بسهولة وتتعرض للذبول السريع خاصة بالمرحلة الثانية للتخزين والسبب يعود أساساً إلى عدم اكتمال تكوين أنسجة الثمرة تماماً خاصة الطبقة الشمعية في قشرة الثمرة وكذلك إلى عدم قدرة سيتوبلازما الخلايا بعد على الاحتفاظ بشكل جيد بالماء .

ويلاحظ أن الثمار المفرطة بالنضج كذلك تصبح أنسجتها ومكوناتها أقل قدرة على الاحتفاظ بالماء لانخفاض قدرة غروياتها على جذب ومسك ماء الخلايا في فترة الشيخوخة والهرم .

# الفصل الخامس

# الأسس النظرية للتخزين

## الأسس البيولوجية

إن صلاحية محاصيل الخضر والفاكهة للتخزين الطويل تتحدد من خلال قابلية التخزين وإمكانية التخزين فيها.

**قابلية التخزين**

وهي صلاحية أصناف الخضر والفواكه لأن تخزن طيلة فترة محددة دون فقد يذكر بالوزن أو بالإصابة بالأحياء الدقيقة الممرضة أو مظاهر التدهور الفيزيولوجي وبدون ترد في مواصفاتها الغذائية والاستهلاكية والنوعية.

وهذا المؤشر الهام مرتبط بالطبيعة البيولوجية النباتية لأصناف الخضر والفواكه. ويعد مؤشر قابلية التخزين للأصناف من مقاييس تقييم الجودة وأصبح يذكر كأحد المؤشرات الهامة أثناء توصيف الصنف مثل الإنتاجية والمقاومة للظروف البيئية غير الملائمة . والمناعة ضد الإصابة بالأمراض والحشرات وغيرها في المواصفات النوعية للصنف.

قابلية التخزين يعبر عنها بطول فترة التخزين بالشروط المثالية الملائمة للنوع أو الصنف إضافة لسيادة الظروف الملائمة المحيطة بالثمار خلال موسم النمو وعندما يتم إجراء كل المعاملات الزراعية المناسبة . وعندما لا تتجاوز النسبة العامة للفقد بالمحصول المخزن ١٠-١٥% . تقسم محاصيل الخضر والفواكه حسب قابليتها للتخزين إلى عالية ومتوسطة ومنخفضة .

**امكانية التخزين**

وهي عبارة عن مدى ظهور قابلية تخزين أنواع وأصناف الثمار والخضار في ظروف الموسم نفسه وفي منطقة معينة ضمن مستوى محدد من المعاملات والخدمات الزراعية وعند اتباع نظام تخزيني محدد . ويمكن التعبير عنها كذلك بطول فترة التخزين ومقدار الفقد بالمنتجات ودرجة تغير مواصفات جودة الثمار خلال فترة التخزين .

ومن خلال دراسة نتائج إمكانية تخزين صنف ما على مدى بضع سنوات يمكن الحصول ولدرجة محددة على تقييم المقدرة التخزينية لهذا الصنف . خاصة عندما تتوافق أو تتقارب الظروف الجوية والبيئية المحيطة في مواسم النمو بما فيها العمليات الزراعية والخدمة إضافة لاتباع طرق التخزين الملائمة .

وعندما تتوافق نسبياً إمكانية التخزين مع المقدرة التخزينية للثمار والخضار فإن إمكانية التخزين تكون جيدة وتتقارب إمكانية التخزين مع المقدرة التخزينية للثمار في حال وجود ظروف بيئية وزراعية وتخزينية مناسبة وتتدنى إمكانية التخزين عند وجود الظروف غير الملائمة ( الخدمة والعمليات الزراعية – الظروف البيئية والجوية – شروط ونظام التخزين ) .

تشكل الخضار والفواكه مجموعة خاصة بالنسبة للاعتبارات التخزينية تتميز عن المنتجات الزراعية الأخرى بعدد من المؤشرات والمواصفات وذلك لارتفاع محتواها المائي ، ولذلك تسمى أحياناً منتجات زراعية غضة أو رطبة. وهذا يوضح :

١ – ارتفاع شدة نشاطها الحيوي وعملية تبادل المواد فيها أثناء التخزين.

٢ – ارتفاع شدة فقد الرطوبة منها بالتبخر لضعف مقاومة أنسجة السطحية.

٣ – ضعف مناعتها نسبياً للإصابة بالأحياء الدقيقة المسببة للأمراض حيث تشكل أنسجة الخضر والفواكه وسطاً ملائماً لنموها ونشاطها.

بحسب قابلية الخضر والفاكهة للتخزين تقسم إلى ثلاث مجموعات :

١ – مجموعة الخضار ثنائية الحول بما فيها البطاطا .

٢ – مجموعة الثمار بما فيها الخضار الثمرية .

٣ – مجموعة الخضار الورقية والأعناب وثمار اللوزيات .

**قابلية تخزين الخضار والبطاطا**

إن الجزء المستخدم بالتغذية في هذه المجموعة هو العضو الادخاري من النبات والمهم في حياة النبات وتغذية الإنسان وهو الجزء الذي يتم تخزينه مثل: درنات البطاطا – أبصال البصل والثوم – جذور اللفت والشوندر والجزر والفجل – رؤوس الملفوف وغيرها من الأجزاء النباتية الحاملة لبراعم النبات . وفي موسم النمو الثاني تتشكل من براعم النمو الموجودة في الخضار الثنائية الحول بذور النبات . وبالتالي مرحلة تخزين الأجزاء الادخارية للخضار الثنائية الحول تقع كمرحلة توقف في النمو بين مراحل نمو وتطور النبات. وهذه الأجزاء الادخارية تكون مهيأة لأن تبقى حية وتتحمل الظروف غير الملائمة إن كان بالحقل أو بالتخزين أو الأوساط الجافة .

إن طبيعة مرحلة تخزين الأعضاء الادخارية في الخضار ثنائية الحول التي تعتبر مرحلة عدم نمو ومعيقة لتطور النبات هي التي تحدد القدرة التخزينية للمحصول . وهكذا خلال مرحلة التخزين تكون البراعم الموجودة في الأجزاء الادخارية المخزنة في حالة سكون طبيعي إلا أنه خلال فترة التخزين تستمر بعض العمليات الفيزيولوجية والتي بالنهاية تبدأ عندها مرحلة تهيئة البراعم للإنبات . وهذه المرحلة تتشكل وتتم ببطء نسبياً إلا أنه عندما تصبح البراعم جاهزة ومهيأة ويبدأ إنبات البراعم تجري عمليات الإنبات بسرعة ويصعب السيطرة عليها. وعملياً يكون المحصول قد فقد الكثير من مواصفات التسويقية والتخزينية . وبالتالي فترة السكون هي الفترة التي تسبق بداية التبرعم والإنبات وإن طبيعة فترة السكون ليست واحدة .

– عند البطاطا والبصل يوجد فترة سكون طويلة وحتمية . فعندما تدخل الدرنات والأبصال فترة السكون فلا يمكن كسره حتى لو توفرت الظروف الملائمة للإنبات .

– عند الملفوف والأجزاء الجذرية يمكن كسر مرحلة السكون إذا توافرت الظروف المناسبة للنمو والإنبات إلا أن درجة حرارة التخزين المنخفضة تعتبر من الظروف غير المناسبة للبرعمة وبالتالي يمكن إعاقة حدوثه لفترة محددة أثناء التخزين ومن هنا نستنتج أن السكون عند مثل هذه المحاصيل ليس بالعميق كما في المجموعة الأولى . وبالنتيجة إن طبيعة مرحلة السكون وعمقها ودرجة حدوثها (ببدايتها أو بنهايتها) تشكل الأساس البيولوجي لتحديد القدرة التخزينية لمحاصيل الخضر ثنائية الحول. وبالتالي كلما كانت فترة السكون طويلة كانت القدرة التخزينية أعلى .

ولا بد من الإشارة إلى أن ظروف التخزين بالتبريد تساعد في إطالة فترة السكون كونها تبطئ من شدة العمليات الفيزيولوجية المختلفة. كما أن الحرارة والرطوبة المنخفضة تعرقل وتؤخر حدوث الإنبات حتى لو انتهت فترة السكون الطبيعية . ولذلك عند تخزين الخضار يجب اتباع نظم وشروط تخزين مناسبة لمنع أو عرقلة عملية الإنبات واستمرار طور السكون قدر الإمكان. بالإضافة إلى تخفيض النسبة المئوية للفقد بالوزن والفقد الناتج عن الإصابة بالأمراض.

**قابلية تخزين ثمار التفاحيات والخضار الثمرية**

إن ثمار هذه المحاصيل أعضاء غضة من النبات، وتتشكل الثمار في المراحل النهاية لحياة النبات الحولي أو نهاية موسم النمو للنباتات المعمرة .

إن الأجنة في بذور الكثير من أنواع الثمار بعد الجني تبقى بحاجة للعلاقة المتبادلة مع أنسجة الثمرة حتى يكتمل تكوينها وبالتالي يستمر تطورها. ولذلك وخلال مرحلة محددة من التغيرات الفيزيولوجية والعمليات الحيوية لتبادل المواد والتي تتصف بشدة جريانها تصل الثمرة إلى حالة النضج بعد القطاف ، وعند اكتمال النضج تكون

الأجنة قد اكتمل تكوينها وبنفس الوقت تكتسب الثمرة خواصها النوعية المميزة للنضج البيولوجي والمتمثلة باكتمال المواصفات الاستهلاكية .

بعد هذه المرحلة تشيخ أنسجة الثمرة وتتعطل العمليات الحياتية فيها وتسوء مواصفاتها التسويقية وتنخفض مقاومتها للأحياء الدقيقة وتدخل في حالة التدهور.

قبل وصول الثمار إلى حالة النضج بعد القطاف تبقى الثمار قابلة للتخزين إذا توافرت الظروف التخزينية المناسبة مع نسبة فقد منخفضة بالوزن وأقل قدر من التلف الناتج عن الإصابة بالأحياء الدقيقة والأمراض الفيزيولوجية .

مع نهاية النضج تتدهور حالة الثمرة بسرعة وتفقد مواصفاتها التسويقية وترتفع نسب الفقد فيها حتى لو خزنت في شروط تخزينية مثلى . لذلك فإن مرحلة تخزين ثمار الأنواع المهيأة للنضج بعد القطاف (الثمار الكلايمكتيرية) هي الفترة اللازمة لوصول الثمار إلى حالة النضج الكامل .

وهذه الثمار تتميز بقابلية تخزين عالية مقارنة بالثمار التي تكون فيها مرحلة النضج قصيرة جداً أو غير موجودة نهائياً(الثمار غير الكلايمكتيرية).

**قابلية تخزين الخضار الورقية والأعناب والثمار اللوزية :**

إن قابلية تخزين الخضر الورقية منخفضة كون الأوراق تشكل مسطحاً متسعاً للتبخر ولذلك تذبل هذه المنتجات بسرعة كبيرة . أما الأعناب فإن سطح التبخر فيها ليس بكبير إلا أن تكوين طبقة الحماية فيها ضعيف لا يقيها من التبخر،وهذه الثمار طرية ولينة وتمتلك أنسجة لزجة وهشة ، كما أن قدرة غرويات الخلايا فيها على مسك وتثبيت الماء ضعيفة ولذلك تفقد ماءها بسرعة خاصة في ظروف الحرارة المرتفعة. وهذا ينطبق كذلك على ثمار اللوزيات كما أن هذه المجوعة تتميز بارتفاع شدة التنفس وبالتالي ارتفاع شدة تحولات المواد فيها كالحلمهة التي تبدأ حتى في المرحلة الأولى من التخزين.

مما تقدم نستنتج أن المنتجات غير المهيأة للتخزين تتطلب ظروفاً تخزينية خاصة للمحافظة عليها من الفقد والتلف ومع ذلك تبقى إمكانية تخزين هذه الثمار حتى في الظروف المناسبة محدودة ولذلك إذا كان لابد من حفظها لفترة طويلة يجب حفظها بطرق الحفظ الأخرى ( تجميد – تعليب – تجفيف ... الخ ) .

## عوامل التخزين

إن معظم الثمار الصالحة للتخزين الطويل تنضج خلال التخزين وكلما كانت العمليات الحيوية في الثمار بطيئة نضجت الثمار ببطء وبالتالي خزنت لمدة أطول . وحتى الثمار الناضجة تكون سرعة تحولها نحو الشيخوخة والتدهور مقترنة بشدة العمليات الحيوية فيها. لذلك فإن المهمة الأساسية للتخزين هي تأمين الظروف التي تبطئ من سير العمليات الحيوية في الثمار والخضار مع المحافظة عليها في مستوى يضمن تأخير نضجها وتطورها وبالتالي تأخير شيخوختها دون انخفاض في جودتها ومواصفاتها الاستهلاكية .

لذلك يجب تخفيض شدة النشاط الحيوي بالثمار إلى الحدود التي لا تؤدي إلى ضرر الثمار أو إصابتها بالأمراض الميكروبيولوجية والفيزيولوجية وذلك بحفظها في ظروف تخزينية ملائمة .

يتوقف نجاح التخزين على الشروط الموجودة في غرفة التخزين والتي تسمى عوامل التخزين، والتي يمكن تعريفها بأنها العناصر المناخية القابلة للتنظيم وهي : درجة الحرارة ، الرطوبة النسبية ، التركيب الغازي لهواء المخزن ، التهوية . ويمكن عن طريق التحكم بهذه العوامل تقليل الفقد الذي يحصل في ثمار الفاكهة والخضار المخزنة وبالتالي إطالة فترة تخزينها .

### ١ – درجة الحرارة

تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل التي تؤثر في حدوث التغيرات الطبيعية أو الظاهرية في المحصول كونها تؤثر بشكل مباشر وكبير في الشدة التنفسية للثمار

إضافة لتأثيرها في سرعة تبخر الماء في المنتجات . كما يمكن تنظيمها بشكل سهل وبسيط عن طريق أجهزة التبريد في الغرف المبردة.

إن تنظيم درجة الحرارة في المخزن يعتبر العامل الأساس للتخزين لأن درجة الحرارة هي الأساس الذي تبنى عليه عمليات التخزين كونها أهم مؤثر في التغيرات المختلفة التي تطرأ على المنتجات الطازجة. أما عوامل التخزين الأخرى تكون كعوامل مساعدة لدرجة لأنها بدون الحرارة لا تحافظ على المنتجات ولا تطيل تخزينها .

إن خفض درجة الحرارة يخفض من فعالية الأنزيمات المسؤولة عن التنفس وبالتالي تنخفض الشدة التنفسية بشكل ملحوظ . وتخفض درجة الحرارة من نمو الأحياء الدقيقة وإمكانية انتشارها بشكل كبير وهذا يؤدي إلى إطالة مدة التخزين.

لقد استطاع Streif عام ١٩٧٤ إيجاد علاقة خطية بين انخفاض درجة الحرارة ومدة تخزين ثمار التفاح . وقال إن انخفاض درجة الحرارة بمقدار(١) درجة كالفن يؤدي إلى زيادة مدة التخزين بمقدار عشرة أيام، أما Struclec عام ١٩٧٣ فقد ذكر أن مدة التخزين عند ثمار التفاح يمكن تخفيضها بمقدار ستة أيام بارتفاع درجة حرارة التخزين بمقدار (١) درجة كالفن وذلك في المجال الحراري من (٤-٢٠م$^{o}$) .

إن فترة تخزين ثمار التفاح تزداد بشكل منتظم نوعاً ما كلما انخفضت درجة الحرارة حتى (٢-٣م$^{o}$) أما خفضها عن هذا الحد فيكون تأثيرها ذا فعالية محدودة في حين أن شدة العمليات الحيوية وبالتالي مسار النضج عند ثمار الإجاص ينخفض بشكل واضح من درجة الحرارة (+٥م$^{o}$) إلى الصفر . هذه الاختلافات يجب الأخذ بها أثناء التخزين الجدول ( ١-٥ ) .

عند اختيار درجة حرارة التخزين يجب مراعاة عدة نقاط أهمها :

١ – النوع والصنف : تختلف الأنواع بالنسبة لدرجة الحرارة الملائمة للتخزين وكذلك تختلف الأصناف ضمن النوع الواحد ويمكن تقسيم الثمار بالنسبة لدرجة حرارة التخزين إلى ثلاث مجموعات :

**جدول رقم ( ١-٥ ) : الظروف الأساسية لتخزين الفاكهة والخضار**

| النوع | درجة حرارة التخزين ( م $^{o}$) | رطوبة الهواء ( % ) | مدة التخزين |
|---|---|---|---|
| بطاطا | ٢ – ٦ | ٨٥ – ٩٠ | ٥ – ٨ أشهر |
| ملفوف | – ١ ... صفر | ٩٠ – ٩٦ | ٤ – ٧ أشهر |
| زهرة | صفر | ٩٠ – ٩٥ | ٤ – ٦ أشهر |
| جزر | صفر | ٩٠ – ٩٥ | ٧ – ٤ أشهر |
| شوندر | صفر | ٩٠ – ٩٥ | ٣ – ٧ أشهر |
| لفت وفجل | صفر | ٩٠ – ٩٥ | ١ – ٦ أشهر |
| بصل | – ٢ ... صفر | حتى ٨٠ | ٦ – ٨ أشهر |
| ثوم | -٢ ... صفر | ٨٥ – ٩٠ | ٦ – ٨ أشهر |
| خيار | ١٠ | ٩٠ – ٩٥ | ١ – ٢ أسبوع |
| يقطين | ٨ – ١٠ | ٧٠ – ٩٠ | ٣ – ٦ أشهر |
| بطيخ أصفر | ٢ – ١٠ | ٩٥ – ٩٠ | ١ – ٣ أشهر |
| بندورة | ٢ – ١٢ | ٨٥ – ٩٥ | ١ – ٣ أسابيع |
| إجاص | -١ ... + ٥ | ٨٥ – ٩٥ | ٤ – ٦ أشهر |
| لوزيات | صفر | ٩٠ – ٩٥ | ١ – ٣ أسابيع |
| تفاح | -١ ... + ٣ | ٨٥ – ٩٥ | ٤ – ٨ أشهر |
| ليمون | صفر ... + ١٠ | ٨٥ – ٩٠ | ١ – ٤ أشهر |
| برتقال | ٢ – ٧ | ٨٥ – ٩٠ | ٢ – ٥ أشهر |
| مندرين | ٤ – ٧ | ٨٥ – ٩٠ | ١ – ٤ أشهر |
| عنب | -١ ... صفر | ٨٥ – ٩٠ | ١ – ٦ أشهر |
| خس | صفر | ٩٠ – ٩٥ | ٢ – ٤ أسابيع |

– الأولى تخزن بشكل جيد على درجة حرارة أقل من الصفر المئوي قليلاً (–١ حتى ٠) مثل البصل والثوم والملفوف .

– الثانية : وتضم القسم الأكبر من الفاكهة والخضار وتخزن بشكل جيد على درجة حرارة قريبة من الصفر المئوي أو أعلى قليلاً منه ( ٠ حتى +٢).

– الثالثة : وتخزن بشكل جيد على درجة حرارة (+٢،+١٠م$^{o}$). وتضم البطاطا ، الخيار ، الفليفلة ، الحمضيات وبعض أصناف التفاح والإجاص والبندورة غير الناضجة وغيرها.

– الرابعة : تخزن على درجة حرارة (+١٠ ، +١٣م$^{o}$) كالموز والليمون .

٢ – درجة نضج الثمار أثناء الجمع : يتوقف اختيار درجة حرارة التخزين على درجة نضج الثمار أثناء الجمع :

آ – إذا جمعت الثمار في درجة النضج الفيزيولوجي تكون درجة حرارة التخزين عند حدها الأدنى المسموح به للنوع والصنف وذلك من أجل تخفيض شدة تطور حالة الثمرة إلى أدنى حد ممكن.

ب – إذا جمعت الثمار وهي غير ناضجة تخزن على درجة حرارة مرتفعة نسبياً لكن ضمن الحدود المسموح بها للنوع والصنف حتى يتسنى لهذه الثمار أن تستمر في عمليات النضج وإذا خزنت بعض الثمار غير الناضجة عند درجة حرارة منخفضة فقد تفقد قدرتها على النضج كالبندورة الخضراء.

٣ – الهدف من استخدام المنتجات المخزنة : عند تحديد درجة حرارة التخزين يجب الأخذ بعين الاعتبار الهدف من استعمال الثمار بعد التخزين كما يلي :

١– إذا كان المطلوب تسويق كمية من التفاح في الفترة الأولى من التخزين يجب المحافظة على درجة حرارة مرتفعة نسبياً من أجل التعجيل في نضج الثمار وبلوغها المواصفات الاستهلاكية الجيدة خلال فترة التخزين القصيرة .

٢- إذا كان المطلوب تخزين كمية من البطاطا من أجل تصنيعها يجب تخفيض نسبة السكر فيها برفع درجة حرارة التخزين إلى ١٥م° ولمدة ٢-٣ أسابيع قبل التصنيع .

٣- عند تخزين الملفوف المخصص للاستهلاك الغذائي يفضل تخزينه على درجة حرارة (-١م°) أما المخصص لإنتاج البذور فيخزن على درجة حرارة (+١م°) لإتمام عمليات تمايز البراعم في القمة النامية .

٤ – مراعاة أن تكون درجة حرارة التخزين منخفضة وقريبة من الصفر المئوي عندما تسمح طبيعة المنتجات.

٥ – يراعى أن بعض الأنواع وبعض الأصناف تظهر درجة حساسية عالية لانخفاض درجة الحرارة في المجال (٠-١٠ م°).

٦ – عدم السماح بتجميد أنسجة الثمار أثناء التخزين.

٧ – عدم ارتفاع درجة حرارة التخزين عن الحدود المسموح بها للنوع والصنف.

٨ – مراعاة عدم تذبذب درجات حرارة التخزين والذي يعود إلى :

- الخطأ في طريقة ضبط الأجهزة .
- الزيارات المتكررة مع تكرار إخراج وإدخال الثمار من وإلى غرفة التبريد .
- عدم كفاية العزل الحراري .

إن التقلبات والتغيرات في درجة حرارة التخزين يؤدي لضرر الثمار المخزنة بشكل كبير. لأن المنتجات المخزنة تتأقلم حالتها الفيزيولوجية مع درجة حرارة التخزين عند استقرارها بحدود ثابتة ولكن عند ارتفاعها وانخفاضها عن ذلك ينعكس سلباً على حالتها الفيزيولوجية وبالتالي على التغيرات البيوكيميائية داخل الثمار وخاصة شدة التنفس وهذا يساعد على ظهور الاختلالات والأمراض الفيزيولوجية.

يؤدي التذبذب بدرجة حرارة التخزين إلى ظاهرة تعرق الثمار نتيجة تكاثف بخار الماء الموجود في جو المخزن ، وهذا ما يحدث أثناء نقل الثمار من وسط درجة

حرارته منخفضة إلى جو درجة حرارته مرتفعة حيث تتكاثف الرطوبة على سطح الثمرة الباردة مسببة فسادها.

وللحد من هذه الظاهرة يمكن اتباع ما يلي :

- عزل غرف التبريد بشكل جيد .
- اختيار أجهزة التبريد بطاقة تبريد ملائمة .
- نقل الثمار تدريجياً من الجو البارد إلى الجو الدافئ .
- مراعاة بأن تكون الرطوبة النسبية للهواء خارج المخزن منخفضة عند إخراج الثمار من غرف التبريد .
- زيادة معدل مرور الهواء حول الثمار عند تكاثف الرطوبة على سطحها. والحد المسموح به لتذبذب درجة الحرارة يجب أن لا يتجاوز $\mp$ ٠,٥ م$^{o}$ .

٩ – مراقبة درجات الحرارة داخل غرف التبريد والتأكد من عمل الأجهزة وتنظيمها مع ضرورة وجود المراوح لتوزيع الحرارة في غرف التبريد.

١٠ – زمن التبريد: فكلما كان زمن الوصول بالمادة المخزنة إلى نفس درجة حرارة التخزين أسرع انخفض الفقد أثناء التخزين .

**٢ – الرطوبة**

يتوقف التخزين الجيد للمنتجات على توفر رطوبة مرتفعة في غرف التبريد للتقليل من الفقد في وزن الثمار الناتج بشكل رئيسي عن فقد الماء بالتبخر مما يؤدي إلى ذبول الثمار وتجعدها .

ويعبر عن نسبة الرطوبة إما بالرطوبة المطلقة التي هي عبارة عن وزن بخار الماء بالغرام في م٣ أو في كغ من الهواء الجاف ، أو بالرطوبة النسبية التي تعرف بأنها نسبة تركيز بخار الماء بالهواء عند درجة حرارة معينة إلى تركيز التشبع لبخار الماء عند نفس درجة الحرارة . وتختلف قدرة الهواء على حمل واستيعاب كميات مختلفة من الماء باختلاف درجة الحرارة . الجدول ( ٢–٥ ) .

فالهواء الساخن يستطيع حمل كمية أكبر من بخار الماء مقارنة بالهواء البارد . وعند درجة حرارة معينة يستطيع الهواء حمل بخار الماء حتى حد معين بعدها لا يستطيع الهواء حمل مزيداً من البخار وهذه الحالة يطلق عليها بالهواء المشبع. وإذا ارتفعت درجة حرارة الهواء نجد أن قابليته على حمل البخار تزداد فيصبح تركيز البخار به أقل من تركيز التشبع ويمكن له حمل كمية إضافية من بخار الماء .

**الجدول ( ٣-٥ ) : الحدود القصوى لمحتوى الهواء من بخار الماء**
**( درجة التشبع ) عند درجات حرارة مختلفة وضغط جوي ثابت (٧٦٠ ملم زئبقي )**

| م° | غ/م٣ | م° | غ/م٣ |
|---|---|---|---|
| ٤- | ٣,٥٤ | ٦+ | ٧,٢٨ |
| ٢- | ٤,١٣ | ٨+ | ٨,٤٠ |
| ٠ | ٤,٩١ | ١٠+ | ٩,٥ |
| ٢+ | ٥,٦٢ | ٢٠+ | ١٧,٧٠ |
| ٤+ | ٦,٥٢ | ٣٠+ | ٣١,٧٠ |

أما إذا انخفضت درجة حرارة الهواء نجد أن قابليته على حمل بخار الماء تقل وبالتالي تزداد كمية البخار عن تركيز التشبع فيبدأ بخار الماء في التكثف عند اللحظة التي تصل فيها درجة حرارته إلى الدرجة التي يكون فيها تركيز التشبع معادلاً لكمية بخار الماء الموجود في الهواء وهذه الدرجة تعرف بنقطة الندى . الجدول ( ٣-٥ ).

فإذا كانت درجة الحرارة في المخزن صفر م° ورطوبة الهواء النسبية ٩٨% يكفي لحدوث تكاثف الرطوبة انخفاض في درجة الحرارة قدره ٠,٢ م° .

وإذا كانت درجة الحرارة في المخزن (+٤ م° ) ورطوبة الهواء النسبية ٩٠% يحدث تكاثف الرطوبة عند انخفاض درجة الحرارة إلى ١,٦ م° لذلك لا يسمح بانخفاض

الحرارة في هذه الحالة لأكثر من ١,٥ م$^{o}$ . أما عندما تكون الرطوبة النسبية منخفضة (٨٢%) على نفس درجة الحرارة (+٤ م$^{o}$ )يزداد المجال المسموح به لانخفاض درجة الحرارة إلى (٣,٣ م$^{o}$ ) . ولهذا عند إخراج الثمار من أماكن التبريد يجب أن تكون درجة حرارتها أعلى من درجة حرارة نقطة الندى للهواء الخارجي .

**الجدول ( ٣-٥ ) : الانخفاض في درجة الحرارة المؤدي إلى حدوث نقطة الندى**

| درجة الحرارة (م$^{o}$) | الرطوبة النسبية % | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ٩٨ | ٩٦ | ٩٤ | ٩٢ | ٩٠ | ٨٨ | ٨٦ | ٨٤ | ٨٢ | ٨٠ |
| -٣ | ٠,٢ | ٠,٥ | ٠,٨ | ١,٠ | ١,٣ | ١,٦ | ١,٩ | ٢,٢ | ٢,٤ | ٢,٨ |
| -٢ | ٠,٢ | ٠,٥ | ٠,٨ | ١,٠ | ١,٣ | ١,٦ | ١,٩ | ٢,٢ | ٢,٤ | ٢,٨ |
| -١ | ٠,٢ | ٠,٥ | ٠,٨ | ١,٠ | ١,٣ | ١,٦ | ١,٩ | ٢,٢ | ٢,٤ | ٢,٩ |
| ٠ | ٠,٢ | ٠,٥ | ٠,٩ | ١,١ | ١,٣ | ١,٧ | ١,٩ | ٢,٢ | ٢,٤ | ٢,٩ |
| +١ | ٠,٣ | ٠,٦ | ٠,٩ | ١,٢ | ١,٤ | ١,٨ | ٢,٠ | ٢,٣ | ٢,٦ | ٣,٠ |
| +٢ | ٠,٣ | ٠,٦ | ٠,٩ | ١,٢ | ١,٥ | ١,٩ | ٢,١ | ٢,٤ | ٢,٨ | ٣,١ |
| +٣ | ٠,٣ | ٠,٦ | ٠,٩ | ١,٢ | ١,٥ | ١,٩ | ٢,٢ | ٢,٤ | ٣,٠ | ٣,٣ |
| +٤ | ٠,٣ | ٠,٦ | ٠,٩ | ١,٢ | ١,٦ | ٢,٠ | ٢,٢ | ٢,٤ | ٣,٠ | ٣,٣ |
| +٥ | ٠,٣ | ٠,٦ | ٠,٩ | ١,٣ | ١,٦ | ٢,٠ | ٢,٢ | ٢,٦ | ٣,٠ | ٣,٤ |

تعتبر عملية الوصول إلى درجات رطوبة نسبية مرتفعة والاحتفاظ بها داخل غرف التبريد من العمليات الصعبة خاصة كون الرطوبة النسبية الملائمة لتخزين أغلب الخضر والفواكه مرتفعة .

فغالباً ما تتكاثف الرطوبة على سطح أنابيب التبخير الباردة وأحياناً تتجمد مكونة الجليد وفي كلتا الحالتين يتسبب عنها انخفاض معامل انتقال الحرارة فتكون عملية

التبريد بطيئة وتبقى تعمل بشكل مستمر وهذا يعرضها لسرعة التلف لذلك لا بد من إزالة الثلج بصفة مستمرة . وغالباً ما تكون أجهزة التبريد الحديثة مصممة على أساس إذابة الجليد آلياً وخلال فترات زمنية محدده .

لا بد من تأمين رطوبة نسبية مرتفعة للهواء في جو التخزين لتخفيض فقد الثمار لمحتواها المائي. وإن أغلب أنواع الخضر والفواكه تخزن في رطوبة نسبية من ٨٥-٩٥% فهذا المستوى من الرطوبة في جو التخزين يخفض شدة تبخر الماء منها إلى الحدود الدنيا .

إن توازن الماء واستقراره في مستوى محدد داخل وخارج الثمار لا يتوقف فقط على الماء الموجود في الثمار ووسط التخزين وإنما يتعلق كذلك بعملية التنفس حيث تنطلق خلاله كمية محدودة من الماء .

وعندما تكون درجة الحرارة منخفضة والرطوبة النسبية عالية جداً فإن رطوبة الثمار تبقى بها وأحياناً يمكن للثمار أن تمتص الرطوبة الموجودة في جو التخزين وبالتالي تكتسب نسبة من الماء وتتعاظم هذه الحالة عند تكاثف الرطوبة على المحاصيل أو عندما ترش بالماء .

ولذلك تعتبر عملية رش المحصول بالماء أحد الطرق المتبعة لتعويض المحتوى المائي للخضر والفواكه وبالتالي استعادة نضارتها ومواصفاتها الاستهلاكية خاصة تلك المنتجات التي فقدت كمية مرتفعة نسبياً من محتواها المائي خلال عمليات الجمع والنقل والتوضيب والتخزين .

تختلف محاصيل الخضر والفواكه في شدة فقد الماء بالظروف الواحدة إضافة لاختلافها في مدى تأثير نسب الفقد في مواصفاتها التخزينية والتسويقية .

فمثلاً بعض المحاصيل كالثوم والبصل تعتبر الرطوبة النسبية الملائمة لها أثناء التخزين (٦٥-٧٠%) كون مواصفاتها التشريحية تحد من عمليات فقد الماء ولا تتأثر مواصفاتها التسويقية كثيراً عندما تفقد كمية محددة من مائها . ومن جهة أخرى الرطوبة النسبية العالية للهواء تهيء الظروف مناسبة لإصابتها بالأعفان.

إن زيادة فقد الماء أثناء التخزين يتوقف على الخصائص النوعية وبالتالي على المواصفات التشريحية الخاصة بالنوع والصنف . ولذلك نجد أن بعض الأنواع والأصناف تذبل بسرعة خلال التخزين مثل : الفجل – الجزر– المحاصيل الورقية . ولذلك تخزن مثل هذه المحاصيل في رطوبة نسبية ٩٦-٩٨%.

عند وجود قشرة سميكة قوية أو تغطي الثمرة طبقة شمعية سميكة تساعد في خفض شدة فقد الماء عندها ينصح بتخزين المحاصيل في رطوبة نسبية ٧٥-٨٠% مثل : اليقطين والحمضيات وغيرها من المنتجات .

إن حركة الهواء حول الثمار تؤثر بشكل واضح على فقد الرطوبة وعلى مستوى الرطوبة النسبية في جو التخزين ولذلك من المهم عدم ترك فراغات كبيرة بين الثمار في العبوات وبين العبوات في غرف التخزين لأنها تعمل على زيادة فقد الرطوبة من المحاصيل المخزنة ، ويتعاظم الفقد عند التهوية القوية .

ولذلك يجب تحديد الطريقة الأفضل للتعبئة والتي تحقق التهوية اللازمة للثمار وبنفس الوقت لا تسمح بزيادة فقد الرطوبة عن الحدود المقبولة .

عندما إدخال محاصيل الخضر والفاكهة إلى غرف التخزين غالباً ما تكون الرطوبة منخفضة في الغرف لعدم وجود أجهزة الترطيب لذلك ترتفع الرطوبة النسبية في جو المخزن تدريجياً على حساب فقد الماء من الثمار حيث تتناسب نسبة الرطوبة عكساً مع سرعة تبخر الماء من المحصول فكلما كانت الرطوبة النسبية منخفضة في جو التخزين زادت سرعة فقد الماء من الثمار المخزنة وبالتالي تتناقص سرعة فقد الماء تدريجياً مع ارتفاع الرطوبة النسبية في هواء المخزن إلى أن تستقر سرعة فقد الماء عند الوصول إلى مستوى مرتفع ومحدد للرطوبة .

ولذلك نلاحظ ارتفاع النسبة المئوية للفقد في وزن الثمار بالفترة الأولى من التخزين.

تعبأ أحياناً ثمار الفاكهة والخضار في صناديق خشبية عند تخزينها .

وبشكل عام يجب أن يدرس نظام الرطوبة النسبية في جو التخزين ويتحدد بحيث يحقق أقل نسبة للفقد في رطوبة الثمار ويمنع أو يعرقل نمو الأحياء الدقيقة المسببة

لتلف الثمار. وتختلف محاصيل الخضر والفاكهة بالرطوبة النسبية الملائمة للتخزين. الجدول ( ١-٥ ) .

كذلك تؤثر رطوبة وسط التخزين في عمليات التحول الغذائي إذ تؤثر على تمايز القمة النامية في الخضار وعلى عملية تفلن الأنسجة المجروحة والتئامها وعلى نضج الثمار بعد الجمع حيث تتكون النكهة في بعض أصناف الإجاص بشكل أفضل عند انخفاض رطوبة الهواء بينما يظهر طعم مر في بعض أصناف التفاح في مثل هذه الظروف ويتكون البيريديوم في درنات البطاطا المجروحة وجذور الخضار بشكل أفضل عند ارتفاع رطوبة الهواء .

يمكن رفع نسبة الرطوبة في البراد أو المخزن بعدة طرق :

- في حالة التخزين العادي يمكن رش أرضية المخزن بالماء من حين لآخر أو توضع أوعية مملوءة بالماء في أرضية المخزن أو وسائل أخرى مشابهة .
- ترطيب صناديق التخزين بالماء .
- عزل تام وكاف لجدران وأرضية المخزن .
- تغطية أو تغليف المادة المخزنة .
- ترطيب الهواء أثناء التهوية .
- في مخازن التبريد المخصصة يمكن رفع نسبة الرطوبة فيها بسرعة عن طريق تسخين الماء كهربائياً في خزان مفتوح القمة فيتبخر الماء حيث يدفع لداخل مخزن التبريد بواسطة المراوح أو بواسطة آلات الترطيب الخاصة التي تعمل أوتوماتيكياً ومتصلة بمنظم رطوبة للتحكم في نسبة الرطوبة داخل غرف التخزين.

**٣ – التهوية**

تطلق ثمار الفاكهة والخضار أثناء تخزينها كميات من الحرارة والرطوبة إضافة إلى نواتج أخرى مضرة بمسار تخزين هذه المنتجات، فلا بد من استبعادها من جو التخزين بإمرار تهوية كافية ضمن المخزن وإدخال هواء جديد في بعض الأحيان عن

طريق تصميم فتحات قابلة للإغلاق في جدران المخزن. وتهدف عملية التهوية في غرف التخزين إلى ما يلي :

١ – طرد الحرارة الناتجة من تنفس الثمار .

٢ – توزيع الهواء البارد في المخزن .

٣ – تجنب تراكم الحرارة في أجزاء معينة من المخزن .

٤ – منع تجمع نواتج التنفس غير المرغوب بها حول الثمار .

٥ – تجنب وجود تركيز مرتفع من الاتيلين حول المنتجات المخزنة.

ولا بد من مراعاة التالي أثناء تنفيذ عملية التهوية :

١ – توزيع الهواء أفقياً وعامودياً بشكل منتظم في كافة أجزاء الغرفة .

٢ – دخول الهواء داخل الصناديق أو كومة التخزين .

٣ – أثناء تبديل الهواء يجب أن يبرد الهواء الجديد إلى درجة حرارة وسط التخزين.

٤ – أن تكون سرعة الهواء في مرحلة التبريد الأولى مرتفعة وأن تنخفض في مرحلة التخزين وذلك لكي تعمل في الحالة الأولى على زيادة طرح الحرارة وفي الحالة الثانية كي يتم تخفيض الفقد من المحصول.

٥ – تتطلب بعض أنواع الخضار والفواكه ذات الشدة التنفسية العالية إجراء تهوية شديدة ضمن غرف التخزين والعمل على عدم توضعها بشكل كبير فوق بعضها .

**طرق تهوية المخازن :**

آ – التهوية الطبيعية : ولها عدة طرق :

١ – تزود جدران المخزن بفتحات على مستوى سطح الأرض مساحة كل منها بحدود ( ٠,٤ م$^{٢}$ ) حيث تؤمن دخول الهواء منها . يدخل الهواء البارد من الفتحات السفلية ليطرد الهواء الساخن من فتحة موجودة في أعلى سقف المخزن وهكذا يحصل تيار مستمر من الهواء ضمن غرف التخزين ٢ – بهذه الطريقة تكون الفتحات موجودة في مستوى النصف أو الثلث العلوي من جدران المخزن .حيث

تفضل هذه الطريقة على الأولى وذلك لأنه في الحالة الأولى تبرد ثمار الطبقة السفلية بسرعة أكبر من ثمار الطبقات العلوية وهناك فرق مستمر في درجة حرارة الثمار العلوية والسفلية .

الطريقة الثانية تؤمن عملية تبريد الثمار بالسرعة نفسها في كافة إرجاء المخزن . حيث يهبط الهواء البارد من تلك الفتحات إلى الطبقات السفلية طارداً أيضاً الهواء الأسخن من الفتحات نفسها أو من فتحات في الجدران المقابلة او للأعلى .

٣ – هذه الطريقة تجمع بين كلتا الطريقتين السابقتين فهي تؤمن تبريداً سريعاً للمادة المخزنة تحت كافة الظروف التخزينية . ففي حال كون الهواء الخارجي بارداً أو قليل الحركة فإنه يدخل من الفتحات السفلية حيث يتخلل بين الثمار ويخرج بعدها من الفتحات العلوية في الجدران والأسقف . أما إذا كانت الرياح شديدة فالهواء البارد يدخل من الفتحات الجانبية العلوية والسفلية في الوقت نفسه.

ب – التهوية الاصطناعية بالضغط :

تؤمن التهوية السريعة في هذه الطريقة بواسطة مراوح تدفع الهواء إلى داخل المخزن وفي كافة أماكنه وتسمح التهوية بالضغط من خلال فتحتين مساحة كل منها(٠,٢ م$^{٢}$) بتأمين تهوية غرفة بحجم (٢٠ م$^{٣}$) وإمرار ( ٢٦٠٠ م$^{٣}$ ) من الهواء يومياً.

من أجل تجنب اختلاف توضع درجات الحرارة في غرفة التخزين فلا بد من تقليب الهواء ضمن الغرفة وتحريكه عشر مرات يومياً كحد أدنى للإبقاء على اختلاف في درجة الحرارة في كل متر من ارتفاع غرفة التخزين تحت ٠,١ درجة كالفن. وتمتاز التهوية الصناعية عن التهوية الطبيعية بالتالي :

١ – بسرعة تبريدها للثمار حتى الحرارة الملائمة .

٢ – تعمل على تقليل الفقد وإطالة فترة التخزين .

٣ – تخفض من نشاط الأحياء الدقيقة يسبب شدة حركة الهواء .

٤ – تعمل على إيجاد ظروف تخزينية ملائمة لمعالجة الإصابات الميكانيكية.

٦ – لا بد من استخدامها في المخازن التي تستوعب كميات كبيرة من الثمار .

# الفصل السادس

# جمع وتوضيب وتعبئة الخضار والفواكه

**تحديد الموعد الأمثل للجني :**

إن جني الثمار بالموعد المناسب من أهم العوامل المحددة لصلاحية المنتوجات للتخزين والتسويق وذلك تبعاً للهدف من استعمالها . وعادة تقطف الثمار بعد اكتمال نموها واكتمال تراكم المواد الغذائية الادخارية. وبالتالي تخزن الثمار فترة من الزمن محتفظة بحيويتها عند القطف .

تختلف الثمار فيما بينها في مدى تطورها وطبيعة التغيرات التي تحدث فيها بعد الجمع. تتميز الثمار الكلايمكترية بقدرتها على متابعة النضج بعد قطافها بنهاية طور اكتمال النمو وبالتالي تستمر فيها عمليات النضج والتغيرات المرافقة له وتتحول الثمرة من ثمرة غير صالحة للاستهلاك عند القطف إلى ثمرة ناضجة استهلاكياً وذلك نتيجة لتراكم مكونات النكهة والطعم وتحول النشاء إلى سكريات وتحول السكروز إلى سكريات أحادية مما يكسب الثمرة الطعم المميز كما تصبح الثمرة أكثر طراوة نتيجة لتحولات الحلمهة وخاصة على المواد البكتينية . ومثل هذه الثمار تجمع من أجل التخزين الطويل بنهاية طور اكتمال النمو مع بداية النضج حيث يكتمل نضجها الاستهلاكي خلال فترة التخزين والتسويق .

مجموعة الثمار الاكلايمكتيرية والتي ليست مهيأة لمتابعة النضج بمعزل عن الشجرة فلا يجوز جمعها إلا بعد أن تصل إلى حالة النضج الاستهلاكي المناسبة حيث تسود فيها التغيرات المؤدية إلى تدهورها وتدني مواصفاتها الاستهلاكية وتلفها وذلك عن طريق عمليات هدم المواد واستهلاكها بالتنفس ثم تحللها وتخمرها . لذلك تجمع هذه الثمار من أجل التخزين عند اكتمال مواصفاتها الاستهلاكية مع مراعاة

عدم التأخير بالقطاف حتى اكتمال طور النضج ودخولها مرحلة الشيخوخة . وتراعى شروط التخزين بحيث تؤخر وتبطئ عمليات التدهور فيها إلى الحدود الدنيا . ولا بد من الإشارة أن الموعد الأنسب للجني مرتبط كذلك بالغرض من الاستعمال حيث تجمع الثمار في درجات نضج مختلفة تبعاً للغرض من استعمالها كما يلي :

١ – إذا كان الغرض من استعمال الثمار هو الاستهلاك المباشر :

تجمع الثمار في درجة النضج الاستهلاكي والتي تكون فيها الثمار قد اكتسبت الصفات الطبيعية للنوع والصنف كاللون والرائحة وقوام اللب والتي يؤدي التأخير في جمعها إلى دخولها في مرحلة ما فوق النضج وفقدان حيويتها وانحلال لب الثمار وتعرضها للفساد والتلف السريع .

٢ – إذا كانت الثمار ستخزن :

تجمع الثمار في هذه الحالة في درجة نضج القطاف ( درجة اكتمال النمو ) وهي خضراء قليلاً ولكن مكتملة النمو وبحيث يكون قد اكتمل تراكم المواد الغذائية فيها ولم تكتمل فيها بعد الصفات الجيدة كالطعم والنكهة ونسبة السكر وبحيث إذا فصلت عن النبات الأم يمكنها أن تستمر في النضج في أماكن التخزين وبدون نقص ظاهر في جودتها النهائية مثل البندورة ، الفليفلة، الموز ، الكمثرى ، الشمام ، أصناف التفاح الشتوية والخريفية . إلا أن هناك بعضاً من الخضار تنتج استهلاكياً قبل اكتمال نموها مثل الخيار ، الكوسا ، الباميا ، الفاصولياء ، ففي هذه الحالة فإن درجة نضج القطاف تتوافق مع الاستهلاك المنزلي لذلك يتم استخدام مثل هذه الثمار على الفور . أما الثمار التي لا تستطيع الاستمرار بالنضج بعد القطاف فتجمع بعد اكتمال مواصفاتها النوعية وقبل وصولها إلى مرحلة النضج الزائد .

٣ – إذا كانت الثمار ستشحن إلى أماكن بعيدة :

تجمع أيضاً وهي خضراء قليلاً ولكن بالغة وبحيث تصل إلى أماكن التسويق وتبقى فيها بحالة جيدة عدة أيام حيث يتم تسويقها ومثال على ذلك : البندورة

ومختلف أنواع اللوزيات ولكن إذا ما توافرت ناقلات التبريد اللازمة لنقل الثمار إلى الأسواق فيمكن جمعها في هذه الحالة في درجة النضج الاستهلاكي .

٤ – إذا كانت الثمار ستصنع :

تجمع الثمار في هذه الحالة بعد أن تكون قد اكتسبت الصفات النوعية المناسبة لأغراض التصنيع ، فمثلاً يمكن إبقاء ثمار التين والمشمش ( التي ستجفف ) على الشجرة لفترة طويلة لكي تزداد نسبة السكريات فيها .

٥ – إذا كانت الثمار مخصصة لإنتاج البذور :

تجمع الثمار في هذه الحالة في درجة النضج الفسيولوجي

طرق تحديد موعد الجمع :

– سهولة انفصال عنق الثمرة من العضو الثمري – دليل اللون – تلون البذور – نسبة المواد الصلبة الذوابة الكلية – درجة صلابة قشرة ولب الثمار – اختبار النشاء – نسبة الحموضة – كمية العصير – نسبة السكر إلى الحامض – نسبة الزيت – عدد الأيام من التزهير الكامل – قياس معدل شدة التنفس – إنتاج الإثيلين

الظروف الملائمة للحصاد :

عندما يكون المحصول جاهزاً للحصاد والاستعدادات مكتملة فإن اتخاذ القرار ببدء الحصاد يعتمد إلى حد كبير على الظروف المناخية والأوضاع السائدة في السوق .

وعند اتخاذ قرار الحصاد لا بد من تحديد الوقت المناسب من ذات اليوم إذ يفضل أن تتم العملية في الفترات الباردة . وبالتالي لا بد من الأخذ بعين الاعتبار القواعد الأساسية التالية :

– لا بد أن تتم عملية الحصاد في الصباح الباكر بعد تطاير الندى.

– عند سقوط الأمطار يجب تأخير القطاف من ٢٤ ساعة إلى ٤٨ ساعة حتى يتسنى للرطوبة الزائدة أن تتبخر وبنفس الوقت تسمح بإعادة تكوين الطبقة السطحية الدقيقة على قشرة الثمار.

**عمليات الجمع**

تعد عملية جمع الثمار من العمليات الزراعية الهامة إذ تشكل بالنسبة لبعض المحاصيل كالتفاحيات حوالي ٤٠–٦٠% من العمل الكلي المبذول على الزراعة خاصة أن هذه العمليات موسمية وتتطلب تجنيد الكادر الزراعي كاملاً أثناء إجرائها وهذا يسبب ضغطاً للعمل في الموسم . ولهذا لا بد من إعداد الكادر بشكل جيد ومسبقاً لأن سوء التنفيذ أثناء الجني يؤدي إلى خفض نوعية الإنتاج بمقدار ١٥–٢٥% وذلك ناتج عن الأضرار التي قد تصيب المحصول بسبب سوء المعاملة . ويعرف الجمع بأنه فصل الثمار عن النبات بعد وصولها إلى مستوى النضج المناسب ويتم الجمع يدوياً أو آلياً ويعتمد اختيار طريقة الجمع على :

نوع المحصول – حجم الإنتاج – الغرض من استخدام المحصول – التكاليف – طريقة الزراعة والمسافة بين النباتات – توفر الإمكانيات .

١ – الجمع اليدوي :

ويعني استخدام الأيدي في جمع الثمار مع إمكانية استخدام بعض الأدوات المساعدة كالسلالم العادية والمتحركة ومقصات الجمع والعبوات المختلفة . وتقطف الثمار بلفها وثم جذبها مع الإمساك بها بلطف لتجنب ترك أثر الأصابع على الثمار ووضعها في العبوات .

ومن مزايا الجمع اليدوي :

يساعد في تقليل الأضرار الميكانيكية – اختيار الثمار حسب درجات النضج المناسبة – يمكن التحكم في سرعة الجمع وذلك بتحديد عدد القائمين بهذه العملية – لا يحتاج إلى أجهزة خاصة .

ومن عيوب الجمع اليدوي :

ارتفاع التكلفة – طول وقت الجمع خصوصاً للمساحات الكبيرة – عدم توفر الجمع اليدوي لقطف أغلب أنواع الفاكهة والعديد من أصناف الخضر لغرض الاستهلاك والتخزين .

٢ – الجمع الآلي :

بدأت محاولات الجمع الآلي للحاصلات البستانية في أواخر النصف الأول من القرن الحالي حيث طورت آلات خاصة لجمع الخضروات وثمار الفاكهة . ومعظم الثمار التي تجمع آلياً غالباً ما تكون مخصصة لغرض التصنيع وذلك لسهولة إصابة الثمار ميكانيكياً وبالتالي تقل صلاحيتها للتخزين أو التسويق المباشر . ولتسهيل مهمة الجمع الآلي لا بد من :

– استنباط أصناف تنمو وتنضج بتجانس لتسهيل جمعها آلياً وفي زمن واحد .

– الاهتمام بالعمليات الزراعية كخلو الأرض من الحشائش وأن تكون مسافات الزراعة مناسبة.

– إتباع نظم تربية خاصة بالأشجار التي سيتم جمعها آلياً .

– تربية أصناف جديدة لها القدرة على تحمل الجمع الآلي .

– استخدام المواد الكيميائية التي تسهل من تكوين طبقة الانفصال .

وبالرغم من مزايا الجمع الآلي لكنه لا يخلو من العيوب وأهمها : إحداث أضرار بالأشجار من استخدام الآلات ، إضافة للأضرار التي تلحق بالثمار نتيجة لسقوطها ، وكذلك وجود نسبة من الأوراق والنموات والتشكيلات الثمرية التي يمكن أن تسقط من الشجرة أثناء عملية الجمع .

وعند الجمع يجب مراعات: طور النضج الملائم – وقت الحصاد – منع الضرر الميكانيكي

**التوضيب والتعبئة :**

المحاصيل السريعة التلف يتم جمعها وتعبئتها بالحقل مباشرة في العبوات التي ستسوق أو تخزن فيها المحاصيل : الخس – الفريز – العنب – الكرفس – الملفوف – الزهرة – وبعض ثمار الفاكهة الأخرى .

وقد يتم نقل الثمار بعد الجمع إلى بيوت الإعداد والتجهيز. فبعضها بسيط جداً. تعبأ فيها الثمار في العبوات بعد فرز مبدئي وتدريج يقوم به عامل التعبئة .

وعند وجود كميات كبيرة من الإنتاج فإن التعبئة تتم في بيوت إعداد خاصة غالباً ما تكون فيها التعبئة آلية أو شبه آلية وتجري فيها العديد من العمليات الخاصة بتحضير الثمار لغرض التسويق أو التصدير أو التخزين ، أحياناً تسمى هذه البيوت بمعامل التوضيب .

ويقصد بتحضير الثمار إعدادها بطرق تجعلها صالحة للشحن والتخزين والتسويق

**أهم عمليات إعداد الثمار بعد الجني:**

**١ – الفرز الأولي :**

وتجري هذه يدوياً في الحقل أو في بيوت التعبئة من قبل عمال مهرة ومدربين وفيها يتم استبعاد الثمار المشوهة والمجروحة والمعطوبة والمرضوضة والمصابة بالأمراض والآفات الحشرية والثمار غير المطابقة للصنف.

**٢ – التنظيف :**

وتهدف هذه العملية إلى إزالة بقايا الأتربة والحشرات ومواد الرش والتعفير العالقة بالثمار وتجري هذه العملية بإحدى الطريقتين التاليتين :

آ – التنظيف الجاف :

وتتم بدون استعمال الماء وعادة ما يستخدم للثمار التي قد تفسد باستعمال الماء كالبصل والثوم وغيرها . وتجري بطرق مختلفة :

– مسح الغبار بقطع ناعمة من القماش – تعريض الثمار لتيار من الهواء المضغوط .

ب – التنظيف بالغسيل :

وتستخدم طريقة التنظيف بالغسيل بواسطة الماء أو بمحاليل غسيل خاصة في تنظيف الثمار التي تتحمل الماء ولا تتضرر به وتجري عادة بطريقتين :

الأولى : الغسيل بالغمر وفيها تغمر الثمار في أحواض خاصة تحتوي على الماء أو محلول غسيل منظف . وغالباً ما يحتوي ماء الغسيل على بعض المواد المساعدة على البلل والتنظيف وتفكيك وإزالة بقايا مواد الرش والتعفير والمواد الملتصقة بالثمار ومن هذه المواد المستخدمة : الصابون – كربونات الصوديوم – حمض كلور الماء – الكيروسين

وغالباً ما تتم عملية التطهير أثناء عملية الغسيل وفي هذه الحالة لا بد من غسيل الثمار مرة أخرى بماء نظيف خالي من أية مواد كيميائية لإزالة بقايا محلول الغسيل والتطهير .

الطريقة الثانية : الغسيل بالماء تحت الضغط ( الغسيل بالرذاذ ) وتجري عملية الغسيل برش الثمار بالماء وبالمحلول المنظف بواسطة رشاشات خاصة بدلاً من غمرها . بعدها تغسل الثمار بالماء النظيف لإزالة ما علقً بها من مواد المعاملات أثناء عملية الغسيل مثل الصابون والمنظفات الصناعية .

٣ – **التطهير** :

تعامل الثمار ببعض المواد المطهرة أو المعقمة للتخلص من مسببات الأمراض العالقة بها وذلك أثناء عملية الغسيل أو قبلها إذ لا يكون التطهير جيداً بعد الغسيل لملء الماء للفجوات الموجودة في الثمار مما ينتج عنه عدم ملامسة المحلول المطهر بشكل كامل لسطح الثمار الملوثة . وغالباً ما تتم هذه العملية أثناء عملية

الغسيل ولكن يجب غسل الثمار بعدها بالماء النظيف لضمان إزالة بقايا المواد المستخدمة عن سطح الثمار

بعض المواد المستخدمة في تطهير الثمار :

– برمنغنات البوتاسيوم : بنسبة ٠,١ غ/ل. ماء وتعامل الثمار لمدة (٤–٥) دقائق .

– كبريتات النحاس بنسبة ٠,٣٥ غ/ل. ماء ولفترة (٣–٤) دقائق. واستخدم هذا المحلول قديماً في تطهير الحمضيات .

– محلول البوراكس : بتركيز ٥–٨% ومحلول البوراكس مع حمض البوريك بنسبة (٢:٤) على التوالي ولمدة (٣–٥) دقائق. ويستخدم البوراكس ومشتقاته في تطهير ثمار الحمضيات والتفاحيات والبندورة.

– محلول هيبو كلوريت الصوديوم والبوتاسيوم : بتركيز ١% ولمدة دقيقتين.

– ارثوفينيل فينات الصوديوم : ويستخدم بتركيز (١–٢%)

– محلول من مواد عضوية جاهزة مثل مادة الأرثوسايد ومادة الدويسايد وتستخدم بتركيز ٠,٥% ولمدة (٣–٤) دقائق .

– أحياناً تحوي المستحلبات الشمعية المستخدمة في عملية التشميع على مواد مطهرة وبالتالي تجري عملية التطهير والتشميع معاً .

٤ – **التجفيف** :

وتجري هذه العملية لإزالة الماء العالق على سطح الثمار بعد عملية الغسيل والتطهير للتقليل من نمو الفطريات والبكتريا . وتسهل عملية التجفيف إجراء عمليات التشميع والتلميع . وتزال الرطوبة بتعريض الثمار إلى تيار من الهواء.

٥ – **الفرز النهائي** :

وتجري هذه العملية للتأكد من خلو الثمار من جميع العيوب التي قد يصعب ملاحظتها أثناء الفرز الأولي بسبب اتساخها إضافة لفرز الثمار التي قد تكون أصيبت بالعيوب أو التشوهات خلال العمليات السابقة.

٦ – **التدريج :**

وتهدف هذه العملية إلى تقسيم الثمار السليمة إلى عدد من الدرجات وذلك حسب جودة خصائصها ودرجة تلونها وحسب أحجامها أو وزنها أو مكوناتها . وقد يكون التدريج حسب درجة النضج ، والتدريج قد يتم يدوياً أو آلياً بواسطة أجهزة التدريج المختلفة . وإن أكثر أسس التدريج المتبعة لتقسيم الثمار هي عملية التدريج الحجمي .

– التدرج حسب المكونات : يمكن تدريج الخضر والفاكهة وصفياً أي على أساس ما تحتويه من المواد المرتبطة بالمواصفات المرغوبة من الناحية التصنيعية والاستهلاكية . حيث تدرج الخضار على أساس ما تحتويه من المواد النشوية والسكرية كالبازلاء أو ما تحتويه من الألياف كالفاصولياء . وتدرج الفاكهة حسب نسبة المواد الصلبة الذوابة وخاصة السكريات .

تدرح البازلاء بحسب نسبة النشاء فيها والتي ترتفع مع زيادة النضج بالاعتماد على كثافة النشاء المرتفعة والتي تبلغ ١,٥٦ حيث تغمر الحبوب بالتسلسل في محاليل مختلفة التركيز ويزداد التركيز اعتباراً من المحلول الأول حتى الرابع فيطفو جزء من الحبوب ذات التركيز المنخفض من النشاء بالمحلول الأول وترسو بقية الحبوب حيث تنقل الحبوب الراسبة إلى المحلول الثاني وهكذا وغالباً ما تصنف حبوب البازلاء إلى أربعة درجات تبعاً لمحتوى النشاء فيها .

٧ – **التشميع والتلميع :**

آ – التشميع :

وتتم بتغطية الثمار بطبقة رقيقة من الشموع أو الزيوت الطبيعية لإعطاء الثمار مظهراً جذاباً وإطالة مدة حفظها بالتخزين . وقد تضاف للشموع بعض المواد المطهرة أو تلك التي تؤخر شيخوخة الثمار . من أهم الثمار التي يجري تشميعها : البرتقال

– الليمون – اليوسفي – الخيار – البندورة – الفليفلة – الباذنجان – الموز – التفاح وغيرها . ومن فوائد عملية التشميع :

– تحسين شكل الثمار وإكسابها بريقاً وجاذبية كما يعمل التشميع على إظهار لون الثمار وتحسين المظهر ، فيزيد من مواصفاتها الاستهلاكية .

– التقليل من شدة فقد الماء من أنسجة الثمار عن طريق تخفيض عمليات النتح. إلا أنه يحذر من زيادة سماكة الطبقة الشمعية المنقولة إلى سطح الثمار عن الحدود اللازمة كي لا تنسد مسامات الثمرة وتعرقل عمليات التنفس الهوائي.

– إطالة فترة تخزين الثمار لأن الثمار المشمعة تكون أقل عرضة لنمو ونشاط الأحياء الدقيقة. إضافة للحفاظ على المحتوى المائي للثمار مما يجعلها أكثر قدرة على الاستمرار بالتخزين .

– التشميع يخفض من شدة التبادل الغازي من وإلى أنسجة الثمرة مما يغير بالتركيب الغازي الداخلي للثمار وبالتالي شدة التنفس . وتجري عملية تشميع الثمار بعدة طرق أهمها: بالغمر – بالرش – بالفراشي – باستخدام بخار المحاليل الشمعية

ومن المحاصيل التي ينجح تشميعها الخضار الجذرية كالجزر واللفت والدرنية كدرنات البطاطا والمحاصيل الثمرية كالبندورة والفليفلة والخيار والباذنجان والتفاح . أما المحاصيل الورقية لا ينجح تشميعها وكذلك لا ينجح التشميع مع بعض الثمار الزغبية كالدراق .

بعض أنواع الشموع المستعملة : شمع البارافين – شمع الكارنويا – خليط من شمع البارافين والكانويا – مركبات شمعية مجهزة : وهذه عبارة عن شموع تجارية مؤلفة من خليط لعدة شموع وزيوت ومواد ناشرة وعند إضافة الماء لها تتحول إلى محلول غروي ومن أمثلتها الفيبر جارد – الويلت بروف – تال برولاند وغيرها .

ب – التلميع :

تجري عملية التلميع بتمرير الثمار ذات السطح الأملس على فراشي لولبية تعمل على نشر الشمع الطبيعي الذي يوجد بقشرة الثمار وتوزيعه مما يعطي الثمرة لمعاناً

وبريقاً جذاباً . كما أن هذه العملية يمكن إجراؤها على الثمار المشمعة لتحسين جاذبية الثمرة وعادة تجري بعد عملية التشميع وتوجد آليات خاصة تقوم بإجراء عمليتي التشميع والتلميع بآن واحد .

**٨ – ختم الثمار :**

وهي عبارة عن عملية أوتوماتيكية تستعمل في ختم الثمار التي تتحمل الضغط مثل ثمار الحمضيات والموز وأحياناً التفاح . وعادة تختم ثمار الدرجة الأولى ذات الحجم الكبير. وقد يستغنى عن ختم الثمار في حال ختم أوراق اللف أو مواد التغليف والعبوات .

**٩ – تغليف الثمار :**

قد تلف الثمار بأوراق خاصة لكي تحافظ على نضارتها وخواصها وتقلل من انتشار الأمراض وتعمل أوراق اللف على تقليل الاحتكاك بين الثمار وبين جدران العبوات وبالتالي المحافظة على جودة الثمار أثناء النقل والتخزين .

ومن فوائد عملية لف الثمار :

– عزل كل ثمرة عن الأخرى مما يقلل من فرصة انتقال الأمراض وانتشارها .

– تخفيض شدة تبخر الماء من الثمار .

– تلافي تضرر الثمار ميكانيكياً نتيجة احتكاكها ببعضها واحتكاكها بجدران الصندوق.

– إكساب الثمار منظراً جذاباً وخاصة عند استعمال الأوراق الملونة والرسوم والبيانات .

ومن أنواع أوراق اللف: ورق اللف العادي – الورق المعامل بمواد شمعية – الورق المعامل بالمواد الكيميائية المطهرة – الورق المانع لتسرب الرطوبة من الثمار (أوراق حريرية) – أوراق القصدير – أوراق السيلوفان العادي والملون – رقائق البولي أيتلين

– رقائق البلايو فيلم : وهو الاسم التجاري لصفائح رقيقة جداً من البلاستيك يشبه شكلها الخارجي السيلوفان وتعد أكثر المواد استعمالاً في تغليف الثمار . يدخل في تركيبها هيدروكلوريد المطاط لا رائحة له ولا طعم . ويتحمل الضغوطات بشكل جيد لقابليته للتمدد . ويمكن لصق أطرافه ببعضها بسهولة .

– **التعبئة :**

وهي عملية وضع الثمار بعد تجهيزها في العبوات الخاصة المناسبة لها . وتعتبر آخر مرحلة من مراحل إعداد الثمار للتسويق أو التخزين . وهناك هدفان رئيسيان لاستعمال العبوات :

– وضع الثمار في عبوات بحيث يسهل تداولها .

– المحافظة على جودة الثمار وحمايتها من الأضرار الميكانيكية التي تحدث لها أثناء النقل والتخزين والتسويق وتسهل من مكننة العمل أثناء التحميل والتفريغ .

تعبأ الفاكهة والخضار إما مباشرة في الحقل في أماكن الإنتاج أو في بيوت أو محطات التعبئة الخاصة. وللتعبئة في الحقل يخصص مكان مناسب وظليل في نفس الحقل حيث تفرغ عبوات الجمع فيه وتفرز الثمار لاستبعاد المصابة أو المشوهة وتنزال المواد الغريبة ثم تدرج إلى الأحجام المناسبة وتعبأ في العبوات الخاصة وترسل إلى الأسواق . وبعض المحاصيل تعبأ في الحقل مباشرة كالملفوف والخس وأحياناً البطاطا والمحاصيل السريعة التلف مثل الفريز حيث قلما تحتاج تلك المحاصيل إلى معاملات خاصة .

التعبئة في بيوت أو محطات التعبئة :

إن جودة ومظهر الفاكهة والخضار في الدول المتقدمة يعود إلى تعبئة الثمار في محطات تعبئة خاصة والتي تنحصر أهميتها في حماية الثمار أثناء التعبئة في الظروف الجيوية غير الملائمة وفي تسهيل إجراء جميع العمليات اللازمة للثمار بعد

الجميع . وتجهز بيوت التعبئة بآليات الغسيل والتطهير والتشميع والتدريج وتنقل الثمار في عبوات الحقل مباشرة إليها .

يوجد نوعان من محطات التعبئة:

آ – محطات التعبئة اليدوية : عندما تكون كميات المنتجات صغيرة بهذه الحالة تكفي مساحة صغيرة من الأرض يجهز فيها بيت التعبئة بحيث يكون له أرضية صلبة ونظيفة ومظلل بأسقف وجدران بيتونية أو معدنية صناعية . وفيه عدداً من المعدات البسيطة مثل أحواض الفرز المبطنة بالخيش ، وفيها مناضد أو سيور ناقلة لفرز الثمار يدوياً ووضعها في صناديق الفرز تبعاً لنوعيتها ثم تؤخذ الثمار وتدرج حسب الحجم وتعبأ وتشحن .

ب – محطات تعبئة آلية : وهذه المحطات لا بد منها عندما تكون كميات الإنتاج كبيرة بحيث يكون من المفيد استخدام الآلات الخاصة لعمليات التدريج وتجهيز الثمار في وقت قصير .

المعدات الموجودة في بيوت التعبئة :

يحتاج كل مركز للتعبئة أنواع محددة من المعدات والأدوات وذلك تبعاً لنوع المحصول المتداول وحجمه ونوع العمليات التي سيتم إجرائها عند توضيب المحصول . وقد تكون المعدات بسيطة وتصنع محلياً كما في بيوت التعبئة اليدوية أو أن تكون المعدات آلية .

المعدات التي تتواجد في بيوت التعبئة :

الحاويات – عربات الدفع – النواقل الدوارة – الناقل المتحرك الآلي – شاحنات الرفع اليدوية – الروافع الشوكية .

يمكن لعمليات التوضيب أن تكون آلية بكل خطواتها وفي هذه الحالة يقل استخدام المعدات المساعدة حيث تدخل في نظام عمل الأجهزة الآلية المتكاملة . ومن الأجهزة المتخصصة والتي توجد في بيوت التعبئة : أجهزة الفرز – الغسيل – التجفيف – التشميع – التلميع – لف الثمار وختمها – التعبئة – التغليف .

**أنواع العبوات :**

يتوقف اختيار نوع العبوات على :

– الخصائص البيولوجية لثمار الفاكهة والخضار : نوعها ودرجة نضجها وسرعة فسادها ومدى تحملها للشحن والتسويق والعمليات الأخرى .

– الغرض من استعمال العبوات وما إذا كانت العبوات للجمع أو للتصدير أو التخزين أو التسويق المباشر أو التصنيع . كذلك إذا كانت العبوات للبيع بالجملة أو للمستهلك مباشرة .

– نوع المواد المتوفرة في أماكن الإنتاج والتي تصلح لصناعة العبوات .

الشروط الواجب توفرها في العبوات :

– ذات حجم مناسب لطبيعة المحصول ويفضل الحجم الصغير لاكثر المنتجات.

– متينة بحيث تحمي محتوياتها خلال التعبئة ولا تتهشم أثناء النقل .

– صالحة للمحصول المعبأ فيها. فمثلاً البندورة يجب أن تعبأ في عبوات صلبة غير قابلة للانضغاط الرأسي والعرضي حتى لا تتأذى الثمار وفي الخس والسبانخ يجب أن تمنع العبوات سرعة جفاف الأوراق وارتفاع درجة الحرارة أو انخفاضها . كما يجب أن تناسب العبوات المحصول شكلاً وحجماً .

– شكل العبوة جميلاً وجذاباً ليعطي الثمار رونقاً متوافقاً مع احتياجات التسويق .

– خفيفة الوزن وأن تشغل أقل حيز ممكن بالنسبة لحجمها أثناء الشحن.

– رخيصة الثمن مع جودة الصنع .

– المواد التي تصنع منها العبوات يجب أن لا تحوي مواد كيميائية سامة أو ضارة .

– لا تتأثر بالرطوبة وأحياناً يجب أن تمنع وصول الماء للمحصول .

– جيدة الصنع وملساء من الداخل بحيث لا تسبب جروحاً أو خدوشاً للثمار .

– أن تسهل إجراء عمليات التبريد أثناء التخزين .

– يفضل أن تصنع من مواد يسهل التخلص منها بعد استخدامها أو يمكن إعادة تصنيع موادها أو إمكانية استعمالها لأكثر من مرة . يمكن تقسيم أنواع العبوات المستخدمة في مجال تعبئة وتخزين الفاكهة والخضار إلى :

آ – عبوات الجمع : وهذه تستخدم في جمع الثمار أثناء عملية القطاف مثل : الأكياس القماشية أو البلاستيكية – السلال الصغيرة – القفف .

ب – عبوات الحقل : وهي العبوات التي تفرغ فيها الثمار من عبوات الجمع ليتسنى نقلها إلى بيوت الإعداد ومنها الصناديق الخشبية الصغيرة والكبيرة . وكثيراً ما تستخدم الصناديق الكبيرة بقياس ١×١×١م في تعبئة ثمار الحمضيات والتفاح في الحقل وكذلك تستعمل في نقل الخضار الجذرية والورقية والملفوف وغيرها من الحقل إلى بيت التعبئة .

جـ – عبوات الشحن : وهي العبوات التي تعبأ فيها الثمار بعد إعدادها وتجهيزها في بيوت التعبئة وتستخدم لنقل المحصول إلى مناطق التسويق أو التخزين ومنها :

١ – العبوات الخشبية :

وتعد من أفضل العبوات نظراً لمتانتها وتحملها للشحن وبالتالي تقي المحصول المعبأ فيها من الضرر الناتج عن الصدمات وتستخدم بشكل متكرر( أكثر من مرة ) ولكن بالفترة الأخيرة قل استخدام الخشب لتصنيع العبوات بسبب ارتفاع التكلفة ووجود بدائل صناعية أخرى ومن ميزات الصناديق الخشبية : متينة ومتماسكة ويمكن استخدامها لأكثر من مرة وعندما تصنع بأحجام متساوية يمكن ترتيبها بشكل جيد في العربات وفي غرف التخزين .

أما عيوبها تتلخص في الآتي : يصعب تنظيفها – ثقيلة الوزن – ارتفاع تكلفة التصنيع – لها أطراف حادة ونتوءات ومسامير بارزة أحياناً .

٢ – العبوات الكرتونية :

وتصنع من الورق المقوى الصلب أو الممزوج بحيث يقي محتويات الصناديق من الضرر. وتباع الصناديق مفككة ليتم تركيبها من قبل المنتج . وتصنع بأحجام مختلفة وتمتاز بأنها :

– خفيفة الوزن – سهلة الاستعمال – أقل تكلفة من العبوات الخشبية

– يمكن طباعة المعلومات الدعائية عليها – نظيفة وجذابة خاصة عندما تستخدم الرسوم والألوان والكتابات عليها .

ومن عيوبها : عالية التكلفة إذا استخدمت مرة واحدة .

قليلة المقاومة للضغوطات الميكانيكية مقارنة بالعبوات الخشبية .

تتأثر بالرطوبة ويؤدي ذلك إلى تلفها وتمزقها لذلك غالباً ما تغطى جدرانها أثناء التصنيع بطبقة شمعية أو بلاستيكية للتقليل من فعل الرطوبة فيها .

٣ – العبوات البلاستيكية :

تستعمل الصناديق البلاستيكية على نطاق واسع في العديد من دول العالم وهي مصنوعة من البولي ايتلين عالي الكثافة وتمتاز بأنها :

– قوية وصلبة – ناعمة الملمس – خفيفة الوزن

– سهلة التنظيف – تستعمل لمرات عدة – إمكانية إنتاجها بكميات كبيرة

– يمكن ترتيبها بشكل جيد وهي مليئة بالثمار ويمكن تداخلها مع بعضها وهي فارغة

ومن عيوبها : أنها عالية التكلفة وموادها الأولية مستوردة وتصبح سريعة التلف عند تعرضها لأشعة الشمس . وبالرغم من ارتفاع تكلفة إنتاجها فقد بينت الدراسات التي أجريت في بعض البلدان أن هذه العبوات قد تبقى صالحة لأكثر من مائة مرة استخدام إذا أحسن التعامل معها.

٤ – الأكياس :

وهي عبارة عن عبوات صغيرو مخصصة للبيع مباشرة للمستهلك وتصنع من الورق أو القماش الشبكي ذو الألياف الطبيعية أو الصناعية أو من البولي إتيلين

وعادة تكون ذات سعات مختلفة (٥-١٠-١٥ كغ ) وأحياناً تصنع الأكياس من الخيش وتكون بسعة ٢٥ أو ٥٠ كغ وهذه تستخدم كعبوات شحن أو تخزين للخضار الجذرية والدرنية والأبصال . وعموماً تستخدم الأكياس للمحاصيل الأكثر تحملاً للضغوطات الميكانيكية .

ومن عيوب هذه العبوات : إنها غير صلبة وتداولها قد يتلف محتوياتها ولا تصلح للتكديس لأن تكديسها يمنع التهوية وقد يؤدي إلى تمزقها خاصة الأكياس ذات النسج الرقيقة .

د – عبوات المستهلك :

تستخدم بشكل أساسي للتسويق المحلي وبعض الدول تستخدمها للتصدير نظراً لتوفر المواد الأولية اللازمة لصناعتها ، كالبولي إتيلين والمنتجات البلاستيكية الأخرى ومن هذه العبوات :

– الأكياس الشبكية المصنوعة من الخيوط الصناعية بسعة ٥-١٠-١٥كغ وتستخدم لتعبئة ثمار التفاح والحمضيات والبطاطا والبصل وغيرها .

– أكياس البولي إتيلين : سعة ١-٢ كغ تعبأ فيها ثمار البازلاء والفاصولياء أو الجزر وعادة تثقب هذه الأكياس بعدد من الثقوب لضمان التهوية الكافية .

– علب الكرتون : وهذه بسعة ٠,٥-١ كغ تعبأ فيها بشكل أساسي ثمار الفريز والكرز وتغطى بالسيلوفان أو البلايوفيلم كي تظهر بمنظر جذاب .

– الأطباق : وهذه تصنع من الورق أو الاسترافوم حيث توضع الثمار في الطبق الذي يتسع إلى ١-٢ كغ ثم تغطى بالسيلوفان أو رقائق البلايوفيلم .

– سلال وصواني صغيرة : تصنع من الخشب أو الألمنيوم .

أهمية وميزات عبوات المستهلك :

– توحيد مظهر العبوات وتسهيل عمليات التسويق .

– سهولة تدريج المحصول إلى درجات مختلفة من الجودة

– تقليل فقد الماء والحد من انتشار الأمراض .

– تقليل نسبة التلف بالمحصول نتيجة الأضرار الميكانيكية.

وبالرغم من هذه الميزات فإنها تضيف تكلفة جديدة إلى تكلفة تسويق الخضار والفاكهة.

عملية التعبئة :

قبل بدء عملية التعبئة يتم تجهيز العبوات ويجب مراعاة عدد من النقاط أهمها :

– نظافة العبوات .

– تبطين العبوات بالقش أو الورق الناعم بحيث تصل نهايته إلى خارج العبوة لتغطية الطبقة العلوية من الثمار عند الانتهاء من التعبئة .

– تقسيم الصندوق أحياناً إلى قسمين بوضع حاجز وسط الصندوق وخاصة عند تعبئة ثمار التفاح أو الحمضيات وذلك لتقليل الضغط الجانبي للثمار أثناء الحركة .

– وضع الصفائح الورقية تحت الطبقة الأولى وبين الطبقات التالية .

– لف الثمار المتماثلة في الشكل والحجم ودرجة النضج بأوراق اللف لوقايتها من الأمراض ثم رصها بانتظام حتى يصبح عدد ثابت في كل عبوة قدر الإمكان مع مراعاة جعل السرة للأسفل لتعمل كوسادة تحمي الثمرة من الضغط الناشئ عن ثقلها.

– العمل على وجود مسافات بينية متناسبة مع نوع الثمار لضمان التهوية الجيدة.

– ملء العبوات جيداً وملء الفراغ الموجود بين الثمار والغطاء بالورق أو نشارة الخشب ثم يقفل الغطاء بضغطة خفيفة على الثمار لمنع تخلخلها أثناء النقل والتسويق نتيجة لانكماشها.

طرق إجراء التعبئة :

اختيار طريقة تعبئة المحصول يعتمد على طبيعة الإنتاج فمثلاً : بالنسبة للثمار ذات الشكل المنتظم كثمار البرتقال والتفاح والإجاص كثيراً ما تستخدم أنماطاً هندسية في تعبئتها . فعند تعبئة ثمار الإجاص ترص على جانبيها بالتبادل وعند

تعبئة العنب ترص العناقيد بالتبادل بين قمة وقاعدة . وبالنسبة لثمار الكرز والتوت وثمار التفاح الصغيرة فتعبأ في عبوات دون تنسيق.

بالنسبة للبطاطا والبصل فتعبأ في أكياس مع مراعاة هز العبوات أثناء التعبئة من آن لآخر حتى تستقر الدرنات والأبصال في مواضعها بثبات وحتى لا يتغير وضعها أثناء الشحن مما يسبب أضراراً ميكانيكية لها . وقد تعبأ ثمار التفاح والإجاص وبعض أنواع الفاكهة الصلبة بدون تنسيق إذا كانت ستنقل إلى الأسواق القريبة .

وكذلك يؤخذ بعين الاعتبار مظهر العبوة ليس بعد التعبئة فقط وإنما بعد النقل أيضاً. فمثلاً لا تعبأ السبانخ والفاصولياء والبازلاء في عبوات فضفاضة وغير محكمة لأنها يمكن أن تنزلق من ركن إلى آخر أثناء النقل مما يعطي انطباعاً بأن العبوة ليست مملوءة تماماً . وكذلك الحال بالنسبة للخس يجب أن يكون متلاصقاً حتى يفسح مكاناً كافياً لاتساع مزيداً من رؤوس الخس .

إن وجود اختلاف في حجم الثمار يشكل مانعاً من استخدام طريقة تعبئة موحدة ولذلك يفضل تعبئة الثمار المتماثلة بالحجم فقط في نفس الصندوق .

أهم طرائق التعبئة :

– الطريقة غير المنتظمة :

وفيها تملأ العبوات بالثمار بدون نظام مع الهز من آن لآخر لثبات الثمار في أماكنها ويعبأ بهذه الطريقة عادة البصل والبطاطا وبعض المحاصيل الأخرى عندما لا يكون حاجة للتدريج حسب الحجم .

– الطريقةالمنتظمة أو المتوازية :

وفيها ترص الثمار في صفوف متجاورة على شكل خطوط مستقيمة متوازية وبحيث تحتوي الصفوف على أعداد متساوية من الثمار ، وترص ثمار الطبقة الثانية فوق ثمار الطبقة الأولى مباشرة وكذلك الثالثة وهكذا . وتمتاز هذه الطريقة باتساع الفراغات بين الثمار مما يعطيها فرصة جيدة للتهوية .

ومن عيوبها : حدوث ضغوط كبيرة من الثمار العلوية على الثمار في الطبقات السفلية وقلة عد الثمار التي يمكن تعبئتها بالعبوة الواحدة .

– الطريقة الشطرنجية أو المتبادلة :

وفيها ترص الثمار في صفوف وفي طبقات متبادلة بحيث تكون ثمار كل طبقة موضوعة في الفراغات الناشئة بين ثمار الطبقة التي تحتها . وترص الثمار في الطبقة الواحدة بحيث تزاح في كل طبقة ثمار الصف التالي إلى اليمين أو اليسار بمقدار نصف قطر الثمرة بالنسبة لثمار الصف السابق ونتيجة لتبادل الصفوف والطبقات فوق بعضها ينشأ فراغ ما بين الثمار وجدران الصندوق يملأ عادة بالورق.

تمتاز هذه الطريقة بإمكانية وضع عدد أكبر من الثمار بهذا الترتيب في العبوة وبتوزع الضغوط التي تحدثها الثمار العليا على عدة ثمار بالطبقة السفلى وليس على ثمرة واحدة كما في الطريقة المتوازية إنما يؤخذ عليها ضيق المسافات بين الثمار مما يؤدي إلى رداءة التهوية بالعبوة .

– الطريقة المائلة أو المنحرفة :

وهذه الطريقة عبارة عن عملية دمج الطريقة المتوازية مع المتبادلة بحيث يكون رص الطبقات متبادلاً وصفوف كل منها متوازية مع بعضها وتعد هذه الطريقة أفضل من الطريقتين السابقتين إذ تقلل من الضغط المطبق على الثمار ولحد كبير وأعطت أفضل النتائج أثناء النقل والتخزين كون كل ثمرة تتلامس مع الثمار المجاورة لها بـ (١٢) نقطة (٤ من الأعلى و ٤ من الأسفل و ٤ من الجوانب ) . وبالطريقة الشطرنجية بـ (٨) نقاط أما بالطريقة المتوازية بـ (٦) نقاط .

– طريقة العشوش :

العبوات في هذه الطريقة عبارة عن صينية مربعة الشكل أو مستطيلة وهذه الصينية مضغوطة على شكل فجوات مسدسة تشبه العشوش . ويصنع جسم العبوة عادة من الكرتون المقوى أما العشوش الداخلية تصنع من مواد مختلفة مثل مادة بولي فينيل كلورايت (P.V,C) أو بعض أنواع الورق .

يمكن لهذه الصواني أن توضع بعد تعبئتها داخل الصناديق الخشبية أو الكرتونية أو البلاستيكية على شكل طبقات لتسهيل عمليات النقل والتخزين . وتتم التعبئة بهذه الطريقة بعد تدريج الثمار حيث توضع الثمرة دون لف في كل عين من عيون الصينية بحيث يكون حجم الثمار متناسب مع حجم الفجوات .

إن آلية تشكيل العشوش أو الفجوات متنوعة فقد تكون العشوش مشكلة مع جسم العلبة وبالتالي ذات أحجام محددة منذ التصنيع وقد تكون العشوش مصنعة ولكن تمتلك مادتها مرونة كبيرة بحيث يمكن توسع أحجامها عند التعبئة . ويمكن أن تشكل العبوات أو الفجوات أثناء التعبئة باستخدام عوارض كرتونية طولية وعرضية يمكن التحكم بتشكيلها .

ومن ميزات هذه الطريقة : عدم الحاجة إلى عمال مهرة في اللف والرص لأن مهمة العامل في هذه الحالة هي وضع الثمار داخل التجاويف المخصصة .

- السرعة بالعمل داخل التجاويف المخصصة .
- منع انتقال المسببات المرضية بين الثمار بسبب انعزال الثمار عن بعضها .
- عدم ضغط الثمار على بعضها البعض أثناء النقل والحركة وعدم تحركها في مكانها وبالتالي نحافظ عليها من الضرر والتلف .
- السماح بالتهوية الجيدة للثمار أثناء النقل والتخزين .
- سهولة عرض الثمار في أماكن البيع وظهورها بمظهر جذاب .
- تخزن الثمار بهذه الطريقة بنجاح كبير مقارنة بالثمار الملفوفة بالورق الذي يتشرب نسبة من الرطوبة الموجودة داخل البراد .

ويعاب على هذه الطريقة ارتفاع تكاليف العبوات اللازمة .

- النقل :

بعد استكمال عمليات تجهيز الثمار وتعبئتها تنقل إلى الأسواق المحلية أو الخارجية أو إلى مستودعات التخزين والتبريد .

يتم نقل الثمار إلى الأسواق المحلية عادة بالشاحنات غير المبردة ولذلك يفضل أن تكون فترة السفر خلال الليل كي لا تتعرض المنتجات لأشعة الشمس نهاراً إضافة لانخفاض درجة حرارة الجو ليلاً . حيث تصل إلى الأسواق في الصباح الباكر أما ثمار الفاكهة المعدة للتصدير أو للمسافات البعيدة فتنقل بالشاحنات المبردة ( برادات الشحن ) .

من المهم عند تعبئة السيارة رص الصناديق رصاً محكماً حتى لا تتحرك من مكانها ويمكن استخدام الثلج المجروش في تبريد الحاويات أثناء الشحن إذا لم يتوفر التبريد الميكانيكي في الشاحنة ولكن من المهم كذلك أن تكون وسائل النقل هذه معزولة حرارياً بشكل جيد عن الوسط الخارجي. ويمكن استخدام الشحن البحري أو الجوي أو الشحن بالقطارات في نقل كثير من المنتجات عندما يتيسر ذلك . وعند نقل الحاصلات البستانية يجب مراعاة مايلي:

١ – درجة الحرارة : فمثلاً لا يجب شحن ثمار الفريز التي تشحن وتخزن عند درجة حرارة الصفر المئوي مع محصول الكوسا الذي يتضرر عند هذه الدرجة من الحرارة . كذلك الحال بالنسبة للحاصلات الأخرى كالبندورة الخضراء والفليفلة والخيار التي تنقل على درجة حرارة (+١٢,٥م$^{o}$ .

٢ – يجب مراعاة أن بعض الحاصلات البستانية تنتج الإيثلين وأن بعضها الآخر حساس للإيثلين فمثلاً لا يجب شحن أو نقل أو تخزين التفاح الإجاص مع محاصيل حساسة للإيثلين مثل الجزر – الخس .

٣ – إن بعض الحاصلات لها روائح خاصة مثل البصل والثوم والتي قد تكتسبها الحاصلات الأخرى إذا ما نقلت أو خزنت معها وبالتالي تقلل قابليتها للتسويق .

٤ – الرطوبة النسبية: إن بعض الحاصلات تحتاج إلى رطوبة نسبية مرتفعة مثل الخضر الورقية وثمار الفاكهة والخضر الثمرية بينما تحتاج محاصيل أخرى كالبصل إلى رطوبة منخفضة.

# الفصل السابع

# تخزين الخضار والفواكه

بعد إعداد المحصول إعداداً جيداً في بيوت التعبئة أو الحقل يتم نقله إلى غرف التخزين حيث يحقق التخزين العديد من الأغراض :

– تنظيم تسويق الحاصلات البستانية وذلك عن طريق تنظيم العرض والطلب .

– المحافظة على المحصول من التلف – إطالة فترة عرض وتسويق المحصول .

– تسهيل عمليات النقل والشحن – حفظ التقاوى بحالة جيدة حتى موعد زراعتها.

– تحسين المواصفات الاستهلاكية للثمار التي لا تنضج جيداً على الأشجار.

يتم اختيار طريقة التخزين تبعاً لعدة عوامل أهمها :

١ – كمية المحصول ٢ – مدة التخزين المطلوبة

٣ – مدى توفر التكنولوجيا اللازمة لطرق التخزين الحديثة .

يمكن تقسيم هذه الطرق إلى: طرق التخزين الطبيعية وطرق التخزين بالتبريد .

## طرق التخزين الطبيعية

وهي الطرق التي تعتمد على العوامل الطبيعية في حفظ ثمار الفاكهة والخضار ويستفاد منها في فصلي الخريف والشتاء وفي الأشهر الأولى للسنة وغالباً ما تستخدم لتخزين الخضار الجذرية والملفوفية وبعض أنواع الفاكهة ومن هذه الطرق:

**– التخزين على الأشجار**

ترك الثمار على الأشجار وعدم قطفها بعد النضج. وتختلف الثمار في مدى صلاحيتها للتخزين على الأشجار. يمكن أن تستعمل هذه الطريقة في تخزين ثمار الحمضيات والرمان والبلح والتين وأحياناً التفاح والعنب خاصة عندما تكون الظروف

الجوية ملائمة في تلك الفترة من السنة (درجات الحرارة المنخفضة نسبيا). ويمكن إطالة فترة التخزين على الأشجار بتأخير ظهور طبقة الانفصال بمعاملة الثمار ببعض منظمات النمو مثل :

2-4 ثنائي كلور فينوكسي حمض الخليك .

2-4-5 ثلاثي كلور فينوكسي حمض الخليك .

وتؤخر هذه المواد تحول البروتوبكتين إلى مواد بكتينية ذائبة حيث تبين أن تكوين طبقة الانفصال له علاقة بتحول المواد البكتينية غير الذائبة إلى مواد بكتينية ذائبة وبالتالي تبقى الثمار متصلة بالأشجار لفترة قد تصل إلى ٢-٣ أشهر مع المحافظة نسبياً على صلابتها .

**– التخزين في الحقل**

١– التخزين في التربة: الإبقاء على المحصول في التربة وعدم حصاده حتى يتأمن تصريفه للأغراض المحددة.وتتبع أحياناً في بعض الحاصلات الدرنية والجذرية.

٢ – التخزين في الظل: وضع المحصول في مكان ظليل ومهوى لفترة قصيرة .

٣ – الطمر في حفر وخنادق: وضع الخضار بجذورها في حفرة سطحية بعمق ٢٠-٣٠ سم وطول ٣-٢٠ م وبحيث تكون الجذور للأسفل وتغطى بعوارض خشبية أو بأغصان جافة وثم يوضع فوقها القش ثم التراب على أن يترك فراغ بين الثمار والعوارض الخشبية حوالي ٨-١٠ سم وذلك من أجل التهوية . الشكل ( ١-٦ ) . مساوئ هذه الطريقة: تتطلب عملاً يدوياً كبيراً في عمليات الحفر والطمر – استهلاك مساحة من أرض الحقل – عدم استيعابها لكميات كبيرة من الثمار – عدم إمكانية الكشف عن الثمار.

محاسنها : تعد الطريقة الوحيدة في تخزين الملفوف الصيني وبعض أنواع الخضار الجذرية والدرنية والملفوفية الأخرى عند الضرورة .

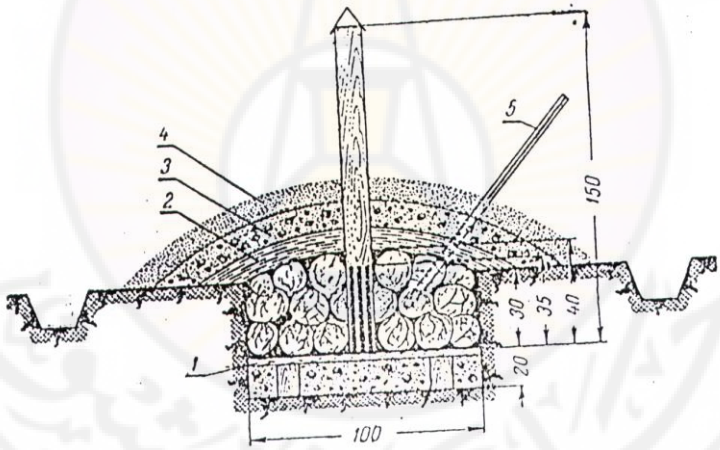
٤ – التخزين في أكوام : يوجد منها أشكال متعددة:

آ – كومة القش الترابية:

في هذه الطريقة يجب أن يكون مكان إنشاء الكومة خالياً من الماء والرطوبة الزائدة والحشرات الضارة بالمنتجات المخزنة ويفضل أن تكون التربة رملية نفوذة . توضع الخضار بشكل صفوف أو فوق بعضها وتغطى بالقش ثم طبقة من التراب. وتتبع هذه الطريقة في المناطق ذات المناخ المعتدل والأراضي الثقيلة بسبب ارتفاع مستوى الماء الأرضي. طول الكومة ٣–٢٠ متراً الشكل( ٢–٦).

مساوئها: التكلفة العالية لليد العاملة إضافة إلى سوء مراقبة المنتجات المخزنة .

محاسنها: الحفاظ على جودة المادة المخزنة ومكوناتها وخاصة الفيتامينات.

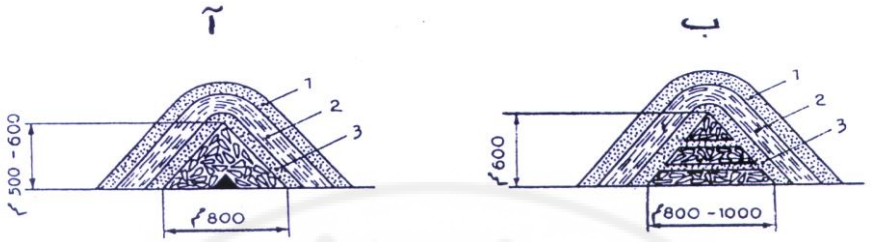



**الشكل ( ١–٦ ) : تخزين الملفوف في خنادق**

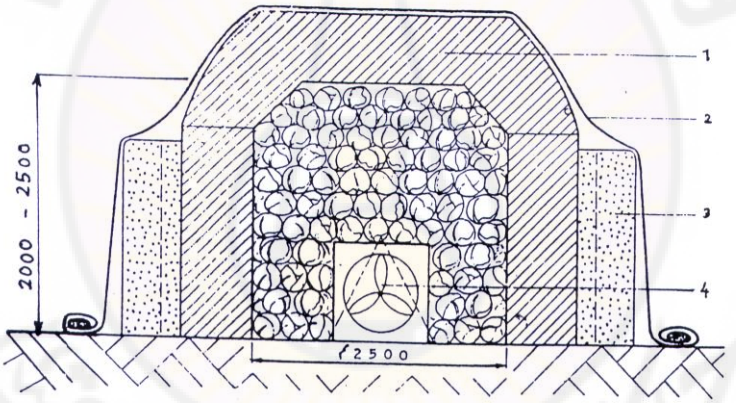
**١– أرضية من الخشب ٢– طبقة قش بسماكة ١٠ سم**

**٣– طبقة من التربة بسماكة ١٥ سم ٤– طبقة نشارة بسماكة ١٠ سم**

**٥– ترمومتر**




**الشكل ( ٢-٦ ) : طريقة التخزين بالأكوام للخضار الجذرية ( تغطية شتوية )**
**آ) مزودة بقناة تهوية ( ١ ) طبقة من التراب من ١٠ – ٢٠ سم**
**ب) بين طبقات من الرمل ( ٢ ) طبقة قس ٢٠ – ٣٠ سم**
**( ٣ ) رمل أو تراب ١٠ سم**




**الشكل ( ٣-٦ ) : كومة كبيرة مهواة التخزين الملفوف العادي**
**١) طبقة من القش بسماكة ٦٠ – ٩٠ سم ، ٢) غطاء من النايلون**
**٣) أجزاء ( أعمدة من الاسمنت للتثبيت ) ، ٤) جهاز تهوية مع قناة للتهوية**

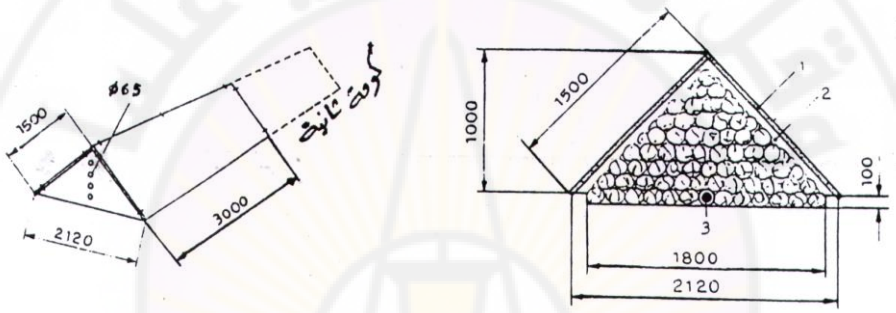
جـ – طريقة الكومة الفنية :

يتم في هذه الطريقة تغطية الكومه برقائق البلاستيك الصناعية ومواد عازلة. يبلغ طول الكومة حوالي ثلاثة أمتار ولها جانبان وجدران جملونية مزدوجة تتشكل من عوارض خشبية بسماكة ٥ سم محاطة من الجانبين برقائق سميكة من البولي فينول كلوريد (PVC) سماكة (١) ملم يوضع بين طبقات الخشب صوف زجاجي

أو أي مادة عازلة أخرى الشكل(٤-٦). ومن أجل انعكاس اشعة الشمس يطلى السطح الخارجي بمواد بلون فاتح.

مساوئ هذه الطريقة في التكلفة الاستثمارية العالية وصعوبة في تنظيم رطوبة الهواء في حال توقف التهوية لفترة طويلة في ظروف الطقس البارد جداً.

أما فوائدها فتتلخص بتوفير عمل يدوي بمقدار ٣٠% مقارنة بكومة القش الترابية وينخفض فيها الفقد أثناء التخزين إلى ١٠-٢٠% .




**الشكل ( ٤-٦ ) : الكومة الفنية**

**١- عوارض جانبية ٦٠ مم ٢- فراغ بين المخزون والجدران مقداره ٥٠ مم**
**٣- قناة التهوية**

## التخزين في الأقبية والمخازن

آ – التخزين في الأقبية

يجب أن يكون القبو: محمياً من الصقيع – بارداً بشكل كافٍ – خالياً من الروائح الغريبة والماء الأرضي – مهوى بشكل جيد – قابلاً لاستخدام المكننة البسيطة– محمياً من الضوء . يمكن تحسين مواصفات القبو عن طريق : – تخزين الخضار على شبكة خشبية مرتفعة عن الأرضية – وضع مروحة آلية للعمل على التهوية الإجبارية ضمن القبو– رش الماء في الأقبية الجافة – وضع الخضار الجذرية في طبقات من الرمل لتخفيف نسبة الفقد والذبول.

**ب – التخزين في المخازن العادية**

عبارة عن غرف يتم تهويتها بالهواء الخارجي البارد لخفض درجة حرارة الغرفة في الخريف والشتاء.

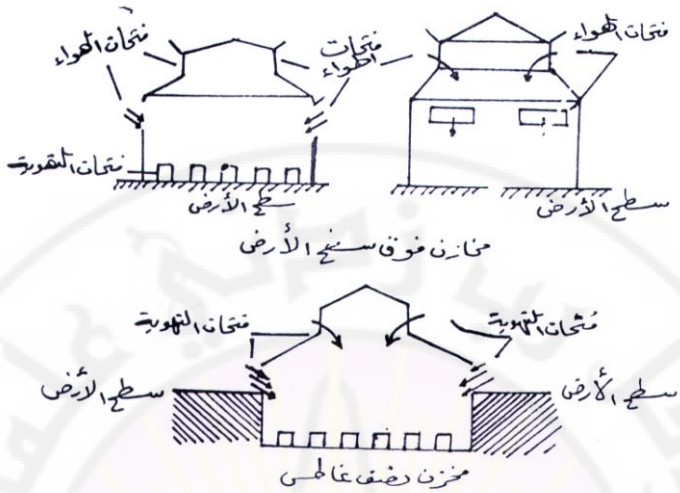
بهذه الطريقة يمكن خفض درجة الحرارة في المخازن حتى +٤ م$^{o}$ ، ولا بد من عزل الجدران والأسقف بشكل كاف، وينبغي تبديل الهواء ٣٠ مرة بالساعة من أجل التهوية والتبريد (أثناء الليل والأوقات الباردة ) وذلك بواسطة قنوات تهوية موجودة في أرضية المخزن بحيث تبعد القناة عن الأخرى مسافة(٢م) الشكل(٥-٦). وتوضع المنتجات المخزنة إما في صناديق أو على شكل أكوام كالبطاطا ارتفاع الكومة قد يصل إلى خمسة أمتار ويوضع ضمنها ترموستات ( موازين حرارة) لقياس درجات الحرارة على مسافات مختلفة من أجزاء الكومة.

ويجب مراعاة عدة نقاط عند إنشاء المخازن العادية:

– إنشاء هذه المخازن في الأماكن التي فيها مستوى الماء الأرضي منخفض – وجود نوافذ للتهوية تفتح ليلاً وتغلق نهاراً – وجود مراوح التهوية لتحريك الهواء ضمن المخزن – مراعاة عدم وجود الضوء في مثل هذه الغرف. ويمكن تخزين بعض الثمار كالرمان أو البطيخ طوال فترة الشتاء برصها على رفوف.

يعاب على هذه الطريقة : فقد الثمار كثيراً من حلاوتها ومواصفاتها الأخرى – عدم إمكانية التحكم في درجات الحرارة داخل الغرف – تتأثر المخازن المقامة فوق سطح الأرض بشدة الرياح وحرارة الهواء الخارجي – ارتفاع تكاليف المخازن المقامة تحت سطح الأرض إضافة لعدم إمكانية مكننة العمل المجهد فيها.

أما مزايا هذه الطريقة : إمكانية مراقبة الثمار فيها بشكل دائم – إمكانية تسويق الثمار حسب الحاجة وبأي كمية – إمكانية مكننة العمل المجهد بسهولة في المخازن المقامة فوق سطح الأرض – تؤمن المخازن العادية تحت سطح الأرض نظام حراري ثابت تقريباً في الشتاء والربيع مع تغيرات قليلة عند التقلبات الشديدة لدرجة الهواء الخارجي.




**الشكل ( ٥-٦ ) : بعض أنواع المخازن العادية**

تستند هذه الطريقة على استغلال درجات الحرارة الجوية المنخفضة لتبريد وخفض درجة حرارة جو المخزن. تصلح هذه الطريقة في الأماكن والمناطق ذات الجو البارد الذي يسمح بالتخزين خلال مدة أو فترة محددة من السنة خاصة بالخريف. والشتاء. وللتخزين في مخازن عادية عدة طرق أهمها :

- التخزين فوق الأرض: تبنى الغرف على سطح الأرض مع مراعاة وجود فتحات علوية للتهوية تفتح ليلاً لتبريد جو الغرفة وتغلق نهاراً

- التخزين تحت الأرض: تبنى الغرف تحت الأرض ولا يظهر فوق الأرض سوى فتحات التهوية والمراوح التي توضع في أعلى الغرف لتحريك الهواء .

## طرق التخزين الصناعية ( التخزين بالتبريد )

تعد عمليات التبريد من أفضل وأكفأ الطرق المستخدمة في تخزين وحفظ الحاصلات البستانية وذلك لإمكانية تخزينها على درجات حرارة منخفضة وبالتالي منع أو تأخير حدوث التغيرات المختلفة التي تطرأ على الثمار بعد جمعها وإبطاء

عوامل الفساد التي تتعرض لها خصوصاً أثناء عمليات النقل والشحن والتصدير مما يترتب عليه وصولها إلى المستهلك في حالة طازجة .

**يعرف التبريد** : بأنه عملية امتصاص الحرارة من جسم ما لتخفيض درجة حرارته لأقل من درجة حرارة الجو المحيط وبالتالي هو نقل الحرارة من جسم حرارته منخفضة إلى وسط حرارته مرتفعة .

والتخزين بالتبريد يعتمد على تخزين الثمار في غرف يمكن خفض درجة الحرارة فيها بطريقة صناعية أو ميكانيكية .

لم تتطور طرق التخزين بالتبريد ولم يستخدم على نطاق واسع إلا عندما اكتشفت الغازات المبردة وتحددت الخواص الترموديناميكية للغازات وعندما تمكن العالم "كارل لند" من تصميم آلات التبريد الصناعي أو الثلاجات المبردة بغاز الأمونيا . في الفترة بين ١٨٧٥-١٨٨٥.

وحالياً يعتبر التخزين بالتبريد العملية الأساسية في حفظ الحاصلات البستانية وتقليل الفاقد فيها وتعتبر الطرق والعمليات الأخرى مكملة أو مساعدة لعملية التبريد ولا يمكن أن تكون بديلة عنها. يقسم التبريد إلى نوعين أساسيين :

**آ – طرق التبريد المحدودة المدى :**

وهي طرق بسيطة وقليلة التكاليف إلا أنه يعاب عليها قصر فترة حفظ الحرارة المنخفضة فيها ومن أهمها :

١ – التبريد باستخدام الثلج : يستخدام الثلج للتبريد إذا كان المكان المراد تبريده بعيداً عن أماكن توليد الطاقة والكهرباء وعندما يراد إحداث التبريد على فترات قصيرة.

يلزم لانصهار الثلج كمية كبيرة من الحرارة حيث يمتص الغرام الواحد من الثلج أثناء انصهاره (٧٩,٩) حريرة . وكثيراً ما يستخدم الثلج المجروش عند نقل بعض الحاصلات البستانية مثل البازلاء والخس وذلك بإحاطة المحصول بالثلج أو يوضع في صناديق خاصة يدفع خلالها الهواء بواسطة مراوح ثم يمرر الهواء على الثمار.

**الجدول ( ١-٦ ) : النسبة المئوية للملح بالمخلوط ودرجة الحرارة**

| **النسبة المئوي للمخلوط (%)** | صفر | ٥ | ١٠ | ١٥ | ٢٠ | ٢٥ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **درجة حرارة المخلوط (م°)** | صفر | ٢,٨- | ٦,٧- | ١١,٧- | ١٦,٨- | ٢٣,٣- |

٢ – مخلوط الثلج والملح : يستخدم عندما يراد الوصول إلى درجات حرارة أقل من الصفر المئوي ، وتعتمد درجة حرارة المخلوط على النسبة المئوية للملح كما في الجدول( ١-٦ ). وتنخفض درجة حرارة المخلوط كون بلورات الثلج محاطة دائماً بغلاف مائي رقيق وعند إضافة الملح يذوب جزء منه في هذا الغلاف المائي ولكي تحاط البلورات بغلاف مائي آخر جديد يحتاج لحرارة لتحول الماء من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة وهذه الحرارة تمتص من الوسط ولذلك تنخفض درجة حرارته.

٣ – الثلج الجاف ( ثاني أكسيد الكربون): تستخدم في نقل الخضار والفواكه في السيارات والقطارات لأن الثلج الجاف ذو وزن خفيف ولا يترك أثراً للماء ولا يتفاعل مع جدران وسائل النقل وعديم الرائحة. لكن استخدام هذه الطريقة قل بسبب تراكم كميات كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون وتأثيراته السيئة على الثمار والخضار.
يحدث التبريد بامتصاص الثلج الجاف للحرارة من المواد المراد تبريدها ويتحول من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة دون المرور بالحالة السائلة.
الحرارة الكامنة اللازمة لتحويل اكغ من الثلج الجاف إلى الحالة الغازية (١٣٦,٧) كالوري (بين درجة حرارة -٧٧ إلى ٨٦م٥ ) .

**ب – التبريد الميكانيكي**

تعتبر طرق التبريد الميكانيكي أكثر الطرق استخداماً وتمتاز بأنها طرق غير محدودة المدى ويمكن التحكم فيها بدرجة الحرارة بدقة ولفترة طويلة ولكل محصول

على حدة وفي أي وقت من أوقات السنة بغض النظر عن الظروف الجوية الخارجية وتبعاً للخصائص البيولوجية للثمار .

**مبدأ التبريد الميكانيكي**

يعتمد مبدأ التبريد الميكانيكي على استغلال الحرارة الكامنة لسوائل الغازات التي تمتص جزءاً من حرارة الهواء بالوسط المحيط بها ويختلف هذا الجزء من الحرارة باختلاف كمية الحرارة الكامنة للتبخر لهذه السوائل.

وحتى تكون عملية التبريد اقتصادية فإنه يلزم إعادة تحويل الغازات المتطايرة إلى الحالة السائلة ليتسنى استخدامها مرة ثانية ولذلك يجب سحب الحرارة الكامنة لتكثيفها وإعادتها مرة أخرى إلى الحالة السائلة.

وبالاعتماد على خواص الغازات الترموديناميكية عند ضغط الغاز ترتفع درجة حرارة تكثفه ثم يتم التخلص من الحرارة الكامنة به وتحوله إلى الحالة السائلة بالضغط

ويمكن تلخيص نظرية التبريد الصناعي بما يلي :

١ – عند تبخر السوائل فإنها تمتص الحرارة الكامنة اللازمة لذلك من الوسط المحيط بها وبالتالي تنخفض درجة حرارة غرفة محددة الحجم ومعزولة جيداً .

٢ – إن درجة حرارة تبخر السوائل تعتمد على الضغط الواقع عليها فترتفع درجة حرارة التبخر بارتفاع الضغط وتنخفض بانخفاضه لذلك نتحكم في درجة حرارة غرفة ما بتنظيم مقدار الضغط الواقع على سائل التبريد الذي يمر ضمن الغرفة.

٣ – تتحول الغازات إلى سوائل بالضغط والتبريد. وتتم هذه العملية بواسطة ضغط هذه الغازات بمكابس خاصة فترتفع حرارة تكثيفها عن الجو المحيط بها فيسهل التخلص من حرارتها الكامنة وتحويلها إلى الحالة السائلة .

**سوائل التبريد ( غازات التبريد )**

وتختلف هذه السوائل بخواصها الطبيعية والفيزيائية وتحدد أفضلية سائل التبريد تبعاً لهذه الخواص ويشترط في هذه السوائل ما يلي :

– انخفاض درجة حرارة التبخر والتكثيف

– ارتفاع الحرارة الكامنة لتبخرها

– سهولة اكتشاف مواضع تسربها

– خلوها من الروائح النفاذة والكريهة وعدم قابليتها للاشتعال أو الانفجار

– غير سامة ولا تتأثر بالرطوبة ولا تسبب أضراراً للحاصلات البستانية

– سهولة حفظ أبخرتها لتحويلها للحالة السائلة – اقتصادية الثمن

– أن تكون عديمة التأثير على المعادن الملامسة لها والمستخدمة في صناعة أنابيب التوصيل والمكثفات والمبخرات

ومن أهم سوائل التبريد :

١ – النشادر $NH_3$ :

وهو أكثر السوائل انتشاراً وما زال يستعمل بكثرة في الوقت الحاضر وخاصة في الثلاجات ومراكز التبريد الكبيرة مع أنه سام إلى حد ما، قابل للاشتعال والانفجار عند ظروف محددة عندما يبلغ تركيزه بالهواء١٣,١–٢٦,٨ % وله رائحة نفاذة مخرشة ولذلك لا يستعمل بالثلاجات المنزلية. إلا أنه يتميز بخواص حرارية ممتازة ورخيص الثمن مما جعله وسيط التبريد المثالي في مصانع الجليد ومخازن التبريد . نقطة غليانه ٣٣م$^{o}$ بالضغط الجوي القياسي .

يشكل الأمونيا مع الرطوبة هيدرات الأمونيا التي تتفاعل مع المعادن غير الحديد مؤدية إلى تآكلها مثل النحاس ولذلك يجب عدم استعمال النحاس في مجموعات التبريد التي تعمل بالأمونيا وعادة تصنع أنابيب التوصيل في هذه الحالة من الصلب

يمكن الكشف عن تسرب الأمونيا باستخدام شموع من الكبريت لأنها تعطي دخاناً أبيض كثيفاً عند تلامسها مع بخار الأمونيا إضافة لرائحة الأمونيا المميزة.

٢ – ثاني أكسيد الكبريت : سام لكنه غير قابل للاشتعال أو الانفجار وبالوقت الحاضر لا يستخدم في التبريد.

٣ – ثاني أكسيد الكربون :

ليس له رائحة وغير سام وغير قابل للاشتعال أو الانفجار ولكن ضغط بخاره مرتفع وبالتالي يحتاج إلى أنابيب توصيل متينة جداً في جهاز التبريد ويصعب الكشف عن تسربه . يقتصر استخدامه حالياً على الاستعمالات التي تحتاج إلى درجات حرارة منخفضة جداً وبخاصة أثناء إنتاج الثلج الجاف وفي ثلاجات البواخر.

٤ – كلور الميتيل $CH_3CL$ :

غير سام سريع الاشتعال وقابل للانفجار وله تأثير مخدر . كثر سابقاً استعماله بالثلاجات المنزلية . ينحل بالماء ومكوناً كحول الميثايل السام وحمض كلور الماء الذي يسبب تلف المواد .

٥ – الفريونات :

وهي عبارة عن مجموعة من التركيبات المشتقة من الميتان $CH_4$ ومن الإيتان $C_2H_6$ التي يدخل في تركيبها ذرات مختلفة من الهالوجينات ( الفلور – الكلور – إضافة للهيدروجين ) وهي حالياً أكثر وسائط التبريد استعمالاً.

**أهم الفريونات** المستخدمة في التبريد الآن :

– فريون 12 ( ثنائي كلور ثنائي فلور الميتان $CCL_2F_2$ ): غير سام وعديم الرائحة وغير قابل للاشتعال أو الانفجار وتركيبه الكيميائي مستقر تماماً ودرجة غليانه تحت الضغط الجوي العادي (–٢٩,٨م$^{o}$ ) وسعته الحرارية كبيرة جداً .

– فريون 22 ( أحادي كلور ثنائي فلور الميتان $CHCLF_2$ ): تشبه مواصفاته الفريون 12 غير سام وغير قابل للاشتعال وسعته الحرارية عالية جداً ودرجة غليانه –٤٠,٨ تحت الضغط الجوي العادي ويوجد أنواع أخرى أقل استخداماً مثل :

– فريون 11 ($CCL_3Fe$) – فريون 21 ($CHCL_2F$)

– فريون 113 ($C_2H_2F_3$) – فريون 114 ($C_2CL_2F_4$)

**نظام التبريد**

للتبريد الميكانيكي نظامان: التبريد بالامتصاص وهذا لم يعد يستخدم بالوقت الحاضر والتبريد بالضغط وهو الأكثر انتشاراً لكفاءته العالية وبساطة تصميمه.

يتألف جهاز التبريد بالضغط من الأجزاء التالية: الشكل ( ٧-٦ ) .

١ – المبخر :

يتكون من مجموعة من الأنابيب المصنوعة عادة من النحاس الأحمر أو الأصفر أو الصلب أو الألمنيوم ولكن يعد النحاس أنسب المعادن في حالة استخدام الفريون كسائل مبرد . في حين تستعمل أنابيب الصلب غير القابل للصدأ في حال استخدام النشادر أو ثاني أكسيد الكربون وذلك بسبب تأثير النشادر على النحاس وارتفاع ضغط بخار ثاني أكس الكربون .

يتحول سائل التبريد في أنابيب المبخر من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية حيث يوجد عادة المبخر ضمن غرفة التبريد (التخزين) ووظيفته الأساسية تتلخص بامتصاص الحرارة اللازمة لتبخر السائل المبرد من الجو المحيط به

٢ – الضاغط :

وعادة يوجد خارج غرف التبريد وتنحصر وظيفته في :

آ – إيجاد منطقة ضغط منخفض داخل ملفات (أنابيب) المبخر نتيجة سحبه للغازات المتولدة عن امتصاص سائل التبريد لحرارة التبخير .

ب – إيجاد منطقة ضغط مرتفع داخل ملفات (أنابيب) المكثف نتيجة لضغطه للغازات المسحوبة من المبخر .

جـ – إيجاد فرق في الضغط الواقع على سائل التبريد وهذا يعمل على انتقال سائل التبريد من منطقة الضغط الجوي المرتفع (الغاز السائل في أنابيب التوصيل قبل الصمام) إلى منطقة الضغط المنخفض (أنابيب المبخر أو التمدد) وبالتالي يعمل على استمرار دورة التبريد حيث يعمل المكبس بسحب الغاز من أنابيب المبخر.

٣ – المكثف :

يوجد خارج غرفة التبريد ووظيفته امتصاص الحرارة الكامنة من الغاز المضغوط وتحويله من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة مرة أخرى.

تزود مواسير المكثف بزعانف لزيادة سطح التبادل الحراري مع الوسط الخارجي (شبكة التبريد) ويتم التبريد بإحدى الطريقتين :

– التبريد بالهواء : يتكون المكثف في هذه الحالة من أنابيب أفقية ذات زعانف رأسية وذلك في وحدات التبريد ذات الاستطاعة المنخفضة (البرادات والثلاجات المنزلية ) ويدخل الغاز من أعلى المكثف أما السائل المكثف فيمر نحو الأسفل بفعل الجاذبية إلى مستودع تجميع السائل . ويكون المستودع في الثلاجات المنزلية صغيراً جداً، وقد يزود المكثف بمروحة موجهة نحو شبكة التبريد لزيادة وتسريع التبادل الحراري.

– التبريد بالماء : يحوي المكثف على (١٤) أنبوباً (٧) منها يمر فيها الماء و(٧) أخرى يمر فيها الغاز المضغوط ضمن أنابيب الماء وحركة الماء معاكسة لحركة الغاز فعند قدوم الغاز المضغوط من الضاغط يتقابل مع أنابيب الماء فيفقد حرارته ويتكثف ويتجمع في مستودع تجميع السائل ومن ثم يتم دفعه بشكل سائل من جديد إلى أنابيب المبخر. أما الماء فينتقل في دارة مغلقة إلى برج التبريد حيث يتم تبريده واستعماله مرة أخرى وهكذا. ويوجد أشكال متعددة من التبريد المائي مثل رش أنابيب الغاز المضغوط برذاذ الماء الذي يعمل على تبريدها.

٤ – صمام التمدد ( صمام الانتشار ) :

وهو صمام خاص يركب في نهاية الأنبوب الواصل إلى المبخر ضمن أنبوب التمدد والانتشار الموجود بالمبخر وتنحصر وظيفته : يعمل كفاصل بين منطقة الضغط المرتفع ومنطقة الضغط المنخفض .

– تخفيض الضغط المرتفع للسائل وذلك بتسريب جزء منه إلى أنابيب التبخر .

– تزويد المبخر بكمية محددة ومناسبة من سائل التبريد بحسب احتياجات التبريد .

٥ – مستودع السائل المبرد :

وعادة يكون ذا حجم صغير في البرادات المنزلية. أما في الثلاجات والبرادات الكبيرة فهو موجود بأحجام متناسبة مع ضخامة جهاز التبريد ويسمى القابلة .

٦ – أنابيب التوصيل : الأنابيب التي يجري فيها الغاز من أنابيب التمدد والانتشار في المبخر إلى المكبس ثم إلى المكثف وإلى مستودع السائل إلى صمام التمدد .

٧ – أنابيب التمدد والانتشار :

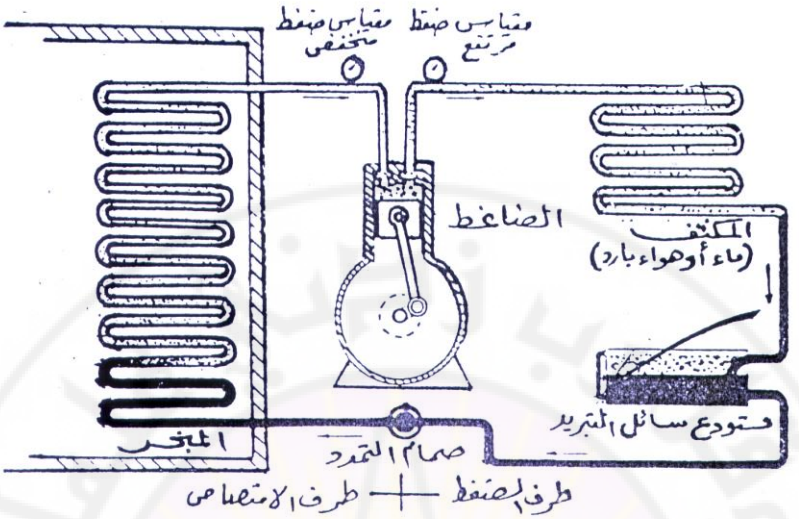
وهي الأنابيب التي ينفلت فيها السائل المبرد عبر صمام التمدد فيتحول داخلها إلى الحالة الغازية وهي موجودة داخل المبخر وتسمى أحياناً ملفات المبخر وعادة ما تكون بأقطار أكبر مقارنة بأنابيب التوصيل .

يمكن تلخيص **دورة التبريد بالضغط** في الخطوات التالية :

١ – إن عمل المحرك ( المكبس ) في دورة التبريد مرتبط بالترموستات الحرارية الموجودة في غرفة التبريد فعند ارتفاع درجة حرارة غرفة التبريد تعمل الحساسات الحرارية على وصل التيار الكهربائي فيعمل المحرك مؤدياً لسحب الغاز المتبخر في أنابيب التمدد والانتشار فيحدث فيها تفريغ وانخفاض بالضغط فيندفع سائل التبريد من مستودع السائل عبر أنابيب التوصيل من خلال صمام التمدد وبكميات محددة إلى أنابيب المبخر وهنا يصبح ضغط السائل منخفضاً فيغلي ويتبخر بسرعة داخل أنابيب التمدد بالمبخر ويمتص الحرارة اللازمة لتبخره من الجو المحيط به وبذلك تنخفض درجة حرارة المادة المراد تبريدها .

٢ – يمر الغاز بعد ذلك إلى المكبس فيقوم بسحبه وضغطه فترتفع درجة حرارته ويندفع إلى المكثف بحالة غازية .

٣ – يتم بالمكثف تبريد الغاز فيفقد الغاز حرارته الكامنة ويتحول إلى سائل تحت ضغط مرتفع ويتجمع في مستودع السائل ليدخل دورة التبريد مرة أخرى وهكذا.




**الشكل ( ٧-٦ ) : الأجزاء الرئيسية لدورة التبريد الصناعي بالضغط.**

٤ – عندما تنخفض درجة حرارة المنتجات حول المبخر إلى الدرجة المطلوبة تعمل الترموستات الحرارية وتفصل الدارة الكهربائية الموصولة للمحرك فيتوقف عن العمل وتتوقف عملية التبريد إلى حين ارتفاع درجة الحرارة إلى مستوى معين توصل دارة المحرك مرة أخرى فيعمل المحرك وتعمل دارة التبريد وهكذا .

## طرق التبريد

تقسم طرائق التبريد داخل وحدات التخزين تبعاً لطريقة مرور السائل المبرد وطريقة استخدامه داخل غرف التبريد. وأهم الطرق الأساسية المستخدمة هي :

**١ – طريقة التبريد المباشر :**

يمر السائل المبرد في هذه الطريقة داخل ملفات المبخر الموجود ضمن المكان المراد تبريده الشكل ( ٨-٦ ) ، إذ يتبخر السائل المبرد داخل ملفات المبخر نتيجة لامتصاصه الحرارة مباشرة من الجو المحيط بالمواد المراد تبريدها .

تستخدم هذه الطريقة في غرف التجميد السريع لارتفاع كفاءتها وفي غرف التبريد الصغيرة لقلة تكاليف إنشائها وفي البرادات المنزلية الصغيرة .

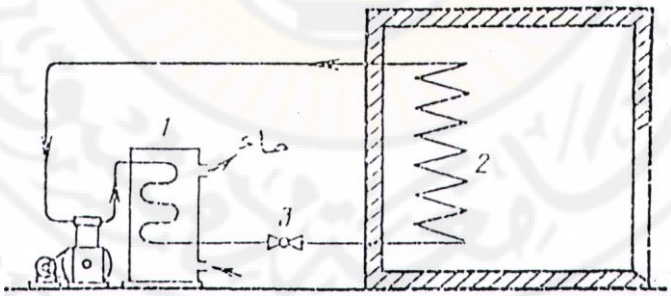
ولكن لهذه الطريقة عدة عيوب منها :

١ – ضرورة تشغيل وحدة التبريد بشكل مستمر (٢٤) ساعة يومياً لأن توقف عمل وحدة التبريد يعني توقف عملية التبريد .

٢ – في حال تسرب غاز التبريد في غرفة التبريد يعرض المواد الغذائية المخزنة للتلف وكذلك إصابة العمال القائمين بتشغيل غرف التخزين وفي حال كون سائل التبريد قابلاً للانفجار أو الاشتعال فيخشى عندها تعرض الوحدة بالكامل للاشتعال .

٣ – صعوبة الكشف عن مكان تسرب الغاز المبرد خصوصاً أن أنابيب وحدة التبريد تكون ممتدة بطول غرف التبريد مما يؤدي إلى ارتفاع تكاليف الصيانة .

٤– لا يمكن استعمال رطوبة مرتفعة في جو التخزين لأن الرطوبة المرتفعة تتكاثف على أنابيب التمدد والانتشار وتتجمد عليها مما يستوجب إزالتها بصورة مستمرة .




**الشكل ( ٨–٦ ) : مخطط طريقة التبريد المباشر**

**١– مكثف ٢– مبخر ٣– صمام منظم**

**٢ – طريقة التبريد غير المباشر( بالمحلول الملحي ) :**

يستخدم في هذه الطريقة وسيط مبرد مثل المحلول الملحي ( كلوريد الصوديوم أو كلوريد الكالسيوم ) حيث يبرد المحلول أولاً عند ملامسته مواسير المبخر بعدها ينتقل المحلول الملحي المبرد بواسطة مضخات خاصة إلى غرف التبريد الموجودة فيها المنتجات الشكل ( ٩–٦ ) .

تزود مواسير المحلول الملحي بخزانات احتياطية يوجد داخلها ملفات مبخر وحدة التبريد . وظيفة هذه الخزانات المحافظة على انخفاض درجة الحرارة ، إذ يمكن الوصول إلى درجة حرارة منخفضة جداً إذا كان تركيز المحلول مرتفعاً دون أن يؤدي ذلك إلى تجمد المحلول وبذلك يكون له القدرة على امتصاص كمية كبيرة من الحرارة أثناء توقف وحدة التبريد نفسها .

من ميزات هذه الطريقة :

– يمكن تشغيل وحدة التبريد ساعات محدودة في اليوم والاعتماد على كمية الحرارة التي تمتص بواسطة خزانات التبريد الاحتياطية .

– استبعاد تسرب غاز التبريد في غرف التخزين وزيادة عامل الأمان ضد الانفجار وذلك لانفصال وحدة التبريد عن غرف التبريد .

– سهولة الكشف عن مكان تسرب الغاز لأن وحدة التبريد تشغل حيزاً محدوداً .

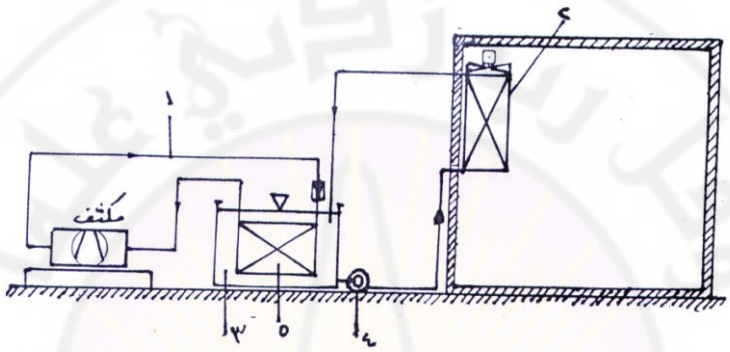
– سهولة الكشف عن مكان تسرب المحلول الملحي .

ومن عيوب هذه الطريقة :

– ارتفاع تكاليف الإنشاء والصيانة والتشغيل بسبب وجود العديد من الخزانات الاحتياطية وعدد كبير من أنابيب المحلول الملحي وبأطوال كبيرة مما يسبب ضياعاً كبيراً في طاقة التبريد مقارنة بالتبريد المباشر ويلزمها مضخات لرفع المحلول الملحي وأجهزة لتنظيم دورة التبريد .

– قلة كفاءة التبريد بهذه الطريقة مقارنة مع طريقة التبريد المباشر وذلك بسبب وجود الوسيط المبرد (المحلول الملحي) بين السائل المبرد والمادة المراد تبريدها.

– لا ينصح باستخدام هذه الطريقة في مخازن الثمار وذلك لخفضها درجة الحرارة إلى أقل من الصفر المئوي ، ومن جهة أخرى إلى وجود فروقات في درجة الحرارة بالأماكن المختلفة في غرفة التخزين تصل إلى (٢م$^{o}$) وأكثر وذلك لانخفاض سرعة حركة الهواء .




**الشكل ( ٩–٦ ) : طريقة التبريد غير المباشر**

**١) أنابيب توصيل السائل المبرد ٢) أنابيب المحلول الملحي**

**٣) المحلول الملحي ٤) مضخة ٥) المبخر**

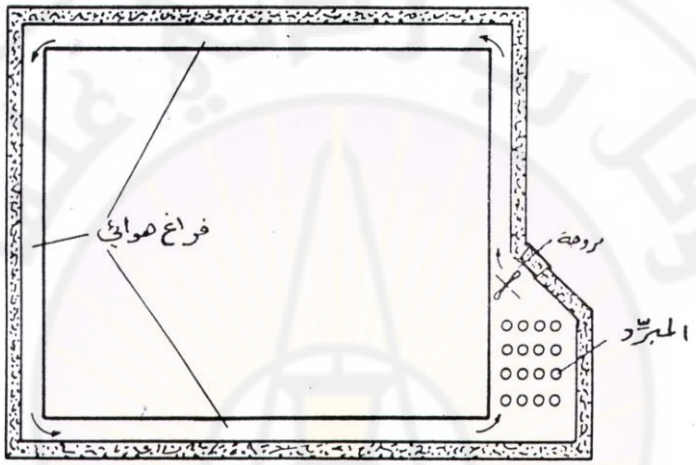
**٣ – التبريد الهوائي :**

يمرر الهواء على أنابيب المبخر أولاً لخفض حرارته ثم يندفع في جميع مناطق غرفة التخزين بواسطة مراوح كهربائية ويكون التبريد بهذه الطريقة أكثر انتظاماً ويمكن عندها ترطيب غرف التبريد وجعل الرطوبة النسبية لا تقل عن ٩٠% عن طريق أجهزة الترطيب الخاصة وغالباً ما تستخدم هذه الطريقة في حالة التبريد على درجة الصفر المئوي أو أعلى قليلاً أي تستخدم أثناء تخزين منتجات الخضر والفاكهة .

**٤ – التبريد بالفراغ أو الغلاف الهوائي :**

وفيها تحاط غرف التبريد من الداخل بفراغ هوائي يوضع ضمنه أنابيب التبريد ومراوح خاصة تعمل على توزيع الهواء المبرد بشكل منتظم في التجويف والتي تكون درجة حرارته قريبة من درجة حرارة غرفة التخزين الشكل ( ١٠–٦ ) .

من ميزات هذه الطريقة منع انخفاض الرطوبة النسبية للهواء في غرفة التخزين التي تحدث نتيجة تكاثف بخار الماء على سطح أنابيب التبخير وتجمده كما يحدث بالطريقة المباشرة أو التبريد الهوائي . وفي هذه الطريقة تبقى درجة حرارة الهواء ورطوبته على مستوى ثابت .




**الشكل ( ١٠-٦ ) : طريقة التبريد بالفراغ الهوائي**

أما العيب الوحيد لهذه الطريقة فهو أنها تسبب تعفن الثمار وإصابتها بالأمراض الفطرية بسبب ارتفاع الرطوبة النسبية للهواء .

الشروط الواجب مراعاتها عند إنشاء مخازن التبريد :

١ – أن يكون التصميم مرناً قابلاً للتمدد حتى يمكن التوسع به مستقبلاً .

٢ – مراعاة عزل الغرف بمواد جيدة العزل واقتصادية الثمن وخالية من الروائح وغير قابلة للتلف أو فعل القوارض وغير قابلة لامتصاص الرطوبة .

٣ – أن تكون أبواب غرف التبريد معزولة بشكل جيد .

٤ – لا بد من تزويد غرف التبريد بالمراوح حتى تكون حركة الهواء مستمرة .

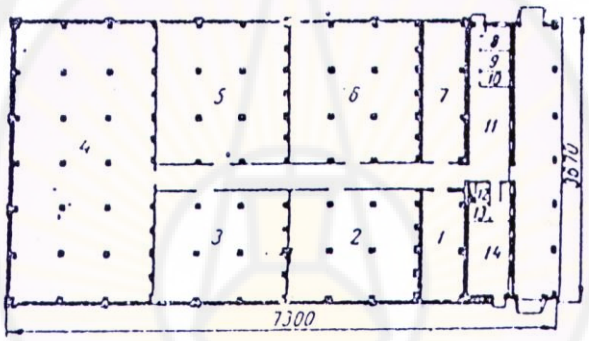
٥ – أن تكون السعة التخزينية لوحدة التبريد متناسبة مع طاقة التبريد .

أقسام وحدة الخزن والتبريد :

تتراوح سعة البرادات من (١٠٠-١٤٠٠ طن ) الشكل ( ١١-٦ ) .

وبشكل عام يتكون مخزن التبريد من الأقسام التالية :

١ – غرفة القيادة والتشغيل . ٢ – غرفة الآلات ( ضواغط – مكثفات – خزانات سوائل وغيرها ) ٣ – غرف التبريد ٤ – غرفة الإصلاحات ٥ – غرفة الإدارة ٦ – غرف العمال ٧ – غرف الاستلام والتسليم .




**الشكل ( ١١-٦ ) : مخطط لبراد خزن الفاكهة والخضار سعة ( ١٢٥٠ طن**

**مواد العزل :**

وهي مواد تغطى بها جوانب وأسقف غرف التبريد ويجب أن تتمتع بناقلية ضعيفة للحرارة لكي تمنع أو تخفض التبادل الحراري بين وسط التخزين والهواء الخارجي.

أهم مواد العزل :

١ – التفريغ التام للهواء :

إزالة أو تفريغ الهواء بين جداري المخزن (الجدار المزدوج ) من أفضل طرق العزل الحراري لكنها محدودة الاستعمال لارتفاع تكاليف التفريغ المطلوبة وتستعمل في زجاجات الحفظ (الترمس) .

٢ – الهواء :

الهواء الساكن مادة عازلة جيدة وتنحصر طريقة استخدامه بعمل جدار مزدوج للبناء ويحصر الهواء لمنع حركته بملء الفراغات بين هذه الحواجز بنشارة الخشب أو التراب أو القش حيث تعمل هذه المواد على تقليل حركة الهواء ومنع تيارات الحمل التي من خلالها يتم نقل الحرارة .

٣ – الفلين :

تزداد كفاءته بالعزل بزيادة الجيوب الهوائية المقفلة ويستخدم على شكل ألواح تلصق بالجدران على طبقة واحدة أو عدة طبقات ويطلى سطح الفلين الداخلي بمادة عازلة للرطوبة. سماكة طبقة الفلين تتحدد تبعاً لدرجة حرارة غرف التبريد فيكون سمكها (٥–٧,٥سم) إذا كانت درجة الحرارة المطلوبة لغرفة التبريد (٢م$^{o}$) أو أكثر بينما تكون (١٠سم) إذا كانت درجة الحرارة المطلوبة أقل من (٢م$^{o}$).

٤ – الخشب :

يستعمل على نطاق ضيق بسبب ارتفاع أسعاره . وهو من المواد العازلة الجيدة ولكن من عيوبه امتصاص الرطوبة بسرعة مما يفقده خاصية العزل ويمكن معالجة ذلك بطلاء الأوجه المعرضة للجو الرطب بطلاء خاص أو تغليفها بمواد عازلة للرطوبة مثل الورق الشمعي .

٥ – الصوف الزجاجي :

وهو من أفضل مواد العزل وأرخصها لاسيما أنه غير قابل للاحتراق ويوجد على شكل قوالب مضغوطة تطلى بمادة عازلة مثل الإسفلت السائل أو غيره لمنع تسرب الرطوبة ويستعمل كثيراً في الثلاجات المنزلية .

٧ – السيليتون : وهو خليط من الإسمنت والصود الكاوية والسلت بنسب محددة ويحضر على شكل ألواح تطلى بمواد عازلة . ويعتبر من مواد العزل الرخيصة الثمن إلا أنها أقل كفاءة بالعزل من الفلين .

٨ – السيلوتكس :

وهي عبارة عن ألواح ناتجة من ضغط ألياف قصب السكر وتحضر على شكل ألواح تطلى بمادة عازلة .

٩ – مادة الستيريبور :

وهي مادة بلاستيكية خفيفة رغوية بيضاء جيدة العزل ولا تتأثر بالقوارض والحشرات ورخيصة الثمن وسهلة الاستخدام ، لذلك انتشر استخدامها على نطاق واسع في عزل مخازن التبريد المتوسطة والصغيرة الحجم .

إضافة لهذه المادة منتشر بالأسواق مواد أخرى كثيرة وغالباً مصنعة من مواد بلاستيكية رغوية ومصنعة بأشكال عدة متناسبة مع الاستخدامات المختلفة . منها أنواع محلولة في غاز سائل متطاير ومضغوطة في غالونات خاصة وبالتالي يمكن نقلها على الجدار الداخلي لغرفة التخزين بالرش المباشر فتشكل طبقة إسفنجية أو مسامية المظهر وبالسماكة المطلوبة .

**حمولة التبريد:**

ويقصد بها مقدار الحرارة التي يلزم التخلص منها لحفظ المحصول في درجة الحرارة المنخفضة المناسبة طول فترة التخزين. ويمكن تقسيم مصادر الحرارة اللازمة إزالتها من المحاصيل بالتبريد إلى :

آ – حرارة الحقل : وهي كمية الحرارة الموجودة فعلاً في المحصول وقت الجمع وتتوقف إزالة حرارة الحقل وخفضها إلى الدرجة المطلوبة على عدة عوامل وهي :

– الحرارة الابتدائية للمحصول

– الحرارة النهائية المرغوب تخزين الثمار عليها .

– الحرارة النوعية للثمار وأواني التعبئة والتغليف

– وزن الثمار وأدوات التعبئة .

ب – الحرارة الحيوية : وهي الحرارة المنطلقة من عملية تنفس الثمار وتختلف كمية الحرارة الحيوية باختلاف أنواع وأصناف الثمار فتزداد بزيادة شدة التنفس ولذلك فإن كمية الحرارة المنطلقة من الثمار تزداد بارتفاع درجة حرارة التخزين .

جـ – الحرارة المتسربة : تكتسب الغرف المبردة وعربات النقل كمية من الحرارة من الجو المحيط بها من خلال الأسقف والأرضيات والحوائط خاصة عندما تكون درجة الحرارة الخارجية مرتفعة مقارنة بحرارة جو التخزين وعادة تكون الحرارة المتسربة قليلة الأهمية في غرف التبريد الثابتة وذلك نظراً لكفاءة مثل تلك الغرف في عزل الحرارة وخاصة عندما يكون الفرق في درجات الحرارة بين الداخل والخارج غير كبير. وتكون الحرارة المتسربة ذات أهمية كبيرة في عربات النقل المبردة .

تتوقف كمية الحرارة المتسربة على عدة عوامل أهمها :

١ – مساحة السطح الخارجي لعربات النقل وغرف التبريد .

٢ – الفرق بين درجة حرارة الهواء الخارجي وحرارة الهواء داخل غرف التبريد .

٣ – معامل توصيل الحرارة لمواد العزل وهو عبارة عن كمية الحرارة المتسربة خلال مساحة قدرها قدم مربع في الساعة الواحدة وذلك لكل درجة فهرنهاتية واحدة بين الحرارة الخارجية والحرارة الداخلية .

د – الحرارة المكتسبة : تكتسب غرف التبريد الثابتة أو المتنقلة حرارة من مصادر متعددة :

– الحرارة المتولدة من أجهزة التبريد – الحرارة المتولدة من الإضاءة داخل الغرف

– الحرارة الناتجة من حركة العاملين ضمن غرف التخزين – حرارة محركات مراوح التهوية . غير أن هذه الحرارة لا تعطى أهمية لضآلة كميتها مقارنة بكميات حرارة الحقل والحرارة الحيوية والحرارة المتسربة لذلك لا تدخل عادة في حسابات حمولة التبريد .

# الفصل الثامن

# الأضرار التي تتعرض لها منتجات الخضار والفواكه

تتعرض الحاصلات البستانية للأضرار المختلفة خلال عمليات الإعداد والتخزين والتسويق والتي غالباً ما تسيء إلى مواصفات الجودة في هذه الحاصلات وتخفض من إمكانية تخزينها وكونها السبب الأساس في حدوث الأنواع المختلفة من الفقد وتلف محاصيل الخضر والفاكهة . يمكن تقسيم هذه الأضرار إلى :

**أولاً : الأضرار الفسيولوجية :**

هي نشاط حيوي غير عادي يحدث نتيجة خلل أو تعطل أو عدم انتظام العمليات الحيوية في الثمار يؤدي إلى تغير في طبيعة الأنسجة وتحطمها.

تقلل الأضرار الفسيولوجية من فترة بقاء المحصول بحالة جيدة وقد تجعل المحصول غير قابل للاستهلاك ويصبح أكثر عرضة للأضرار الأخرى والإصابة بالأحياء الدقيقة المسببة للأمراض . وتحدث العيوب الفسيولوجية نتيجة تعرض المحصول لظروف غير عادية مثل: الحرارة المرتفعة والمنخفضة – نقص الغذاء – التداول غير الصحيح للحاصلات البستانية .

**آ – ضرر الحرارة :**

ضرر الحرارة له ثلاثة أنواع باعتبار الحرارة أهم العوامل التي تؤدي إلى ظهور العيوب الفسيولوجية ، وبنفس الوقت تعتبر الحرارة العامل الأساس في تخزين ثمار الخضر والفاكهة بالتبريد كون المنتجات المخزنة توجد بظروف غير عادية تختلف على الظروف الطبيعية الملائمة لنمو وتطور حياة تلك المنتجات .

**١ – أضرار التجمد**

إن درجات تخزين الحاصلات البستانية غير الحساسة لضرر البرودة تكون أعلى قليلاً من نقطة تجمد المحصول التي عندها تتكون البلورات الثلجية بالأنسجة وتتعرض الحاصلات البستانية لضرر التجمد إذا ما خزنت عند درجات حرارة أقل من نقطة التجمد للمحصول الجدول (١-٧) . ويسبب التجمد تحطيم الخلايا وتمزق الأنسجة وتفقد الخلايا المتضررة قدرتها على التحكم في فقد الماء ومقاومة الأمراض وتنهار الأنسجة وتصبح مائية في مظهرها بعد عودتها إلى حالتها الطبيعية .

ونقطة التجمد تختلف باختلاف الأصناف وظروف النمو ودرجة النضج وتركيز المواد الصلبة الذوابة وغير ذلك وبهذا نجد مثلاً أن نقطة التجمد عند :

التفاح : من -٢,٨ إلى -١,٥ بصل : -١,٦ على -٠,٨

إجاص : -٣,٢ إلى -١,٥ ملفوف : -١,٢ إلى -٠,٩

فريز : -١,١ إلى -٠,٧ خس : -٠,٥ إلى -٠,٢

جزر : -٢,٢ إلى -١,٤

تختلف الحاصلات البستانية في حساسيتها لضرر التجمد. ونسبة الضرر يحددها عاملان وهما مدى الانخفاض بدرجة الحرارة لأقل من نقطة التجمد والزمن الذي تعرضت له المنتجات المختزنة لدرجة حرارة التجمد .

تقسيم الحاصلات البستانية حسب حساسيتها لضرر التجمد إلى ثلاث مجموعات :

– محاصيل حساسة جداً لضرر التجمد : وهذه تتضرر بالتجمد ولو لفترة بسيطة وتشمل : الخس – المشمش – الموز – الخيار – الباذنجان – الليمون – البامية – الخوخ – الفليفلة – البطاطا – الكوسا – البطاطا الحلوة – البندورة – الفريز – الزبدية .

– محاصيل متوسطة الحساسية لضرر التجمد : وهذه تتحمل تجمداً بسيطاً لفترة قصيرة بدون أضرار كبيرة وتشمل محاصيل مثل : الفتاح – الملفوف – الزهرة –

الجزر – العنب – البصل – البرتقال – الإجاص – البقدونس – السبانخ – البازلاء – الفجل – اليقطين .

**الجدول ( ١-٧ ) نقطة التجمد لبعض الحاصلات البستانية**

| المحصول | أعلى نقطة تجمد م° | المحصول | أعلى نقطة تجمد |
|---|---|---|---|
| التفاح | -١,٥ | الفاصولياء الخضراء | -٠,٧ |
| المشمش | -١,٠ | الملفوف | -٠,٩ |
| الموز | -٠,٧ | الجزر | -١,٤ |
| الفريز | -٠,٧ | الزهرة | -٠,٨ |
| التمر | -١٥,٧ | الخيار | -٠,٥ |
| التين | -٢,٤ | الباذنجان | -٠,٨ |
| العنب | -٢,١ | الثوم | -٠,٨ |
| الليمون | -١,٤ | الخس | -٠,٢ |
| الزيتون | ١,٤ | الشمام | ١,٢ |
| البرتقال | -٠,٧ | البطيخ | -٠,٤ |
| الدراق | -٠,٩ | البصل | -٠,٨ |
| الأجاص | -١,٥ | البقدونس | -١,١ |
| الخوخ | -٠,٨ | الفليفلة الحلوة | -٠,٧ |
| الرمان | -٣,٠ | البطاطا | -٠,٦ |
| البندورة | - ١,٣ | البطاطا الحلوة | -١,٣ |

– محاصيل منخفضة الحساسية لضرر التجمد : وهذه المجموعة تتحمل التجميد إلى حد ما أي يمكن أن تتعرض للتجميد أكثر من مرة وتعود لحالتها الطبيعية بدون

أضرار كبيرة وتشمل محاصيل مثل : الشوندر – اللفت – بعض أصناف الملفوف خاصة المتقدمة النضج .

وحتى بالنسبة للمحاصيل المنخفضة الحساسية للتجمد يجب تجنب تعرضها إلى درجات حرارة تسبب التجمد لأن التجمد يقلل من فترة تخزين المحصول وتصبح الثمار أكثر حساسية للأضرار الأخرى.

يمكن الحد من ضرر التجميد بعدم تحريك المحصول وتركه كما هو إلى أن ترتفع درجة حرارته حيث يساعد عدم الحركة إلى التقليل من تكوين البلورات الثلجية حتى بانخفاض درجة الحرارة عدة درجات أقل من نقطة التجمد للمحصول .

يجب إعادة المحصول لحالته الطبيعية بوضعه في درجات حرارة غير مرتفعة حوالي خمس درجات مئوية حيث تزيد الحرارة المرتفعة من الضرر والمنخفضة تطيل بقاء البلورات الثلجية بالأنسجة . ويجب تسويق المحصول الذي تعرض للتجمد وعاد لحالته الطبيعية بسرعة.

يمكن تلخيص أضرار التجمد على الحاصلات البستانية بما يلي:

– تلف الأنسجة النباتية نتيجة لتشكل البلورات الثلجية .

– ظهور تبقع مائي على الثمار مما يسبب تدهور المحصول .

– فقدان الثمار لصلابتها ولونها الطبيعي وذبولها بسرعة عند إزالة التجمد .

– فقدان الثمار المجمدة لمقاومتها الطبيعية للأمراض .

– حساسيتها الشديدة للأضرار الميكانيكية أثناء النقل والتخزين .

– قصر مدة التخزين بشكل كبير.

يعود اختلاف تأثير التجمد في أنواع الثمار المتنوعة إلى تركيبها الكيميائي وطبيعتها الفسيولوجية.

وبشكل عام كلما ارتفع محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة بالعصير الخلوي زاد تحمل الثمار للتجمد .

**٢ – أضرار البرودة**

يحدث نتيجة تعرض الثمار لدرجات حرارة منخفضة أعلى من درجة تجمد المحصول وأقل من ١٣م° ولمدة محددة . قد يحدث ضرر البرودة في الحقل أو أثناء النقل والتخزين وفي الثلاجات المنزلية . ومن المهم ذكره أن تأثير درجات الحرارة المنخفضة تراكمياً ويتوقف الضرر على عاملي الزمن ودرجة الحرارة.

في كثير من الأحيان تظهر الأعراض فقط بعد تعريض الثمار لدرجة حرارة أعلى من التي يحدث عندها الضرر (عادة درجة حرارة الغرفة لمدة ٢–٣ أيام) وقد كان ضرر البرودة محط اهتمام كثير من الباحثين لمدة طويلة لأنه يتسبب في فقد كميات كبيرة من الثمار عند إصابتها ويحد من قدرتها التخزينية ويزيد من إصابتها بالأمراض .

**حساسية الثمار لأعراض البرودة :**

– الثمار ذات المنشأ الاستوائي أكثر حساسية لضرر البرودة من الثمار التي تنمو في المناطق الباردة مع وجود بعض الاستثناءات مثل بعض أصناف التفاح وتختلف الحساسية باختلاف نوع الثمار كما تتأثر الحساسية باختلاف منطقة وموسم النمو .

– المحاصيل الصيفية أكثر حساسية لضرر البرودة من المحاصيل الشتوية .

تقسم الحاصلات البستانية حسب درجة حساسيتها إلى أربع مجموعات كما يلي:

– محاصيل غير حساسة لضرر البرودة : وتضم الثمار التي لا تصاب بضرر البرودة مثل الملفوف– الخس – الفجل – السبانخ – الجزر – العديد من أصناف التفاح – الإجاص – الزهرة – البازلاء – الخضر الورقية .

– محاصيل منخفضة الحساسية لضرر البرودة : وتصاب عندما تنخفض درجة الحرارة عن ٥م° وتضم محاصيل البطاطا – بعض أصناف التفاح ( مثل الصنف ايداريد ) – بعض أصناف البرتقال – البطيخ .

– محاصيل متوسطة الحساسية لضرر البرودة : وتصاب عندما تقل درجة الحرارة عن ١٠م$^{o}$ وتشمل محاصيل : الفليفلة – الفاصولياء الخضراء – البندورة الناضجة – الزيتون – الباذنجان – الخيار – الرمان – البامية – الكوسا .

– محاصيل حساسة جداً لضرر البرودة : وتصاب بانخفاض درجات الحرارة عن ١٣م$^{o}$ وتضم ثماراً مثل الموز – الليمون – البندورة الخضراء .

**العوامل المؤثرة في حدوث ضرر البرودة :**

١– درجة الحرارة :

كلما انخفضت درجة الحرارة زادت شدة الإصابة بضرر البرودة . إلا أنه في بعض أنواع الثمار تكون حدة الإصابة بالضرر أكثر عند درجات الحرارة المتوسطة عنها في درجات الحرارة الأقل انخفاضاً فمثلاً تشتد الإصابة بالتحفر في ثمار الجريب فروت عند درجة حرارة (+٥م$^{o}$) عنها عند درجة حرارة الصفر المئوي . وقد يعزى ذلك إلى بعض التفاعلات الكيميائية التي تحدث عند هذه الدرجات من الحرارة والتي تؤدي إلى تراكم بعض المواد السامة للأنسجة وبالتالي ظهور ضرر البرودة .

٢– طول فترة تعرض الثمار للبرودة :

للحرارة المنخفضة تأثير تجميعي ولو تعرضت الثمار لدرجات حرارة منخفضة قبيل القطاف ثم تعرضت لدرجات حرارة منخفضة أيضاً بعد القطاف فإن شدة ضرر التبريد يتناسب مع مجموع طول مدة التعرض للحرارة المنخفضة قبل القطاف وبعده.

٣– نوع وصنف المحصول :

الإصابة بضرر البرودة غالباً ما تكون في الثمار ذات المنشأ الاستوائي وشبه الاستوائي . وتظهر أحياناً في بعض محاصيل المناطق الباردة مثل بعض أصناف التفاح وتختلف شدة الإصابة أحياناً باختلاف الصنف في النوع الواحد كما يحدث بين الأصناف المختلفة في الحمضيات إذ يصاب البرتقال صنف أبو صرة بشدة أكثر من البرتقال صنف فالانسيا.

٤- درجة اكتمال نمو الثمار ونضجها :

فالثمار غير المكتملة النمو تكون أكثر حساسية لضرر البرودة من الثمار الناضجة وشدة الإصابة تقل كلما تقدم طور النضج في الثمار فمثلاً تزيد قابلية الإصابة بضرر البرودة في ثمار الموز الخضراء والبندورة عنها في الثمار الناضجة .

٥- الرطوبة النسبية :

انخفاض الرطوبة النسبية حول الثمار يؤدي إلى اشتداد الإصابة بضرر البرودة بينما تعمل الرطوبة المرتفعة إلى تقليل حدة الضرر . والرطوبة النسبية المرتفعة لا تمنع حدوث الضرر ولكن تؤخر ظهور الأعراض ،

**أعراض ضرر البرودة :**

تختلف أعراض ضرر البرودة باختلاف المحصول وبشدة الضرر وتحدث تغيرات كبيرة على مستوى الخلايا إلا أن الأعراض الخارجية تتركز في التالي:

- تغير لون سطح الثمار : وهذا التغير يعتبر أول مظاهر الإصابة بضرر البرودة ويظهر على شكل تلون بني على سطح الثمرة بسبب أكسدة المواد الفينولية .

- التحفر : وينشأ في طبقة تحت القشرة في الخلايا البارانشيمية التي تحيط بالقنوات الزيتية وهذه تجف وتؤثر على الغدد الزيتية والخلايا الأخرى . وعادة ما تظهر أعراض الإصابة بظهور حفرة صغيرة منخفضة تكبر في الحجم تدريجياً . وتتصل ببعضها في النهاية مكونة رقعاً غير منتظمة الشكل ذات لون بني وينحصر وجود تلك البقع المنخفضة في ثمار الحمضيات في طبقة القشرة وتتكون نتيجة لتحلل تلك الأنسجة في المناطق المصابة كما يظهر التحفر على ثمار الخيار والكوسا وغيرها

- عدم النضج : بعض الثمار التي تجمع قبل اكتمال النضج مثل الموز والبندورة لا يكتمل نضجها ولا تتلون بشكل جيد عند إصابتها بضرر البرودة كونه يؤدي إلى تثبيط نشاط بعض الأنزيمات المسؤولة عن النضج ومنع تكوين المواد الطيارة خاصة الايثيلين .

– الانسلاق : تصاب به بعض الثمار خاصة التفاح وبالتحديد الثمار التي لم يكتمل نضجها. ويظهر الضرر بعد تخزين الثمار عند درجات حرارة منخفضة لفترة طويلة. ويظهر الانسلاق على شكل بقع بنية على سطح القشرة وعلى جزء من اللب وتبدو كما لو كانت بها حروق نتيجة لتعرضها للهب

– الانهيار المائي : ويصيب ثمار بعض المحاصيل مثل البرتقال والتفاح . وتبدأ الإصابة بتلون أنسجة اللب باللون البني الخفيف ثم يمتد تدريجياً وتصبح الأنسجة مائية وقد يصحب الإصابة تخمر الأنسجة السليمة المجاورة.

– تلون الأنسجة الداخلية : قد تتلون الأنسجة الداخلية البيضاء كما هو الحال في ثمار الرمان حيث تتلون الأنسجة المحيطة بالحبيبات باللون البني عند حدوث الضرر وكذلك التلون البني المحمر للأنسجة الداخلية في درنات البطاطا .

– زيادة انتشار الأمراض : بحدوث ضرر البرودة تقل قدرة الأنسجة على مقاومة الكائنات المسببة للأمراض . كما أن حدوث ضرر البرودة في درنات البطاطا والبطاطا الحلوة يؤخر تكون طبقة القشرة والتئام الجروح .

ومن أهم الأمراض التي تنتشر على الثمار المصابة بضرر البرودة عفن الالترناريا .

**أسباب حدوث ضرر البرودة :**

تعددت النظريات التي تفسر أسباب حدوث ضرر البرودة ومن أهمها :

١– تراكم بعض المواد السامة في الخلية : عند درجات الحرارة المنخفضة تتراكم في الثمار الحساسة لضرر البرودة بعض المواد مثل الاسيت الدهيد والكحول الاثيلي التي يعتبر تراكمها ساماً للخلية. ويعتقد أن هناك توازناً عند درجة الحرارة المثلى في الخلية بين ترا كم المواد السامة والتخلص منها . بينما تعمل درجات الحرارة المنخفضة على الإخلال بهذا التوازن والعمل على تراكم هذه المواد في الثمار الحساسة لضرر البرودة .

٢- التغير في طبيعة الغشاء الخلوي : وجدت الدراسات أن هناك تغيراً في طبيعةالأغشية الخلوية عند درجات الحرارة التي تسبب ضرر البرودة من شبه مائية أو ما يسمى "بمائع بلوري" إلى قوام صلب أو هلامي وهذا التغير في التركيب الطبيعي يؤثر في نشاط الكثير من الأنزيمات المرتبطة بالأنسجة مثل أنزيمات التنفس وأنزيم تخليق الاثيلين وغيرها . لذلك تتعطل بعض العمليات الحيوية في الخلية مما يسبب موت بعض الأنسجة وظهور أعراض ضرر البرودة .

**طرق الحماية من ضرر البرودة :**

١ – التخزين في درجات الحرارة المثلى للنوع والصنف.

٢ – أقلمة الثمار لتحمل درجات الحرارة المنخفضة : يمكن التقليل من ضرر البرودة بالانخفاض التدريجي لدرجات الحرارة . فمثلاً وجد أن ثمار الموز التي نقلت من درجة حرارة (١٢م$^{o}$) وخزنت مباشرة عند درجة حرارة (٥م$^{o}$) تصاب بضرر البرودة أكثر من تلك التي تم خفض درجة حرارتها بمقدار (٣م$^{o}$) كل (١٢) ساعة وسجلت ملاحظات مشابهة لمحاصيل أخرى .

٣ – نظام التبادل في درجات الحرارة : وجد أن ضرر البرودة في بعض الثمار يمكن تقليله بتعريضها من آن لآخر لدرجة حرارة مرتفعة . فمثلاً في البطاطا الحلوة يمكن تقليل حدة ضرر البرودة بتعريضها لدرجة حرارة (١٥م$^{o}$) لمدة يوم بعد كل أسبوعين من تخزينها عند درجة حرارة (٧,٥م$^{o}$) .

٤- التخزين في جو غازي معدل : وجد أن التخزين في جو هوائي معدل مع زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون نسبياً ، يقلل من الإصابة بضرر البرودة ويعزى ذلك إلى إبطاء العمليات الحيوية التي تؤدي إلى تراكم بعض المواد السامة في الثمار.

٥ – معاملات أخرى : وجد أن بعض المركبات الكيميائية تقلل من حدة ضرر البرودة مثل الانسلاق في التفاح يسببه تأكسد مركب "ألفا فارنسين". هذا التأكسد أمكن إبطاله باستعمال مركبات مضادة للأكسدة مثل "داي فينيل امين" وبالتالي أمكن الحماية من هذا التأثير وتقليل الضرر .

**الجدول ( ٢-٧ ) : أعراض ضرر البرودة ودرجة الأمان الدنيا لبعض الحاصلات البستانية**

| المحصول | درجة الأمان الدنيا م° | أعراض ضرر البرودة |
|---|---|---|
| الموز | ١١ – ١٣ | ليونة الأنسجة ، اسوداد القشرة ، عدم النضج |
| البندورة | ٨ – ١٣ حسب درجة النضج | عدم النضج (عدم التلون باللون الأحمر المميز) ليونة الثمار ، تهتك الأنسجة ، انهيار مائي ، سرعة الإصابة بالأمراض |
| الخيار | ٧ | تحفر ، بقع مائية ، سرعة الإصابة بالأمراض |
| البرتقال | ٥ | تحفر ، تلون سطح الثمار ، تهتك بالأنسجة |
| الليمون | ١١ – ١٣ | تحفر – تلون الأغشية الداخلية باللون البني |
| الرمان | ٥ | تغير لون الحبات ، اسوداد الأنسجة الداخلية ، اسوداد وتهتك القشرة ، سرعة انتشار الأمراض |
| البطاطا الحلوة | ١٣ | تغير لون الأنسجة الداخلية ، تحفر ، سرعة انتشار الأمراض |
| البامية | ٧ | بقع مائية ، اسوداد الثمار، تحفر، انتشار الأمراض |
| الكوسة | ٧ | تحفر ، اصفرار ، ذبول ، انتشار الأمراض |
| التفاح (بعض الأصناف) | ٢ – ٣ | تلون الأنسجة الداخلية بلون بني ، الانسلاق ، انهيار مائي |
| الباذنجان | ٧ | تلون الأنسجة الداخلية ، اسوداد البذور ، الانسلاق ، سرعة انتشار الأمراض |
| الكانتلوب | ٢ – ٥ | تحفر ، سرعة انتشار الأمراض |
| البطيخ | ٤,٥ | تحفر ، سرعة انتشار الأمراض ، روائح غير مقبولة |
| الزيتون | ٧ | تلون الأنسجة الداخلية خاصة حول البذور |
| البطاطا | ٣ | اسوداد الأنسجة الداخلية ، زيادة نسبة السكر |
| الفليفلة الحلوة | ٧ | تحفر ، اسوداد البذور ، انتشار الأمراض |

وجد أن المبيدات الفطرية مثل "ثيوبندازول" تعمل على التقليل من تحفر ثمار الجريب فروت وغيرها .

يعتقد أن بعض المواد الشمعية مثل "فيبورجارد" يمكنها التقليل من ضرر البرودة في بعض الثمار عن طريق تقليل فقد الماء وادمصاص المواد السامة .

يمكن تأخير ظهور الأعراض برفع الرطوبة النسبية حول المحصول .

كما أن مركبات الكالسيوم تقلل من ظهور أعراض البرودة.

تشير بعض الدراسات أن غمر الثمار في الماء الفاتر بدرجة محددة ولفترة مدروسة يقلل من حدوث ضرر البرودة .

**٣ – ضرر الحرارة المرتفعة:**

ينشأ هذا الضرر عندما ترتفع درجة حرارة الثمار عن حرارة الجو المحيط بها بالتعرض للشمس أو ملامسة سطح التربة الساخن . ويسمى ضرر الحرارة المرتفعة بلفحة الشمس . وتظهر أعراض الإصابة على شكل فقدان بصلابة الثمار – تلون القشرة الخارجية – تحطم وجفاف الأنسجة – وتكون الأجزاء المصابة مكاناً لدخول مسببات الأمراض – وعادة لا يلاحظ ضرر الحرارة المرتفعة بسهولة وبالتالي يصبح انتشار الأمراض السبب الرئيسي للفساد الناتج عن هذا الضرر .

إصابة لفحة الشمس قد تحدث بالحقل قبل الجمع أو أثناء النقل وغيرها من مراحل تداول المحصول وعادة ما تصاب ثمار الشمام والبطاطا وغيرها بلفحة الشمس قبل الجمع ويمكن التقليل من هذا الضرر بالمحافظة على مجموع خضري جيد يحمي الثمار وكذلك يفضل الجمع في الصباح الباكر وقبل ارتفاع درجة الحرارة. ويجب تجنب التأخير بين الجمع والنقل ويفضل تغطية عربات النقل لحماية المحصول وتقليل أضرار الحرارة المرتفعة وبالتالي نسبة الفقد .

**ب – أضرار المركبات الكيميائية :**

من أهم العيوب التي تسبب أضراراً فسيولوجية للحاصلات البستانية هي :

١ – غاز الايثلين :

حيث يسبب وجوده حول المحاصيل البستانية حدوث بعض العيوب الفيزيولوجية مثل الاصفرار – سقوط الأوراق – عدم تفتح الأزهار ( أزهار القرنفل ) وغيرها إضافة لتأثيره في عمليات النضج .

٢ – غاز النشادر :

غاز النشادر سام ويستخدم في بعض أجهزة التبريد الميكانيكي ويحدث الضرر إذا تسرب الغاز وزاد التركيز داخل غرف التخزين عن (٠,٥%) خلال ساعات قليلة . وتظهر الإصابة على شكل تلون الأنسجة بلون بني أسود . وكون غاز النشادر يسبب تهيجاً للأنف والعين بتركيزات منخفضة (٠,٠١%) لذلك ليس من الصعوبة اكتشاف التسرب وعند حدوث التسرب يجب الإسراع بتهوية الغرف .

٣ – الأضرار الناتجة عن ارتفاع غاز ثاني أكسيد الكربون وانخفاض تركيز غاز الأكسجين في وسط التخزين .

**جـ – أضرار نقص العناصر :**

يحتاج النبات إلى توازن في امتصاص الأملاح للنمو الجيد وبالتالي أي نقص في أي من العناصر يؤثر في النمو وقد يظهر التأثير في شكل عيوب فسيولوجية على الثمار ويعتبر الكالسيوم من أهم العناصر التي وجد أن لها علاقة بالعديد من العيوب الفسيولوجية في منتجات الخضر والفواكه مثل :

النقرة المرة – القلب المر– القلب المائي– التدهور الداخلي في ثمار التفاح – التشقق بالجزر واحتراق القمة في الخس – انخفاض شدة التلون الأحمر في البندورة – عفن الطرف الزهري في البندورة والفليفلة والبطيخ . وغيرها من العيوب .

وتوجد عيوب فيسيولوجية أخرى لها علاقة بعدم انتظام الري مثل التشقق الذي يلاحظ في ثمار الرمان – البرتقال – الليمون . كما تتأثر بعض المحاصيل في وجود غاز ثاني أكسيد الكبريت المستخدم في تدخين ثمار العنب .

## ثانياً – الأضرار المرضية :

تصاب الحاصلات البستانية بالعديد من الأمراض التي تسببها الفطريات والبكتريا ، وينتج عن هذه الأمراض فاقد كبير خاصة في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية لارتفاع درجة الحرارة والرطوبة، وتؤثر طرق تداول الحاصلات البستانية في قابليتها للإصابة بالأمراض . فعند التداول الجيد للثمار نبدأ بثمار جيدة في التخزين ويؤدي إلى انتهاء فترة التخزين المحددة والثمار بحالة جيدة.

**الية حدوث الإصابة**

قد تبدأ الإصابة في الحقل والثمار لا تزال متصلة بالنبات وتتم أيضاً في مرحلة ما بعد الجمع أثناء التداول والتخزين وقبل الاستهلاك . ويجب معرفة طريقة وزمن الإصابة حتى يمكن وضع برنامج جيد للوقاية من الأمراض .

أ – الإصابة قبل الجمع :

تتم الإصابة قبل الجمع بعدة طرق : مباشرة عن طريق القشرة – عن طريق الفتحات الطبيعية للثمار – عن طريق الجروح والخدوش .

كما تصيب بعض الفطريات الأجزاء الزهرية والثمار النامية وتبقى الإصابة ساكنة إلى حين توفر الظروف الملائمة والتي منها انخفاض مقاومة العائل أي باقتراب الثمار من النضج أو الشيخوخة كما هو الحال بالنسبة لمرض عفن الطرف الزهري الذي يصيب الحمضيات والعفن الرمادي .

ب – الإصابة بعد الجمع :

معظم الفطريات التي تسبب كثيراً من الفساد لا يمكن لها إصابة الثمار إلا عن طريق الجروح أو الخدوش ومن طرق حدوث الإصابة :

١ – الجروح : وتستخدمها معظم الفطريات مثل العفن البكتيري الطري في البطاطا.

٢ – الثغور: وتستخدمها بعض الفطريات مثل العفن البني في الخوخ والندوة المتأخرة في البطاطا.

٣ – الشعيرات : ويستخدم هذا الطريق بعض الفطريات مثل الفطر المسبب للعفن البني في الدراق .

٤ – مباشرة عن طريق القشرة : ومن أهم الفطريات التي تتبع هذا الطريق العفن الرمادي على العنب وعفن الانتراكنوز في الموز ، والفطر المسبب للعفن البني في كثير من المحاصيل .

**العوامل التي تؤثر في حدوث الإصابة :**

١ – البيئة المحيطة : من أهم العوامل التي تسرع من شدة الإصابة هو ارتفاع درجة الحرارة والرطوبة حول الثمار . وتتراوح درجة الحرارة المثلى لنمو معظم الفطريات بين (٢٠–٢٥م$^{o}$) والقصوى بين (٢٧–٣٢م$^{o}$). وتختلف الفطريات في درجات الحرارة الدنيا لنموها فمثلاً تبلغ حوالي (–٣م$^{o}$) لنمو الفطريات المسببة لعفن الالترناريا والعفن الرمادي والعفن الأزرق بينما تكون (٢م$^{o}$) لعفن الريزبوس وحوالي الصفر المئوي للفطر المسبب للعفن البني . وبالتالي يمكن خلال التخزين في درجات حرارة منخفضة التحكم وإلى حد كبير في نشاط الفطريات.

٢ – ضرر البرودة : الثمار المصابة تفقد قدرتها على مقاومة الأمراض .

٣ – درجة نضج الثمار : تتميز الثمار غير الناضجة بمقدرتها العالية على مقاومة الأمراض، وتقل هذه المقدرة بتقدم الثمار بالنضج وتنخفض أكثر عند الشيخوخة. ومن الأمراض التي تصيب الثمار عند النضج والشيخوخة : العفن البني، العفن الرمادي، العفن الأزرق، وعفن الريزبوس . ويعتقد أن الثمار غير الناضجة تحتوي على مركبات مضادة للفطريات مثل التانينات.

٤ – نقص الأوكسجين وزيادة ثاني أكسيد الكربون : التخزين في جو هوائي معدل يقلل الإصابة بالأمراض بطريق غير مباشر بتأخير وصول الثمار إلى مرحلة الشيخوخة وفقدانها لوسائل المقاومة ، وبطريق مباشر بالتأثير على نمو الكائنات المسببة للأمراض عن طريق خفض معدل تنفسها وبالتالي نشاطها.

٥ – الضرر الميكانيكي : حيث تصبح أماكن الإصابة بالضرر مدخلاً سهلاً للكائنات المسببة للأمراض .

**أهم الأمراض التي تصيب الثمار بعد الجمع :**

١ – العفن الأخضر Green Mold Rot :

ويسببه فطر Penicillium Digetatum وينتشر هذا المرض كثيراً وخاصة على ثمار الحمضيات ويسببه فطر البنيسيليوم ، وأعراض الإصابة تتمثل في ظهور مساحة لينة بقشرة الثمرة يسهل ضغطها بالإصبع لا تلبث أن تزداد مساحتها ثم تتغطى بطبقة من خيوط الفطر البيضاء ثم تظهر فوقها جراثيم الفطر ذات اللون المخضر في مساحة غير منتظمة ، وينتشر هذا المرض بسرعة بين الثمار بالملامسة .

٢ – العفن الأزرق Blue Mold Rot :

ويسببه أيضاً فطر البنيسيليوم ، وهذا الفطر بأنواعه المختلفة يصيب ثمار الحمضيات بالإضافة إلى التفاح والكمثرى والخوخ .

Penicillium Italicum على ثمار الحمضيات .

Penicilluim Expansum على ثمار التفاح ، الكمثرى ، الخوخ ، الدراق ، المشمش ، العنب .

٣ – العفن البني Brown Rot :

ويسببه فطر Monilinia Fructicola ، وتظهر الإصابة بالمرض بالحقل وبعد الجمع وأثناء التخزين، ويساعد في ذلك تلوث الثمار أو إصابتها بالجروح ، وتظهر أعراض الإصابة على شكل تصلب أنسجة القشرة في مكان الإصابة يتبعه ظهور عفن أبيض خفيف على السطح يعقبه ظهور بقع بنية وتكون الثمرة في هذه الحالة عرضة للإصابة بفطريات أخرى وتتحول الثمرة نتيجة لذلك إلى كتلة لينة ، ومن الثمار التي تصاب بهذا المرض: الخوخ ، الكرز ، المشمش ، الدراق .

٤ – عفن الالترناريا Alternaria Rot :

ويسببه فطر .Alternaria Spp ويصيب الفطر عادة المناطق الضعيفة من الثمرة ، وتظهر أعراض المرض على شكل بقع لونها من البني إلى الأسود تختلف مساحتها حسب شدة الإصابة حتى تشمل الثمرة كلها .

ويساعد في الإصابة زيادة نسبة الرطوبة في المخازن المبردة ووجود الماء على سطح الثمار . وتظهر الإصابة بشكل أوضح حول عنق الثمرة وتزداد في الثمار المخزنة لمدة طويلة عند درجات الحرارة المنخفضة ، وتتعرض ثمار البندورة بكثرة للإصابة بهذا العفن أثناء تخزينها ، كما يصيب المرض التفاحيات والثمار ذات النواة الحجرية والعنب ، الحمضيات ، الرمان وغيرها .

٥ – العفن البكتيري الطري Bacterial Soft Rot :

ويسببه بكتريا .Erwinia Spp أو .Pseudomonas Spp ويصيب المرض درنات البطاطا والخضر الورقية ، وتبدأ الإصابة على شكل بقع لينة مائية الملمس على سطح الثمرة لا تلبث أن تتسع مساحتها بسرعة لتشمل معظم الثمرة التي تصبح لينة جداً ومائية ، وتتمزق جدرها ويخرج منها عصير مائي ذو رائحة كريهة .

٦ – العفن الرمادي Gray Mold Rot :

ويسببه فطر Botrytis Cineria وهذا المرض من الأمراض الهامة التي تصيب الكثير من الحاصلات البستانية ومنها العنب ، التفاح ، الكمثرى ، الدراق، المشمش ، التين ، البندورة ، الملفوف، الزهرة وغيرها . والفطر قد يصيب الثمار في الحقل وأثناء التداول والتخزين ، والجروح هي المكان الرئيسي لدخول جراثيم الفطر وتنتقل بين الثمار بالملامسة .

بالإضافة إلى الأمراض السابقة توجد أمراض أخرى مثل:

- عفن الريزوبس Rhizpus Rot ويسببه فطر Rhiopus Stoloinifer
- عفن الانتراكنوز Anthracnose Rot الذي يصيب العديد من محاصيل الخضر والفاكهة ويسببه فطر .Collectotrichum Spp ،

- عفن الفيتوفترا والذي يسبب خسائر كبيرة خاصة في محصول البطاطا ويسببه فطر .Phytophthra Spp وغيرها .

والجدول ( ٣-٧ ) يوضح أهم الحاصلات البستانية وأهم الأمراض التي تصيبها.

**طرق الوقاية من الأمراض**

أ – قبل الجمع : الوقاية عن طريق :

١ – القضاء على كل مصادر الإصابة في الحقل مثل الثمار المتعفنة .

٢ – الرش بالمبيدات الفطرية المناسبة .

٣ – الاهتمام بعملية الجمع لتقليل حدوث الأضرار الميكانيكية .

٤ – عدم جمع الثمار مثل الحمضيات عندما تكون رطبة او تركها لتجف قليلاً ويتصلب سطحها .

ب – بعد الجمع : يمكن السيطرة على الإصابات المرضية باتباع العديد من الوسائل بصورة منفردة أو الجمع بين أكثر من وسيلة :

١ – الإعداد الجيد للمحصول وتشجيع تكون طبقة القشرة واندمال الجروح.

٢ – التداول والتخزين عند درجات الحرارة المنخفضة.

٣ – المعاملة بدرجات حرارة مرتفعة : تستعمل لمكافحة كثير من الأمراض في بعض الثمار . وعادة تغمر الثمار المراد معاملتها في ماء ساخن درجة حرارته تتراوح بين (٤٣-٦٠م$^{o}$) لمدة تتراوح بين (١,٥-٤) دقائق. والملاحظ في هذه المعاملة أن الفارق في درجة الحرارة التي يتأثر بها المحصول والتي تؤثر في المرض تكون بسيطة جداً ، فيجب أخذ الحذر الشديد عند استعمال هذه الطريقة في مكافحة الأمراض .

٤ – الجو الهوائي المعدل أو المتحكم به : يؤخر شيخوخة الثمار ويؤثر على نمو الكثير من مسببات الأمراض.

٥ – الإشعاع : ويستخدم الإشعاع لمكافحة بعض الأمراض.

**جدول ( ٣-٧ ) بعض الأمراض الهامة التي تصيب الحاصلات البستانية**

| المحصول | المرض | المسببات |
|---|---|---|
| التفاح والإجاص | العفن العديسي | Phlyctacna Vagabunda desm |
| الموز | العفن الأزرق | Penicillium expansum Thom |
| | العفن التاجي | Collectotrichum musae Arx.<br>Fusarium roseum link.<br>Verticillium theobromae Hughes. |
| | انثراكنوز | Colletorichum musae Arx. |
| الحمضيات | تعفن طرف الساق | Phomopsis citri fawe<br>Diplodia natalensis Evan.<br>Alternaria citri Eap. |
| | العفن الأخضر | Penicillim digitatum Sace. |
| | العفن الأزرق | Penicillim italicum Weh. |
| العنب والتفاح | العفن الرمادي | Botrytis cinerea Per.Fr. |
| الإجاص والفريز | العفن الرمادي | Botrytis cinerea Per.F. |
| والخضر الورقية | العفن الرمادي | Botrytis cinerea Per.Fr. |
| الدراق والكرز | العفن البني | Monilinia fructicola. Wint. |
| الدراق والكرز والفريز | عفن الرايزوبس | Rhizopus stolonifer (Ehr.) |
| الأناناس | العفن الأسود | Ceratocytis paradoxa More. |
| البطاطا ، خضر ورقية | العفن البكتيري الطري | Erwinina Carotonora Jones. |
| | العفن الجاف | Dusarium spp. |
| البطاطا الحلوة | العفن الأسود | Ceratocystis fimbriata E&H. |
| الخضر الورقية والجزر | العفن المائي | Sclerotinia sclerotiorum Lib. |

٦ – استعمال المواد الكيماوية : ويجب أن لا تكون سامة للثمار أو تترك أثراً ظاهراً عليها وأن لا تكون الكمية المتبقية منها في الثمار ضارة للإنسان .

ليس هناك أي من الكيماويات تتوفر فيها كل الشروط المشار إليها ، إلا أنه توجد بعض المبيدات الفطرية التي يكثر استعمالها مثل :

– البوراكس ، ثيوبندازول ، بينوميل لمقاومة البنيسيليوم في الحمضيات .

– صوديوم ارثوفينيل فينيت وتستعمل للفطريات والبكتريا بصفة عامة .

– ثاني أكسيد الكبريت ، يستعمل بكثرة لمكافحة العفن الرمادي في العنب .

## ثالثاً – الأضرار الميكانيكية

إن النسبة العالية للرطوبة وليونة ثمار الخضر والفواكه يجعلها أكثر عرضة للأضرار الميكانيكية خلال عمليات تداول الثمار في الحقل والجمع والنقل والتخزين والتسويق وتحدث الأضرار الميكانيكية للأسباب التالية:

– ممارسات خاطئة في عمليات الحصاد فمثلاً سحب ثمرة الكلمنتينا بقوة يؤدي لجرح وتمزق القشرة خاصة في منطقة اتصالها بحامل الثمرة (بالعنق) .

– استخدام عبوات رديئة أثناء التداول في الحقل وعند التسويق كأن يكون بها زوايا حادة أو مسامير بارزة .

– التعبئة الزائدة أو الناقصة للعبوات أو رص الثمار بالضغط داخل العبوة .

– الإهمال في عمليات التداول مثل الرمي أو القذف أو حتى المشي فوق المحصول أو عبواته أثناء عمليات التدريج والتعبئة والتسويق .

– تعبئة المحصول لمستوى أعلى من حافة العبوة .

وقد تأخذ الأضرار الميكانيكية أشكالاً مختلفة مثل :

– تشقق الثمار والدرنات نتيجة للصدمة الناتجة عن سقوطها من أعلى .

– التهتك الداخلي الذي لا يمكن رؤيته والذي تحدثه أيضاً الصدمات .

– الكدمات والخدوش التي تؤثر على القشرة والطبقات الخارجية للخلايا .

– هرس الخضروات الورقية والمحاصيل اللينة الأخرى .

– الأضرار التي تسببها أعناق الثمار المجاورة ( كما في الحمضيات ) وخاصة عندما يكون طول عنق الثمرة أطول من الحد اللازم .

وتؤدي الأضرار التي تسبب الجروح أو نزع القشرة إلى :

– تهيئة الفرص لدخول مسببات الأمراض – زيادة كمية الرطوبة التي تفقدها الثمار – زيادة شدة التنفس.

وتؤدي أضرار التهتك التي لا تؤثر على القشرة الخارجية (الرضوض) إلى :

– زيادة شدة التنفس وفقد الرطوبة – تغير لون لب الثمرة نتيجة لإصابة الأنسجة الداخلية – تغير النكهة نتيجة للعمليات الحيوية غير الطبيعية في الأجزاء المصابة.

## رابعاً – تدهور وتلف الحاصلات البستانية

تعتبر محاصيل الخضر والفاكهة سهلة التعرض لمسببات الفساد والتدهور لأن:

١ – الحاصلات البستانية لا تزال أنسجة حية وبالتالي فهي عرضة للتغير المستمر والتغيرات التي تحدث في هذه المنتجات في الغالب تؤدي بالنهاية إلى تدهورها وفسادها . وبالتالي يجب العمل على تخفيض شدة حدوثها .

٢ – تحتوي الحاصلات البستانية على كميات كبيرة من الماء وبالتالي تعرضها والذبول وفقد القيمة الغذائية وسهولة إصابتها بالأضرار الميكانيكية .

٣ –الحاصلات البستانية تشكل وسطاً ملائماً نسبياً لنمو وانتشار الأمراض .

**العوامل المسببة للفساد والتدهور :**

أ – العوامل الداخلية وتشمل :

١ – عمليات الهدم الحيوي :

خلال عملية التنفس تفقد الثمار جزءاً من مكوناتها العضوية ، وعند الشيخوخة تؤدي إلى التدهور في الوظيفة والتركيب ويتبع ذلك تموت الأنسجة .

٢ – التغير في المكونات ويشمل :

– التغير في المواد الكربوهيدراتية.

– التغير في اللون وذلك نتيجة للتغيرات التي تحدث على الصبغات الملونة كما يشمل التغير في الصبغات تكوين الكاروتينات والانثوسيانينات. وقد يشمل تغير الصبغات أيضاً تأكسد المركبات الفينولية مما يؤدي إلى تلون الأنسجة باللون البني.

– تحول المواد البكتينية غير الذائبة إلى مواد بكتينية ذائبة يؤدي إلى فقد الثمار لصلابتها وبالتالي سهولة إصابتها بالأضرار الميكانيكية والمرضية .

– الفقد في الفيتامينات وخاصة فيتامين "C" وهذا يؤدي إلى تدهور الجودة .

٣ – النمو :

يؤدي نمو بعض الأجزاء إلى تدهور الجودة مثل الإنبات في درنات البطاطا وإنبات الجذور في البصل والجزر وإنبات البذور في ثمار البندورة والفليفلة والبازلاء .

٤ – فقد الماء :

يعتبر فقد الماء من أهم الأضرار التي تؤدي إلى فساد وتدهور الحاصلات البستانية حيث ينتج عنه الفقد في الوزن والشكل والصلابة .

٥ – التدهور الفيزيولوجي :

هذه الأضرار تقلل من قدرة المحصول على تحمل التداول والتخزين وتسبب فقد الجودة وتشجع نمو وانتشار الأمراض المسببة للفساد .

٦ – التدهور نتيجة الإصابة بالأمراض :

كثيراً ما يؤدي إلى فقد كبير بالمنتجات وتدهور في الجودة .

٧ – التدهور نتيجة للإصابات الميكانيكية .

ب – العوامل الخارجية والبيئية :

تؤدي العديد من العوامل المحيطة بالحاصلات البستانية إلى تدهور جودتها وتسريع فسادها عندما تكون هذه العوامل غير مناسبة ومن أهمها : الحرارة – الرطوبة النسبية حول الثمار – نسبة الأكسجين – تركيز ثاني أكسيد الكربون – تركيز غاز الاتيلين – الضوء – المواد الكيميائية المستعملة . ويؤدي تدهور

الحاصلات البستانية بعد الجمع إلى حدوث فقد فيها . وقدرت بعض الدراسات أن الفاقد في الحاصلات البستانية في الدول المتقدمة يبلغ (٥-٢٥%) ويتراوح بين (٢٥-٧٥%) في الدول النامية وذلك حسب نوع المحصول ويأخذ الفاقد أشكالاً مختلفة أهمها :

١ – فقد في كميات المحصول .

٢ – فقد في القيمة الغذائية الناتج عن فقد في المكونات .

٣ – فقد في النوعية نظراً للفقد في الطعم والنكهة والرائحة والصلابة واللون .

٤ – فقد في الشكل الخارجي للثمار بسبب فقد الماء والفقد الناتج عن العوامل الطبيعية والمرضية .

٥ – فقد في الطاقة والمواد التي استخدمت منذ الزراعة وحتى الجمع والتخزين والتسويق.

**أهم أنواع الفقد خلال التخزين:**

١ – الفقد بالوزن : وهو عبارة عن مجموع الفقد الناتج عن التنفس والنتج وتتوقف نسبة الفقد بالوزن على عوامل عدة أهمها :

نوع الثمار وصنفها – حالة الثمرة الفيزيولوجية – طريقة التخزين – درجة حرارة التخزين – الرطوبة النسبية لهواء المخزن – سرعة الهواء .

وتختلف نسبة الفقد الناتجة عن التنفس إلى نسبة الفقد الناتجة عن النتح حسب العوامل السابقة وتبلغ من (١:٢) إلى (١:١٥) .

ويبلغ الفقد بالوزن وسطياً من (١-١,٥%) شهرياً في المخازن المبردة صناعياً أما في مخازن الوسط الغازي المعدل فيبلغ (٠,٣-٠,٥%) شهرياً فقط .

٢ – الفقد الناتج عن الإصابة بالأمراض التخزينية : يشكل هذا الفقد غالبية الثمار التالفة وخاصة بسبب إصابتها بالأحياء الدقيقة المسببة للأمراض المختلفة وتعتبر الأعفان أكثر الأمراض التي تصيب منتجات الخضر والفواكه أثناء التخزين .

# الفصل التاسع

# المعاملات المستخدمة لإطالة تخزين الخضار والفواكه

ثمة بعض المعاملات التي تطبق على بعض الحاصلات البستانية والتي تزيد من إمكانية تخزينها وخاصة أن بعض الحاصلات البستانية تحتاج إلى معاملات خاصة بها. وهذه المعاملات قد تمارس قبل أو خلال أو بعد عملية التعبئة وتعتبر مكملة لعمليات التوضيب السابق ذكرها ومن هذه المعاملات :

**أولاً – التبريد المبدئي**

يقصد بالتبريد المبدئي الإزالة السريعة لحرارة الحقل بعد جمع المحصول وقبل التخزين أو الشحن والهدف هو خفض درجة حرارة المحصول بعد جمعه أو تعبئته إلى درجة تساوي أو قريبة من الدرجة التي سيحفظ عليها أثناء التخزين أو الشحن . وذلك لإبطاء العمليات الحيوية في الثمار مثل التنفس وإنتاج الإتيلين وبالتالي تقليل تلفها . إضافة إلى تخفيف العبء على آلات التبريد الموجودة بغرف التخزين أو عربات الشحن . وتتم عملية التبريد المبدئي وخفض حرارة الثمار إلى الدرجة المرغوبة في مدة وجيزة تتراوح بين نصف ساعة وأربع وعشرون ساعة وذلك حسب نوع المحصول ووسط التبريد . والتبريد المبدئي ضروري لثمار الفاكهة والخضر وخاصة الأنواع السريعة التلف مثل الخس – العنب – الفريز – الدراق – المشمش – البندورة – وغيرها .

فوائد التبريد المبدئي : للتبريد المبدئي فوائد عديدة منها :

١ – إبطاء العمليات الحيوية في الثمار بعد الحصاد .

٣ – تسهيل عملية التبريد وتخفيف العبء على أجهزة التبريد .

٤ – تقليل نشاط الكائنات الممرضة التي تصيب الثمار .

٥ – زيادة أماكن التسويق ووصول المحصول إلى المستهلك وبجودة عالية .

٦ – إطالة فترة تسويق وتخزين المحصول نتيجة بقائه بحالة صالحة للاستهلاك .

**طرق إجراء التبريد :**

١ – طريقة التبريد الثابتة

وهي الطريقة الأكثر شيوعاً حيث يوضع المحصول بعد وضعه في العبوات في حجرات التخزين المبرد . ويجب أن لا تقل سرعة الهواء البارد في هذه الحجرات عن٦٠ متر/دقيقة كما يجب ترك فراغات بين العبوات في اتجاه الهواء البارد . يمكن خفض درجة حرارة الثمار باستخدام غرف التبريد الثابتة في حوالي ١٢ ساعة ، وبمعدل (٢–٣ م$^{o}$) في الساعة . تتميز هذه الطريقة :

– ببساطة تصميم وتشغيل وحدات التبريد كما أنه

– يمكن تبريد الثمار مبدئياً وتخزينها في نفس المكان .

إلا أنه لها بعض العيوب والتي منها :

– بطء عملية التبريد : لذا فهي لا تصلح لتبريد المحاصيل السريعة التلف .

– عدم انتظام توزيع الحرارة : حيث قد تتجمد الثمار القريبة من مصدر الهواء البارد في حين لا تصل درجة الحرارة المطلوبة إلى بعض الثمار البعيدة .

– تصبح هذه الطريقة غير فعالة في حال تجميع العبوات أو تغليفها حيث لا تسمح بتلامس الهواء البارد لكل الثمار .

٢ – التبريد باستعمال الهواء المضغوط

تتلخص هذه الطريقة بإجبار الهواء البارد على دخول العبوات وملامسة الثمار وامتصاص الحرارة منها بسرعة ثم يسحب الهواء الحار من بين العبوات بسرعة في اتجاه أجهزة التبريد ليتم تبريده وإعادته مرة أخرى ويتم إجبار الهواء على دخول العبوات عن طريق إحداث فرق في ضغط الهواء بين جانبي مجموعة العبوات.

ويمكن التحكم في سرعة التبريد بزيادة حجم الهواء المسحوب أو زيادة سرعة سحب الهواء بين صفوف العبوات .

يجب أن تحتوي العبوات عدداً كافياً من الفتحات لتسهيل حركة الهواء خلالها وبالتالي سرعة التبريد . وتعتبر طريقة الهواء المضغوط للتبريد المبدئي فعالة لكثير من الحاصلات البستانية إذ يمكن تبريد كثير من المحاصيل في غضون ربع أو عشر الوقت اللازم لتبريدها بواسطة غرف التبريد الثابتة .

٣ – التبريد بالماء

ويتم بغمر الثمار في أحواض بها ماء بارد أو تمريرها تحت رذاذ من الماء البارد . وتعمل هذه الطريقة على خفض درجة حرارة المحصول بسرعة لأن الماء له قدرة على امتصاص الحرارة أكثر من الهواء خاصة عندما يتم إيصال الماء البارد إلى كل أسطح المحصول وإذا كانت درجة حرارة الماء قريبة من الصفر المئوي . وتعتبر هذه الطريقة من أسرع وأرخص طرق التبريد المبدئي وتتميز بإمكانية استخدامها لغسل وتطهير الثمار وذلك بإضافة المواد المطهرة للماء. وتستخدم في تبريد: الجزر – الخوخ – المشمش – الدراق – التفاح – الإجاص – البندورة وغيرها .

٤ – التبريد بالثلج المجروش

من أقدم طرق التبريد ولا تزال تستعمل في الشحن والنقل لبعض محاصيل الخضر الورقية مثل الخس وبعض الخضر الثمرية كالبازلاء. وتتم هذه الطريقة بوضع الثلج المجروش في طبقات فوق المحصول سواء بداخل العبوات أو في سيارات النقل فوق العبوات. ويلزم للتبريد أيدي عاملة كثيرة وقد تسبب أضراراً للعبوات والثمار. إضافة إلى احتياجها لمحطات لصنع الثلج المجروش .

٥ – التبريد بالتفريغ الهوائي

وتسمى أيضاً التبريد تحت الضغط المنخفض فكلما انخفض الضغط الجوي يغلي الماء عند درجات حرارة أخفض فمثلاً عند الضغط الجوي (٤,٦ مم زئبقي ) فإن الماء يغلي عند درجة حرارة الصفر المئوي . وقد اتخذ هذا الأساس في تبريد بعض

الحاصلات البستانية ، حيث يوضع المحصول في غرفة محكمة ويفرغ الضغط في هذه الغرفة إلى حوالي (٧,٦ ملم زئبقي ) عندها يغلي الماء ويتبخر . وتحتاج عملية غليان الماء وتبخره إلى طاقة حرارية تمتص من المحصول وبذلك يمكن خفض درجة حرارة المحصول وتبريده .

وتستعمل هذه الطريقة في تبريد الخضر الورقية التي تتميز بوجود مساحة سطحية كبيرة للتبخر وتتحمل بعض الفقد في الوزن دون التأثير في الجودة حيث يصل الفقد بالوزن إلى حوالي (١,٥-٥%) . لذلك يمكن رش المحاصيل بالماء لتقليل الفقد بالوزن . وقد وجد بأنه لكل فقد قدره (١% ) من الماء ( فقد بالوزن ) يكون هناك خفض في درجات الحرارة مقداره حوالي (٥م$^{o}$) .

وبالرغم من كفاءة هذه الطريقة والفترة القصيرة اللازمة لإتمام عملية التبريد إلا أنها مكلفة جداً وتحتاج إلى كميات كبيرة من المحاصيل طوال العام حتى يكون تطبيقها اقتصادياً . هذا كما أنها لا تناسب كل المحاصيل لأن سرعة التبريد تعتمد على نسبة السطح إلى الوزن وسهولة فقد الماء من المحصول .

قدرت درجة حرارة بض المحاصيل التي تم تبريدها بهذه الطريقة بعد (٢٥-٣٠) دقيقة فوجدت أنها : في البصل الأخضر والخس (١م$^{o}$) ، البطاطا (١٩م$^{o}$) ، الملفوف (٥م$^{o}$) ، الزهرة (١٠م$^{o}$) علماً بأن درجة الحرارة المبدئية لهذه المحاصيل كانت (٢٠-٢٢م$^{o}$) .

٦ – التبريد بالتبخير

وهي تبخير الماء من المنتجات البستانية بدفع تيار هوائي جاف. ويمكن رش المنتج في البداية بالماء ثم يدفع الهواء الجاف فوقه وهذه الطريقة بسيطة جداً وسهلة ويمكن استخدامها في حال تعذر إتباع طرق التبريد المبدئي الآنفة الذكر إلا أنها بطيئة وكفاءتها منخفضة بسبب عدم التحكم بدرجة حرارة الهواء ( حيث تكون درجة حرارة الهواء هي حرارة الجو في المنطقة) وبالتالي قد تسبب أضراراً مختلفة للمحاصيل .

اختيار طريقة التبريد تعتمد على فترة التخزين المطلوبة حيث إن المحاصيل سريعة التلف لا بد من تبريدها وبسرعة بعد الجمع بينما تتحمل المحاصيل ذات القدرة التخزينية العالية بعض التأخير في إجراء التبريد المبدئي أو استخدام طريقة بطيئة كالتبريد في غرف ثابتة كذلك يجب تبريد المحاصيل الحساسة لضرر البرودة على درجات حرارة مرتفعة نسبياً (١٠-١٢م$^{o}$) الجدول ( ١-٨ ).

**جدول رقم ( ١-٨ ) الطرق المفضلة للتبريد المبدئي لبعض الحاصلات البستانية**

| المحصول | الطريقة المفضلة | الطريقة البديلة |
|---|---|---|
| الكوسا – الجزر – الفجل – البازيلاء – الشمام | التبريد بالماء | التبريد بالثلج |
| الخس – الملفوف – الزهرة – السبانخ – الكرافس | التبريد تحت ضغط منخفض | التبريد بالثلج |
| البندورة – الفليفلة – الباذنجان – الخيار – البطاطا – العنب – الرمان – الفريز | التبريد بالهواء المضغوط | غرف التبريد الثابتة – التبريد بالماء |
| المشمش – التفاح – الإجاص – الخوخ – الدراق – البرتقال | التبريد بالماء | التبريد بالهواء |

يمكن الاعتماد على العوامل التالية لاختيار الطريقة الملائمة لإجراء التبريد المبدئي:

– درجة حرارة المحصول قبل الجمع – فسيولوجية المحصول .

– درجة الحرارة المطلوب الوصول لها – الإمكانية التخزينية المطلوبة .

**العوامل المؤثرة في سرعة التبريد المبدئي:**

تعتمد كفاءة التبريد المبدئي للطرق المختلفة على عدة عوامل هي :

١ – سهولة تعرض المحصول لوسط التبريد .

٢ – الفرق بين درجة حرارة المحصول ودرجة حرارة وسط التبريد .

٣ – درجة حرارة وسط التبريد وقدرة وسط التبريد على امتصاص الحرارة .

٤ – طبيعة وسط التبريد ( ماء – هواء – ثلج ) .

٥ – سرعة وحجم وسط التبريد .

٦ – شكل وحجم الثمار خصوصاً مساحة السطح إلى الوزن .

٧ – الخصائص الحرارية: الحرارة النوعية –التوصيل الحراري لسطح الثمار .

٨ – حرارة المحصول الأولية والنهائية .

٩ – نوع المحصول وملاءمته لطريقة التبريد المستخدمة .

١٠ – نوع العبوات وكيفية صنعها .

من نتائج دراسة مقارنة بين ثلاث طرق للتبريد المبدئي وكفائتها في إزالة (٧/٨) حرارة المحصول بعد الجمع تبين أن التبريد بالماء أزال (٧/٨) حرارة الثمار خلال نصف ساعة بينما أزال الهواء المضغوط نفس الحرارة خلال ٣ ساعات أما عند استخدام الغرف الثابتة أمكن التخلص من (٧/٨) الحرارة خلال (١٨) ساعة .

وعادة يعتبر إزالة (٧/٨) من حرارة المحصول كحد أدنى للتبريد المبدئي ويختلف الزمن اللازم للتبريد لأي محصول باختلاف :

– طريقة التبريد – نوع العبوات – طريقة وضع العبوات في المخزن .

**ثانياً – المعاملات الكيميائية والحرارية :**

تستعمل المواد الكيميائية للوقاية من إصابة الثمار بالأمراض الميكروبيولوجية والفيزيولوجية. وأصبحت المعاملة بالمواد الكيميائية جزءاً مهماً في برامج تداول الحاصلات البستانية من أجل إطالة فترة التخزين وتقليل الفاقد منها وبتخفيض شدة عمليات الأكسدة والحلمهة وهدم المواد ومنع حدوث الكثير من التفاعلات الحيوية المنتجة للمواد الضارة والمؤدية لظهور حالات التدهور إضافة للقضاء على المسببات المرضية وتخفيف إمكانية الإصابة بالأحياء الدقيقة خلال التخزين.

**آ – المعاملات المضادة لنمو وانتشار الأحياء الدقيقة :**

يوجد العديد من المواد الكيميائية المستخدمة لتقليل أو منع انتشار الأمراض الفطرية أما الأمراض البكتيرية فلا يوجد مادة كيميائية فعالة تماماً تستخدم كمطهر بكتيري ضمن الشروط الصحية المطلوبة كأن يكون الأثر المتبقي منها غير ضار بالإنسان.
أهم المواد الكيميائية المستخدمة لمنع نمو الأحياء الدقيقة:

١ – المعاملة بغاز ثاني أكسيد الكبريت ($SO_2$) :

معاملة محاصيل الخضار والفواكه بالمركبات الكبريتية منتشر ومنذ زمن بعيد واستخدم غاز ثاني أكسيد الكبريت الناتج من حرق الكبريت وسميت هذه المعاملة بتدخين الحاصلات البستانية وكذلك استخدم محلول غاز ثاني أكسيد الكبريت تركيز (٠,٦ %) في معاملة الثمار بالرش أو التغطيس لزيادة فترة حفظها وتحسين مواصفاتها وحمايتها من الإصابة بالأحياء الدقيقة . ويمكن الحصول على غاز ثاني أكسيد الكبريت من بعض المركبات الكبريتية مثل الميتابيوسلفيت أو "حمض الكبريتيت وأملاحه" وهذه المواد مضادة للأكسدة بفضل قدرتها على ربط أو ادمصاص الأكسجين من الوسط المحيط . وبنفس الوقت تتمتع بتأثير مضاد للأحياء الدقيقة كونها تحرر غاز ثاني أكسيد الكبريت .

يستخدم غاز ثاني أكسيد الكبريت ($SO_2$) في تبخير ثمار العنب لتقليل الإصابة بالأمراض الفطرية وتخفيض معدل التنفس والمحافظة على لون أعناق الثمار ويساعد على حفظ جودتها أثناء التخزين .

يجري تبخير الثمار بعد تعبئتها بتركيز ($SO_2$(%١) لمدة عشرين دقيقة في المخازن المبردة العادية أو في غرف خاصة أو في الشاحنات المبردة وتعاد عملية التبخير كل عشرة أيام خلال فترة التخزين باستخدام تركيز ($SO_2$(%٠,٥) .

يستخدم الغاز السائل في أسطوانات توصل بأنابيب نحاسية إلى الغرفة التي تحتوي مراوح تدور بسرعة مناسبة .

يجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة عند استخدام غاز $SO_2$ كون تركيز (٠,٠٤%) ضاراً للإنسان أما التركيز (٠,٢٥%) فيعتبر مميتاً لذلك يجب استخدام ملابس خاصة وكمامات كما يجب طلاء الأنابيب والتوصيلات المختلفة في المخازن بطلاء مقاوم للأحماض حتى لا تتأثر بثاني أكسيد الكبريت الذي يشكل حمض الكبريت ($H_2SO_4$) أثناء انحلاله بالرطوبة الموجودة على أسطح تجهيزات الغرف .

يمكن استخدام غاز $SO_2$ الناتج عن حرق زهر الكبريت في مواقد خاصة ضمن غرف الكبرتة أو خارجها وتفضل المواقد المنفصلة عن غرف الكبرتة حيث ينقل غاز SO2 إلى المنتجات المراد تبخيرها . لأنها تقي الثمار من التلوث بنواتج الاحتراق وبعض الغازات المنطلقة من أكسدة المواد الضارة التي توجد كشوائب مختلطة مع زهر الكبريت مثل الرزنيخ . ولإجراء الكبرتة بشكل جيد يجب توفر كمية كافية من الهواء لتأمين احتراق الكبريت بشكل كامل : $S + O_2 \rightarrow SO_2$ .

ويمكن وضع بطانات محشوة بمادة بيوسلفيت الصوديوم بمعدل (٢غ/كغ ثمار) داخل الصناديق . وهذه المادة تطلق غاز ثاني أكسيد الكبريت أثناء عملية التخزين.

تؤدي عملية الكبرتة إلى احتفاظ الثمار باللون الطبيعي وأبدت الثمار مقاومة جيدة للأمراض وأعطت المعاملة بالمركبات الكبريتية نتائج جيدة أثناء التخزين إلا أن المعاملة بثاني أكسيد الكبريت تترك أثراً لهذا الغاز في أنسجة الثمار والخضار ولذلك

ارتبط استخدامها فقط بتخزين العنب لسهولة استخدامها وفعاليتها في تقليل الفقد أثناء التخزين مع تعذر استخدام وسائل المعاملة الكيميائية الأخرى مثل التغطيس في محاليل المواد المعقمة والمطهرة لحساسية العنب للرطوبة .

٢ – استخدام الأوزون ($O_3$) :

استخدم غاز الأوزون بتركيز (١–١,٥) جزء بالمليون في مخازن التبريد لمنع نمو الفطريات خاصة تحت ظروف الرطوبة النسبية المرتفعة التي تسود في المخازن لأن الأوزون مؤكسدة قوي يعمل على حرق مسببات المرض ولا يترك آثار عند استخدامه سوى غاز الأكسجين . تكون المعاملة لمدة محدودة وبتركيز محدد يومياً ولكن إذا زاد تركيزه عن (٢) جزء بالمليون فيسبب أضرار شديدة للثمار وتركيز واحد جزء بالمليون منه يعتبر ضاراً للإنسان .

فوائد الأوزون :

– يحد من نمو الفطريات التي تصيب سطح الثمار .

– يقلل من عدد الأبواغ الفطرية في هواء المخزن .

– يقضي على الروائح الغريبة التي تظهر في جو المخزن (يعمل على أكسدتها).

– يسبب الأوزون تأخيراً في نضج الثمار بسبب تأثيره على هدم غاز الاتيلين .

ومع هذا تبقى إمكانية استخدامه محدودة كونه يحدث أضراراً بالثمار بالتراكيز المرتفعة أكثر من واحد بالمليون . وينحصر دوره في تخفيض شدة الإصابة وإطالة فترة التخزين والاحتفاظ بجو نقي حول الثمار وإيقاف نمو الفطريات على العبوات وجدران المخزن بينما لم يكن للأوزون تأثير واضح على مدى إصابة الثمار نفسها بالفطريات ضمن التراكيز المسموحة .

٣ – البوراكس (تترابورات الصوديوم ) :

اليوراكس أول مطهر فطري استخدم على نطاق واسع بالنسبة لثمار الحمضيات حيث يستخدم محلولاً بتركيز (٥–٨%) ودرجة حرارة (٤٠ م$^{o}$) تغطس فيه الثمار

لمدة (٣–٥) دقائق وهو يقلل من انتشار العفن الأزرق والأخضر وتأثيراً أفضل عند استخدامه بعد قطف الثمار مباشرة . واستخدم البوراكس بنجاح على درنات البطاطا وثمار الشمام بنسبة (٢,٥–٢%) ويستخدم في فرنسا محلول بنتابورات الصوديوم بنسبة ١٠% كمخلوط مع المستحلب الشمعي المستخدم في تشميع الحمضيات . ولقد قل استخدام البوراكس حالياً لاستبداله بمركبات كيميائية أخرى .

٤ – ارثوفينيل فينات الصوديوم :

استخدم على نطاق واسع في معظم الدول المنتجة للحمضيات مكان البواركس كونه أسرع وأكثر فعالية منه وبتركيز ٠,٧٥–١,٢٥% وزيادة التركيز عن ذلك تسبب أضراراً كبيرة على القشرة الخارجية ويتناسب مدى الضرر مع زيادة التركيز .

ويمكن تقليل الضرر بإضافة مادة الهكسامين بنسبة (٢:١) إلى محلول ارثوفينات الصوديوم تركيز (٠,٦%) مع مادة منظمة لحموضة الوسط (pH=12) عند معاملة ثمار التفاح والإجاص ثم تغسل الثمار بعد المعاملة بالماء .

الحد الأعلى للتركيز المتبقي المسموح فيه من ارثوفينات الصوديوم (جزء بالمليون) بالنسبة لبعض الثمار : الحمضيات (١٠) – التفاح والإجاص (٢٥) – الخوخ (٢٠) – البندورة (١٠) البطاطا الحلوة (١٥) – الشمام (١٢٥) .

٥ – الكلورين :

يستخدم على صورة هيبوكلوريت الكالسيوم أو الصوديوم بتركيز (٥٠–١٢٥) جزء بالمليون لتطهير المياه المستخدمة في غسيل ثمار الفاكهة والخضار ويمكن استخدام هذه المياه أكثر من مرة .

٦ – حمض الديهيدرواستيك :

يستخدم على ثمار الفريز والكرز بنسبة (٠,٥–١%) لتقليل الإصابة بالعفن الرمادي والطري والألترناريا وإن زيادة النسبة عن ذلك تسبب أضراراً كبيرة للثمار ويسمح باستخدام هذا المركب على أن لا يتجاوز الأثر المتبقي ٦٥ جزء بالمليون .

٧ – مركبات الكلوروفينوكسي استيك أسيد :

تستخدم في معاملة الحمضيات وخاصة الليمون الذي يعامل بمحلول (١٠٠-١٠٠٠) جزء بالمليون من مركب :

Acide 2-4-8- dichlotophenoxyacetiqe ويرمز له (2.4-D)

أو 2.4-5 trichlotophenoxyacetiqe ويرمز له (2.4.5-T)

ويرجح بعض الباحثين تأثير هذه المركبات يعود إلى زيادة مناعة أنسجة الثمار لمهاجمة الفطريات وليس إلى تأثيرها كمطهر فطري ضد الفطر نفسه . كون هذه المواد تعتبر من منظمات النمو . ويتألف المحلول النموذجي لغسيل الحمضيات من٢% كلوروفينات الصوديوم و٥% من الصابون و١% من الهكسامين ويتبع ذلك الغسيل بالماء النقي للتخلص من بقايا المحلول .

٨ – البوتران (2.6 –d chloro-4-niline) :

ويستخدم البوتران بتركيز ٢% قبل الجني أو بعده للقضاء على عدد من الأمراض الفطرية . يستخدم رشاً على أشجار المشمش والخوخ بمعدل ٣ مرات قبل الجني للإقلال من الإصابة بالعفن البني والطري أثناء فترة التخزين . كما يمكن استخدامه بتغطيس الثمار بالمحلول بعد الجني .

٩ – بعض المواد الأخرى :

– الهكسامين : يستخدم للقضاء على الفطور والخمائر المتواجدة على أسطح ثمار الحمضيات خلال الغسيل ويسمح باستخدامه بما لا يزيد عن (٧٥٠) جزء بالمليون .

– الداي فينيل : يستخدم في معاملة الورق المستعمل في تغليف الحمضيات ولذلك يمكن وجوده على قشرة الحمضيات . ويجب أن لا تتجاوز كميته عن (١٠٠٠) جزء بالمليون حيث يثبط هذا المركب نحو الفطريات .

١٠ – المحاليل المستعملة في تطهير وغسيل الثمار ومحاليل الغسيل الجاهزة :وهي محاليل منظفة تنتجها بعض الشركات تحت أسماء تجارية مسجلة ومثالها : محلول

"Freshgrand" ومحلول "Retoro" وتحتوي محاليل الغسيل المجهزة على مواد مطهرة فمثلاً يحوي محلول "Freshgrand" على مادة ارثو فينيل فينات الصوديوم وبذلك تجري عملية التنظيف والتطهير معاً .

١١ – استخدام أوراق اللف والعبوات المعاملة بالمطهرات الفطرية :

تستخدم في بعض ثمار الفاكهة والخضار مواد مغلفة للثمار "Fruit Wrappers" أو بطانات للعبوات "Box Lines" أو أوراق مقصوصة " shredded paper " تكون مشبعة بتركيز محدد من المطهر الفطري بهدف منع أو تقليل انتشار الأمراض الفطرية أثناء نقل الثمار وتخزينها ومنها :

– ورق مشبع بالبايفينيل : وهو أكثر أنواع الورق استخداماً في عبوات ثمار الحمضيات ويستخدم سواء لتغليف الثمار أو كورقة كرتون توضع في صناديق التعبئة ويكون تركيز هذه المادة عادة بمعدل ٢ كغ لكل ٩٣ م$^{٢}$من الورق.

يستخدم بنجاح لمنع نمو العفن الأخضر والأزرق على الثمار أثناء تخزينها ولا يتأثر طعم الثمار أو نكهتها . والحد الأعلى للأثر المتبقي لهذه المادة (٧٠–١٠٠) جزء بالمليون . وعادة ما تعامل هذه الأوراق والمغلفات إضافة للمواد المضادة للأمراض الفطرية بمواد تعيق أو تمنع أو تؤخر حدوث التدهور الفيزيولوجي للثمار وخاصة مرض "الحرق" وبالتالي تكون المعاملة ثنائية الغرض .

**ب – المعاملات المستخدمة لمقاومة الأمراض الفيزيولوجية :**

١ – استخدام الورق المشبع بالزيوت المعدنية مع النحاس في تغليف الثمار ويحتوي هذا الورق على (١,٥%) نحاس قلوي و(١٧%) زيت معدني . ويستخدم لمنع انتشار العفن الرمادي ومرض التلون البني للقشرة (الحرق) على ثمار الإجاص .

٢ – الورق المشبع بالدي فينيل أمين (DPA) :

يستخدم بمعدل (١,٥) مليغرام لكل ٦٤٥ سم$^{٢}$ في الورق .

ويسمح باستخدامه بحيث لا يزيد الحد الأعلى للأثر المتبقي له عن (١٠) جزء بالمليون ويستخدم بنجاح في عبوات التفاح للتقليل من الإصابة بالتلون البني للقشرة.

٣ – المعاملة بمضادات الأكسدة :

انتشر بالفترة الأخيرة استخدام مضادات الأكسدة على نطاق تجاري واسع بغمر ثمار التفاح بمحاليل هذه المواد بهدف التقليل من أمراض التخزين وخاصة الأمراض الفيزيولوجية كالتلون البني للقشرة (الحرق) ومنها :

– مادة الداي فينيل امين بتركيز (١٠٠٠–٢٠٠٠) جزء بالمليون .

– مادة الإتاكسخين بتركيز (١٨٠٠–٢٧٠٠) جزء بالمليون .

– استخدام مضادات الأكسدة الطبيعية مثل فيتامين E ( $\alpha$ – توكوفيرول) حيث أظهرت نتائج التجارب أن المعاملة بالتوكوفيرول أدت إلى خفض شديد للإصابة بالتلون البني للقشرة .

٤ – المعاملة بمركبات الكالسيوم :

في أغلب بلدان العالم تستخدم المعالجة بمركبات الكالسيوم لوقاية الثمار من أغلب الأمراض الفيزيولوجية وخاصة مرض النقرة المرة في التفاح.

تختلف تقنية المعالجة بمركبات الكالسيوم حيث يمكن الاكتفاء بتغطيس الثمار لفترة دقيقة واحدة بمحلول كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) تركيز (٤%) . والتغطيس يمكن أن يتم تحت الضغط الجوي العادي أو تحت ضغط مرتفع الذي يساعد على فعالية امتصاص أكبر للمركبات من قبل الثمار .

ينصح بعض الباحثين رش الأشجار خلال موسم النمو بمحلول كلوريد الكالسيوم تركيز (٠,٧%) وذلك (٥–٧) مرات وذلك من أجل إغناء الثمار بمحتواها من عنصر الكالسيوم .

الكثير من الباحثين يفضلون المعاملة بكلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ أو نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ عن طريق رش الثمار بمحاليل هذه المركبات ولعدة مرات وهي ما تزال على الشجرة خلال موسم النمو كونها ذات فعالية أكبر وتعطي نتائج أفضل مقارنة

بتقنية تغطيس الثمار بعد الجمع . على اعتبار أن حركة عنصر الكالسيوم ضعيفة وبطيئة خلال الأنسجة وبالتالي لا يصل إلى الأنسجة الداخلية خلال المعاملة الوحيدة بالتغطيس .

**جـ – المعالجة بالتجفيف:**

يقصد بالعلاج التجفيفي المعاملات التي تستخدم لإعداد المحاصيل الجذرية والدرنية والأبصال والتي خلالها يتم التخلص من الرطوبة الزائدة خاصة في قشرة الثمار وتحدث تغيرات عديدة على الثمار تجعلها أكثر قابلية للتخزين وتحسن من جودتها . وتختلف هذه المعاملات تبعاً لنوع المحصول :

١ – العلاج التجفيفي للبطاطا :

تجري بعد القلع مباشرة للتخلص من الماء الزائد على سطح الدرنات وفي القشرة وتشجيع تكوين طبقة القشرة وبالتالي تقليل شدة فقد الماء أثناء التخزين والحد من سرعة انتشار الأمراض ، حيث يتم خلالها التئام الجروح التي قد تكون أحدثتها عمليات القلع.

أنسب درجات حرارة لإجراء هذه العملية ١٥–٢١م$^{o}$ والرطوبة النسبية بين ٨٥–٩٠% وتستمر فترة العلاج من ٤–٥ أيام إلى ٢–٣ أسابيع وذلك تبعاً لدرجة نضج الدرنات ودرجة إصابتها بالأضرار الميكانيكية.

٢ – العلاج التجفيفي في الخضار الجذرية :

وتجري هذه العملية للتخلص من الماء الزائد على سطح الجذور والقشرة ومن أجل التئام الجروح وتحسين حالة القشرة وتجري بتخزين الجذور بعد القلع مباشرة لفترة عشرة أيام على درجة حرارة ١٠–١٢م$^{o}$ ورطوبة نسبية تتراوح من٩٠–٩٥% مع التهوية الصناعية بمعدل٥٠–٧٠م$^{3}$ في الساعة لكل طن من الجذور . يمكن أن تلتئم الجروح بسرعة أكبر عند درجات حرارة مرتفعة ٢٠–٥٠م$^{o}$ورطوبة ٩٠–٩٥ % إلا أنه في هذه الظروف تبدأ البراعم بالتنبيت بسرعة وتفقد مقاومتها للأمراض.

٣ – العلاج التجفيفي في الأبصال :

تتم المعالجة بعد القلع مباشرة وبعد قطع الأجزاء الخضراء وذلك للأسباب التالية :

١ – يتعرض العنق والأجزاء العولية للبصله للتلف السريع إذا بقي محتفظاً برطوبته.

٢ – يقلل تجفيف القشرة الخارجية من التلف وفقدان الماء .

٣ – إذا لم تجفف الجذور المتضررة خلال القلع بالسرعة اللازمة تصبح منطقة صالحة لدخول الأحياء الدقيقة وإحداث الإصابة .

وتتم المعالجة بالحقل بنقل المحصول إلى مكان مهوى وظليل ويوضع فوق بعضه البعض بارتفاع نصف متر مع تغطية الأبصال بأوراق النبات حتى لا تتعرض للإصابة بلفحة الشمس وتترك الأبصال لمدة ٢–٣ أسابيع تبعاً للظروف الجوية (درجة حرارة الجو) ويمكن أن تمتد إلى أربعة أسابيع في المناطق الباردة والرطبة .

المعالجة في المخازن تتم بدفع تيار من الهواء الدافئ حتى تصل رطوبة الأبصال إلى ٦٠–٧٠% وخلال المعالجة يفقد البصل من ٣–٥% من وزنه . وأحياناً يلجأ بعض المزارعين إلى معالجة البصل بطريقة "التسميط" وفي هذه الطريقة يتم قطع الأوراق الخضراء من النبات حيث توضع النباتات رأسياً ومتجاورة في صفوف مستطيلة (مراود) ضيقة في جزء من الحقل وتغطى جوانب المراود بالتراب مع الحرص على تغطية كل الأبصال الظاهرة وترك المجموع الخضري معرضاً للشمس والهواء وتترك النباتات إلى أن يجف المجموع الخضري تماماً ويمكن الإبقاء على هذا الوضع لفترة من الزمن حتى وقت التسويق أو التخزين وعندها ترفع الأبصال من التراب وتقطع الأوراق الجافة والجذور .

**د– المعالجة الحرارية :**

تستخدم للوقاية من إصابة المحاصيل البستانية من بعض الأمراض الفطرية والفيزيولوجية وتتميز المعالجة الحرارية بعدم وجود مشكلة الأثر المتبقي للمركبات الكيميائية وبقدرتها على التأثير على الأحياء الدقيقة حتى تحت سطح الثمار.

تجري المعاملة إما بتعريض الثمار لتيار من الهواء الساخن أو بتغطيسها في الماء الساخن لفترات قصيرة تكفي للتخلص من مسببات الأمراض على سطح الثمار أو في الطبقات تحت السطحية منها دون التأثير في جودة الثمار نفسها.

استخدم بعض الباحثين التبريد السريع للثمار بعد المعاملة مباشرة لمنع حدوث أي ضرر بسبب الحرارة التي اكتسبتها الثمار أثناء المعاملة .

تختلف المعاملات الحرارية حسب نوع وصنف الفاكهة أو الخضار ودرجة النضج ونوع الكائنات المسببة للأمراض أثناء التخزين والمطلوب التخلص منها ، حيث تختلف الكائنات الحية الدقيقة بمدى حساسيتها للحرارة المرتفعة ، وتتوقف أيضاً على مدى حساسية الثمار نفسها لارتفاع درجة الحرارة عن الحدود المسموح بها .

إن درجة حرارة المعاملة وطول الفترة الزمنية وطريقة المعالجة يعود لطبيعة النوع ومدى ملاءمته لهذه الشروط. وغالباً ما تكون المعالجة الحرارية على درجات حرارة (٤٣-٦٠ م$^{o}$) ولمدة (١-٤) دقائق تبعاً للنوع ، ومن هذه المعاملات :

١ – معاملة البصل

وهي من أهم المعاملات الحرارية حيث تتحمل الأبصال درجة حرارة تصل إلى٤٦-٤٧ م$^{o}$ لمدة ١٢-١٤ ساعة دون أن يحدث لها أي ضرر لذلك تجري المعاملة الحرارية للبصل بتعريض الأبصال للهواء الساخن بدرجة حرارة ٤٧-٥٠ م$^{o}$ لمدة ٢-٤ ساعات وذلك يؤدي لانخفاض واضح بنسبة الإصابة بالأعفان وخاصة العفن الأسود. فهذه الفترة من التعريض للحرارة كافية للقضاء على مسببات العفن الأسود الذي يعتبر السبب الرئيس لفساد الأبصال أثناء التخزين.

٢ – يعالج الليمون بتغطيس الثمار في ماء ساخن درجة حرارته ٤٦-٥٠ م$^{o}$ لمدة ٢-٤ دقائق لتقليل انتشار العفن الأخضر والأزرق .

٣ – يغمس البرتقال في ماء ساخن درجة حرارته٥٠-٥٥ م$^{o}$ دقائق لتقليل الإصابات الفطرية بنسبة٨٠% .

٤ – يغطس الخوخ في ماء ساخن بدرجة حرارة ٥٢ م$^{o}$ لمدة ٢–٣ دقائق لتقليل الإصابة بالعفن الرمادي .

٥ – تغطس البندورة في ماء بدرجة حرارة ٥٠ م$^{o}$ لمدة ٢–٣ دقائق لتقليل الإصابة بالعفن البكتيري على الثمار المكتملة النضج بنسبة٧٠% .

٦ – تعريض ثمار الفريز لهواء ساخن درجة حرارته ٤٣ م$^{o}$ ورطوبة نسبية للهواء ٩٠–٩٨% لفترة ٠,٥–١ ساعة تقلل من الإصابة بالعفن الرمادي .

٧ – تغطيس ثمار الفليفلة في ماء ساخن بدرجة حرارة ٥٣ م$^{o}$ لمدة ١,٥ دقيقة أو بماء درجة حرارته ٤٥م$^{o}$ لمدة ٢,٥ دقيقة . يقلل من العفن البكتيري بنسبة ٧٠% .

٨ – تعريض الجذور والدرنات للهواء الساخن بدرجة حرارة ٤٣ م$^{o}$ لمدة ٢٤ ساعة بعد القلع وخلال العلاج التجفيفي يقلل من الإصابة بالعفن الأسود .

٩ – غمس التفاح في ماء ساخن ٤٣–٤٦ م$^{o}$ لمدة ٣–٥ دقائق يقلل من إصابة التفاح بمرض الحرق ( التلون البني للقشرة ) .

١٠ – نظام التبادل الحراري : وجد أن ضرر البرودة في بعض الثمار يمكن تقليله بتعريضها من حين إلى آخر لدرجة حرارة مرتفعة . فمثلاً في البطاطا الحلوة وجد أن ضرر البرودة يمكن تقليل حدته بتعريضها لدرجة حرارة ١٥م$^{o}$ لمدة يوم بعد كل أسبوعين من تخزينها عند درجة حرارة ٧,٥م$^{o}$ .

**هـ – منع الإنبات ( التبرعم ) :**

يشكل الإنبات في بعض المحاصيل الجذرية والدرنية والبصلية مشكلة أثناء التخزين الطويل لهذه الحاصلات وخاصة في المناطق الباردة ذات الموسم الواحد أما في المناطق الدافئة فلا يعتبر التخزين الطويل ضرورة ملحة بسبب إنتاج أكثر من محصول في السنة . وللتقليل من عملية الإنبات في محصولي البطاطا والبصل يتم اختيار الأصناف ذات فترات سكون طويلة أو استخدام المركبات الكيميائية المانعة أو المعيقة للإنبات ومن هذه المواد:

١ – ماليك هيدرازيد (M.H) :

يستخدم لمنع تزريع الخضار الجذرية والدرنية والبصلية وتجري المعاملة رشاً قبل الحصاد أو بمعاملة الدرنات والأبصال مباشرة بعد الجني .

يتوقف التركيز المستخدم من المادة على النوع . ويستخدم المركب رشاً على البطاطا المخصصة للاستهلاك الغذائي قبل الجمع بـ ١٢–١٥ يوماً بمحلول تركيزه ٠,٢٥–٠,٣% ويستهلك الهكتار الواحد حوالي ١٠٠٠ ليتر وبالتالي الهكتار يحتاج إلى ٢,٥–٣ كغ من المادة الفعالة . ويمكن استخدامه تعفيراً على الدرنات الموجودة في المخزن بمعدل ٠,٠٢–٠,٠٣ كغ مادة فعالة/طن .

الماليك هيدرازين لا يؤخر التئام الجروح ولا يقلل من مقاومتها للأمراض إنما يؤخر من إنبات الدرنات لذلك لا يستخدم بالنسبة للتقاوى المخصصة للزراعة .

٢ – ميتيل ايتر نفتالين حمض الخل (MENA) :

يستخدم لمنع تنبيت درنات البطاطا المخزنة بدرجات حرارة مرتفعة والمخصصة للاستهلاك الغذائي بمعدل ٣ كغ/طن بتعفير الدرنات عند ظهور العلامات الأولى لنشوء البراعم (شباط – آذار) مع تغطية الدرنات بعد المعاملة بأكياس أو أوراق الكرافت أو أغلفة من البولي ايتيلين لمنع تطاير الايتير. ولكن استخدام هذا المركب بكميات كبيرة يقلل من مقاومة الدرنات للأمراض .

٣ – مركب 2,2.5.6 – Tetra chlornitrobenzol (TB) :

يستخدم لتأخير تنبيت تقاوى البطاطا في المخزن وذلك بتعفير الدرنات المخزنة بمعدل ٣كغ/طن وعملية التعفير تقلل من فقدان المواد الغذائية نتيجة تأخير النموات وإطالة فترة السكون في الدرنات لمدة ١,٥–٢ شهر كما تقلل من الفقد أثناء التخزين وتزيد من كمية المحصول الناتج بعد الزراعة .

٤ – كحول النونانول :

يبخر الكحول بأجهزة خاصة وبدفع بخاره مع تيار الهواء إلى الدرنات المخزنة وذلك بمعدل ٠,١ غ كحول /م$^{٣}$ هواء . وتبدأ معاملة الدرنات عند بداية نمو براعمها فيسود هذا النمو ويجف بعد أسبوع من المعاملة . وإذا كان من الضروري تخزين البطاطا لمدة طويلة تجري هذه المعاملة عدة مرات بفاصل أسبوعين مع ضرورة التهوية الصناعية .

٥ – مركب 3-Chloro – isopropyl – N- carbanatc (CIPC) :

يستخدم لمنع تزريع البطاطا بطريقة التعفير أو بغمس أكياس البطاطا في محلول ١% من المركب وبذلك يمكن منع تنبيت الدرنات لمدة ٧ أشهر. كما يمكن استخدام خليط من (IPC+CIPC) بنسبة ٠,٥% لكل منها وذلك بمعدل ٦ غ من المخلوط لكل ٣كغ بطاطا .

– يوجد العديد من المركبات الأخرى التي تمنع أو تؤخر الإنبات في البطاطا والبصل والثوم وكذلك وجد أن غاز الايتيلين بتركيز ٠,١% أو غاز الاستلين بتركيز ٠,٠٥–١% يمنع تزريع البطاطا والبصل كما وجد أن لمادة "الايثريل" فعالية في منع الإنبات عند البطاطا .

**ثالثاً : التشعيع**

هو إحدى المعاملات التي تستخدم لإطالة فترة بقاء ثمار محاصيل الخضر والفاكهة بحالة جيدة ومقاومة لعملية الفساد وبالتالي زيادة فترة تخزينها وتقليل نسب الفقد حيث للأشعة تأثيرات قاتلة للأحياء الدقيقة المسببة للفساد خلال التخزين . ويمكن أن تمنع أو تؤخر إنبات المحاصيل الجذرية والدرنية والبصلية. ويعرف تشعيع الأغذية "Food Irrodiation"بأنه معاملة الأغذية بأنواع معينة من الطاقة الإشعاعية تسمى بالأشعة المؤينة تتميز بقدرتها العالية على النفوذ إلى داخل المواد الغذائية كما أنها لا تنتج نشاطاً إشعاعياً في الأغذية المعاملة ولا تؤدي إلى تسخين الغذاء.

الأشعة المؤينة المستعملة في مجال تشعيع الأغذية غالباً أشعة غاما ويمكن استخدام أشعة إكس أو الإلكترونات المسرعة . ويعود انبعاث أشعة "غاما" نتيجة لاضطراب في النواة حيث تكون فيها الطاقة زائدة مما هي عليه في الطبيعة ولكي تتخلص النواة من الطاقة تقوم بإصدار أشعة غاما ولذلك فإن مصدر انبعاث أشعة "غاما" هو النواة نفسها على أن تكون هذه النواة غير مستقرة ثم تنشق وتتحلل معطية جسيمات متعددة مثل أشعة "ألفا" و"بيتا" إضافة لأشعة غاما.

يستخدم عنصر الكوبالت -GO أو السيزيوم -137 مصدراً لأشعة غاما إلا أن عنصر الكوبالت هو الشائع في الاستعمال . ويمكن الحصول على هذا العنصر النشط يوضع الكوبالت -56 النظير في مفاعل ذري وضرب أنويته بالنيترونات فتتحول الذرات إلى الصورة غير المستقرة .

حيث يؤدي انحلالها إلى انبعاث أشعة "غاما " :

$$CO_{27}^{59} + n_0^1 \rightarrow CO_{27}^{60} + \text{gamma rays}$$

وهي عبارة عن موجات كهرطيسية تتكون من تموجات حركية في الفراغ أو الوسط المادي وتتكون من مجال كهربائي يتقاطع بزاوية قائمة مع مجال مغناطيسي حيث تتحرك التموجات الكهربائية من أسفل لأعلى والعكس بينما تتحرك التموجات المغناطيسية من اليمين إلى اليسار والعكس .

والفرق بين أشعة غاما وأشعة "إكس" أن أشعة غاما مصدرها النواة بينما أشعة "إكس" تنتج عن انتقال الألكترونات من مستوى إلى آخر حول النواة وذلك عند انتقال الإلكترونات من مستوى طاقة مرتفع إلى مستوى طاقة منخفض والاختلاف الآخر بين نوعي الأشعة في طول الموجة .

يقاس الإشعاع بالجرعة الممتصة : وهي كمية الطاقة الإشعاعية الممتصة في واحدة الحجم من المادة المطلوب تشعيعها .

**الأرج :** هو كمية الطاقة اللازمة لتحريك غرام واحد مسافة واحد سم في زمن قدره ثانية واحدة .

**الراد (RAD) :** الجرعة التي تسبب امتصاص كمية من الطاقة مقدارها ١٠٠ أرج/غ من المادة والراد هو الوحدة القديمة لقياس الإشعاع .

**غراي (GY) :** وهي متوسط الطاقة التي تمتصها كتلة المادة من الأشعة المؤينة. وكل واحد غراي يساوي واحد جول من الطاقة التي يمتصها واحد كغ من الغذاء وهذه هي الوحدة الجديدة لقياس الإشعاع .

علماً بأن 1 RAD = 0.01 GY

**آلية تأثير الأشعة المؤينة على الأحياء الدقيقة**

عندما تتعرض المادة الغذائية إلى أي شكل من أشكال الأشعة المؤينة فإن جزء ضئيلاً من طاقة الأشعة الساقطة يمتص من قبل المادة المشعة في حين تتصادم معظم الأشعة المؤينة مع جزيئات المادة الغذائية مسببة آثاره (Excitation) وتأين (Ionization) وتكوين شقوق حرة ( جذور حرة Free radical ) لآلاف الذرات التي تقع في طريقها خلال فترة زمنية قصيرة لا تتعدى (٠,٠٠١) من الثانية . وبالتالي فإن مجمل حوادث الإثارة والتأين سوف تؤدي بالنتيجة إلى نسبة عالية من التأثيرات الكيميائية في المادة المعالجة ويتوقف مدى مجمل التأثيرات إلى مقدار الجرعة الإشعاعية التي تعرض لها المنتج وعلى نوع المنتج الذي تعرض للإشعاع . وبالتالي فإن المادة المعاملة تتأثر عند تعريضها للإشعاع نتيجة لإحدى الاتجاهات الثلاث الآتية أو إليها مجتمعة وهي :

١ – التأين Ionization :

وهو أن واحداً أو أكثر من الإلكترونات المدارية تطرد من ذرات الوسط المعرض للإشعاع وينفرد نتيجة لذلك : الإلكترونات (التي تحمل الشحنة السالبة ) وباقي الذرة (التي تحمل الشحنة الموجبة). وهذا النوع من التأثير له الأثر الأكبر في مكونات الخلية بصفة عامة .

٢ – الإثارة Excitation :

وينتج عن تكوين ذرات أو جزيئات نشطة نتيجة امتصاصها لطاقة الإشعاع ولكن بكمية غير كافية لتكوين شقوق حرة وبالتالي ينتج عنها رفع في مستوى طاقتها العادية لذلك تكون هذه الذرات أو الجزيئات نشطة كيميائياً بدرجة أكبر من الأصل .

٣ – تكوين الشقوق الحرة Free radical :

وغالباً ما يسود هذا التأثير في تكنولوجيا الأغذية وتعرف الشقوق الحرة بأنها أجزاء تنفصل من الجزيئات المتعادلة لمكونات المادة وذات نشاط كيميائي عال جداً وفترة حياة قصيرة جداً وبالتالي سرعان ما تتحد مع جزيئات أو ذرات أو شقوق حرة أخرى لتكون نواتج جديدة .

ميكانيكية تأثير الأشعة المؤينة في الأحياء الدقيقة :

ينقسم تأثير الأشعة المؤينة في الأحياء الدقيقة إلى شكلين :

١ – التأثير المباشر Direct effect :

تعتمد هذه النظرية على التأثير المباشر لفوتونات أو كوانتم الأشعة المؤينة على المركبات الحيوية (نظرية الدريئة Target theory ) عقب التصادم بها مما يسبب إحداث تغيرات مختلفة في الخلية . فإذا صدمت الأشعة مواد بيولوجية ذات تركيب جزيئي معقد فإن العمل البيولوجي لذلك التركيب سوف يتبدل أو يتحطم .

٢ – التأثير غير المباشر Indirect effect :

الخلايا الحية تحوي (٧٠–٨٠%) ماء فمن المفترض أن معظم الأشعة التي تتعرض لها الخلايا سوف تؤثر في الماء وتؤدي إلى تشكيل جذور حرة فعالة جداً ومن هذه الشقوق ($HO_2$ , OH , H) حيث تتميز هذه الشقوق بمقدرة عالية في أكسدة المواد العضوية الذائبة أو تعمل على تحطيم الروابط بين ذرات الكربون وهذا التأثير مسؤول عن نسبة كبيرة من التغيرات الكيميائية التي تحصل في المادة المشعة .

بعد جدل كبير حول استخدام الإشعاع في حفظ الأغذية عموماً توصل خبراء منظمة الأغذية والزراعة العالمية (FAO) ومنظمة الصحة العالمية (WHO) والوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) إلى أن معاملة الأغذية بجرعة إشعاعية كلية مقدارها ١٠ كيلو غراي لا ينشأ عنه أية مشاكل تغذوية أو ميكروبيولوجية .

وتستخدم الأشعة حالياً في حفظ عدد كبير من المنتجات الغذائية وفي مجال إطالة تخزين الحاصلات البستانية ونتيجة للدراسات العديدة في هذا المجال يمكن تقسيم تأثيرات الإشعاع حسب كمية الجرعة إلى :

١ – جرعات بين (٥–١٥) كيلو راد تمنع الإنبات في البطاطا – البصل – الجزر.

٢ – جرعات بحدود (٢٥) كيلو راد تقريباً : للوقاية من معظم الحشرات .

٣ – جرعات حتى (١٠٠) كيلو راد: للوقاية من بعض الأمراض الفطرية والبكتيرية.

٤ – جرعات حتى (١٠٠) كيلو راد : يبدأ الضرر عندها على معظم الثمار الذي يشمل الليونة: ظهور الطعم والنكهة الفاسدة – أضرار بالشكل الخارجي للثمار .

٥ – جرعات أكثر من (١٠٠) كيلو راد : تبطئ النضج وتؤخر الشيخوخة في بعض الثمار .

٦ – جرعات من (٥٠٠–١٠٠٠) كيلو راد : لقتل بعض الميكروبات المرضية مثل "السالمونيلا" .

٧ – جرعات من (٤–٥) ميجا راد : لتعقيم الأغذية المعلبة .

**أهم تطبيقات تقنية التشعيع في تخزين الحاصلات الابستانية**

حتى الآن لم يستعمل التشعيع على نطاق تجاري واسع في تداول المحاصيل البستانية الطازجة لعدة مشاكل أهمها :

١ – في معظم الأحيان يكون الإشعاع مضراً للثمار .

٢ – صعوبة تحديد عملية التشعيع على نطاق تجاري .

٣ – صعوبة تحديد مدى ضررها على الإنسان .

٤ – عدم قبول المستهلك للحاصلات البستانية المعاملة بالإشعاع .
٥ – وجود طرق بديلة أسهل وأرخص من الإشعاع وتحقق نفس الغرض .
٦ – لا يمكن بأي حال استعمالها كطريقة بديلة عن التخزين بالتبريد .

١ – تثبيط الإنبات في الدرنات والأبصال والخضار الجذرية :

يستخدم الإشعاع لمنع الإنبات ويوجد عدة طرق منها استخدام المواد الكيميائية المانعة للإنبات ولما لهذه المواد من تأثيرات جانبية على الصحة العامة فقد منعت الكثير من الدول استخدامها لذلك تأتي المعاملة بالإشعاع كطريقة بديلة وفعالة ولا تترك آثاراً صحية متبقية خاصة وإن الجرعات الإشعاعية المستخدمة عند تطبيق هذه التقنية منخفضة للغاية ولا تحدث تغيرات غير مرغوبة مهمة . ولذلك لمنع الإنبات يلزم جرعات من (٥–١٥) كيلو راد ولا تؤدي هذه المعاملة إلى أية أضرار سواء في صلابة الثمار أو نكهتها أو مكوناتها الغذائية.

٢ – إبطاء النضج والشيخوخة :

إبطاء عمليات النضج في ثمار الخضر والفاكهة يحتاج إلى جرعات إشعاعية كبيرة تؤدي إلى أضرار بالثمار لذلك لا يوجد مستقبل لتطبيق الإشعاع لهذا الغرض.

٣ – القضاء على مسببات أمراض التخزين :

تستخدام الأشعة المؤينة لخفض التلف في الخضار والفواكه أثناء التخزين الناتج عن نمو وانتشار الأحياء الدقيقة وخاصة الأعفان . لا بد من اختيار الجرعات الكافية للقضاء على مسببات التلف دون إحداث أضرار بالثمار.

هذا وتختلف قدرة الثمار على تحمل الجرعات الإشعاعية اللازمة تبعاً للنوع والصنف والحالة الفيزيولوجية لثمار الصنف الواحد (خاصة درجة النضج) .

ومن أمثلة تلك المعاملات الإشعاعية :

– معاملة ثمار الفريز بجرعة إشعاعية قدرها ٢ كيلو غراي مع التبريد أعاق نمو الفطر المسبب للعفن الرمادي.

– في الحمضيات يمكن إعاقة ظهور مسببات العفن الأزرق والعفن الأخضر بجرعة إشعاعية ١,٤–١,٨٦ كيلو غراي.

– ثمار اللوزيات : إعاقة نمو الفطريات المسببة للعفن البني بجرعة إشعاعية تتراوح من ٢–٣ كيلو غراي .

– في التفاحيات : معاملة ثمار التفاح بجرعة إشعاعية قدرها ٢–٣ كيلو غراي يمكن إعاقة نمو وانتشار الفطريات المسببة لنمو العفن الأزرق ومنع نمو فطر الاسيرجلس

– عند معاملة ثمار الموز بجرعة إشعاعية ١ كيلو غراي انخفضت نسبة الإصابة بالفطور المسببة للعفن إلى النصف أما معاملتها بجرعة قدرها ٣ كيلو غراي فقد منعت نمو الأعفان نهائياً .

– في ثمار التين والعنب يحتاج القضاء على مسببات الأعفان وخاصة العفن الرمادي إلى جرعات إشعاعية تراوح بين ٢–٤ كيلو غراي علماً أن هذه الجرعة تسبب ليونة الثمار. وتبين أن معاملة العنب بجرعة واحدة كيلو غراي أدت إلى خفض نسبة الإصابة بالأعفان بنسبة جيدة مع احتفاظ الثمار بصلابتها .

– معاملة ثمار البندورة بجرع إشعاعية (٢,٥–٣) كيلو غراي فعال في إعاقة نمو الفطريات المسببة للتلف إلا أنه سبب أضراراً تمثلت في طراوة الثمار وتبقعها .

– تصاب درنات البطاطا بفطور الـ Fusarium و Erwinia carotovora ووجد أنه باستخدام الجرعات الإشعاعية من (٠,١٨–٤,٧٧) كيلو غراي أدى إلى إعاقة نمو هذه الفطريات .

٤ – مكافحة حشرات التخزين :

الحشرات من الآفات الاقتصادية الهامة التي تصيب الحاصلات الزراعية أثناء التخزين وخاصة محاصيل الحبوب النجيلية والبقوليات والخضار والفواكه المجففة. وتستعمل المواد الكيميائية كوسيلة لمكافحة هذه الحشرات ويعتقد حتى الآن أن استعمال المواد الكيميائية هو الأجدى اقتصادياً والأكثر فعالية بالرغم من وجود سلبيات عديدة أهمها :

– عدم تأثر الحشرة بالمبيد عند وجودها داخل المادة الغذائية .
– تأثير المبيد على مكونات المادة الغذائية .
– الآثار المتبقية من المبيد في الغذاء بعد الاستعمال .
– احتمال ظهور صفة المقاومة للمبيد عند الحشرات .

لذلك باستخدام الأشعة المؤينة كطريقة بديلة يمكن القضاء على الحشرات الضارة وبنفس الوقت نستطيع تجاوز سلبيات المكافحة الكيميائية دون وجود أضرار جانبية بما يتعلق بالأثر المتبقي للمبيد وتلوث البيئة .

تختلف الجرعة المستخدمة ومدى حساسية الحشرات للأشعة على عوامل عدة منها : النوع والجنس والطور والعمر ونوع المادة وطريقة المعالجة .

ولكن المشكلة تكمن في مدى قبول المستهلك للمعاملة الإشعاعية.

باستخدام الأشعة المؤينة يمكن القضاء على الحشرات في الخضار والفواكه الطازجة مثل ذبابة الفاكهة ودودة البرتقال أبو صرة وفراشة درنات البطاطا ودودة ثمار التفاح. وقد أمكن استخدام جرعة إشعاعية أقل من واحد كيلو غراي للقضاء على تلك الحشرات.إن المستوى المنخفض من الجرع المستعملة في مكافحة حشرات التخزين قد لا يؤدي إلى قتل الحشرات بعد التشعيع مباشرة وإنما يكون تأثيره من خلال :

– إحداث العقم عند الحشرة في طور العذراء أو في طور الحشرة الكاملة.
– إعاقة تطور الحشرة الناتجة عن البيوض أو اليرقات بحيث يمنع وصولها إلى الطور الكامل للحشرة .
– العقم الفسيولوجي لأحد الجنسين أو كليهما.

عند معاملة الفستق الحلبي بجرعة إشعاعية (٥٠٠) غراي كافية لإطالة فترة التخزين لمدة ستة أشهر مع المحافظة على الخصائص النوعية للثمار .

أن استخدام الأشعة المؤينة للتخلص من الإصابات الحشرية في الفاكهة الاستوائية والمدارية مثل الحمضيات والمانجو والباباظ لاقى نجاحاً ملموساً كونها تقدم منتجات خالية من أي أثر متبقي .

# الفصل العاشر

# التخزين في الأوساط الغازية

يعتبر التخزين في الأوساط الغازية المحددة التركيب الغازي من أفضل وأحدث طرق التخزين لمعظم أنواع الفاكهة والخضار لذلك نجد الانتشار الواسع لهذه الطرق في معظم دول أوربا والولايات المتحدة واليابان وغيرها من الدول حيث أثبتت هذه الطريقة فعالية عالية في إطالة فترات التخزين إضافة للمحافظة على الجودة المميزة للنوع والصنف .

**الأسس النظرية للتخزين في الأوساط الغازية :**

درجات حرارة تخزين الخضر والفواكه بالتبريد غالباً ما تكون منخفضة وتتراوح بين (- ١، +١°م) لضمان استمرار هذه المنتجات لفترات طويلة نسبياً بالتخزين مع المحافظة على المواصفاتها الاستهلاكية المطلوبة . ولكن تبين أن لدرجات الحرارة المنخفضة والقريبة من الصفر تأثيرات جانبية على المادة المخزنة وخاصة تلك المنتجات الحساسة للانخفاض الشديد بدرجات الحرارة والتي تصاب عندها بأضرار التبريد . وذلك يعود أساساً لتسريع عمليات أكسدة مكونات الثمار وخاصة البوليفينولات بوجود التركيز العالي لغاز الأوكسجين (٢١%) . وهذا يحدث تغيرات في الاستقلاب الخلوي تؤدي إلى تدهور حالة الثمار .

لذلك توجه اهتمام الباحثين لاستخدام تقنيات أخرى إضافة لدرجات الحرارة المنخفضة تسمح بتفادي مخاطر التخزين التقليدية وبنفس الوقت تزيد من فترات تخزين منتجات الخضر والفاكهة مع المحافظة على مواصفات جودة عالية وهذا ما تمثل في تقنية التخزين بالأوساط الغازية .

يعتمد مبدأ استخدام هذه التقنية على التحكم بالعوامل الأخرى المؤثرة في شدة التنفس إضافة لدرجة الحرارة وبالتالي السيطرة القصوى على شدة العمليات الحياتية للثمرة وصولاً إلى إطالة فترة حياة الثمار وزيادة إمكاناتها التخزينية.

العوامل الأساسية التي تحدد شدة التنفس هي درجة الحرارة وتركيز غاز الأكسجين وتركيز غاز ثاني أكسيد في الوسط .

تبين أن انخفاض تركيز الأكسجين وارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكربون بوسط التخزين يخفض من معدل التنفس بشكل واضح . وبالتالي يعرف التخزين بالأوساط الغازية بأنه : استخدام مشترك لدرجات الحرارة المنخفضة وتغير بالتركيب الغازي لوسط التخزين يؤدي إلى تخفيض شدة التنفس إلى الحدود الدنيا والتي عندها تتباطأ عمليات النضج والشيخوخة ونتفادى فيه تأثير درجات الحرارة المنخفضة وذلك لإمكانية التخزين بدرجات حرارة أعلى من الصفر المئوي(+١، +٤°م).

**أسس تشكيل الأوساط الغازية :**

نتيجة للأبحاث والدراسات العديدة في هذا المجال أمكن التوصل لنتائج دقيقة تحدد الأوساط الغازية المناسبة لتخزين أغلب أنواع الخضر والفاكهة ولعدد كبير من الأصناف المهمة لتلك المنتجات .

ومن المعروف أن الجو العادي يحتوي أساساً على (٧٩%) ($N_2$) و(٢١%) ($O_2$). وعند التخزين بالتبريد يكون تركيز الغازات في وسط التخزين نفسه بالجو العادي كون نظام التخزين مفتوحاً وبالتالي التبادل الغازي مستمر بين الجو الخارجي ووسط التخزين وبالتالي نقص غاز $O_2$ الناتج عن التنفس يعوض مباشرة من الجو الخارجي وبنفس الوقت يخرج غاز $CO_2$ الناتج عن التنفس إلى الجو الخارجي . وهذا النظام يسمى التخزين بالوسط الطبيعي تمييزاً عن التخزين بالأوساط الغازية. ولهذا درست تأثيرات انخفاض تركيز غاز $O_2$ وارتفاع تركيز $CO_2$ على الثمار بشكل وافٍ .

١ – تأثير ارتفاع نسبة غاز CO2 :

يظهر تأثير غاز $CO_2$ في كبح النشاط الحيوي للثمار إذا ارتفع تركيزه بالوسط بحدود (٢–١٠%) أما التراكيز الأعلى فتؤدي إلى أضرار كبيرة للحاصلات المخزنة. وتختلف الحاصلات البستانية في مدى حساسيتها لارتفاع تركيز $CO_2$ في وسط التخزين ويمكن تقسيمها إلى أربع مجموعات:

الأولى : قليلة الحساسية : تتحمل تراكيز من غاز $CO_2$ حتى (١٠%) مثل الفليفلة – الشمام – بعض أصناف التفاح .

الثانية : متوسطة الحساسية : تتحمل تراكيز غاز $CO_2$ حتى (٥%) مثل : الخيار – التفاح— بازيلاء – أرضي شوكي – الزهرة – البندورة .

الثالثة : عالية الحساسية : تتحمل تراكيز غاز $CO_2$ حتى (٣–٤%) مثل : الملفوف – الجزر – البندورة – بعض أًصناف التفاح – الإجاص .

الرابعة : حساسة جداً : تتحمل تراكيز غاز $CO_2$ حتى (٢–٣%) مثل : البطاطا – الخس – الإجاص الناضج .

٢ – تأثير انخفاض نسبة غاز $O_2$ :

تظهر فعالية انخفاض تركيز $O_2$ بوسط التخزين على خفض شدة التنفس في الثمار بانخفاض تركيزه عن (٢١%) إلا أنه مع اقتراب التركيز من (٣%) يتعاظم التأثير الكابح للأكسجين على شدة التنفس بمعنى أن الانخفاضات المتساوية المتتالية لتركيز غاز $O_2$ بالوسط تؤدي لتأثيرات مضاعفة في شدة التنفس.

يؤدي انخفاض تركيز غاز $O_2$ بالوسط عن (٢%) إلى حدوث عملية التنفس اللاهوائي وتدهور الثمار بسرعة وذلك يعود لطبيعة الحاصلات البستانية ومدى حساسيتها لانخفاض تركيز غاز $O_2$ وبالتالي يمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات:

الأولى : قليلة الحساسية : تتحمل انخفاض تركيز $O_2$ حتى أقل قليلاً من (١%) مثل : الخس – الثوم – الكرز .

الثانيـة : متوسـطة الحساسـية : تتحمـل انخفـاض تركيـز $O_2$ حتـى (١-٢%) مثـل: الإجـــاص – الفريـــز – الـــدراق – المـــوز الأخضـــر – الشـــمام – الأرضي شوكي – الملفوف – البندورة الخضراء – الزهرة – كرفس .

الثالثـة : عاليـة الحساسـية : تتحمـل انخفـاض تركيـز O2 حتـى (١-٥%) حسـب النـوع والصـنف مثـل البنـدورة الحمـراء – المـوز الناضـج – البرتقـال – الليمون – التفاح – الفليفلة .

**التـأثيرات الإيجابيـة** لزيـادة تركيـز غـاز $CO_2$ بوسـط التخـزين ضـمن الحـدود المسموح بها تبعاً للنوع والصنف هي :

١ – خفض شدة التنفس وما يتبع ذلك من تأثير على شدة العمليات الحيوية والنضج وطول فترة التخزين .

٢ – تأخير تحلل الكلوروفيل واحتفاظ الثمار والخضار بلونها الأخضر المميز .

٣ – محافظة الثمار على محتواها من الحموضة .

أما أهم الآثار السلبية لزيادة تركيز غاز $CO_2$ عن الحدود المسموح بها :

١ – زيادة حساسية الثمار لانخفاض درجة الحرارة .

٢ – تسريع تدهور اللب والقشرة .

٣– تنخفض مقاومة الثمار للأحياء الدقيقة .

٤ – ظهور الحروق على سطح الثمار خاصة عند تكاثف بخار الماء وانحلال غاز $CO_2$ في قطرات الندى المتكاثفة على سطح الثمار مشكلاً حمضاً خفيفاً .

٥ – يسوء طعم الثمار .

٦ – تبقع الأوراق في الخس ورداءة الطعم في الملفوف .

٧ – تكوين فراغات أو تجاويف في الثمار .

التأثير الإيجابي لانخفاض تركيز غاز $O_2$ في وسط التخزين تكمن في :

١ – انخفاض شدة التنفس .

٢ – تأخير تحلل الكلوروفيل .

٣ – تأخير تفكك وتحلل المواد السكرية والمواد البكتينية والآزوتية ، ويؤخر تفكك الحموضة وإنما بدرجة أقل من المواد الأخرى .

٤ – التقليل من الإصابة بتلون اللب والقشرة .

٥ – تحسين الطعم والنكهة المميزة .

٦ – يحد من نشاط الفطريات وبشكل كبير .

٧ – الحد من تكوين غاز الإتيلين والمواد الطيارة الأخرى .

أما انخفاض تركيز غاز $O_2$ بوسط التخزين عن الحدود المسموح بها فيؤدي إلى:

١ – زيادة الحساسية لأضرار البرودة .

٢ – زيادة الحساسية لأضرار ارتفاع تركز غاز CO2 .

٣ – تلون اللب وظهور بقع مائية على القشرة .

٤ – تغيرات في اللون الطبيعي للثمار وخاصة في ثمار الأصناف الملونة .

٥ – تغير في طعم ونكهة الثمار بسبب بدء عمليات التخمر .

## أنظمة التخزين في الأوساط الغازية :

إن التركيب الغازي للنظام المراد إنشاؤه يتعلق بعوامل عدة تتعلق:

بالنوع والصنف المخزن وأهمها مدى حساسية المحصول لارتفاع تركيز غاز $CO_2$ وانخفاض تركيز غاز $O_2$ .

وبشكل عام تقسم أنظمة التخزين في الأوساط الغازية إلى ثلاثة أشكال رئيسية :

١ – الوسط العادي : ويكون فيه مجموع تركيز غازي $O_2$ و $CO_2$ (٢١%) كما هو عليه في الوسط الطبيعي إلا أن نسبة كل منهما تختلف عن الوسط الطبيعي وذلك بحسب الأنواع والأصناف المخزنة وتبعاً لطرق تشكيل الوسط الغازي وعادة ما تكون ($O_2$ ١١-١٦%) و($CO_2$ ٥-١١) وما تبقى يشغله غاز $N_2$ . هذا الوسط يستخدم في تخزين الأنواع والأصناف القليلة الحساسية لارتفاع غاز $CO_2$ مع تعذر استخدام الأنظمة الأخرى .

٢ – الوسط الشبه العادي : وفيه يكون مجموع غازي $O_2$ و$CO_2$ لا يزيد على (١٠%) وفي هذا الشكل يمكن تمييز أكثر الأنظمة استخداماً وهي :

(٥%) $CO_2$ و(٣%) $O_2$ – (٥%) $O_2$ و(٣%) $CO_2$ – (٣%) $O_2$ و(٣%) $CO_2$ . أما باقي هواء المخزن فيشغله غاز $N_2$.

ويعتبر النظام الأول (٥% $CO_2$ و٣% $O_2$ ) أكثر هذه الأنظمة انتشاراً ويناسب عدداً كبيراً من أصناف الفاكهة والخضار لذلك تنصح به منظمة الأغذية العالمية .

– الوسط الآزوتي : وهذا الوسط تقريباً خالٍ من غاز $CO_2$ ويشكل تركيز غاز $O_2$ فيه (٣–٥%) وذلك تبعاً للنوع والصنف والباقي يشغله الآزوت . ويستخدم في تخزين الأنواع والأصناف الحساسة جداً لغاز $CO_2$ مثل اللوزيات والعنب وبعض أصناف التفاح الحساسة .

أثبتت التجارب أن درجة الحرارة المثلى في الأوساط الغازية أعلى من الصفر وتتراوح من (٠ حتى +٤°م) وذلك تبعاً للنوع والصنف .

في مختلف مناطق العالم يتم إعداد نظم تخزين مختلفة أحياناً لنفس الأصناف وذلك يتعلق بالظروف التي تنمو وتتطور فيها ثمار هذه الأصناف فمثلاً لتخزين صنف التفاح جاناثان في فرنسا يفضلون النظام (٥% $CO_2$ و٣%$O_2$) أما في اليابان (٣% $CO_2$ و٣% $O_2$ ) وفي روسيا (٦% $CO_2$ و١٢% $O_2$ ) لذلك لا يفضل تطبيق أنظمة تخزين معينة في بلد آخر إلا بعد دراستها وتجربتها وتدقيقها .

عند التخزين في الأوساط الغازية ترتفع حساسية الحاصلات المخزنة للحرارة المنخفضة لذلك يجب المحافظة على درجة حرارة تزيد عما هي عليه في التخزين بالتبريد بالوسط الطبيعي وبالرغم من ذلك تزداد مدة التخزين بالأوساط الغازية كما ينخفض معدل التحولات الغذائية وتطور فترة السكون وتسير عمليات النضج ببطء بعد الجمع كما تقل الإصابة بالأمراض .

الرطوبة النسبية الملائمة لتخزين الثمار في الأوساط الغازية يجب أن تكون في حدود(٩٠-٩٥%). وعلى ذلك فإنه عند تخزين الخضار والفواكه في الأوساط الغازية لا بد من الأخذ بعين الاعتبار تأثير كل من العوامل الأربعة :

درجة الحرارة – الرطوبة النسبية في جو المخزن – ارتفاع نسبة $CO_2$ وانخفاض نسبة $O_2$ كل على حدى وتأثير هذه العوامل مجتمعة على المواد المخزنة لضمان الظروف الملائمة والمثلى التي تسمح بتخزين الثمار لأطول فترة ممكنة مع الاحتفاظ بمواصفاتها الاستهلاكية والتجارية.

## طرق تشكيل الأوساط الغازية

تختلف تقنيات وطرق تحقيق نظم التخزين المختلفة ( الوصول إلى التراكيز الغازية المناسبة في جو التخزين ) وبالتالي يمكن تقسيم هذه الطرق إلى قسمين رئيسيين :

١ – طرق التشكيل الداخلية

وفيها يتم تشكيل الوسط الغازي المطلوب اعتماداً على النشاط الفيزيولوجي للثمار من خلال عملية التنفس حيث تستهلك الحاصلات المخزنة في حجر مغلقة الأكسجين من جو التخزين وتطرح فيه ثاني أكسيد الكربون.

ونتيجة لذلك يرتفع تدريجياً تركيز $CO_2$ وينخفض تركيز $O_2$ في وسط التخزين إلى أن يصل تركيز كل من الغازين للحدود المطلوبة عندها تبدأ عملية التحكم بنسب الغازات للمحافظة على التركيب الغازي الذي تم تشكيله وذلك بطرق متعددة .

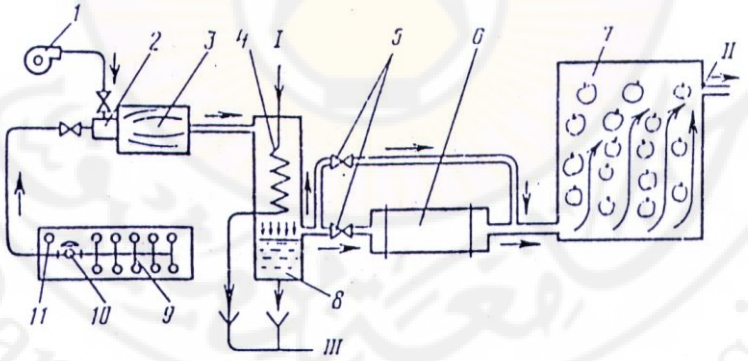
تمتاز هذه الطرق ببساطتها وسهولة تشكيل الوسط الغازي ولا تحتاج لأجهزة خاصة إلا أنها بطيئة وتحتاج إلى (١٥-٣٠) يوماً حتى الوصول إلى التركيب الغازي الملائم وذلك تبعاً لنوع وصنف وحالة الثمار لأن سرعة الوصول لنظام التخزين المطلوب تتوقف على شدة تنفس الثمار .

٢ – طرق التشكيل الخارجية

في هذه الطرق يتم تشكيل الوسط الغازي المطلوب خارج غرف التخزين ثم يرسل جاهزاً إلى وسط التخزين . وتشكيل الوسط الغازي يتم بإحدى الطرق التالية :

آ – استخدام مولدات الغاز : وهي عبارة عن غرفة احتراق تعمل على حرق غاز البروبان أو غازات أخرى في موقد خاص وبوجود الهواء حيث تحترق الغازات بوجود الأكسجين بدون لهب بوجود عامل وسيط وينتج عن الاحتراق غاز $CO_2$

وعلى هذا النحو يستهلك الأكسجين الموجود في وسط غرفة الاحتراق وينتج مزيج غازي مكون من غاز $N_2$ وغاز $CO_2$ وكمية قليلة من $O_2$ وبخار الماء ومواد أخرى غير كاملة الاحتراق وبعد ذلك يمرر المزيج الغازي على أجهزة تنقية تعمل على تخليصه من المواد والغازات غير المرغوب فيها ثم يعاير المزيج بمزجه مع الهواء وصولاً إلى التراكيز المطلوبة من غازات $CO_2$ و$O_2$ و$N_2$ وبالتالي يتم الحصول على وسط غازي ذي تركيب محدد تزود به غرف التخزين الشكل (١– ١٠ ) .




**الشكل ( ١– ١٠ ) : جهاز لتوليد الغاز**

١– مروحة ٢– مشعل ( حراق غازي ) ٣– غرفة الاشتعال (غرفة الاحتراق)

٤– مبرد للماء ٥– صنبور ٦– جهاز غسل الغاز Scrubber ٧– غرفة التخزين

٨– مجمع السائل المتكاثف ٩– اسطوانات الغاز ١٠– صمام ١١– منظم التغذية بالغاز II خروج الهواء III – تصريف الماء

وتستخدم هذه الطريقة عادة في منشآت التخزين بالأوساط الغازية ذات الحجوم الكبيرة . ويتم التحكم وتنظيم التركيب الغازي لاحقاً بهذه الحالة آلياً .

ب – استخدام أسطوانات الغاز : تستخدم أسطوانات الغاز المضغوطة لكل من $CO_2$، $O_2$ ، $N_2$ بوجود حجرة لمزج هذه الغازات بالنسب اللازمة وباستخدام جهاز قياس الغازات يمكن الوصول إلى التراكيز المطلوبه .ثم يدفع المزيج إلى غرف التخزين وبعد ذلك يتم التحكم بتراكيز الغازات بشكل مستمر وآلي وتعتبر هذه التقنية من أحدث تقنيات تشكيل الأوساط الغازية لكنها عالية الكلفة .

أحياناً يمكن استخدام أسطوانات تحوي على مزيج غازي بتركيب محدد لكل من غازات الـ $CO_2$ و$N_2$ و$O_2$ يحضر في المعامل الخاصة ويمكن استخدامه بشكل مباشر في تشكيل الوسط الغازي دون الحاجة إلى حجر المزج ، وغالباً ما تستخدم هذه الطرق لتشكيل الأوساط الغازية في غرف التخزين الصغيرة .

**تشكيل الوسط الغازي** يمر بعدة مراحل، فبعد إغلاق غرف التخزين تبدأ تراكيز ($O_2$) و($CO_2$) بالتغير حتى الوصول إلى التركيبة المحددة للنظام الغازي واستقراره.

ويمكن تقسيم هذه المراحل إلى طورين أساسيين :

– **طور التكوين** : وهي الفترة بين إغلاق حجرة التخزين وإحكامها وحتى ظهور طور استقرار النظام المطلوب ويتميز هذا الطور بالتغيرات الحادة لنسب الغازات . تتراوح مدة هذا الطور في حالة اعتماد طريقة التشكيل الذاتية بحدود (١٠–٢٥) يوماً ، أما في حالة استخدام مولدات الغاز فتنخفض مدته حتى (١–٥) أيام .

– **طور الاستقرار** : ويستمر طيلة فترة التخزين ولا تتغير نسب الغازات كثيراً خلاله.

## طرق التحكم بالوسط الغازي :

بعد تشكيل نظام التخزين بالوسط الغازي والوصول إلى التراكيز المناسبة. لا بد من اتباع آلية للمحافظة على النظام المحدد من التغير الناتج عن النشاط الفيزيولوجي للحاصلات المخزنة من خلال تنفس الثمار واستهلاك $O_2$ من وسط

التخزين وطرح $CO_2$ فيه . وذلك بإعادة تركيب مكونات الوسط الغازي في جو التخزين إلى ما كانت عليه عند تشكيل النظام والمحافظة على تراكيز الغازات بالوسط بشكل مستمر وتسمى هذه العملية تنظيم الوسط الغازي .

تختلف تقنيات تنظيم الوسط الغازي ويمكن تقسيمها إلى نوعين :

**النظام الأول : التخزين في وسط متحكم به Controleol Atmosphere :**

يتم التحكم بتراكيز الغازات في أوساط التخزين بشكل آلي وبمساعدة الأجهزة اللازمة وبالتالي يمكن التحكم بدقة كبيرة في تركيب الوسط الغازي . حيث يتم التخلص من غاز $CO_2$ الزائد بواسطة الأجهزة الماصة لهذا الغاز أو ما يسمى بأجهزة غسل الغازات (Serobber) أو محطات التنقية . غالباً ما يستخدم في محطات التنقية مواد كيميائية لها القدرة على امتصاص غاز $CO_2$ .

تقسم تقنيات أجهزة التنقية والتحكم بحسب نوع الجهاز المستخدم إلى أربع مجموعات

المجموعة الأولى :

تعتمد فيها محطات التنقية على المحاليل القلوية الشرهة لغاز $CO_2$ مثل [ KOH و $NaH$ و $Ca(OH)_2$ ] أو الكلس . حيث تتفاعل هذه المحاليل مع غاز $CO_2$ وبالتالي تعمل على امتصاصه من الوسط وفقاً للمعادلة التالية :

$$Ca(OH_2) + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

يلزم من هذه المادة حوالي (٤٥-٥٠) كغ/طن ثمار فاكهة مخزنة لمدة ستة أشهر.

وإذا استخدمت ماءات الصوديوم أو البوتاسيوم تمتص غاز $CO_2$ كما يلي :

$$2NaOH + CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

ومن المواد الأخرى المستخدمة – أحادي أو ثنائي أو ثلاثي ايتانول – الماء – الفحم المنشط وغيرها من المواد . حيث يسحب هواء غرفة التخزين ويمرر خلال محطة التنقية التي تعمل على تخليصه من الكميات الزائدة من غاز $CO_2$ ويعاد إلى غرف

التخزين ضمن دارة مغلقة . ويعوض نقص غاز $O_2$ إما من الهواء الجوي أو من أسطوانات الغاز المسال أو المضغوط .

وتتم عملية التنظيم بمساعدة أجهزة قياس نسب الغازات أوتوماتيكياً وعند زيادة تركيز $CO_2$ عن الحد المطلوب تعمل الأجهزة تلقائياً حتى إعادة توازن تركيز الغازات في الوسط تبعاً لنظام التخزين المتبع. وفي هذه التقنية تمتص المحاليل القلوية غاز $CO_2$ حتى تصل إلى مرحلة الإشباع عندها يتم تغييرها واستبدالها بمحاليل جديدة .

المجموعة الثانية :

وفيها محطات التنقية مجهزة بحيث يمكن استخدام السائل المنقي

نفسه بشكل متكرر بعد تجديد نشاطه باستمرار. وفيها يسحب هواء التخزين ويمرر إلى جهاز التنقية الذي يحوي على سائل أو مواد كيميائية مثل كربونات البوتاسيوم التي تعمل كمادة ماصة لغاز $CO_2$ فيتم تخليص هواء التخزين من غاز $CO_2$ الزائد وفق المعادلة التالية :

$$K_2CO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow 2KHCO_3$$

ثم يعاد إلى غرف التخزين في دورة مستمرة تتحكم فيها الأجهزة الآلية بمساعدة أجهزة قياس نسبة الغازات ويعوض نقص الأكسجين كما في الطريقة السابقة من الهواء الخارجي أو أسطوانات الغاز ($O_2$) . وتتميز هذه الطريقة عن السابقة بأنه عندما يصل السائل المنقي إلى حالة الإشباع يتم إعادة تنشيطه وذلك بتخليصه غاز $CO_2$ واسترجاع الكربونات وفق المعادلة التالية :

$$2KHCO_3 \xrightarrow{\text{بالهواء الطلق أو التسخين}} K_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

وتتم عملية الاسترجاع بواسطة التهوية البسيطة أو بالتسخين .

وعملياً تكون عملية إعادة النشيط كذلك مستمرة ضمن دارة يتعرض لها السائل المنقي لهواء التخزين ضمن جهاز التنقية فيمتص غاز $CO_2$ من هواء التخزين (كون تركيزه مرتفعاً نسبياً) مشكلاً ($HKCO_3$) ثم يتحرك السائل المنقي من الحيز

المغلق في حجرة التنقية إلى حيز مفتوح مع الهواء الخارجي وكون الهواء الجوي الخارجي ذا محتوى منخفض من غاز $CO_2$ يتفكك الملح مطلقاً غاز $CO_2$ بالوسط الجوي الخارجي وملح ($K_2CO_3$) ثم يعاد السائل بعد تنشيطه إلى جهاز التنقية مرة أخرى وهكذا ضمن دارة مستمرة . وعملية تخليص السائل المنقي من غاز $CO_2$ قد تتم بواسطة التسخين أو التهوية التي تسرع من عملية تجديد النشاط .

المجموعة الثالثة :

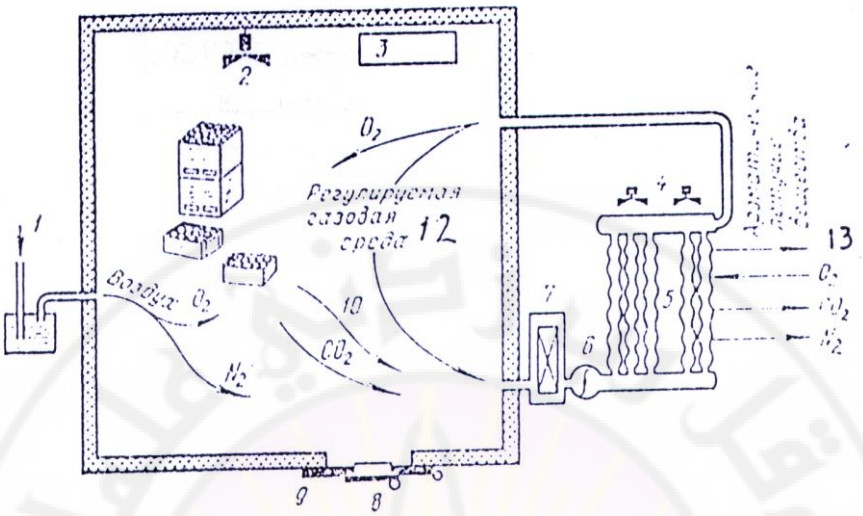
استخدام المبادل الغازي (الحجاب) : تكون فيها محطات التنقية مجهزة بمبادلات الغاز الانتقائية حيث يسحب الهواء من وسط التخزين ويمر ضمن أكياس أو أنابيب ذات نفاذية اصطفائية للغازات فيتم من خلالها التبادل الغازي مع الوسط الخارجي فينخفض محتوى غاز $CO_2$ ويغنى محتواها من غاز $O_2$ ثم يعود الهواء إلى غرف التخزين ضمن حلقة مغلقة .

تشكل المبادلات الغازية أساس جهاز التنقية وتوجد عادة بجانب غرف التخزين وهي مصنعة من رقائق السيليكون أو الكاوتشوك أو المادتين معاً وتتميز بنفوذيتها الإصطفائية لغازات $CO_2$ و $O_2$ وعادة نفوذيتها لغاز $CO_2$ أكبر بعدة مرات من نفوذيتها لغاز $O_2$ . ونفوذية هذه الرقائق أكبر بحوالي (٢٠٠) مرة من نفوذية البولي ايتلين ذات الثخانة (٥٠) ميكروناً ،الشكل (٢- ١٠ ) .

المجموعة الرابعة :

استخدام مولدات الغاز : يمكن الحفاظ في هذه الطريقة على التركيب الغازي المطلوب في غرف التخزين عن طريق إمداد هذه الغرف بمزيج غازي محضراً مسبقاً في مولدات الغاز بتقنية تشبه تقريباً عملية تشكيل الأوساط الغازية.

ويمكن أن تعمل مولدات الغاز في دارة مغلقة يتم فيها سحب الغازات من الغرف وتنظيفها ودفعها ثانية إلى الغرف . أو في نظام مفتوح تطرد الغازات من غرف التخزين إلى الهواء الخارجي ويدفع مزيج غازي جاهز جديد إلى غرفة التخزين.




**الشكل (٢- ١٠ ) : مخطط العمل في غرفة تخزين مانعة للتسرب مجهزة بمبادل غازي**

١- جهاز لتنظيم الضغط الداخلي والخارجي ٢- مروحة ٣- مبرد للهواء
٤- مراوح دفع ٥- مبادل غازي ٦- مروحة دوران ٧- فلتر
٨- فتحة ( منفذ ) دخول إلى شبكة المجارير ٩- باب محكم ( مانع للتسرب )
١٠- مواد عطرية طيارة ١١- هواء ١٢- جو معدل ١٣- مواد عطرية طيارة

ما يميز التخزين في الجو المتحكم به وجود ثلاثة عوامل مجتمعة تؤثر في المادة المخزنة وهي خفض درجة الحرارة ورفع تركيز غاز $CO_2$ وخفض تركيز غاز $O_2$ وبالتالي يمكن إطالة فترة تخزين الحاصلات البستانية بشكل واضح تصل أحياناً إلى عدة أشهر عنها في التخزين بالتبريد فقط مع المحافظة على المواصفات النوعية والاستهلاكية بشكل أفضل . خاصة كونه أثناء عملية التحكم بالوسط الغازي يتم التخلص من غاز الاتيلين بنفس المواد المستخدمة في امتصاص غاز $CO_2$ .

إلا أن تطبيق هذه التقنية مكلف جداً كونها تحتاج لإنشاء برادات بمواصفات خاصة من البناء والعزل والأجهزة والمواد المؤتمتة والأيدي العاملة الخبيرة .

**النظام الثاني : التخزين في جو هوائي معدل Mollified Atmosphere :**

هذا النوع من التخزين يعتبر أبسط طرق التخزين في الأوساط الغازية لسهولة تطبيقه وقلة استخدام الأجهزة والأتمتة ويتم تشكيل الوسط المعدل نتيجة لعملية تنفس الثمار وبعد تحقيق نظام التخزين المطلوب يتم التحكم بتراكيز الغازات بطرق عادية وبسيطة ومن هذه الطرق :

آ – تخزين الثمار بالتغليف برقائق البولي إتيلين :

يأخذ التغليف أشكالاً متعددة كالأكياس ذات السعات والحجوم المتعددة أو تغليف للصناديق داخلياً أو خارجياً أو تغليف الحاويات ذات السعات الكبيرة .

تتميز رقائق البولي إتيلين بنفوذيتها المحددة لغازات ($O_2$) و($CO_2$) ولبخار الماء والآزوت . كما تتميز هذه الرقائق باختلاف سرعة إمرارها للأكسجين عنها لغاز ثاني أكسيد الكربون ويتم اختيار رقائق البولي إتيلين بحيث لا تكون نفوذيتها عالية وأن لا تكون عديمة النفوذية بشكل كامل. وتبين أن نفوذية رقائق البولي إتيلين تتوقف على سماكة الرقائق فكلما كانت رقيقة كانت نفوذيتها عالية ولقد لاقت رقائق البولي إتيلين ذات السماكات(٣٥–٦٠) ميكرون انتشاراً واسعاً في مجالات تخزين الحاصلات الزراعية نظراً لتميزها بعدة صفات :

– نفوذية متوسطة لغازات ونفوذية لغاز ($CO_2$) أكبر بعدة مرات من نفوذيتها لغاز ($O_2$) – نفوذية منخفضة لبخار الماء – خاملة كيميائياً وعديمة الرائحة والطعم .

– مرنة الاستخدام حيث يمكن تشكيلها حسب الحاجة .

يمكن باستخدام رقائق البولي إتيلين تشكيل أنواع مختلفة من العبوات والحاويات. يمكن تشكيل أكياس صغيرة تتسع لواحد أو لعدة كيلوغرامات من المحصول.

كما يمكن تشكيل عبوات لاحتواء عدد من الصناديق وفي كل الحالات تغلق العبوات وتحكم تماماً بعد التغليف وعادة عن طريق لحام أطرافها الحرة حرارياً ، ويتم تحديد الثخانة المناسبة للرقائق بما يتلاءم مع نوع الثمار وصنفها .

ويتوقف التركيب الغازي داخل المغلف على عدة عوامل :

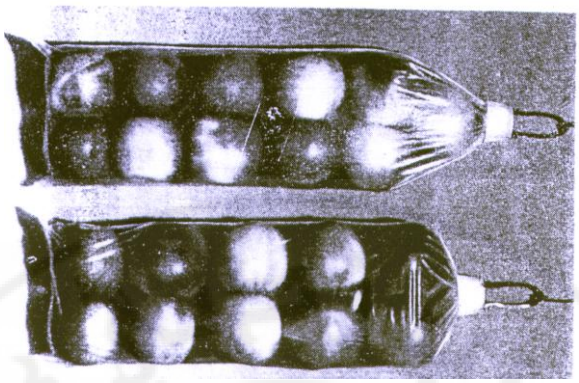
- نفوذية الرقيقة للغازات – سماكة الرقيقة وطبيعتها .
- إحكام الإغلاق واللحام – كمية الثمار داخل الحاوية .
- شدة التنفس – درجة حرارة التخزين .

تعتبر الرقيقة نموذجية عندما تؤمن المحافظة على مستوى منخفض من غاز $O_2$ بشرط أن تؤمن بنفس الوقت عدم حصول التنفس اللاهوائي. وتختلف الأوساط الغازية التي يمكن الوصول إليها اختلافاً كبيراً وغالباً ما يستقر الوسط الغازي أثناء التخزين في هذه الطريقة كالتالي ( ٢ - ١٠%) $CO_2$ و(١١-١٩%) $O_2$.

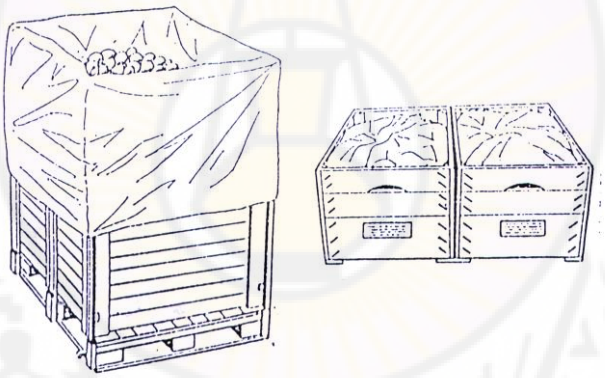
فإذا كانت سماكة رقائق البولي إتيلين من (٣٠-٦٠) ميكرون وسعتها (٣-٥) كغ يتكون بداخلها جو ملائم للتخزين الطويل حيث يتراكم في هذه العبوات $CO_2$ بنسبة لا تزيد عن (٤-٥%) وهذه النسبة مسموحة للأنواع والأصناف غير الحساسة لارتفاع غاز $CO_2$ علاوة على ذلك استبعاد الفقد الناتج عن تبخر الرطوبة من الثمار المخزنة في مثل هذه العبوات .

هذه الطريقة سهلة الاستخدام ويمكن إجراء التخزين في البرادات العادية . ويعاب عليها عدم إمكانية التحكم بوسط التخزين وبالتالي من الصعب تشكيل الوسط الغازي المناسب والتحكم به وتخضع تراكيز الغازات للتذبذب تبعاً لحالة الثمار الفيزيولوجية وظروف التخزين. ويعاب عليها وجود خطر تراكم $CO_2$ وانخفاض تركيز $O_2$ خاصة عند ارتفاع شدة التنفس للمنتجات المخزنة إضافة لإمكانية تكاثف بخار الماء بداخلها إذا تم تعبئتها في أماكن دافئة وثم نقلها للبرادات.

ولتلافي ذلك يجب إجراء عملية التعبئة بعد إجراء التبريد المبدئي للثمار .ومع ذلك من خلال هذه التقنية يمكن إطالة فترة التخزين نسبياً نتيجة لانخفاض الشدة التنفسية وإبطاء عملية النضج والحصول على منتج ذي مظهر تسويقي جيد .



**الشكل ( ٣- ١٠ ) : تخزين التفاح في أكياس من البولي ايتلين**



**الشكل ( ٤- ١٠ ) : عبوات خشبية مبطنة بالبولي يتيلين**

**ب – استخدام نوافذ التبادل الغازي :**

وهذه تعتبر الشكل المتطور للتخزين في رقائق البولي إتيلين. في الطريقة السابقة يصعب الحصول على التركيب الغازي المطلوب رغم النفاذية المحددة لرقائق البولي إتيلين إلا أن التبادل الغازي يحدث عبر كامل سطح المغلف وهذا ما يصعب التحكم في تركيب الوسط الداخلي للمغلف .

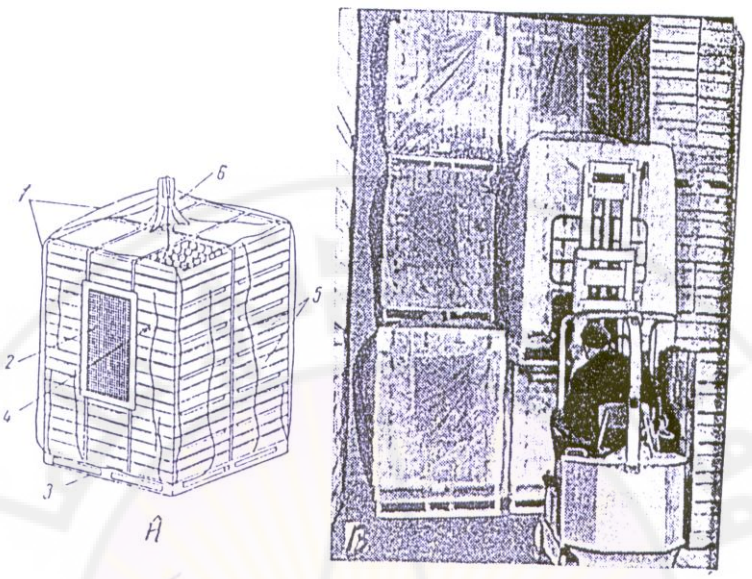
تعتمد هذه الطريقة على تخزين الثمار ضمن حاويات مغلفة برقائق البولي إتيلين غير النفوذة للغازات أو ذات نفاذية منخفضة جداً . بحيث يتم حصر التبادل الغازي مع الوسط المحيط عبر نافذة محددة يمكن حساب نفوذيتها للغازات بدقة في حيث لا يشترك بقية سطح المغلف بعملية التبادل وبالتالي يمكن أن يكون الغلاف من أية مادة بلاستيكية وبأي ثخانة شرط أن يكون كتيماً غير نفوذ للغازات ويمكن إحكامه . وتستخدم رقائق البولي إتيلين بسماكات كبيرة (١٠٠-٢٠٠ ميكرون ) للتغليف .

بعد التعبئة تغلف الحاويات وتحكم تماماً ثم يفتح في جدارها نافذة وتغلق برقيقة بشكل محكم ( تلصق الرقيقة بشكل تغطي النافذة بإحكام ) وهذه الرقائق مصنعة من مواد مثل : السيليكون العضوي أو الكاوتشوك الطبيعي وتتميز هذه بنفوذيتها المختلفة والاصطفائية للغازات. وسميت هذه الطريقة بحاويات /مارسيلين/ نسبة إلى العالم الفرنسي الذي صممها . الشكل ( ٥ – ١٠ ) .

تكون الحاويات بسعات مختلفة في عدة كيلو غرامات وحتى عدة أطنان تخزن في البرادات العادية ويتم اختيار سطح النافذة بحسب نفوذيتها وبحسب نوع وصنف المنتج وطبيعته وكميته . ويتم تعديل الوسط الغازي داخل الحاوية الذي يتغير نتيجة للنشاط الحيوي للثمار وذلك بحسب نفوذية النافذة ودرجة الحرارة بمعنى أنه يمكن زيادة سطح النافذة إذا زاد تركيز غاز $CO_2$ عن الحد اللازم أو تخفيض مساحة سطح النافذة في حال انخفاض تركيز $CO_2$ عن التركيز الملائم حتى الوصول إلى النظام الغازي المناسب ويستقر نظام التخزين .

يستقر النظام الغازي في الحاوية بعد أسبوعين إلى ثلاثة أسابيع من بداية التخزين.

كثيراً ما تخزن المنتجات ضمن حاويات مصنوعة من رقائق البولي إتيلين بسماكة (١٥٠-٢٠٠) ميكرون وسعة (٦٠٠-٨٠٠ كغ) مزودة في أحد جدرانها بنافذة مصنوعة من السيليكون الشكل ( ٥- ١٠ ) مساحتها (٠,٦ م$^2$) لكل طن من الثمار ويركب في أسفل الحاوية من الداخل قاعدة خشبية توضع عليها صناديق الثمار .




**الشكل ( ٥- ١٠ ) : حاوية من البولي ايتلين مزودة لمبادل غازي**
**A – شكل عام للحاوية  B – ترتيب الحاويات في غرفة التخزين**

١- كيس بولي ايتيلين  ٢- مبادل غازي  ٣- صينية ( أرضية ) خشبية
٤-أنبوب ذو ماسك ( مشبك ) لأجل أخذ عينات الهواء للتحليل

تشد جدران الحاوية جيداً إلى أعلى وتربط برباط بلاستيكي مطاطي كما يربط الكيس العادي ثم توضع على قاعدة خشبية وتنقل بواسطة رافعة خاصة وتوضع في المكان المطلوب بغرفة التخزين المبرد.

من عيوب هذه الحاويات وجود الصناديق وخاصة الخشبية التي قد تؤذي مغلف البولي إتيلين من الداخل وغير قادرة على حمايتها من الأضرار الميكانيكية التي تتعرض لها من الخارج ولتلافي ذلك توضع الحاويات نفسها ضمن هيكل نموذجي مصنوع من الخشب أو البلاستيك المقوى فيعمل على حمايتها من الأضرار الميكانيكية .

يخزن في فرنسا بهذه الطريقة وبشكل رئيسي ثمار صنف التفاح (غولدن) وقد لوحظ أن النظام الغازي لهذا الصنف قد استقر بعد مضي أربعة أسابيع عند الحدود ($O_2$ (٢-٤%) و$CO_2$ (٢-٥%) بدرجة حرارة تخزين (+٣°م) .

ينصح بهذه الطريقة عدم تذبذب درجة حرارة التخزين وأن تبقى ضمن مجال (+٢ .. +٤°م) ، الرطوبة النسبية للهواء داخل الحاويات تصل إلى (٩٢ %) خلال فترة التخزين على حساب تبخر الماء من المنتجات المخزنة ضمن الوسط المغلق .

يراقب تركيب الوسط الغازي داخل الحاويات بشكل دوري أثناء التخزين .

عموماً يستخدم نظام التخزين في الجو المعدل في تخزين ثمار الأنواع والأصناف التي تتحمل التراكيز المرتفعة نسبياً من غاز $CO_2$ (٥-٦%) .

عند استخدام التخزين في الجو المعدل هناك عاملان يؤثران في تأخير نضج الثمار: الأول درجة الحرارة ، والثاني ارتفاع تركيز غاز $CO_2$ أما غاز الأكسجين فيبقى تركيزه مرتفعاً على الغالب. ويمكن تلخيص مساوئ التخزين في الجو المعدل :

١ – لا تضمن تهوية الثمار المخزنة ضمن الأكياس أو الحاويات .

٢ – لا تستخدم فيها آلية لتخليص الجو الداخلي من غاز الإتيلين.

٣ – عدم السماح بمراقبة المادة المخزنة إلا بتغير التركيب الغازي لها .

٤ – عدم دقة التحكم ضمن المغلفات (الحاويات) كما يلزم .

٥ – تكاثف الرطوبة أحياناً داخل المغلفات خاصة إذا لم تبرد الثمار قبل التغليف.

٦ – اختلاف الأصناف في قابليتها للتخزين بهذه الطريقة ولتحملها ارتفاع تركيز $CO_2$ بالوسط .

وأهم محاسنها : تزيد إمكانية تخزين الثمار وسطياً حوالي الشهر عند درجة حرارة (٤°م) إضافة لتقليل الفقد بالوزن نتيجة لانخفاض التبخر .

مزايا استخدام التخزين في الأوساط الغازية بشكل عام :

١ – تخفيض شدة التنفس وهدم المواد الادخارية وإنتاج الطاقة.

٢ – تخفيض حدة التغيرات البيوكيميائية وتأخير ظهور مظاهر التدهور المختلفة .
٣ – إعاقة تكوين المواد الطيارة وغاز الأتيلين وخفض حساسية الثمار له .
٤ – المحافظة على مواصفات جودة عالية خاصة الطعم والنكهة المميزة للصنف.
٥ – بقاء الثمار بعد إخراجها من التخزين في حالة جيدة فترة أطول من تلك في التبريد العادي وهذا يطيل فترة تسويقها واحتفاظها بحيويتها ونضارتها .
٦ – انخفاض النسبة المئوية للفقد بالوزن وهذا يخفض نسبة تجعد الثمار وذبولها .
٧ – انخفاض نسبة الإصابة بالأمراض الميكروبيولوجية حيث تعمل الأوساط الغازية كأوساط ضاغطة على الأحياء الدقيقة وخاصة الأعفان الفطرية التي لا يناسب نموها وانتشارها الأوساط قليلة الأكسجين وذات محتوى عال من غاز $CO_2$ .
٨ – إطالة فترات تخزين الحاصلات البستانية.

الأضرار التي قد تنشأ أثناء التخزين في الأوساط الغازية :

إن كثيراً من الأحيان يكون الفرق بين الفائدة والضرر بسيطاً في تركيز غاز $CO_2$ وغاز $O_2$ المستخدمة . كذلك التغير في تراكيز الغازين المذكورين وتذبذبها قد تكون ضارة بالمحصول وتعجل الفساد والأضرار التي قد تنشأ نتيجة لعدم دقة العمل في أنظمة التخزين تشمل :

١ – ظهور بعض العيوب الفسيولوجية مثل القلب الأسود في البطاطا والبقع البنية على الخس والقلب البني في التفاح والإجاص .
٢ – عدم انتظام النضج كما يحدث في البندورة والأجاص والموز عند خفض تركيز $O_2$ إلى أقل من (٢%) خاصة عند ارتفاع تركيز $CO_2$ إلى (٥%) أو أكثر .
٣ – ظهور روائح غير جيدة عند نسب منخفضة من $O_2$ نتيجة للتنفس اللاهوائي.
٤ – إذا حدثت بعض الإصابات الفيزيولوجية تزداد قابلية المحصول للفساد .
٥ – تشجيع الإنبات وتأخر تكون القشرة في بعض المحاصيل الجذرية والدرنية.

ويؤخذ على هذه التقنية تكاليفها المرتفعة وخبرة فنية متخصصة .

بعد البحث والدراسة أثبت أن كثيراً من الحاصلات البستانية تستفيد وتستجيب لهذا النوع من التخزين . إلا أن استخدام الأوساط الغازية بالتخزين لم ينتشر على نطاق تجاري واسع إلا في محصول التفاح ثم الإجاص لغرض التخزين الطويل .

**جدول ( ١- ١٠ ) : أنسب تركيب للهواء من حيث $O_2$ و$CO_2$ لبعض الفواكه لغرض النقل والتخزين ( % )**

| المحصول | أنسب حرارة للتخزين م° | أنسب تركيز للهواء | | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | | $O_2$ | $CO_2$ | |
| التفاح | ٠ - ٥ | ٢-٣ | ١-٢ | استخدام تجاري على نطاق واسع في كثير من الدول "فائدة ممتازة" |
| المشمش | ٠ - ٥ | ٢-٣ | ٢-٣ | لا يوجد استخدام تجاري "الفائدة بسيطة" |
| الكرز | ٠ - ٥ | ٣-١٠ | ١٠-١٢ | بعض الاستخدام التجاري "الفائدة جيدة" |
| التين | ٠ - ٥ | ٥ | ١٥ | بعض الاستخدام التجاري "الفائدة جيدة" |
| العنب | ٠ - ٥ | - | - | لا يتوافق مع تدخين العنب بثاني أكسيد الكبريت |
| الدراق | ٠ - ٥ | ١-٢ | ٥ | بعض الاستخدام التجاري "الفائدة جيدة" |
| الإجاص | ٠ - ٥ | ٢-٣ | ٠ - ١ | بعض الاستخدام التجاري "الفائدة ممتازة" |
| الخوخ | ٠ - ٥ | ١-٢ | ٠-٥ | بعض الاستخدام التجاري "الفائدة جيدة" |
| الموز | ١٢-١٥ | ٢-٥ | ٢-٥ | بعض الاستخدام التجاري "الفائدة ممتازة" |
| الليمون | ١٠-١٥ | ٥ | ٠-٥ | لا يوجد الاستخدام التجاري "الفائدة جيدة" |
| الزيتون | ٨-١٢ | ٢-٥ | ٥-١٠ | لا يوجد استخدام تجاري "الفائدة بسيطة" |
| البرتقال | ٥-١٠ | ١٠ | ٥ | لا يوجد استخدام تجاري "الفائدة بسيطة" |
| الفريز | ٠-٥ | ١٠ | ١٥-٢٠ | فائدة جيدة أثناء النقل لمسافات طويلة |

**جدول ( ٢- ١٠ ) : أنسب تركيب للهواء من حيث $O_2$ و$CO_2$ لبعض الخضر في النقل والتخزين ( % )**

| المحصول | أنسب حرارة للتخزين م° | أنسب تركيز للهواء | | ملاحظـات |
|---|---|---|---|---|
| | | $O_2$ | $CO_2$ | |
| الملفوف | ٠ – ٥ | ٣ – ٥ | ٥ – ٧ | بعض الاستخدام التجاري للتخزين الطويل "الفائدة جيدة " |
| الكانتلوب | ٣ – ٧ | ٣ – ٥ | ١٠–١٥ | استخدام تجاري محدود "الفائدة جيدة" |
| الجزر | ٠ – ٥ | – | – | الفائدة بسيطة جداً |
| الزهرة | ٠ – ٥ | ٢ –٥ | ٢–٥ | لا يوجد استخدام تجاري "الفائدة محدودة" |
| الخيار | ٨ – ١٢ | ٣ – ٥ | ٠ | لا يوجد استخدام تجاري "الفائدة محدودة" |
| الخس | ٠ – ٥ | ٢–٥ | ٠ | بعض الاستخدام التجاري "الفائدة جيدة" |
| البامية | ٨ –١٢ | ٣ –٥ | ٠ | لا يوجد استخدام تجاري "الفائدة محدودة" |
| البصل الجاف | ٠ – ٥ | ١ –٢ | ٠ | لا يوجد استخدام تجاري "الفائدة جيدة" |
| البصل الأخضر | ٠ – ٥ | ١ –٢ | ١٠–٢٠ | استخدام تجاري محدود "الفائدة بسيطة" |
| الفليفلة | ٨ – ١٢ | ٣ – ٥ | ٠ | استخدام تجاري محدود "الفائدة بسيطة" |
| البطاطا | ٤ –١٢ | – | – | لا يوجد استخدام تجاري "الفائدة بسيطة" |
| السبانخ | ٠ –٥ | ٢١ | ١٠–٢٠ | لا يوجد استخدام تجاري "الفائدة بسيطة" |
| البندورة الخضراء | ١٢ –٢٠ | ٣ – ٥ | ٠ | استخدام تجاري "الفائدة جيدة" |
| البندورة الناضجة | ٨ –١٢ | ٣ – ٥ | ٠ | استخدام تجاري محدود "الفائدة جيدة" |

# الفصل العاشر

# الإنضاج الصناعي

تهدف معظم معاملات تداول وإعداد الحاصلات البستانية بعد القطاف إلى إبطاء عمليات النضج وتأخير حدوث الشيخوخة لإطالة بقاء المحصول بحالة جيدة في المخازن . إلا أنه تستدعي الحاجة أحياناً إلى الإسراع في إنضاج بعض المحاصيل صناعياً للإسراع في إيصال حالة الثمار إلى الشكل الصالح للاستهلاك. والإنضاج الصناعي عبارة عن تحفيز الأنزيمات وتنشيط العمليات الحيوية في الثمار لإحداث التغيرات اللازمة للنضج ، للوصول إلى اكتمال النضج وبالتالي اكتساب الثمرة مواصفاتها الاستهلاكية والتسويقية المميزة . حيث تتلون الثمرة وتصبح أكثر ليونة وتزداد نسبة السكريات وينخفض تركيز المواد القابضة وغير ذلك من التغيرات المرغوبة استهلاكياً .

تجري هذه العملية عادة على الثمار التي اكتمل نموها ولم تكتسب بعد مواصفاتها الاستهلاكية المناسبة وغالباً تتم هذه العملية في الثمار الكلايمكتيرية التي يمكنها متابعة النضج بعد القطاف عند انتهاء طور اكتمال النمو .

**أهمية الإنضاج الصناعي**

– التسويق المبكر : يمكن قطف بعض الثمار وإنضاجها صناعياً للاستفادة من الأسعار المرتفعة في بداية الموسم .

– يمكن تنظيم تسويق بعض الثمار من حيث العرض والطلب وذلك بجمع الثمار في مرحلة اكتمال النمو وهي خضراء تقريباً ثم تخزينها وإنضاجها صناعياً لإمداد السوق بكميات محددة منضجة وحسب الطلب عليها.

– تسهيل عمليات الشحن: يمكن قطف الثمار بعد اكتمال النمو حتى تتحمل عمليات التداول والإعداد والنقل كون الثمار الخضراء ذات صلابة جيدة ويمكن بهذه الحالة نقلها لمسافات طويلة وفي أماكن التسويق يتم إنضاجها صناعياً.

– اختصار عدد مرات الجمع : يتعذر أحياناً جمع الثمار مرة واحدة لعدم نضجها في نفس الوقت مما يستدعي جمع الثمار على دفعات. فيمكن جمع الثمار دفعة واحدة وفرز غير الناضج منها وإنضاجها صناعياً وخاصة في الجمع الآلي .

– تحسين صفات الجودة في الثمار : يعمل الإنضاج الصناعي على تحسين الخصائص الذوقية وصفات الجودة كالطعم واللون والرائحة والنكهة، فالثمار الناضجة على نباتات الموز تكون أقل جودة من الثمار الناضجة صناعياً. ويعمل الإنضاج الصناعي على إزالة التانينات في ثمار الكاكي والبلح والمانجو وغيرها .

– إكساب الثمار المنظر الجذاب : مثل معاملة أعناق الكرفس ومهاميز الهليون بالإتيلين لإزالة اليخضور فتظهر بيضاء جذابة كما أنه يكتمل تلون ثمار البندورة الناضجة صناعياً باللون الأحمر المرغوب . وتعامل أحياناً ثمار الحمضيات الخضراء التي لم تتلون نتيجة للظروف الجوية غير الملائمة بالإتيلين.

**طرق الإنضاج الصناعي :**

أولاً – الطرق الميكانيكية

وهي من الطرق القديمة وتتمثل في إحداث خدوش أو جروح بسيطة في الثمار مثل ضرب الثمار بأفرع شائكة يسرع نضج الثمار والأساس في هذه الطريقة أن الأذى الميكانيكي ينشط الأنزيمات والتفاعلات الحيوية وزيادة تنفس الثمار وزيادة إنتاج الإتيلين بكميات كافية لإحداث النضج وتستعمل هذه الطريقة لإنضاج البلح . ويبقى استخدام هذه الطريقة محدوداً بسبب الأضرار الميكانيكية التي تسببها للثمار.

ثانياً – استخدام بعض المواد الكيميائية

تستخدم فيها بعض المحاليل الكيميائية لإنضاج بعض أنواع الثمار مثل :

– معاملة ثمار الكاكي بالكحول أو الخل أو محلول الجير . ويمكن إنضاج ثمار الكاكي بمعاملتها بماء الجير بنسبة (١٠%) لمدة (٢–٧) أيأم .

– معاملة بعض أصناف البلح بالخل أو حامض البنزويك أو بنزوات الصوديوم أو خلات الصوديوم أو بمعاملتها بمحلول ملحي بارد أو ساخن أو بالمعاملة بحمض الأكساليك . كل هذه المواد تعمل على إنضاج البلح إلا أن استخدام معظم هذه المواد الكيميائية تترك أثراً في الثمار وخاصة للرائحة .

ثالثاً – استخدام الحرارة والرطوبة

يمكن الإسراع في إنضاج عدد كبير من الثمار بتعريضها لدرجات حرارة ورطوبة مرتفعة ويمكن تحقيق ذلك بطرق عدة مثل :

١ – الكمر :

وهي من الطرق المستخدمة قديماً في الإنضاج ويتم فيها وضع الثمار في نشارة الخشب أو القش أو التبن أو الحشائش الجافة أو ضمن أوعية كالصناديق أو تغطى بالورق لعدة أيام بهدف الاحتفاظ بدرجة الحرارة الحيوية التي تطلقها الثمار نتيجة لعملية التنفس . فتزداد درجة الحرارة حول الثمار ويزداد إنتاج الإتيلين مما يؤدي إلى تسريع النضج. وتستخدم هذه الطريقة بنجاح للكثير من الثمار مثل التفاح والإجاص والموز والبندورة وخاصة في المنازل .

٢ – استخدام المواقد :

وفيها تستخدم مواقد الكيروسين أو الفحم داخل غرف الإنضاج ويرجع تأثيرها إلى تأثير درجة الحرارة المرتفعة حول الثمار إضافة لتأثير الغازات الهيدروكربونية المشبعة ضمن غازات الاحتراق وخاصة الإتيلين . ولبساطة هذه الطريقة وسهولتها فهي ما تزال منتشرة على نطاق تجاري محدود .

٣ – غرف الإنضاج الخاصة :

تستخدم غرف إنضاج خاصة لإنضاج بعض أنواع الثمار حيث يمكن التحكم بدرجة حرارة الغرفة ما بين (٢٠–٢٥°م) وبوجود رطوبة نسبية قدرها (٩٠–٩٥%) وعادة تستخدم الطاقة الكهربائية لرفع درجة حرارة غرفة الإنضاج . وتختلف المدة اللازمة للإنضاج حسب نوع الثمار. وكثيراً ما تستخدم لإنضاج البندورة المقطوفة في مرحلة اكتمال النمو ولإنضاج الموز . ويعود تأثيرها في سرعة إنضاج الثمار إلى أن ظروف درجة الحرارة المرتفعة والرطوبة النسبية العالية تسرع من العمليات الحيوية المختلفة في الثمار ومن معدل إنتاج الإيتلين.

رابعاً– استخدام الغازات

تستخدم بعض الغازات في إنضاج الثمار صناعياً وأهم الغازات المستعملة الإيتيلين والأستيلين،حيث تجري معاملة الثمار بالغازات في غرف إنضاج خاصة ويتوقف نجاح هذه المعاملة على عدة عوامل:

١ – مدى التحكم في درجة الحرارة والرطوبة النسبية في غرف الإنضاج (درجة الحرارة بالحدود المطلوبة والرطوبة النسبية مرتفعة ٨٥–٩٥%).

٢ – توفر المراوح لضمان توزيع الغاز بالتساوي في جميع أنحاء الغرفة .

٣ – توفر نظام تهوية للتخلص من تركيز $CO_2$ الناتج عن التنفس وغاز الإيتلين الزائد بعد إنهاء المعاملة .

٤ – الأخذ بعين الاعتبار نوع الثمار وطول فترة تعرضها للغاز والطريقة المستخدمة وحالة الثمار الفيزيولوجية ومراحل نموها فالثمار المقطوفة قبل اكتمال النمو لا تستجيب للمعاملة بالغازات .

٥ – تركيز الغاز المستخدم ويتوقف على نوع الثمار وطول فترة تعرضها للغاز .

وغالباً ما يستخدم غازي الإيتيلين والإستيلين في إنضاج الفواكه

آ – استخدام غاز الإتيلين بالإنضاج :

تستخدم غرف خاصة يدفع فيها الغاز بتركيز محدد ولفترة معينة. ويكثر استخدام الإيتلين في إنضاج ثمار الموز والبندورة وإزالة اللون الأخضر من ثمار الحمضيات. درجة الحرارة والرطوبة في غرف الإنضاج عادة (١٨-٢٢°م) والرطوبة النسبية(٨٥-٩٥%) ، الجدول (٣-١١). ويمكن معاملة الثمار ببعض المحاليل التي تطلق غاز الإيتلين عند تحللها مثل الإيثيفون Ethephon والألسول. كما يمكن استخدام مركبات لها نفس تأثير الإيتيلين مثل الأستيلين والبروبيلين إلا أنه يلزم استخدام تركيزات عالية للحصول على التأثير المناسب مقارنة بتركيز الإيتلين فمثلاً يلزم تركيز ١٢٥٠٠ جزء بالمليون من الأستيلين لإحداث نفس التأثير الذي يحدثه واحد جزء بالمليون من الإيتلين.

وتعامل الثمار بغاز الإيتلين بإحدى طريقتين :

– النظام المتقطع :

يتم رفع تركيز الغاز في وقت معين وفي مدة محددة (٣-٤ ساعات) باستخدام منظم آلي ومقياس بيان حجم الغاز المنطلق للحجرة إلى زمن معين وعلى سبيل المثال يكون حجم الغاز لحجرة حجمها بين ٥٠٠-١٠٠٠ قدم٣ قدم٣ واحد بالدقيقة . يجب توفر نظام تهوية لوصول الغازات لكافة الثمار وتحريك الإيتيلين حولها .

النظام المستمر :

يمر غاز الإيتيلين بمقدار أقل من المستخدم في النظام المتقطع وباستمرار لمدة طويلة . ويتم هذا بمزج الغاز بتيار مستمر من الهواء وإمراره على الحجرة مع تنظيم درجة الحرارة والرطوبة ويبلغ تركيز الغاز حوالي (١٠) جزء بالمليون ودرجة الحرارة (١٥-٢٥ م°) تبعاً لنوع الثمار الجدول (٤-١١).

ب – استخدام غاز الأستيلين (CH=CH) :

وهو غاز كربوني غير مشبع عديم اللون يستعمل بنجاح لإنضاج ثمار الموز والحمضيات والأناناس والخوخ ويستعمل بتركيز أعلى من الإيتلين ويؤثر في الثمار بشكل مماثل لتأثير الإيتلين ولكن بفعالية أقل .

يحضر الأستيلين من كربيد الكالسيوم حسب المعادلة التالية :

$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

عيب هذا الغاز أنه قابل للاشتعال وقد يتسبب عنه انفجار في حجرات الإنضاج .

خامساً : استخدام منظمات النمو في الإنضاج :

يمكن تسريع نضج بعض الثمار باستخدام منظمات النمو مثل مركبات الفينوكسي (2,4 – D) و(2,4,5-T) ومادة نفتالين حمض الخليك ( نفتالين استيك أسيد) بتركيز ١٠٠-١٠٠٠جزء/مليون تبعاً للنوع والصنف ودرجة النضج وذلك بغمس الثمار بعد القطف في محلول المادة المنظمة للنمو لمدة محدودة لتشجيع إنتاج الإيتلين الذي يقوم بدوره بتسريع نضج الثمار .

لا بد من التفريق بين الإنضاج الصناعي والتلوين الصناعي وهو عبارة عن إضافة لون إلى الثمار كمعاملة إضافية أثناء عمليات الإعداد والتجهيز ، وتستخدم لذلك مركبات لونية نباتية تستخرج من بعض أنواع النباتات كتلوين ثمار الحمضيات التي لم تكتسب اللون المميز لها طبيعياً نتيجة العوامل البيئية والظروف الجوية أثناء نضج الثمار . حيث تظهر الثمار من الخارج كأنها غير ناضجة بينما تكون في الواقع مكتملة النضج . علماً بأنه يمكن استخدام تقنية الإنضاج الصناعي لإزالة اللون الأخضر وتلوين ثمار الحمضيات دون تأثير على نضج الثمار المعاملة .

**دور الإتيلين في مرحلة ما بعد القطاف :**

الإيتلين ($C_2H_4$) هو أبسط المركبات الهيدروكربونية التي تؤثر في العمليات الحيوية والفسيولوجية بالحاصلات البستانية بعد الجمع .

وهو ناتج طبيعي لعمليات البناء وتبادل المواد ويؤثر في نمو وتطور ونضج وشيخوخة الحاصلات البستانية وتأثيره قد يكون ضاراً لزيادة سرعة وصول الثمار

إلى مرحلة الشيخوخة وتقليل فترات التخزين . وفي بعض الأحيان تأثيره مفيد في تحسين الجودة والحصول على نضج سريع ومنتظم قبل تجهيز الثمار للتسويق.

خواص الإتيلين والدراسات الأولية عنه :

هو غاز عديم اللون له رائحة بها حلاوة يشتعل عند تركيز (٣-٣٠%) حجماً وأقل نسبة للاشتعال تبلغ ٣٠٠٠ ضعف التركيز اللازم لإحداث النضج لذلك لا خطر من استعماله أو انفجاره أثناء استخدامه بالإنضاج الصناعي بالتراكيز اللازمة .

بدأت الملاحظات حول تأثيرات الإيتلين من قبل العالم (Coisini) عام (١٩١٠). وفي عام ١٩٣٢ أوضح الباحث ( Jane ) أن الإيتلين تنتجه الثمار في مرحلة النضج . وفي عام (١٩٥٩) عندما تمكن (Burg) من استخدام كروماتوجرافيا الغاز في تقدير الإيتلين وامكن معرفة كيفية انتاج الإيتلين حيوياً وكيفية إحداث الغاز لتأثيراته ودوره في المراحل المختلفة لنمو وتطور الثمار .

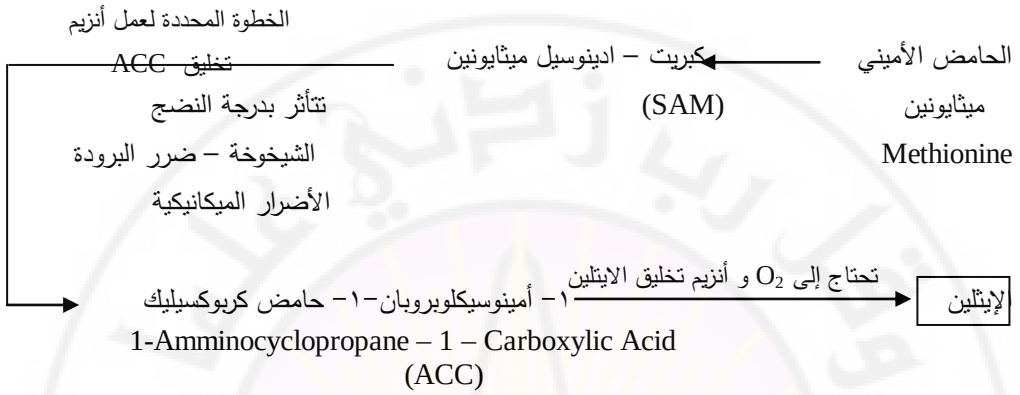
تخليق الإيتلين في الأنسجة النباتية :

أثبتت الدراسات بأن معظم الإيثلين في النباتات يتكون عن طريق تمثيل الحامض الأميني "مثيونين" في مجال حيوي يمر عبر بعض المركبات. يمكن اختصار العمليات الحيوية لإنتاج الإيثلين كما يلي :

تحول مركب (SAM) إلى مركب (ACC) وتتم في وجود أنزيم تخليق (ACC) وقد تم الكشف عن تركيب هذا الأنزيم واعتبرت هذه الخطوة هي المحددة في تخليق الغاز حيث وجد أن إضافة مركب (ACC) إلى الثمار غير الناضجة يحدث ارتفاع بسيط في إنتاج الإيثلين مما يوضح عدم قدرة الثمار غير الناضجة على تحويل (ACC) إلى إيتلين .

ويوضح هذا أيضاً وجود أنزيم آخر يحول (ACC) إلى الإيثلين ويسمى "بأنزيم تخليق الإيثلين" ولكن لم يتم الكشف عن هذا الأنزيم بعد ويعتقد بأنه مرتبط بالأغشية

الخلوية. وهو لا يعمل تحت ظروف نقص الأكسجين ودرجة الحرارة العالية (أعلى من ٣٥ م$^{o}$) أو في وجود أيونات الكوبالت .

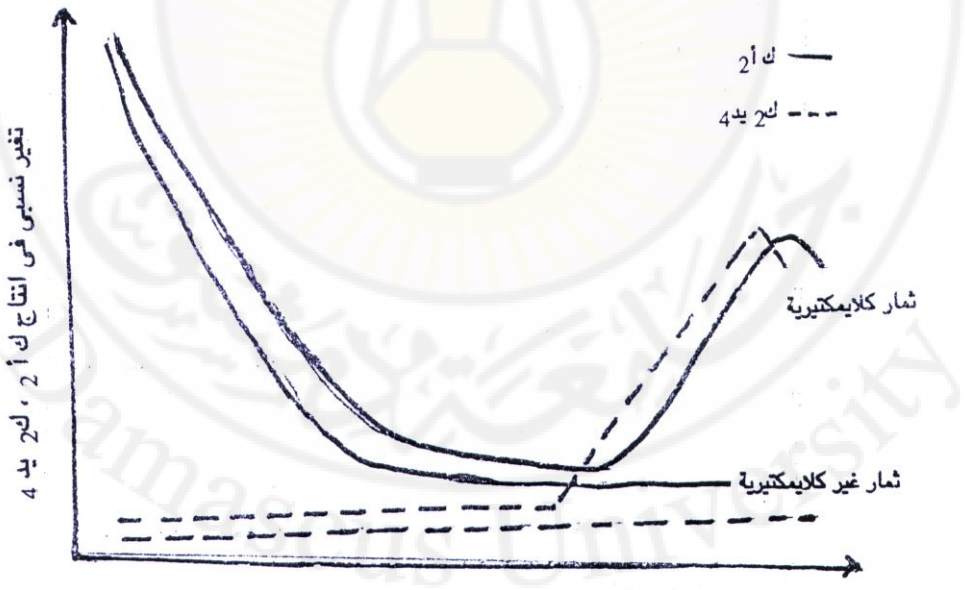



تختلف الحاصلات البستانية في كمية الإيثلين المنتجة منها ، الجدول (١-١١) فالثمار الكلايمكتيرية تنتج كميات كبيرة من الإيثلين مقارنة بالثمار الاكلايمكتيرية. كما تختلف الحاصلات البستانية في التركيز الداخلي للإيثلين ، جدول ( ٢-١٠ ) تركيز الغاز عالياً في الثمار الكلايمكتيرية مقارنة بالثمار غير الكلايمكتيرية . ويلاحظ من الجدول السابق أن التركيز الداخلي للإيثلين في الثمار الكلايمكتيرية يختلف كثيراً في مراحل اكتمال النمو والنضج بينما يكون التغير بسيطاً في الثمار الكلايمكتيرية .

يوجد ارتباط كبير بين شدة التنفس وشدة إنتاج الإيثلين في الثمار المختلفة حيث يحدث ارتفاع مفاجئ في إنتاج الإيثلين في الثمار الكلايمكتيرية مرتبط بالارتفاع المفاجئ في معدل التنفس الشكل (١-١١) وقد دلت الدراسات أن الارتفاع في معدل إنتاج الإيثلين يسبق الارتفاع في معدل التنفس في الثمار الكلايمكتيرية وهذا أدى للاعتقاد بأن غاز الإيثلين هو المسؤول عن بداية ظاهرة الكلايمكتيرية.

**جدول ( ١-١١ ) : إنتاج بعض الحاصلات البستانية للإيثلين ميكرو لتر/كغ/ساعة في درجة حرارة (٢٠°م)**

| المستوى | الكمية المنتجة | المحصول |
|---|---|---|
| منخفض جداً | ٠,٠١ – ٠,١ | البرتقال – الليمون – العنب – الفريز – الرمان – الخضر الورقية– الخضر الدرنية – البطاطا – الكرز |
| منخفض | ٠,١ – ١,٠ | الخيار – البامية – الفليفلة – الكاكي – الكيوي |
| متوسط | ١,٠ – ١٠,٠ | الموز – التين – البندورة – المانجو |
| مرتفع | ١٠,٠ – ١٠٠,٠ | التفاح – الدراق – الخوخ – المشمش – الزبدية – الأجاص – الشمام |




**الشكل رقم ( ١-١١ ) : إنتاج الإيتلين ومعدل التنفس في الثمار الكلايمكتيرية وغير الكلايمكتيرية**

**جدول ( ٢-١١ ) : التركيز الداخلي لغاز الإيتلين في بعض الحاصلات البستانية**

| المحصول | التركيز ميكرولتر/لتر | المحصول | التركيز ميكرولتر/لتر |
|---|---|---|---|
| الثمار الكلايمكتيرية | | الثمار غير الكلايمكتيرية | |
| تفاح | ٢٥ – ٢٥٠٠ | الليمون | ٠,١١ – ٠,١٧ |
| خوخ | ٠,٩ –٢٠,٧ | البرتقال | ٠,١٣ – ٠,٣٢ |
| موز | ٠,٠٥ – ٢,١ | الأناناس | ٠,١٦ – ٠,٤ |
| بندورة | ٣,٦ – ٢٩,٨ | | |

**تأثير إضافة الإيثلين في الثمار :**

يختلف تأثير إضافة الإيثلين في الثمار الكلايمكتيرية عنه في الثمار غير الكلايمكتيرية . ويمكن التفريق بين المجموعتين بالاستجابة لإضافة الإيثلين وبمعدل إنتاج الثمار للإيثلين خلال نمو الثمار خاصة خلال مرحلة النضج .

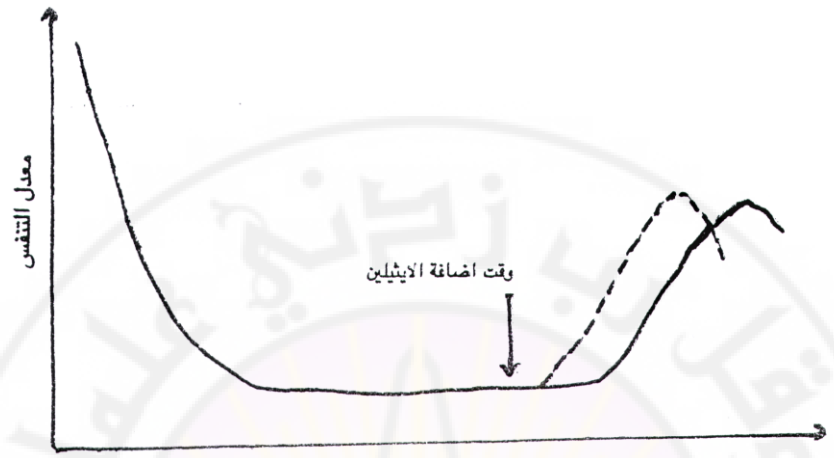
وقد وضحت جميع الأبحاث أن كل الثمار تنتج كميات بسيطة من الإيثلين خلال فترة النمو ولكن وبالتوافق مع مرحلة النضج في الثمار الكلايمكتيرية يرتفع معدل إنتاج الإيثلين بينما لا تحدث زيادة في إنتاج هذا الغاز في الثمار غير الكلايمكتيرية الشكل (١-١١) .

تتأثر الثمار الكلايمكتيرية بإضافة الإيثلين ويختلف هذا التأثير باختلاف وقت الإضافة كما يلي :

**أولاً :** إذا أضيف الإيثلين قبل حدوث ظاهرة الكلايمكتيريك( بعد طور اكتمال النمو) فإنه يبكر في حدوثها بعدة أيام لكنه لا يؤثر في قمة الكلايمكتيريك الشكل(٢-١١).

**ثانياً :** إذا أضيف الإيثلين بعد بداية الكلايمتيريك ولكن قبل الوصول إلى الذروة فإنه يؤدي إلى ارتفاع الحد الأقصى (قمة) الكلايمكتيريك . الشكل (٢-١١).

**ثالثاً :** إذا أضيف الإيثلين بعد الوصول إلى ذروة الكلايمكتيريك فإن تأثيره يكون معدوماً على مستوى شدة التنفس .




**الشـكل (٢-١١ ) أ:** أطـوار نمـو الثمـار : يوضـح أن إضـافة الإيثلـين قبـل بـدء الكلايمكتيريـك يؤدي للإسراع بها




**الشكل ( ٢-١١ ) ب :** يوضح أن إضافة الإيثلين بعد بدء الكلايمكتيريك يؤثر على الحد الأقصى للكلايمتريك

في حالة الثمار غير الكلايميترية فإن المعاملة بالإيثلين تعطي تأثيرات وقتية فقط أي أن معدل التنفس يرتفع فقط وقت المعاملة ويعود إلى المستوى الذي كان عليه . بينما لا يتأثر معدل التنفس في الثمار الكلايمكتيرية ولكن زيادة تركيز الإيثلين تعجل بحدوث الكلايمكتيريك.

**العوامل المؤثرة في إنتاج الإيثلين :**

١ – العمر الفسيولوجي: الزيادة في إنتاج الإيثلين تكون مصاحبة للنضج في الثمار الكلايمكتيرية.والثمار غير الكلايمكتيرية لا تنتج كميات كبيرة من الإيثلين

٢ – درجة الحرارة : يزداد معدل إنتاج الإيثلين مع ارتفاع درجة الحرارة حتى ($٣٠^{o}$م) ثم بعدها يتراجع وينخفض إنتاجه . يقل إنتاج الإيثلين في درجات الحرارة المنخفضة لأن أنزيم تخليق الإيثلين مرتبط بالأغشية وهي تتأثر بانخفاض درجة الحرارة خاصة في الثمار الحساسة لضرر البرودة .

يمكن القول أنه في درجات الحرارة المنخفضة أقل من ($+٤^{o}$م) يغدو الإيثلين عملياً غير فعال في تأثيره في العمليات الحيوية بالثمار .

٣ – تأثير الأكسجين : الأكسجين ضروري لإنتاج الإيثلين وكلما قل تركيز الأكسجين قل إنتاج الإيثلين . وأثناء التخزين في الوسط الغازي الآزوتي ينعدم تقريباً إنتاج الإيثلين وينخفض معدل إنتاج الإيثلين في الوسط الغازي المتحكم به والمعدل.

٤ – تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون: ينافس $CO_2$ فعل الإيثلين فزيادة تركيزه حول الثمار يحد من إنتاج الإيثلين ويثبط فعل الإيثلين .

٥ – المواد الهيدروكربونية الأخرى : مثل غاز أول أكسيد الكربون وهذه المركبات يكون فعلها مثل فعل ثاني أكسيد الكربون .

٦ – الضوء : الضوء يزيد من إنتاج الإيثلين إلا أن التأثير ليس بدرجة كبيرة .

٧– الأضرار الخارجية : وهذه تشمل الأضرار الميكانيكية والإصابات الحشرية والمرضية والأشعة الشمسية كلها تزيد من معدل الإيثلين .

٨- – وجود المواد المثبطة : يوجد العديد من المواد التي تعمل على تثبيط إنتاج الإيثلين ومن أهم هذه المواد : نترات الفضة وأمينو فينيل جليسين (AVG) – أمينو أوكسي حمض الخليك (AOA) – ثيوسلفات الفضة (STS) .

ويؤثر أمينو فينيل جليسين وأمينو أوكسي حمض الخليك على إنتاج غاز الإيثلين عن طريق منع تحول المركب الوسطي أمينو سيكلو بروبان ١-حامض كربوكسيل (ACC) إلى الإثيلين وتقلل نترات الفضة من تأثير الإيثلين .

**طرق تقدير الإيثلين :**

يعتبر إنتاج محاصيل الخضر والفاكهة من غاز الإيثلين قليل جداً ( أقل من ١٠٠ ميكرو متر / كغ / ساعة ) وبالتالي فإن تقدير إنتاج الإيثلين أو قياس التركيز الداخلي للغاز في الثمار ليس سهلاً . ويمكن قياس الإيثلين في الحاصلات البستانية بطرق مختلفة منها :

١ – طرق بيولوجية : ومن أهمها استخدام بادرات البازلاء الخالية من الكلوروفيل والتي تنحني في وجود الإيثلين . وهذه الطريقة غير دقيقة وحالياً لا تستخدم .

٢ – طرق كيميائية : ومن أهمها طريقة تكوين مركب معقد بين الإيثلين وأيون الزئبق وهي أكثر الطرق الكيميائية دقة وكانت تستخدم على نطاق واسع قبل استخدام كروماتوغرافيا الغاز .

**٣ –** الطرق الحديثة : ومن أهمها وأكثرها شيوعاً كروماتوغرافيا الغاز لسهولتها وحساسيتها ودقتها وإمكانية استخدامها لكميات منخفضة جداً من الإيثلين ٠,٠٠١ جزء بالمليون في عينة مقدارها ١ مللتر من الهواء .

**استخدامات الإتيلين في فسيولوجيا ما بعد القطاف**

إنضاج الثمار بواسطة الإيثلين معروفة قديماً، كان يتم إنضاج التفاح بواسطة السفرجل في جنوب إيطاليا ، كذلك إنضاج المانجو بحرق التين في الهند وغيرها. وتركيز الإيثلين اللازم لإنضاج الحاصلات البستانية يختلف حسب نوع المحصول إضافة لعوامل أخرى .

وتحتاج الثمار بعد التعريض للإيثلين إلى عدة أيام لتصل إلى النضج الكامل .
تأثير الإيثلين في إنضاج الثمار وإحداث النضج يعتمد على عدة عوامل أهمها :
– درجة اكتمال نمو الثمار – درجة الحرارة – الرطوبة النسبية – تركيز الإيثلين – طول فترة تعريض الثمار للإيثلين . وعموماً إن أفضل الظروف المستخدمة تجارياً للحصول على نضج جيد هي :
– درجة الحرارة (١٨–١٥°م) – الرطوبة النسبية (٩٠–٩٥%) – تركيز الإيثلين (١٠–١٠٠) جزء بالمليون – فترة التعريض (٢٤–٧٢) ساعة حسب نوع الثمار – حركة الهواء يجب أن تكون مناسبة لتوزيع الإيثلين في غرف الإنضاج – التهوية كافية لمنع تراكم ثاني أكسيد الكربون .

فوائد الإيثلين :

١ – الإنضاج الصناعي لبعض الثمار مثل التفاح – الإجاص – الموز – البندورة .
٢ – التلوين الصناعي لبعض الثمار التي لا تصل إلى اللون المطلوب لعدم توفر الظروف المناسبة مثل تلوين ثمار الحمضيات .
٣ – استعماله في المساعدة في جمع بعض الثمار مثل الزيتون وثمار بعض أنواع الفاكهة لغرض التصنيع باستعمال مركبات تنتج الإيثلين مثل الاثيفون والألسول حيث تسرع من تكوين طبقة الانفصال

الأضرار الناتجة عن وجود الإيثلين حول الحاصلات البستانية :

١ – يعجل بالشيخوخة في الأنسجة النباتية ويزيد من معدل تنفسها .
٢ – يعمل على إزالة اللون الأخضر المميز لبعض الحاصلات البستانية .
٣ – يعمل على تكوين الطعم المر في الجزر .
٤ – تقليل فترات التخزين وخفض جودة محاصيل الخضر والفاكهة .
٥ – يقصر حياة بعض أزهار القطف ويعمل على عدم تفتح براعم القرنفل .
٦ – يعمل على تكوين طبقة الانفصال وبالتالي سقوط الثمار والأوراق والأزهار.

٧ – يساعد في ظهور بعض العيوب الفسيولوجية مثل مرض الصدأ على الخس.

**طرق التخلص من الإيثلين :**

١ – عدم تخزين المحاصيل المنتجة للإيثلين مع المحاصيل الحساسة له .

٢ – عدم تخزين الثمار الناضجة مع الثمار غير الناضجة .

٣ – تهوية المخازن لمنع تراكم الإيثلين إلى تركيزات مؤثرة في وسط التخزين .

٤ – التخزين في الأوساط ذات المحتوى المنخفض من $O_2$ والمرتفع من $CO_2$.

٥ – التخزين بالضغط المنخفض يؤدي إلى خروج الإيثلين من وسط التخزين .

٦ – استعمال مواد تمنع فعل الإيثلين أو مواد تمنع تكوينه .

٧ – استعمال مواد تمتص أو تؤكسد الإيثلين بعد تكوينه مثل :

– الفحم النشط – الأوزون ($O_3$) – برمنغنات البوتاسيوم

**جدول ( ٣–١١ ) أنسب ظروف الإنضاج باستعمال الإيثلين لبعض الحاصلات البستانية**

| المحصول | تركيز الإيثلين PPM | درجة الحرارة م° | الرطوبة النسبية % | المدة اللازمة للإنضاج |
|---|---|---|---|---|
| الموز | ١٠٠٠ | ١٨–٢٢ | ٩٠–٩٥ | يومان أو أكثر |
| الإجاص | ١٠٠٠ | ٢٢–٢٧ | ٩٠ | ٤–٨ أيام |
| التمر | ١٠٠٠ | ١٨–٢٢ | ٩٠ | ٥–٦ أيام |
| المانجو | ١٠٠٠ | ١٨–٢٢ | ٩٠–٩٥ | ٣–٤ أيام |
| الزبدية | ١٠٠٠ | ١٨–٢٢ | ٩٠–٩٥ | ٢–٣ أيام |
| البرتقال | ٥٠٠–١٠٠٠ | ٢٧–٣٢ | ٩٠ | ٣–٥ أيام |
| الليمون | ١٠٠–١٠٠٠ | ١٨–٢٢ | ٨٠–٨٥ | ٣–٤ أيام |
| البندورة | ٢٥٠–١٠٠٠ | ١٨ | ٨٥–٩٠ | ٣–٤ أيام |

**جدول ( ٤-١١ ) : برنامج إنضاج ثمار الموز باستعمال غاز الإيثلين**

| الأيام المرغوب إنضاج الثمار خلالها | درجة الحرارة °م | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | اليوم الأول | الثاني | الثالث | الرابع | الخامس | السادس | السابع | الثامن |
| ٣ | ١٩ | ١٩ | ١٩ | | | | | |
| ٤ | ١٨ | ١٨ | ١٥,٥ | ١٥,٥ | | | | |
| ٥ | ١٦,٥ | ١٦,٥ | ١٦,٥ | ١٦,٥ | ١٥,٥ | | | |
| ٦ | ١٦,٥ | ١٦,٥ | ١٥,٥ | ١٥,٥ | ١٥,٥ | ١٤,٥ | | |
| ٧ | ١٥,٥ | ١٥,٥ | ١٥,٥ | ١٥,٥ | ١٥,٥ | ١٤,٥ | ١٤,٥ | |
| ٨ | ١٤,٥ | ١٤,٥ | ١٤,٥ | ١٤,٥ | ١٤,٥ | ١٤,٥ | ١٤,٥ | ١٤,٥ |

**ملاحظات :**

- درجات الحرارة المذكورة هي درجات حرارة لب الثمار وتكون درجة حرارة غرفة الإنضاج أعلى من ذلك .
- يستعمل الإيثلين بتركيز ١٠٠٠ جزء في المليون .
- تكون الرطوبة ٩٠-٩٥ % في المراحل الأولى من النضج ثم تخفض إلى ٧٥-٨٠% عند بدء تغير اللون .
- التهوية ضرورية وتتم بعد ساعة من المعاملة بالإيثلين .

# الفصل الثاني عشر

# توضيب وتخزين أهم محاصيل الخضار والفاكهه

## محصول البطاطا

تمتاز درنات البطاطا بقدرتها التخزينية الجيدة. ومع ذلك يواجه تخزين البطاطا الكثير من المشاكل.

الخصائص البيولوجية لدرنات البطاطا :

١ – تدخل الدرنات في سكون داخلي يستمر لمدة (١ –٣ ) أشهر تبعاً للصنف ويتبع السكون الداخلي سكون اضطراري طول فترته تحدده الظروف التخزينية .

٢ – من الخصائص البيولوجية الهامة لدرنات البطاطا إمكانية تكوين طبقة فلينية على السطوح المجروحة والناتجة عن استخدام آلات وأدوات القلع والفرز التي تعمل على حماية الدرنة على السطوح المجروحة وذلك إذا وضعت الدرنات في ظروف ملائمة لتكوين هذه الطبقة ( وهي تشبه بيريديرم الدرنة).

٣ – انخفاض كمية الماء والحرارة المنطلقة من الدرنات أثناء التخزين .

جمع المحصول:

آ – تحديد موعد الجمع :

التبكير في الجمع يؤدي إلى ارتفاع نسبة السكريات وانخفاض نسبة النشاء وعدم اكتمال تكوين القشرة ويحدث العكس عند التأخير . ويحدد أنسب موعد للجمع وفق المؤشرات التالية :

– بدء جفاف الأجزاء الخضرية واصفرارها .

– الوقت من موعد الزراعة : يتم قلع البطاطا عموماً بعد (٩٠-١٢٠) يوماً من تاريخ الزراعة ، وذلك حسب النوع والصنف المزروع .

– تجمع الثمار للاستهلاك أو التصنيع مكتملة لتفادي ارتفاع نسبة السكريات. أما الدرنات التي ستخزن فتجمع بعد وصولها إلى اكتمال النمو ليحدث تصلب القشرة وتصبح الدرنات أكثر قدرة على تحمل معاملات التخزين الطويل.

– التصاق القشرة بالدرنات : فالدرنات غير الناضجة تكون قشرتها ناعمة وقليلة الالتصاق باللب ويمكن بفرك الإصبع أن تنفصل عن الدرنة بينما الدرنات الناضجة تكون قشرتها ملتصقة بشكل جيد باللب ولا يمكن فصلها أو قشطها بسهولة .

ب – التخلص من الأجزاء الخضرية قبل الجمع :

التأخير في إزالة الأجزاء الخضرية يعني التأخير في الجمع وبالتالي له نفس التأثير على محتوى الدرنات من النشاء والسكريات، وتتم الإزالة بطرق عدة منها :

١ – الإزالة باليد : ويمكن إجراؤها قبل القلع مباشرة أو قبل القلع بحوالي (٢-٥) أيام

٢ – الإزالة بالمواد الكيميائية: سرعة التخلص من الأجزاء الخضرية تعتمد على نوع المادة المستعملة والتركيز المستخدم والظروف الجوية السائدة وعند أنسب الظروف تتم العملية خلال (٢-٥) أيام.

٣ – إستخدام الآلات الميكانيكية وتحتاج إلى وقت أطول ولكنها أقل تكلفة.

جـ – قلع المحصول : باستخدام الآلات اليدوية أو محاريث قلع البطاطا

إجراء العلاج التجفيفي :

تمتد فترة المعالجة من ٤-٥ أيام وحتى ٢-٣ أسابيع تبعاً لدرجة نضج الدرنات ودرجة إصابتها بالأضرار الميكانيكية . فإذا كانت الدرنات ناضجة وسليمة وذات قشرة قوية مع نسبة أضرار ميكانيكية قليلة فإن طول فترة العلاج تكون في حدها الأدنى وفي هذه الحالة يكتفى بتنظيف الدرنات وتجفيفها إذا كانت رطبة أثناء القلع

أو جمعت في جو ماطر . أما إذا كانت الدرنات غير تامة النضج وذات قشرة ضعيفة مع نسبة أضرار ميكانيكية كبيرة فتكون فترة العلاج في حدها الأقصى.

أثناء فترة العلاج تؤمن ظروف ملائمة لنضج الدرنات والتئام الجروح. ولا تقتصر عملية نضج الدرنات على صلابة وسماكة القشرة بل تتحول السكريات إلى نشاء كما تدخل الدرنات في مرحلة سكون داخلي. ويتكون الفلين والبيريديرم في المناطق المجروحة من الدرنة ويلائم إتمام هاتين العمليتين درجة حرارة ( ١٣-١٥°م) ورطوبة نسبية في حدود (٩٠-٩٥%) ولفترة (٧-١٥) يوماً مع تهوية الدرنات بفاصل زمني متساو وبمعدل (٣-٦) مرات يومياً ولمدة (٢٠-٣٠) دقيقة في كل مرة مع مراعاة أن تكون سرعة الهواء داخل الدرنات بحدود (٠,١٢-٠,٥م/ثا) وبمعدل (٥٠-٢٥٠ م٣/سا/طن) وذلك في حال ارتفاع كومة البطاطا بحدود (٤-٥ م) .

إعداد الدرنات :

بعد إجراء العلاج التجفيفي تنقل الدرنات إلى بيوت التعبئة حيث تغسل لتحسين مظهرها وإزالة الأتربة ثم تجفف وتفرز لاستبعاد المصابة والمخدوشة ثم تدرج حسب الحجم أو حسب الجودة وتعبأ في أكياس أو صناديق خشبية أو كرتونية مختلفة الأحجام وتنقل إلى سيارات الشحن للتسويق المباشر أو للتصدير أو التخزين .

التخزين :

يمكن تقسيم عملية تخزين البطاطا إلى ثلاث مراحل أو فترات :

١ – فترة التبريد : وهي الفترة التي تنخفض فيها درجة الحرارة حتى الدرجة الملائمة للتخزين. يجب أن لا تزيد سرعة التبريد عن (٠,٥-١°م) يومياً لأن التبريد السريع يؤدي لإصابة الدرنات بالأمراض الفسيولوجية . وبالمقابل عند التبريد البطيء قد تبدأ الدرنات بالإنبات إضافة للأضرار المرضية الأخرى وارتفاع نسبة الفقد .

٢ – فترة التخزين الأساسية : تكون فيها درجة الحرارة والرطوبة النسبية للهواء في غرف التخزين مثالية لتخزين البطاطا تبعاً للهدف من تخزين الدرنات كما يلي :

– تخزن البطاطا للاستهلاك الغذائي عند درجة حرارة (٢–٤°م) مع رطوبة نسبية في حدود (٩٠–٩٥%) وذلك تبعاً للصنف حيث تخزن الأصناف المبكرة ذات فترة السكون القصيرة عند درجة حرارة (٢–٣°م) بينما تخزن الأصناف الأخرى عند درجة حرارة (٣–٤°م) .

– إذا كان الهدف من تخزين الدرنات استعمالها للتصنيع فتخزن عند درجة حرارة (٨–١٠°م) لتخفيض نسبة السكريات الموجودة فيها . وفي حال تأخر إجراء عملية التصنيع فتخزن الدرنات في البداية عند درجة حرارة (٣–٤°م) ترفع بعدها إلى (١٠–١٥°م) قبل التصنيع بـ (١–٢) أسبوع .

– إذا كان الهدف من تخزين الدرنات استعمالها كتقاوى للزراعة تخزن على درجة حرارة (٢–٤ م°) كالبطاطا المخصصة للاستهلاك وقبل الزراعة بمدة معينة ترفع درجة الحرارة لتنشيط نمو البراعم .

٣ – فترة التخزين قبل التسويق : قبل تسويق البطاطا بـ (٧–١٠) أيام ترفع درجة حرارة المخزن إلى (١٠–١٢°م) عن طريق تهوية الدرنات بهواء دافئ . ولا يفضل تخزين االبطاطا مع محاصيل أخرى . يمكن تخزين البطاطا في الوسط الغازي ذي التركيب التالي : (٤% $O_2$ ، ٢% $CO_2$ و٩٤% $N_2$ ) ولمدة (٩–١٠) أشهر .

العيوب الفيزيولوجية :

١ – الاخضرار: ويتكون اللون الأخضر نتيجة تعرض الدرنات للضوء . وتختلف الأصناف في حساسيتها للاخضرار. والدرنات غير مكتملة النمو أكثر تعرضاً للاخضرار من تلك المكتملة النمو والنضج .

٢ – التزريع : وتعتمد سرعة التزريع على الصنف وظروف التخزين وظروف نمو الدرنات وتداولها والإصابة بالأمراض .

٣ – القلب الأسود : ويحدث نتيجة نقص الأكسجين ويزداد بارتفاع درجة الحرارة وقد يحدث القلب الأسود قبل الجمع نتيجة غمر التربة بالماء.

٤ – ضرر البرودة والتجمد : يحدث عندما تنخفض درجة الحرارة عن (٣°م) . ودرجة حرارة تجمد البطاطا (-٢°م) .

٥ – زيادة السكريات : نتيجة لزيادة نسبة السكريات المختزلة بانخفاض درجة الحرارة عن (+٥°م) لذلك أنسب الظروف لتخزين البطاطا لغرض التصنيع (٨-١٠°م) ويفضل عندها استخدام مواد مانعة للإنبات إذا كان التخزين طويلاً .

٦ – الأضرار الميكانيكية : وتحدث نتيجة عمليات القلع والنقل والتوضيب.

٧ – البقع السوداء : وتظهر على شكل بقع سوداء تحت القشرة وتظهر بعد الجمع ويعتقد أن السبب هو نقص عنصر البوتاسيوم خلال موسم النمو .

٨ – التجعد والذبول : وتؤثر درجة الحرارة والرطوبة النسبية في سرعة فقد الماء وتذبل الدرنات وتتكرمش عندما يصل الفقد بالوزن إلى (١٠%) .

المواد والطرق المستخدمة لمنع التزريع :

تستخدم مركبات عديدة لمنع أو تأخير تنبيت براعم درنات البطاطا خلال فترة التخزين والغرض منها إطالة فترة السكون : – ماليك هيدرازين (M.H) .

– كحول النوثانول – ميتيل ايتر نفتيل حمض الخل (MENA) .

– مركب (TB) : 2,3,5,6-Tetra chlorobenzol .

– مركب (CIPC) : 3-Chloro – isoprophyl-N-phenyl carbamate.

– استخدام الأشعة . وأهم الأمراض التي تصيب درنات البطاط :

العفن البكتيري الطري – العفن المائي – العفن البني – عفن الفيرسيويم .

## تخزين الملفوف

الملفوف من المحاصيل الخضرية الكثيرة الانتشار في العالم ويعود ذلك لإنتاجها الوفير وتحملها للظروف البيئية غير الملائمة وصلاحيتها للنقل وإمكانية استهلاكها طازجة أو مطبوخة أو مصنعة (تخليل) . والجزء المستهلك من الملفوف يتكون من الساق الداخلية مع البراعم المتوضعة عليها وعدد كبير من الأوراق

المتلاصقة والمتراصة فوق بعضها . والملفوف من محاصيل الخضر الورقية التي تتحمل التخزين لفترات طويلة بخلاف بعض المحاصيل الأخرى .

الخصائص البيولوجية للملفوف :

١ – لا توجد فترة سكون داخلي في الملفوف وتعتبر فترة السكون في الملفوف اضطرارية وتختلف مدتها تبعاً للخصائص الصنفية والظروف التخزينية . خلال فترة السكون (عند درجات الحرارة المنخفضة ٢–٣°م ) تتشكل في منطقة البراعم القمية الأعضاء التكاثرية . وبعد تمايز البراعم تنمو بنشاط وتستطيل الساق الداخلية وتتشقق الرؤوس وتصبح حساسة للأمراض وتفقد صلاحيتها للتخزين . هذا وإن زيادة التسميد الآزوتي وتعرض نباتات الملفوف وهي صغيرة في الحقل لدرجات حرارة منخفضة (٣–٥°م) لمدة (٥–١٠) أيام يسرع من تمايز البراعم الطرفية ويزيد من نسبة الرؤوس المتشققة أثناء التخزين .

٢ – يتكون رأس الملفوف نتيجة لسرعة نمو الأوراق وبطء نمو البرعم الطرفي حيث تلتف الأوراق حول هذا البرعم مكونة الرأس المندمجة التي يبدأ تشكلها بعد تكوين السطح التمثيلي للنبات ومجموعه الجذري . حيث تنتقل المواد الادخارية والغذائية من السطح التمثيلي إلى الرأس . حتى يكتمل نمو الرؤوس حجماً ووزناً وتبلغ المواصفات الجيدة لرؤوس الملفوف .

٣ – تختلف درجة تحمل الملفوف للأمراض كالعفن الرمادي وغيره تبعاً لدرجة تلون الأوراق أو بمقدار ما تحوي من اليخضور والكاروتين . ولذلك كلما قلت درجة تلون الأوراق ضعفت المقاومة للأمراض خلال التخزين .

٤ – يمتاز الملفوف بدرجة تحمله لدرجات الحرارة المنخفضة ويمكن أن تتحمل بعض أصناف الملفوف درجة الحرارة السالبة حتى (–٥°م) لمدة قصيرة أثناء وجودها بالحقل . إنما بعد الجمع يتجمد الملفوف عند هذه الدرجة (–٥°م) .

يؤدي استمرار درجات الحرارة المنخفضة (أقل من-١°م) إلى اسوداد الجزء الداخلي لرأس الملفوف (اسوداد القلب) مع عدم وجود أي علائم للإصابة بهذا المرض من الخارج ويعلل ذلك إلى حساسية منطقة البراعم الطرفية للبرودة والتي تتموت عند درجة حرارة (-١,٥°م) بينما تتموت الأوراق الداخلية البيضاء عند درجة حرارة (-٢ ، -٤°م) أما الأوراق الخارجية الخضراء فتتموت عند درجة حرارة (-٥ ، -٧°م) .

٥ – تتميز أوراق الملفوف بارتفاع معدل التمثيل الغذائي فيها مقارنة بباقي أجزاء النبات . وتفقد كمية كبيرة من محتواها المائي وتطلق كميات عالية من الطاقة. لذلك ينبغي عدم تخزين رؤوس الملفوف في أكوام كبيرة.

٦ – كلما زادت صلابة رؤوس الملفوف زادت قدرتها التخزينية .

جمع الملفوف وتوضيبه :

– يتحدد موعد الجمع بالاعتماد على الصفات الطبيعية للرؤوس: صلابة الرأس – الحجم – الوزن – الأوراق بالإضافة إلى المظهر الخارجي ويجب أن يكون الرأس خالياً من الانفجار والحوامل الزهرية والأمراض ولفحة الشمس وكذلك يمكن أخذ عدد الأيام من الزراعة كأساس لجمع المحصول .

– غالباً ما يتم جمع رؤوس الملفوف يدوياً وتجري التعبئة بالحقل بعد إزالة بعض الأوراق الخارجة ثم تنقل لإجراء التبريد المبدئي أو تنقل لبيوت التعبئة لإجراء عمليات الفرز والتوضيب والتعبئة ثم إجراء التبريد المبدئي (غالباً التبريد بالتفريغ) ثم تسوق أو تخزن ويعتبر التبريد المبدئي عاملاً أساسياً لإطالة فترة التخزين .

الظروف التخزينية :

١– درجة الحرارة : يمكن تخزين الملفوف لمدة ٧–٨ أشهر عند درجة حرارة (-١ ، ٠°م) ورطوبة نسبية (٩٠–٩٥%) . وبهذه الظروف يمكن إبطاء عمليات النمو في رؤوس الملفوف إلى الحدود الدنيا. وارتفاع حرارة التخزين عن الصفر المئوي غير مرغوب فيه لأنه يساعد على نمو وانتشار العفن الرمادي .

٢ – الرطوبة النسبية : يجب أن تكون بحدود (٩٣-٩٦%) للتقليل من نسبة الفقد بالوزن ، لكن ينصح بتخفيض الرطوبة النسبية في جو المخزن لتفادي الإصابة بالعفن الرمادي. كما يمكن تخزين الملفوف في جو رطوبته (٧٠-٨٠%) وعندها تجف الأوراق الخارجية لكنها تحمي المنطقة الداخلية للرأس من الذبول وتخفض فرص الإصابة بالأحياء الدقيقة.

٣ – الجو المعدل : يمكن تخزين الملفوف الأبيض عند درجة حرارة (٣-٤$^{o}$م) لمدة (٨-٩) أشهر وبدون فقد كبير، في وسط غازي (٤%$CO_2$ و٥% $O_2$ و ٩١% $N_2$) وتبين أن هذا الوسط يمنع نمو وانتشار العفن الرمادي حتى في وجود الرطوبة النسبية المرتفعة .

العيوب الفيزيولوجية :

١ – فقدان اللون الأخضر ويساعد في ذلك وجود غاز الإتيلين .

٢ – لفحة الشمس وتؤدي إلى جفاف الأوراق الخارجية .

٣ – اسوداد القلب الناتج عن الانخفاض الزائد في درجة حرارة التخزين .

٤ – اسوداد الأوراق : ويظهر على شكل عروق أو بقع بنية أو سوداء غائرة في أي مكان في الرأس والسبب غير معروف .

وأهم الأعفان التي تصيب الملفوف أثناء التخزين بالأوساط الرطبة هو العفن الرمادي . ويمكن أن يصاب الملفوف بالعفن البكتيري الطري والعفن الأسود – الريزوبيس – العفن المائي الطري – وعفن الزغب الحبيبي ولكن درجة حرارة التخزين المنخفضة تحد بشكل كبير من انتشار هذه الأمراض .

التوافق مع المحاصيل الأخرى :

يمكن تخزين الملفوف لعدة أيام مع أي محصول يتحمل التخزين على درجة حرارة الصفر المئوي .أما عند التخزين لفترات طويلة فيمكن تخزين الملفوف فقط مع

المحاصيل التي لا تنتج غاز الإتيلين. وذلك عند الصفر المئوي ورطوبة عالية مثل: جزر – خس – فجل – لفت – عنب دون استخدام غاز $SO_2$.

## تخزين الزهرة ( القرنبيط )

أهم مواصفات الجودة في الزهرة هو اللب الأبيض والصلابة. تجمع الرؤوس بسكين عند وصولها إلى درجة اكتمال النمو وقبل توجه النبات لتكوين الشماريخ الزهرية . تفرز الرؤوس لاستبعاد المصابة بالأمراض والحشرات وتلك التي اتجهت نحو الشمرخة أو الرؤوس غير الناصعة البياض ثم تعبأ الرؤوس الجيدة مع أوراقها الخارجية كاملة أو بعد إزالة جزء منها أو بدونها نهائياً والتعبئة عادة في صناديق خشبية أو كرتونية ويفضل بعد التعبئة اجراء التبريد المبدئي .

تخزن الرؤوس الزهرية عند درجة حرارة الصفر المئوي مع رطوبة نسبية (٩٠-٩٥%) ولمدة (٣٠-٤٠) يوماً .

يمكن تخزين الزهرة لفترة أسبوع مع كل المحاصيل التي تخزن على درجة حرارة الصفر المئوي والرطوبة العالية مع تفادي تخزينها مع المحاصيل التي تنتج الإثيلين . أما التخزين لأكثر من ذلك فيمكن تخزينها مع الملفوف – الجزر – العنب – الخس – اللفت – الفريز عند الصفر المئوي والرطوبة (٩٥%) .

العيوب الفيزيولوجية :

– تفكك الأزهار والرأس: نتيجة ارتفاع الحرارة أثناء النمو أو التقدم في العمر.

– التجمد : ويحدث تلون بني للرأس عند انخفاض الحرارة لأقل من (-١°م) .

– لفحة الشمس : تلون سطحي ( أصفر – بني أو أسود ) ويعتمد على شدة الإصابة ويحدث قبل أو بعد الجمع .

أهم أمراض التخزين : عفن الألترناريا – العفن الأسود – العفن البني وعفن الريزوبس الطري .

# تخزين الخضار الورقية

يقصد بالخضار الورقية : الخس – السبانخ – البقدونس – الكرفس – الشمرة – إضافة للملفوف والبصل الأخضر ومحاصيل أخرى . تتميز هذه المحاصيل بقابليتها العالية للفساد والتدهور نتيجة لفقد الماء "الذبول" وفقدان اللون الأخضر "الاصفرار" والأضرار الميكانيكية إضافة لبعض العيوب الفيزيولوجية وارتفاع شدة التنفس .

أهم خصائص هذه المحاصيل :

١ – لها مسطح ورقي كبير مقارنة بالوزن إضافة .

٢ – معظم المحاصيل الورقية ذات محتوى عالٍ من الفيتامينات مثل فيتامين "C" وفيتامين "A" وتعتبر مصدراً جيداً للأملاح المعدنية .

٣ – معظم المحاصيل الورقية ذات معدل تنفس مرتفع وحساسة جداً للإيتيلين.

٤ – تتحمل محاصيل الخضر الورقية التخزين عند درجات حرارة منخفضة "الصفر المئوي" إلا أنها لا تتحمل التخزين الطويل باستثناء الملفوف .

٥ – درجة تجمد هذه المحاصيل قريبة من الصفر المئوي لارتفاع محتواها المائي.

٦ – خفض الأكسجين حول هذه الحاصلات يحد بشكل كبير من الشيخوخة .

## الخس

– يمكن تحديد موعد الجمع بعدد الأيام من الزراعة . وعلى وزن وحجم وصلابة الرأس واندماج الرأس وخلوه من الأمراض . وعدم ظهور الحوامل الزهرية من صفات جودة هذا المحصول .

– يجمع الخس بالسكين ثم تزال الأوراق التالفة ويعبأ في صناديق بمعدل (١٨–٢٤) رأساً حسب الحجم ثم تنقل الصناديق لإجراء التبريد المبدئي بسرعه.

– يخزن الخس بدرجة حرارة الصفر المئوي ، ونقطة تجمده(–٠,٥ إلى–٠,١٧م$^{o}$). الرطوبة النسبية للهواء بحدود (٩٥%). يمكن تخزين رؤوس الخس في هذه الظروف حوالي الشهر. يمكن تخزين الخس في عبوات من البولي إيثلين سماكة (٤٠–٦٠)

ميكرون حيث يتكون في هذه العبوات رطوبة نسبية (٩٥-٩٨%) وترتفع نسبة CO2 حتى (٢-٤%) وتنخفض نسبة $O_2$ حتى (١٤-١٦%) وزيادة فترة التخزين إلى الشهر والنصف .

يخزين الخس مع :الملفوف – الزهرة – العنب – الفجل – اللفت – الفريز – الكاكي.

أهم العيوب الفسيولوجية التي تظهر على الخس :

– بقع الصدأ : ويسبب هذه المشكلة غاز الإيثلين

– الإصابة بالتجمد : كون الفرق بين درجة حرارة التخزين (الصفر المئوي) ودرجة التجمد (-٠,١٧م$^{o}$) قليلة جداً .

– الإصابات الميكانيكية : بسبب عدم الحرص أثناء الجمع والتداول .

– أهم الإصابات المرضية التي يصاب بها الخس والتي تسبب خسائر كبيرة أثناء النقل والتخزين : العفن البكتيري الطري – العفن الرمادي – العفن المائي الطري.

## تخزين الخضار الباذنجانية

### تخزين البندورة

تعتبر البندورة من أكثر المحاصيل البستانية زراعة واستهلاكاً في العالم .

وثمار البندورة سهلة العطب لذلك يجب جمعها وتداولها بعناية تامة .

جمع الثمار :

– يكتمل نمو ثمار البندورة بعد (٩٠-١٣٠) يوماً من التشكيل وتجمع الثمار كل (٤-٨) أيام خلال موسم الجمع الذي يستمر (٢-٥) شهور . وعموماً يجب قطف الثمار بعد اكتمال نموها . ويتوقف تحديد الموعد المناسب لجمع الثمار على عوامل عدة أهمها : الغرض الذي زرعت من أجله البندورة : للتصنيع أو الاستهلاك المباشر أو التخزين والتصدير – البعد بين مراكز الإنتاج ومناطق الاستهلاك .

يمكن تمييز عدة مراحل لنضج البندورة وبالتالي موعد الجمع :

١ – إذا كانت الثمار ستشحن أو تصدر إلى مسافات بعيدة تجمع في مرحلة اكتمال النمو عندما تكون الثمار خضراء وهذه الثمار تتلون بالأحمر بعد جمعها بعدة أيام .
٢ – إذا كانت الثمار ستشحن إلى مسافات متوسطة تجمع في مرحلة التحول حيث يكون لونها أخضر فاتحاً مع تلون أحمر بحوالي ربع الثمرة وتتحمل النقل إلى .
٣ – إذا كانت الثمار ستشحن إلى مسافات قصيرة تجمع في مرحلة قبيل النضج عندما يغطي اللون الأحمر ثلاثة أرباع الثمرة تقريباً .
– يحدد موعد القطف عند بدء تحول اللون الأخضر الداكن إلى الأخضر الفاتح .
– تجمع الثمار بالمقصات أو اليد وتعبأ في صناديق بالحقل وتنقل إلى بيوت التعبئة حيث تغسل بالماء البارد مع الكلور والمبيدات ثم تغسل وتجفف وتشمع وتدرج حسب درجة النضج والحجم وتعبأ في الصناديق وتنقل إلى أماكن التسويق أو التخزين .

تخزين الثمار :

تختلف فترة تخزين البندورة حسب الصنف ودرجة النضج كما أن الثمار الصغيرة والمتوسطة الحجم تخزينها أطول من الثمار الكبيرة .

الشروط المثلى لتخزين ثمار البندورة تبعاً لدرجة نضجها :

١ – الثمار الخضراء المكتملة النمو تخزن على درجة حرارة (١٢°م) ورطوبة نسبية (٨٥–٩٠%) ويمكن تخزينها حتى الشهر .
٢ – إذا كان نصف الثمرة قد تلون باللون الأحمر ( متوسطة النضج ) فتخزن على درجة حرارة (١٠°م) ورطوبة نسبية (٨٥–٩٠%) وتخزن لمدة أربعة أسابيع.
٣ – إذا كان ثلاثة أرباع الثمرة متلوناً بالأحمر فتخزن البندورة على درجة حرارة (٨°م) ورطوبة نسبية (٨٠–٨٥%) وفترة التخزين حوالي ثلاثة أسابيع .
٤ – إذا كان اللون الأحمر والوردي قد غطى الثمرة بكاملها ( مرحلة النضج الكامل) فيجب تخفيض درجة حرارة التخزين إلى (١–٢°م) مع رطوبة نسبية (٨٥–٩٠%) ومدة التخزين في هذه الحالة تصل إلى (٤–٥) أسابيع .

– يجب عدم تخفيض درجة حرارة تخزين الثمار غير الناضجة عن (+٥°م) لأنها تفقد القدرة على النضج .

– يفضل أثناء التخزين مراقبة الثمار دورياً وفرز الثمار الحمراء وتسويقها .

– يمكن إبطاء عمليات نضج الثمار بتخزينها بالوسط الغازي المكون من ($CO_2$ ٣% ، $O_2$ ٣% ، $N_2$ ٩٤% ) وعلى درجة حرارة (٨–١٠°م) عندها يمكن إطالة فترة التخزين إلى الشهر والنصف .

– تتوافق الثمار الخضراء أثناء التخزين مع ثمار الحمضيات ، أما الثمار الحمراء الناضجة تتوافق مع الفليفلة والباذنجان والبطيخ وغيرها .

– يمكن إجراء عمليات الإنضاج الصناعي للثمار الخضراء عند حاجة السوق ودرجات الحرارة المثلى للإنضاج بالحرارة (١٥–٢٥°م) ورطوبة (٨٥–٩٠%). ويمكن تسريع عملية الإنضاج باستخدام غاز الإيتلين (٢٥٠–١٠٠٠) جزء بالمليون حيث تتلون الثمار خلال (٤–٥) أيام .

العيوب الفسيولوجية :

ضرر البرودة وتزداد الحساسية له بانخفاض درجة النضج وتصاب الثمار الخضراء إذا انخفضت درجة الحرارة عن (١٢°م) بينما تصاب الثمار المتوسطة التلون إذا قلت درجة الحرارة عن (٤°م) وتتمثل الأعراض بعدم انتظام تلون الثمار وزيادة انتشار الأمراض .

أهم الأمراض التي تصيب البندورة أثناء التخزين :

العفن البكتيري الطري وعفن الالترناريا وعفن الريزوبس . وتتركز مقاومة هذه الأمراض على التداول الجيد والإقلال من الإصابات الميكانيكية والحفاظ على درجة الحرارة والرطوبة النسبية .

**تخزين الفليفلة**

– الفليفلة من الخضر التي تجمع مكتملة النمو ويجب الاحتفاظ بجزء من العنق عند الجمع للتقليل من فقد الماء .

– أفضل الظروف التخزينية للثمار الخضراء هي درجة حرارة (٨–٩°م) ورطوبة نسبية للهواء (٩٠–٩٥%) وضمن هذه الظروف تخزن لفترة (٢–٣) أسابيع .

الفليفلة الخضراء حساسة لضرر البرودة وانخفاض الرطوبة النسبية يؤدي إلى ذبولها بسرعة أما زيادة الرطوبة في جو التخزين فتسبب إصابته بالأمراض.

– يمكن تخزين الثمار الناضجة (الحمراء) على درجة حرارة (+١°م) لمدة أسبوعين حيث تبين أن الثمار الناضجة لا تصاب بضرر البرودة .

الأضرار الفسيولوجية والمرضية أثناء التخزين :

الذبول: ولذلك كثيراً ما تشمع الثمار لتقليل فقد الماء وإعطائها منظراً جذاباً .

ضرر البرودة: تصاب الثمار الخضراء عند التخزين في درجة حرارة أقل من (٧°م).

أهم الأمراض التي تصيب الفليفلة أثناء التخزين : العفن البكتيري الطري وتظهر الأعراض على شكل بقع مائية لها رائحة غير مرغوبة – العفن الرمادي – العفن الطري ويظهر كبقع مائية مع لون الفطر الرمادي – عفن الالترناريا ويظهر خاصة على الثمار المصابة بضرر البرودة .

## تخزين الباذنجان

– يبدأ نضج الثمار بعد (٢,٥–٣) أشهر من التشتيل ويستمر الحصاد لفترة مماثلة . وتصبح الثمار في مرحلة النضج الاستهلاكي عندما تصل إلى ثلثي حجمها الكامل ويكون ذلك بعد (٢٥–٤٠) يوماً من التلقيح . والمهم أن تقطف الثمار قبل تصلب بذورها . وعادة تقطف ثمار الأصناف الطويلة بطول(١٠–٢٠ سم) وثمار الأصناف الكروية بطول (٨ سم) . ويمكن التعرف على مرحلة النضج المناسبة بالضغط على الثمرة بالإبهام فإذا اندفع جلد الثمرة إلى مكانه الأول بسرعة بعد رفع الإصبع دل على أنها ما زالت غير ناضجة أما إذا عاد الجلد إلى وضعه الأول ببطء شديد دل على أنها زائدة النضج وتعد الثمار المناسبة للاستهلاك وسطاً بين الحالتين. وإذا تجاوزت ثمار الباذنجان مرحلة النضج المناسبة للاستهلاك تتحول إلى اللون البرونزي وتتصلب قشرتها وبذورها وتكتسب طعماً لاذعاً .

– تخزن الثمار على درجة حرارة (٨–١٠°م) لمدة (١٥) يوماً مع رطوبة نسبية (٨٥–٩٠%) . أما انخفاض درجة حرارة التخزين عن (٨°م) فيسبب أضراراً للثمار.
– تظهر أضرار البرودة على شكل انهيار في لب الثمار وتلونها باللون البني – التنقر السطحي (التحفر ) – اكتساب الثمرة بالنهاية اللون البرونزي – ازدياد حساسية الثمار للإصابة بعفن الألترناريا بعد إخراجها من التخزين .
وأهم الأمراض التي تصيب الباذنجان أثناء التخزين : العفن البكتيري الفطري – العفن الرمادي – عفن الألترناريا .

## تخزين الخضار القرعية

تتشابه المعاملات الزراعية للخضار القرعية بصفة عامة إلا أن معاملة الثمار بعد الحصاد وفسيولوجياً ما بعد القطف تختلف . وذلك رغم اشتراك غالبيتها في حساسيتها لأضرار البرودة كما تتأثر ثمارها بدرجة كبيرة بالأضرار الميكانيكية أثناء أو بعد الحصاد . ومن أهم العوامل التي تحدد مدة تخزينها درجة اكتمال النمو وعلاقتها بموعد القطف حيث تختلف مواعيد القطف ولذلك نجد أن:
١ – ثمار تقطف عند وصولها إلى درجة اكتمال النمو أو بعدها كما في اليقطين .
٢ – ثمار تقطف عند وصولها إلى النضج الإستهلاكي كالبطيخ أو قبلها بفترة قصيرة كالبطيخ الأصفر (الشمام) .
٣ – ثمار تقطف قبل اكتمال النمو بفترة طويلة كما في الخيار والكوسا .

### الخيار

الجمع: تقطف ثمار الخيار على دفعات في مرحة انقسام الخلايا عندما يراد تصنيعها وفي مرحلة استطالة الخلايا وامتلائها للاستهلاك المحلي أو التصنيع وبالتالي تقطف قبل اكتمال النمو.
– تجمع الثمار باليد أو بالمقصات وقد تعبأ مباشرة في الحقل أو تنقل إلى بيوت التعبئة لإجراء الفرز والتدرج حسب الحجم بعد إجراء عمليات التنظيف والغسيل

والتجفيف وتعبأ في عبوات التسويق. ويفضل إجراء التبريد المبدئي بسرعة . وتتشابه خطوات الجمع وإعداد المحصول مع تلك المتبعة في محصول البندورة .

التخزين :

– تخزن ثمار الخيار على درجات حرارة (٧–٩°م) ورطوبة نسبية (٩٠–٩٥%) ولمدة تصل إلى الأسبوعين مع احتفاظها بنضارتها .

ثمار الخيار حساسة لضرر البرودة لذلك لا ينصح بخفض درجة الحرارة لأقل من (١٠°م) حيث تظهر أعراض البرودة بشدة عند انخفاض درجة الحرارة إلى (+٤°م) خلال يومين . كما أن درجات الحرارة المرتفعة أكثر من (٩–١٠°م) تشجع اصفرار الثمرة وإصابتها بالأعفان .

إن انخفاض الرطوبة النسبية في جو التخزين يسبب ذبول الخيار بسرعة وفقدانه للمواصفات الاستهلاكية الأساسية ولذلك كثيراً ما يخزن الخيار في صناديق ضمن عبوات البولي سماكة (٢٠–٤٠ ميكرون) وبسعات مختلفة ويمكن تخزين ثمار الأصناف الطويلة بتغليف كل ثمرة على حدة برقائق البولي إثيلين سماكة (٢٠–٢٥ ميكرون) مع ترك قاعدة وقمة الثمرة دون تغليف وبعدها تخزن الثمار على درجة حرارة (١٠–١٥°م) ولمدة شهر (حيث تساعد المناطق المكشوفة على حدوث التبادل الغازي) . كما يمكن تخفيض نسبة فقد الماء وإطالة فترة التخزين وذلك بالتشميع ويفضل عندها أن تعامل الثمار بالمركبات المضادة للأعفان وبذلك يمكن إطالة فترة التخزين إلى الثلاثة أسابيع . ويمكن تخزين الخيار بالوسط الغازي المؤلف من (٥% $CO_2$، ٢% $O_2$، ٩٣% $N_2$ ) لمدة ثلاثة أسابيع .

العيوب الفسيولوجية والمرضية :

الذبول – ضرر البرودة: على شكل بقع سطحية أو بقع مائية داكنة على القشرة .

– الاصفرار : ويسرع حدوث الاصفرار درجات الحرارة المرتفعة ووجود غاز الإيتلين.

أهم الأمراض التي تصيب الخيار أثناء التخزين :

يتعرض الخيار للإصابة بالانتراكنوز.

كما يصاب بالعفن البكتيري الطري والبقع البكتيرية وعفن الريزوبس ويمكن الحد من هذه الأمراض وخصوصاً الانتراكنوز بالتخزين على درجة حرارة أقل من (١٠°م) .

## تخزين البطيخ الأحمر

تجمع الثمار بعد اكتمال النمو. وأهم مؤشرات الجمع لتحديد موعد القطاف :

- بدء موت المحلاق القريب من عنق الثمرة .
- تحول اللون الأخضر عند المنطقة الملامسة للتربة إلى أبيض مصفر .
- لا يمكن خدش القشرة الملامسة للتربة بالثمار المكتملة النمو بالأظافر .
- يسمع صوت واضح عند الضغط على الثمار باليدين بسبب تمزق الأنسجة، يكون في الثمرة المكتملة النمو أجوفاً مكتوماً بينما رناناً في الثمار غير المكتملة النمو .
- نسبة المواد الصلبة الذوابة تكون بحدود (١٢-١٣%) .

تجمع الثمار مع جزء من عنق الثمرة (٢-٣ سم) للوقاية من الإصابة بتعفن العنق ثم تنقل الثمار إلى الأسواق مع مراعاة عدم إصابتها بالرضوض وعدم تعرضها لأشعة الشمس المباشر.ويلاحظ أن ثمار البطيخ تكون أكثر عرضة للإصابات الميكانيكية في فترة الصباح الباكر كونها تحوي على كمية أكبر من الماء.

تختار الثمار المعدة للتخزين بحيث تكون قشرتها صلبة. ويعتبر اللون الأحمر الداخلي والطعم الحلو وكمية البذور من أهم صفات جودة ثمار البطيخ. يمكن تخزين البطيخ بحالة جيدة لأربعة أسابيع على درجة حرارة (٥-٨°م) ورطوبة نسبية (٨٠-٩٠%) وذلك حسب الصنف المخزن وحالة الثمار ويمكن لبعض الأصناف أن تخزن حتى الشهرين إذا توفرت الظروف التخزينية المثلى .

إذا تعرضت الثمار لدرجات حرارة أقل من (٥°م) تصاب بضرر البرودة وإذا ارتفعت درجة الحرارة عن (١٠-١٤°م) تفقد كثيراً من مواردها الغذائية وتصاب بالعفن الرمادي والانتراكنوز . وعند ارتفاع الرطوبة النسبية في جو المخزن يصبح لب الثمرة حامضياً وذا طعم مر .

– يمكن تخزين البطيخ مع الثمار المتوافقة معه في درجة الحرارة (٥-١٠°م) مثل الفيلفة – الباذنجان– البندورة الحمراء – اليقطين .

– يظهر ضرر البرودة على شكل بقع مائية على القشرة إضافة إلى تشكل طعم غير مرغوب ويمكن أن يصبح لون اللب مسمراً وذا قوام طري .

يتعرض البطيخ للأضرار الميكانيكية إضافة إلى ضرر فسيولوجي يسمى بقع القشرة الداخلية . ويظهر على شكل بقع بنية في القشرة بين السطح واللب وهذه البقع لا تؤثر في الجزء المأكول وسببه غير معروف .

– أهم أمراض البطيخ الانتراكنوز وعفن طرف الساق( عفن الفيتوفترا).

## البطيخ الأصفر ( الشمام )

تجمع الثمار مكتملة النمو ومن أهم صفات الجودة فيه حلاوة الثمار. ويعتبر ميعاد القطف ودرجة اكتمال النمو من العوامل المهمة والتي تحدد طول فترة التخزين .

للحصول على أفضل المواصفات التخزينية والتسويقية يجب أن تحوي الثمار أفضل محتوى سكري لأن السكريات لا تزداد بعد الجمع . وعلى العكس بعد القطاف وخلال النضج والشيخوخة تفقد الثمار جزءاً من مكوناتها ومواصفاتها الاستهلاكية.

ومن العوامل التي يمكن اعتمادها كمؤشرات لتحديد موعد الجمع :

– نسبة المواد الصلبة الذوابة وحسب الصنف – سهولة انفصال الثمرة عن العنق – تغير لون القشرة مع تقدمها بالنضج ( من الأخضر إلى الأصفر ) – بدء ليونة الثمرة – مدى اكتساب الثمرة الرائحة العطرية المميزة .

عند تسويق الثمار محلياً تقطف عند تمام نضجها (عندما تنفصل الثمار عن العنق بسهولة ) وقبل أن تقل صلابتها . أما في حالة الشحن والتصدير والتخزين فتجمع قبل تمام نضجها وبالتالي تقطف في مرحلة نصف الانفصال .

وتقطف الثمار مع جزء من العنق وتفرز وتدرج حسب الحجم ودرجة النضج وتعبأ الثمار المتماثلة .

تخزن الثمار في مرحلة نصف الانفصال ( غير تامة النضج ) على درجة حرارة (٢-٤°م) لمدة أسبوعين وتظهر أعراض ضرر البرودة إذا زادت مدة التخزين .
أما الثمار التي وصلت إلى النضج التام ( مرحلة الانفصال السهل ) فإنها تخزن على درجة حرارة (٠حتى +٢° م) لمدة تتراوح من (٥-١٤) يوماً وتكون الرطوبة النسبية في كل الحالات (٨٥-٩٠%) . يوجد بعض الأصناف يمكن أن تخزن لفترات أطول تصل إلى ثلاثة أسابيع تبعاً للصنف وطريقة التخزين .
أهم الأضرار الفسيولوجية التي تصيب الشمام : لفحة الشمس والأضرار الميكانيكية – ضرر البرودة ويسرع من الإصابة بالأمراض . وأهم الأمراض التي تصيب الشمام : عفن الألترناريا – عفن الفيوسيريم – عفن الفيتوفترا – العفن الطري .

### تخزين القرع ( اليقطين )

تمتاز ثمار القرع بسماكة قشرتها وصلابتها ومتانتها ومقاومتها الميكانيكية لذلك يمكن حفظها في الظروف العادية بالمنزل إلا أنه يفضل تخزينها عند درجة حرارة (٢٥-٢٧° م) في العشرة أيام الأولى مع رطوبة نسبية (٨٠%) وبعد ذلك تخزن على درجة حرارة (٥-١٠° م) ورطوبة نسبية حوالي (٧٠%) ولعدة أشهر (٣-٤ أشهر) ولكن يجب عدم انخفاض درجة حرارة التخزين عن (٥° م) كي لا تصاب بأضرار البرودة لأنها حساسة جداً للحرارة المنخفضة .
الثمار الملائمة للتخزين تجمع في درجة النضج الكامل مع ترك عنق الثمرة معها بطول (٣-٥ سم) وخالية من الجروح . أما الجروح السطحية يمكن أن تلتئم ويتكون نسيج فليني يحمي الثمار من دخول مسببات الأمراض إلى داخلها . وتتم عملية التخزين عادة بوضع الثمار على رفوف بطبقة واحدة وعنق الثمرة للأعلى .

## تخزين الخضر الجذرية

تشمل الخضر الجذرية : الجزر – اللفت – الشوندر – البقدونس الجذري – الكرفس الجذري – اللفت السويدي – الفجل – البطاطا الحلوة .

وتمتاز هذه الخضار بميزات خاصة تحدد تكنولوجيا تخزينها ومن هذه المميزات:

– تفقد الخضر الجذرية الرطوبة وتذبل بسرعة في الظروف غير الملائمة وذلك بسبب رقة جدر خلاياها وكبر المسافات بين الخلايا . ويتحدد فقد الماء كذلك بسمك طبقة القشرة التي تختلف من محصول إلى آخر فمثلاً الجزر ذو طبقة قشرة رقيقة مقارنة بالبطاطا الحلوة . كما أن للإنبات دوراً مهماً في زيادة معدل فقد الماء .

– محتواها المائي أقل من المحاصيل الأخرى بينما فيها نسبة عالية من المواد الكربوهيدراتية. وعندما تذبل تفقد مواصفاتها وتزداد حساسيتها للأمراض .

٢ – تتمتع الجذور وخاصة الجزر والشوندر بالقدرة على التئام الجروح بعد الجمع وتتم هذه العملية في جذور الجزر بشكل أبطأ من عملية التئامها في جذور الشوندر. كما تلتئم الجروح في منطقة الرأس في الجزر بشكل أفضل من منطقة طرف الجذر نظراً لضعف نشاط الكامبيوم في الأجزاء السفلية من الجذر .

٣ – لا يوجد في الخضار الجذرية فترة سكون داخلي إنما فترة السكون فيها اضطرارية حيث يمكن للبراعم أن تنمو بعد قلع الجذور بمجرد توفر الظروف الملائمة للنمو وذلك عند ارتفاع درجة الحرارة حتى (٧–٨°م) .

٤ – لا تتحمل الخضار الجذرية درجات التجمد.

٥ – تتميز بارتفاع شدة التنفس وبالتالي فهي تطلق كمية كبيرة من الطاقة وهذا يؤدي إلى تدهورها وانخفاض قدرتها التخزينية.

٦ – تحتوي هذه المجموعة على كميات جيدة من الفيتامينات والكثير من هذه الجذور ذات محتوى جيد من الأملاح . وعند تدهور هذه المحاصيل تفقد الكثير من الفيتامينات والمكونات الأخرى .

٧ – البطاطا الحلوة والجزر يتحملان التخزين لفترات طويلة قد تصل إلى تسعة شهور عند درجات الحرارة المناسبة لكل منهما شرط البدء بمحصول ذي مواصفات عالية بينما يخزن الفجل لفترة قصيرة لمدة (٣–٤) أسابيع .

يمكن تقسيم نظام تخزين الخضار الجذرية إلى ثلاث مراحل :

١ – فترة المعالجة : تخزن الخضار الجذرية في العشرة أيام الأولى بعد الجمع عند درجة الحرارة (١٠–١٢° م) ورطوبة نسبية تتراوح ما بين (٩٠–٩٥%) مع التهوية الصناعية بمعدل (٥٠–٧٠م٣) في الساعة لكل طن من الجذور.

٢ – فترة التبريد : تبرد الخضار بعد المعالجة بسرعة إلى (٠,٥–١° م) يومياً حتى درجة حرارة التخزين الأساسية وتستمر هذه الفترة عادة من (١٠–١٥ يوماً).

٣ – فترة التخزين الأساسية : ومدة هذه الفترة تختلف حسب النوع وقد تمتد إلى (٦–٧) أشهر تبعاً لظروف التخزين حيث تخزن الخضار الجذرية على درجة حرارة (٠–١° م) ورطوبة نسبية (٩٥%) .

٤ – تسوق الخضار بعد رفع درجة حرارتها إلى(١٠° م) لتلافي تكاثف الرطوبة عليها وهذا يقلل من الأضرار التي تنجم خلال عملية التسويق .

**تخزين الجزر**

للجزر فترة تخزينية عالية مقارنة بالمحاصيل الجذرية الأخرى إذا ما جمع بالوقت المناسب وتم تداوله بعناية وتخزينه بالظروف المناسبة .

تحصد معظم أصناف الجزر من أجل الاستهلاك عندما يبلغ قطر الجذور عند الأكتاف حوالي (٢–٣ سم) حيث يمتلك عندها أفضل المواصفات الاستهلاك. وقد يتأخر الحصاد حتى يصبح قطر الأكتاف (٣–٦ سم) لزيادة الإنتاجية رغم أن زيادة حجم الجذور يرافقه زيادة بحجم القلب الداخلي المتخشب وزيادة في نسبة الجذور المتشققة ولكن يتبعه تحسن باللون وتزداد نسبة الكاروتينات .

أهم العمليات بعد قلع الجذور هي قطع المجموع الخضري لتقليل الفقد أثناء التداول والتخزين . وتجري على الجذور المقلوعة عمليات الفرز والتدريج والغسيل وأحياناً التشميع لتقليل فقد الماء . كما يفضل إجراء عمليات التبريد المبدئي بالماء البارد خلال عمليات الغسيل .

– يخزن الجزر على درجة حرارة الصفر المئوي ورطوبة نسبية (٩٠–٩٥%) ولمدة (٤–٦) أشهر.

– العيوب الفسيولوجية التي تظهر على الجزر أثناء التخزين أهمها الذبول . وأحياناً توضع الثمار بأكياس البولي إيتلين للتقليل من شدة فقد الماء .

– والجزر معرض للإصابة بالأعفان والتي أهمها : العفن الرمادي وعفن الريزوبس والفيوزاريم والعفن البكتيري الطري والعفن المائي الطري.

## تخزين الفجل

فترة تخزين الفجل قصيرة وتتوقف على الصنف وطريقة التخزين فالأصناف المبكرة تخزن بأوراقها لمدة أسبوعين وبدون أوراقها لفترة (٢–٣ أشهر ) وذلك على درجة حرارة الصفر المئوي مع رطوبة نسبية (٩٠–٩٥%) ويفضل تخزينها في أكياس البولي إيتلين للمحافظة على الرطوبة اللازمة وتقليل فقد الماء منها .

ويجب قلع النبات عندما يصل الجذر إلى الحجم الاستهلاكي المطلوب ويؤدي التأخير في حصاد الفجل إلى التغيرات التالية :

١ – تشقق الجذور وتفلقها ٢– تجوف الجذور خاصة بالأصناف الكروية

٣ – ازدياد ظاهرة الجذور الإسفنجية ٤ – زيادة الحجم عن المناسب للاستهلاك

٥ – احتمال نمو الشماريخ الزهرية .

ويتم الحصاد يدوياً أو آلياً وتجري عمليات الفرز والتدريج والربط في حزم ولابد من إجراء التبريد الأولي إلى درجة حرارة (٤°م) وذلك بالماء البارد .

## تخزين الشوندر الأحمر

إن أفضل الجذور المناسبة للاستهلاك الطازج بقطر (٣–٣,٥ سم) أما الجذور التي تستخدم للسلق أو التخليل فيفضل أن يكون قطرها (٣–٨ سم ) .

يمكن تخزين الشوندر الأحمر على درجة حرارة الصفر المئوي ورطوبة نسبية (٩٠–٩٥%) لمدة تصل إلى الستة أشهر أما في ظروف التخزين بالمخازن العادية

فيمكن تخزينه حتى (٢-٤) أشهر . وبشكل عام يجب تجنب ارتفاع درجة الحرارة عن (٧°م) حيث تزداد بشدة نسبة الإصابة بالأعفان والمحافظة على الرطوبة في جو المخزن تفادياً لذبول وانكماش الجذور . ويجب أثناء التخزين فرز الجذور التالفة وتوفير تهوية جيدة للمخازن وقطع النموات الخضرية عن الجذور.

**تخزين البطاطا الحلوة**

- يفضل عدم حصاد البطاطا الحلوة قبل اكتمال نضجها مع العلم أحياناً أنه يتم التبكير بالحصاد بسبب ارتفاع الأسعار . ومن مؤشرات النضج : توقف النمو الخضري النشط ويرافق ذلك قلة محتوى الجذور من المادة اللبنية وتبدو الأسطح المقطوعة للجذور جافة ولا يتغير لونها عند تعرضها للهواء وارتفاع نسبة السكر لأن النشاء لا يبدأ بالتحول إلى سكريات إلا بعد توقف النمو وتموت المجموع الخضري .

- من أجل التخزين لفترات طويلة يجب أن تكون الجذور تامة النضج وخالية من الخدوش وخالية من الإصابة بالأعفان ومعالجة جيداً وأن تبقى بشكل مستمر بدرجة الحرارة والرطوبة التي يوصى بها وهي (١٠-١٥°م) ورطوبة نسبية (٨٥-٩٠%) وبالتالي يمكن تخزين جذور البطاطا الحلوة بهذه الظروف حتى الستة أشهر وهي بحالة جيدة شرط إجراء العلاج التجفيفي قبل التخزين .

- تصاب جذور البطاطا الحلوة بأضرار البرودة في غضون أسبوع واحد على درجة حرارة (٤°م) ، وتزداد الفترة حتى ظهور أضرار البرودة بارتفاع درجة الحرارة عن (٤°م) لذلك يجب أن لا تنخفض درجة الحرارة عن (١٠°م) . وتظهر أعراض البرودة على شكل فقدان اللون الداخلي المميز للصنف وتلون الجذور باللون البني والأسود وبحسب شدة الإصابة . ومن العيوب الفسيولوجية الأخرى التجذير والذي يحدث عند ارتفاع درجة الحرارة عن (١٥°م) وخصوصاً بظروف الرطوبة العالية ويمكن أن تذبل الجذور أثناء التخزين الطويل واتخفاض الرطوبة النسبية للهواء . وأهم الأمراض التي تصيب الجذور خلال التخزين العفن الأسود وعفن الريزوبس .

### تخزين اللفت والكرفس الجذري

يخزن اللفت والكرفس الجذري في درجة الصفر المئوي ورطوبة نسبية (٩٠-٩٥%) وتحتفظ الجذور بجودتها (٤-٥) أشهر . ويجب تخزين الجذور السليمة من الأمراض والخالية من الجروح والإصابات الميكانيكية ومن أهم عمليات التحضير للتسويق والتخزين عمليات الغسيل للتخلص من الأتربة العالقة بالجذور وإجراء التبريد المبدئي .

## تخزين محاصيل الخضر البصلية

يقصد بالأبصال محاصيل البصل والثوم وتتميز الأبصال إضافة إلى قيمتها الغذائية العالية باحتوائها على بعض المواد المضادة للميكروبات التي تقي أعضاء جسم الإنسان من كثير من الأمراض إضافة لأهميتها في تحسين طعم وقابلية هضم الكثير من المواد الغذائية الأخرى .

الخصائص البيولوجية للأبصال :

١ – تتحول الحراشف الخارجية في الأبصال خلال فترة النمو إلى أغلفة تحمي البصلة ، مما يخفض من شدة فقد الماء مقارنة بمحاصيل الخضر الأخرى . وتلعب الحراشف الخارجية دوراً مهماً في تنظيم التبادل الغازي بين داخل البصلة ووسط التخزين ما يؤثر في شدة التنفس وينعكس على فترة السكون .

٢ – احتواء الأبصال على مواد مضادة للأحياء الدقيقه مثل مادة "الكويرسيتين" التي توجد في الحراشف الجافة ومادة "الألسين" التي توجد في الحراشف اللحمية.

٣ – تتحمل الأبصال تبخر الماء وتخزن بشكل جيد بعد تجفيفها (تيبيسها) ولا تنخفض قدرتها التخزينية أو تضعف مقاومتها للأمراض إلا بعد أن تفقد (٢٥-٣٠%) من محتواها المائي .

٤ – تتميز الأبصال بقدرتها على تحمل درجات الحرارة السالبة لمدة طويلة عند التخزين ولا تفقد الأبصال المجمدة بحدود معينة ولفترات محددة ( حتى -٤°م)

صفاتها التجارية أو قدرتها على الإنبات إذا أزيل التجمد بشكل تدريجي ويعود ذلك إلى تركيب البروتوبلازما ( حيث تحوي على كميات مرتفعة من المادة الجافة الذوابة ومنها السكريات ) الذي يتميز بلزوجته وقدرته العالية على الاحتفاظ بالماء .

٥ – تدخل الأبصال الناضجة جيداً في فترة سكون فسيولوجي.

## تخزين البصل

يتميز البصل بدخوله فترة سكون عميق من (١–٥) أشهر. وظروف النمو والنضج تؤثر في طول فترة السكون فالري الغزير وخاصة قبيل القلع بقليل يؤدي إلى عدم اكتمال نضج الأبصال ورداءة تخزينها . وعموماً تتميز أصناف البصل الحريفة المتعددة البراعم بطول فترة السكون وبقدرتها التخزينية الجيدة بينما أصناف البصل غير الحريفة قليلة البراعم فترة السكون فيها أقل طولاً والقدرة التخزينية أضعف.

يوجد ارتباط بين فترة السكون ومقاومة الأبصال للأمراض فكلما انتهت فترة السكون بشكل أبكر تفقد الأبصال المقاومة الطبيعية للأمراض . وكل الظروف التي تبطئ من تمايز القمة النامية ( حرارة ورطوبة منخفضة ) تساعد على إطالة فترة السكون .

ترتبط فترة السكون بشكل وثيق بنضج الأبصال فعند النضج الكامل المتميز بتشكل الحراشف الخارجية الجافة وبجفاف الأوراق الخضراء وأعناق الأبصال ، تدخل عندها الأبصال فترة السكون بشكل كامل.

وعند دخول الأبصال فترة السكون تكون في أفضل القدرات التخزينية والفقد في حده الأدنى. وعند التأخر بالنضج تكون القدرة الأبصال التخزينية متدنية وتصاب بشكل أشد بمرض عفن الرقبة المرض الرئيسي الذي يصيب البصل عند التخزين.

جمع المحصول وتجهيزه:

– أهم المؤشرات المعتمدة في تحديد موعد الجمع والتي تكون عندها الأبصال قد اكتمل نموها : ١ – طراوة أنسجة عنق البصل ٢ – ابتداء جفاف المجموع الخضري وانحناء الأوراق ٣ – جفاف الأوراق وجفاف قشرة البصلة .

يجب الجمع عندما تظهر هذه العلامات على ثلث النباتات ويتأثر الجمع بالظروف الجوية وحالة المحصول والغرض من الاستخدام ويؤدي الجمع المبكر إلى تقليل جودة الأبصال وكمية المحصول بينما يؤدي التأخير إلى الإصابة بلفحة الشمس ويؤثر في القدرة التخزينية وسهولة الإصابة بالأمراض .

وبعد الجمع يجري على الأبصال العلاج التجفيفي :

ويقصد بالعلاج التجفيفي العملية التي تؤدي إلى التخلص من الرطوبة الزائدة في الأبصال مع تجفيف رقبة البصلة وحراشفها الخارجية وهذه العملية ضرورية ولا غنى عنها خاصة في حال تخزين الأبصال حيث تزيد من قدرة الأبصال التخزينية وتقلل من فرص الإصابة بالأمراض وخاصة مرض عفن الرقبة . وتصل الأبصال إلى تمام المعالجة عندما تفقد من (٣-٥%) من وزنها وتصبح رقبة البصلة تامة الالتئام وحراشفها الخارجية تامة الجفاف بحيث تعطي صوتاً مميزاً عند احتكاكها ببعضها وهذه المعالجة يمكن أن تتم بالحقل أو صناعياً .

تخزين المحصول :

يتوقف نظام تخزين البصل على الغرض من التخزين .

- أبصال القزح : يجب أن يؤمن لها ظروف تخزينية تضمن عدم تمايز البراعم وتهيئتها للنمو . وعادة يخزن القزح في الخريف (بعد التجفيف) على درجة حرارة (١٨-٢٠°م) . وعند دخول الشتاء يبرد القزح بالتدريج ويخزن بارداً (-٢ ، -١°م) وعندما يحل الربيع ينتقل إلى التخزين الدافئ مرة أخرى حيث نرفع درجة الحرارة تدريجياً ويبقى كذلك إلى موعد الزراعة .

- البصل المخصص للاستهلاك : يوجه تخزينه نحو إطالة فترة السكون ولذلك يخزن على درجة حرارة (-٢ حتى ٠°م) تبعاً للصنف فالأصناف الحريفة يمكن تخزينها بدرجات حرارة منخفضة أكثر من الحلوة ( تحتوي على نسبة أكبر من المواد الصلبة الذوابة ) .

وعند هذه الدرجات تحافظ الأبصال على مواصفاتها الجيدة ويقل الفقد الناتج عن التنفس والتبخر والإصابة بالأمراض. ويخزن البصل في هذه الحالة إلى (٦-٩) أشهر. وقبل تسويق البصل المخزن تخزيناً بارداً يدفأ تدريجياً وعلى دفعات حتى (٣-٥°م) ولا يجوز إخراج البصل البارد مباشرة إلى الوسط الخارجي. ويمكن تخزين البصل المخصص للتغذية والناضج جيداً تخزيناً دافئاً في بعض المزارع أو المنازل على درجة حرارة (١٨°م) .

- يخزن بصل الأمهات على درجة حرارة (٢-٥°م) وذلك لضمان ظهور الشماريخ الزهرية بالحقل بانتظام وضمان نضج البذور . وقبل الزراعة بأسبوعين ترفع درجة الحرارة حتى (١٨-٢٠°م) وذلك للإسراع من نمو النباتات البذرية. هذا وإن تخزين بصل الأمهات على درجات حرارة منخفضة يؤخر عمليات تمايز البراعم .
- الرطوبة النسبية في حالات التخزين يجب أن تكون (٦٠-٧٠%) .
- يمكن للبصل أن يخزن مع الثوم فقط ويجب عدم تخزينه مع منتجات أخرى .
- تبين أن الفائدة من التخزين في الأوساط الغازية قليلة.

العيوب الفسيولوجية والأمراض التي تصيب البصل :

- التزريع - التجذير - لفحة الشمس

وأهم الأمراض التي تصيب البصل : عفن العنق وعفن الريزوبس كما يصاب البصل بعفن الاسبرجلس والبنسليوم

عدد من الدراسات تؤكد جدوى معاملة البصل بالهواء الساخن للقضاء على مسببات الأعفان ولقد تبين أن تعريض البصل إلى تيار هوائي بدرجة حرارة (٤٧-٥٠°م) لمدة (٢-٤) ساعات قبل التخزين على درجة حرارة (١٨-٢١°م) تخزيناً دافئاً لمدة (٤-٥) شهور أدى إلى الحد من الإصابة بالعفن الأسود وبشكل كبير . إلا أن تأثير المعاملة على شدة الإصابة بالأعفان الأخرى كان قليلاً.

### تخزين الثوم

لا يختلف إعداد وتخزين الثوم كثيراً عن البصل . ومن أهم علامات نضجه اصفرار الأوراق وجفافها وانثناؤها . ويجب أن يتم جمع المحصول عند ظهور علامات الجمع على (٥٠%) من النباتات . تجرى له معالجة حرارية "العلاج التجفيفي" كما في البصل يتعرض للتزريع ولكن يمكن منع التزريع كما بالبصل إلا أنه نادراً ما يتعرض لنمو الجذور كما في البصل . ويصاب بنفس الأمراض ، ويخزن على درجة حرارة (-١ إلى ٠°م) ورطوبة نسبية (٦٠-٧٠%) .

## تخزين الخضار البقولية

### تخزين البازلاء

تجمع البازلاء وهي ما زالت بطعمها الحلو وقبل زيادة النشاء . وبعد الجمع تبرد بسرعة للمحافظه على السكريات وإمكانية تعرضها للتدهور خلال التنفس ذو الشدة المرتفعة إضافة لإمكانية تعرضها للإصابة بالأحياء الدقيقة .

تنقل بسرعة إلى البراد وتخزن على درجة حرارة (-١°م) ورطوبة نسبية (٩٠-٩٥%) وبذلك يمكن تخزينها كحد أعظمي حوالي العشرة أيام . ويمكن التعرف على نهاية فترة تخزين البازلاء من خلال حبوب البازلاء التي تصبح ذات طعم أقل حلاوة وتبدأ القرون بالاسمرار بعض الشيء .

إن تخزين البازلاء في الوسط الغازي المكون من (٣% $CO_2$ و٢% $O_2$ و٩٥% $N_2$ ) يطيل فترة بقاء القرون بنوعية جيدة ويحافظ على لونها الأخضر.

## تداول وتخزين ثمار التفاحيات

تتبع ثمار التفاحيات مجموعة الثمار الكلايمكتيرية والتي يمكن لها أن تتابع النضج بعد القطاف شرط أن تجمع بعد انتهاء طور اكتمال النمو .

### تخزين التفاح

– بعد قطاف ثمار التفاح المكتملة النمو وخلال النضج ترتفع شدة التنفس (الكلايمكتيريك) لتصل إلى حدها الأعظمي ثم تنخفض . وخلال مرحلة ارتفاع شدة التنفس يكتمل نضج الثمار وتكتسب مواصفاتها الاستهلاكية المميزة.

– الثمار ذات قشرة شمعية وهذا يخفض نسبة الفقد المائي وينظم شدة التنفس .

– يوجد على سطح الثمرة عديسات يتم من خلالها تنظيم التبادل الغازي والمائي .

– ثمار التفاح حساسة للخدوش والجروح وهي من أهم مسببات الفقد في التفاح .

– تتميز ثمار التفاح بقدرتها على تحمل التخزين الطويل الذي يصل إلى (٨–٩) أشهر في حال التخزين بالأوساط الغازية المتحكم بها .

– تختلف الظروف التخزينية لثمار التفاح باختلاف الصنف وأحياناً تختلف ضمن الصنف الواحد ، تبعاً لأماكن الإنتاج.

تحديد موعد قطف الثمار :

يعتمد موعد القطاف على الصنف والموسم والموقع والتربة وظروف نمو الأشجار وكمية الإنتاج ودرجة النضج المطلوبة تبعاً لغرض استتخدام الثمار .

يوجد عدة مؤشرات تستخدم في تحديد درجة نضج الثمار أهمها :

– التغير في اللون – صلابة الثمار – لون البذور – سهولة انفصال الثمار.

– عدد الأيام من التزهير الكامل – كمية النشاء عن طريق اختبار النشاء اليودي .

– نسبة المواد الصلبة الذوابة – شدة التنفس – شدة إنتاج الإيتلين .

أكثر المؤشرات استخداماً لجمع الثمار من أجل التخزين : درجة تلون البذور ودرجة انفصال الثمار واختبار النشاء اليودي ودرجة التلون وذلك لسهولة استخدامها.

تخزين الثمار :

من المهم نقل الثمار إلى البراد خلال (٢٤) ساعة لأن تأخير إيصال الثمار للتخزين يوماً واحداً يقلص مدة التخزين (١٠-١٥) يوماً . ويجب تبريد الثمار خلال (٢٤) ساعة إلى درجة حرارة ( ٤-٦ مْ ) وحسب الصنف ثم تخفض درجة الحرارة بالتدريج إلى درجة حرارة التخزين المطلوبة خلال (٣-٤) أسابيع بمعدل (١°م) أسبوعياً.

**جدول (١-١٢) : درجة الحرارة الملائمة لتخزين ثمار بعض أصناف التفاح**

| الصنف | درجة حرارة التخزين °م | | مدة التخزين (شهر) | الموعد الملائم للجمع |
|---|---|---|---|---|
| | من | إلى | | |
| غولن ديلشيس | -١ | صفر | ٧-٨ | بعد اكتمال درجة نضج القطاف |
| ستاركن | +١ | +٢ | ٦-٧ | بعد اكتمال درجة نضج القطاف |
| كاناثان | +٢ | +٣ | ٦-٧ | بعد اكتمال درجة نضج القطاف |
| ببن شافران | -٢ | -١ | ٥-٦ | بداية درجة نضج القطاف |
| كانديل سيناب | -٢ | صفر | ٧-٨ | بعد اكتمال درجة نضج القطاف |
| ماكينتوش أورانج | -١ | +١ | ٤-٥ | بعد اكتمال درجة نضج القطاف |
| انتونوفكا العادي | +٢ | +٤ | ٣-٤ | بعد اكتمال درجة نضج القطاف |

من أجل التخزين الطويل يجب مراعاة الخصائص الصنفية ومدى حساسيتها لدرجة الحرارة المنخفضة . فمثلاً الحد الأدنى لدرجة حرارة تخزين الصنف Jonathan قريبة من +٤°م في حين الصنف غولدن ديلشيس، يمكن تخزينه حتى على درجة حرارة (-١°م) مع الأخذ بعين الاعتبار درجة النضج عند القطاف .

الرطوبة النسبية لهواء المخزن التي تناسب غالبية أصناف التفاح في حدود (٨٥-٩٥%) وذلك حسب الصنف. مع مراعاة أن بعض الأصناف حساسة لانخفاض الرطوبة وتفقد ثمارها الماء بسرعة ويجب تخزينها في رطوبة نسبية مرتفعة مثل الصنف غولدن ديلشيس .

ومن التقنيات التي تقلل من فقد الماء ، تخزن الثمار في عبوات من البولي إتيلين المفتوحة أو المحكمة الإغلاق . حيث ترتفع الرطوبة النسبية بداخل الأكياس على حساب تبخر الماء من الثمار حيث تحتفظ الأكياس بداخلها على رطوبة مرتفعة تصل لأكثر من (٩٥%) .

وباستخدام التخزين بالأوساط الغازية يمكن إبطاء عمليات النضج في الثمار بعد الجمع وبالتالي إطالة مدة تخزينها وخاصة بالنسبة للأصناف التي لا تتحمل درجات الحرارة المنخفضة. وبالتالي يمكن تخزينها بالأوساط الغازية (خاصة الجو المتحكم به ) وبنجاح كبير. وبشكل عام يلائم غالبية أصناف التفاح التركيب الغازي (٣-٥% $CO_2$ و٣% $O_2$ والباقي $N_2$) . الجدول (١١-٢) .

**جدول (٢-١٢) : الظروف التخزينية الملائمة لتخزين بعض أصناف التفاح في الوسط الغازي المتحكم به**

| الصنف | درجة الحرارة | % $CO_2$ | % $O_2$ | مدة التخزين (شهر) |
|---|---|---|---|---|
| غولدن ديلشيس | صفر-٤°م | ٣-٥ | ٣ | ٨-٩ |
| ستاركن ديلشيس | صفر °م | ٥ | ٣ | ٦ |
| جاناثان | ٣-٤°م | ٣-٦ | ٣ | ٧-٨ |
| ماكينتوش | ٢°م | ٣-٥ | ٣ | ٦-٧ |

يمكن مع التفاح تخزين بعض المحاصيل غير الحساسة لغاز الإتيلين مثل : العنب – الخوخ – الإجاص – الدراق – لفت– فجل ولكن لفترات قصيرة في ظروف حرارة قريبة من الصفر المئوي ورطوبة نسبية (٩٠–٩٥%) .

العيوب الفسيولوجية التي تصاب بها الثمار أثناء التخزين :

١ – ضرر البرودة : تظهر تغيرات لونية بنية على سطح الثمار وقد تظهر علامات التحفر على السطح . تزداد الإصابة في الثمار المقطوعة قبل الموعد الأمثل للجني حيث تصبح الثمار حساسة لضرر البرودة .

٢– عدم النضج في حال القطف المبكر وانخفاض درجة حرارة التخزين .

٣– الذبول والتجعد بسبب الرطوبة النسبية المنخفضة بجو المخزن .

٤– التدهور وزيادة النضج : نتيجة للتأخير في الجني.

٥ – الإصابات الميكانيكية خلال عمليات التداول

٦ – الانسلاق (الحرق) – النقرة المرة – تدهور اللب.

أهم الأمراض التي تصيب التفاح أثناء التخزين :

العفن الأزرق – العفن الأسود – العفن العيني – المونيلا – العفن المر – العفن الأخضر – العفن الرمادي . وغيرها من الأعفان .

## تخزين الإجاص

تتشابه عموماً تكنولوجيا تخزين الإجاص مع تكنولوجيا تخزين التفاح إلا أن ثمرة الإجاص أكثر نعومة وأقل مقاومة للأضرار الميكانيكية وتختلف قليلاً بخصائصها الفسيولوجية عن ثمار التفاح مما يجعلها ذات مقدرة تخزينية أقل من ثمار التفاح رغم أنها تصنف من الثمار المتحملة للتخزين الطويل . ومن بعض ميزاتها المرتبطة بقدراتها التخزينية :

١ –تمتلك ثمرة الإجاص طبقة شمعية رقيقة وناعمة .

٢ – لثمار الإجاص نسبة سطح منخفضة بالنسبة إلى الوزن.

٣ – وجود خلايا حجرية في ثمار الكمثرى يؤثر في قوامها .

٤ – حساسة للخدوش الناجمة على الضغط والأضرار الميكانيكية .

٥ – وما يميزها عن الثمار الكلايمكتيرية الأخرى كالتفاح بأن شدة ظاهرة الكلايمتيريك في الأجاص عالية وعندما تبدأ تتسارع شدة العمليات الحيوية إلى حد يصعب السيطرة عليها من خلال الظروف التخزينية . ولذلك أن مرحلة نضج الإجاص عندما تبدأ تتم خلال فترة قصيرة مقارنة بالثمار الأخرى كالتفاح . ومع نضج الإجاص تتغير كثيراً مواصفات الثمار وتصبح في أفضل حالة استهلاكية إلا أن صلابتها تنخفض بشكل كبير وتصبح عرضة للإصابات الميكانيكية والفسيولوجية والمرضية ولا تعد قابلة للتخزين فترة طويلة.

مؤشرات اكتمال النمو وموعد الجمع :

– التغير باللون الأساسي – التغير بالصلابة – التغير في نسبة المواد الصلبة الذوابة – سهولة انفصال الثمار – عدد الأيام من التزهير الكامل .

ظروف التخزين :

معظم أصناف الإجاص القابلة للتخزين تخزن بشكل جيد على درجة حرارة (-١ إلى الصفر المئوي) ورطوبة الهواء النسبية يجب أن تكون مرتفعة (٩٠-٩٥%). أغلب أصناف الإجاص لا تعاني من ضرر البرودة المنخفضة. علماً أنه يوجد بعض الأصناف تخزن على درجة حرارة أعلى من الصفر إلا أن هذه الأصناف قليلة وينفرد الصنف "Passa crassana" الذي يخزن على درجة حرارة (+٣°م) . وتخزن ثمار الإجاص ضمن هذه الظروف (٤-٦) أشهر . وبعض الأصناف تفقد قدرتها على النضج عند تخزينها بدرجات الحرارة المنخفضة (السالبة) وهذه يمكن إنضاجها صناعياً قبل التسويق ولكن يحذر من إخراج الثمار مباشرة إلى درجة الحرارة المرتفعة( من التبريد إلى الإنضاج) وبالتالي يجب رفع درجة الحرارة تدريجياً حتى٤-٥°م ومن ثم إلى درجة حرارة الإنضاج .

– ضرورة إجراء التبريد الأولي لثمار الإجاص المخصصة للتخزين الطويل.
– يعتبر تخزين الإجاص في الوسط الغازي المتحكم به أعطت نتائج جيدة. وأنسب تركيب غازي هو (٢–٣% $CO_2$ و ٢–٣% $O_2$ والباقي $N_2$ ).
–عند التخزين الطويل يمكن تخزين الإجاص مع التفاح – العنب – الكرز – الدراق – المشمش – اللفت – الفجل وغيرها عند الصفر المئوي والرطوبة (٩٠–٩٥%) .

العيوب الفسيولوجية والمرضية أهمها :
– تقدم النضج – أضرار ارتفاع غاز $CO_2$ وأضرار انخفاض تركيز $O_2$ في وسط التخزين – القلب البني .
– أهم الأمراض التي تصيب الإجاص أثناء التخزين : العفن الرمادي والأزرق .

## تخزين السفرجل

يمكن تخزين ثمار السفرجل على درجة حرارة (٠–٢°م) ورطوبة نسبية للهواء (٩٠%) لمدة ثلاثة أشهر .

## تخزين اللوزيات

تشمل اللوزيات ثمار : الدراق – المشمش – الخوخ – الكرز . وفيما يلي بعض مواصفات هذه الثمار المتعلقة بقدرتها التخزينية :
١ – الطبقة الشمعية على ثمار اللوزيات رقيقة جداً والثمار ملساء عدا الدراق.
٢ – نسبة سطح الثمرة إلى وزنها متوسط وبالتالي قابلية فقد الماء منها متوسطة.
٣ – الثمار حساسة للأضرار الميكانيكية وخاصة عند النضج
٤ – ثمار اللوزيات تتبع مجموعة الثمار الكلايمكتيرية عدا الكرز.
٥ – درجة النضج عند الجمع تعتبر من أهم العوامل التي تحدد القدرة التخزينية. حيث تكون الثمار غير المكتملة النمو أكثر حساسية للذبول والإصابات الميكانيكية وذات جودة منخفضة عند النضج . ومن جهة أخرى تكون الثمار المتقدمة بالنضج

رخوة وغير قابلة للتخزين . وفي كلتا الحالتين تكون الثمار أكثر عرضة للإصابات الفسيولوجية مقارنة بالثمار التي تم جمعها بالوقت المناسب.

٦ – من صفات الجودة : الحجم – الشكل – اللون – الخلو من العيوب الفسيولوجية والأمراض إضافة إلى مكونات الثمرة التي تشمل السكريات ومحتوى المواد التانينية وتركيز مكونات الرائحة والنكهة .

## تخزين الدراق

جمع وإعداد الثمار :

يجب قطف الثمار المكتملة النمو لأنه عند اكتمال النضج تلين الثمار نتيجة لتحلل المواد البكتينية وتأخذ الثمار اللون الطبيعي للصنف وتزداد نسبة المواد الصلبة الذوابة إلى (٩–١٤%) والسكريات إلى (٦–١٠%) وتقل الحموضة إلى أقل من (١%) وتقسم الثمار حسب درجة القطف والنضج إلى :

١ – ثمار غير مكتملة النمو : وتكون الثمار خضراء وتحتاج لأكثر من عشرة أيام للوصول إلى درجة النضج على حرارة الغرفة العادية .

٢ – ثمار قريبة من اكتمال النمو : وتكون الثمار لونها أخضر ولا تتأثر بالضغط المتوسط بالإصبع . وهي أحسن مراحل الجمع لغرض التخزين الطويل. وهذه الثمار تحتاج إلى عشرة أيام للوصول إلى درجة النضج المثلى.

٣– ثمار مكتملة النمو : حيث تلين الثمار بالضغط المتوسط بالإصبع ويكون لون الثمار في مراحل التغير . وتجمع الثمار عند هذه المرحلة لغرض التخزين المتوسط. تنضج الثمار وتصبح خواصها الاستهلاكية ممتازة خلال (٥–٨) أيام .

٤ – ثمار مكتملة النمو ومتقدمة النضج : وتكون الثمار في أول مراحل النضج وتحتاج من (٣–٦) أيام لتصبح صالحة للاستهلاك .

٥ – ثمار ناضجة : يسهل الضغط عليها باليد ضغطاً متوسطاً وتكون الثمار ملونة وناضجة وصالحة للاستهلاك وتسمى ناضجة على الشجرة .

٦ – ثمار في مرحلة ما بعد النضج . وهذه الثمار تجمع للاستهلاك المباشر .
ومن أهم المؤشرات المستخدمة في تحديد موعد القطاف : تغير اللون – درجة صلابة الثمار – نسبة المواد الصلبة الذوابة – الحموضة الكلية – نسبة السكريات إلى الحموضة – الحجم – سهولة انفصال الثمار عن الشجرة وامتلاء أكتاف الثمار إضافة إلى عدد الأيام من التزهير الكامل .
معظم أصناف الدراق لا تنضج بصورة متجانسة مما يتطلب قطف الثمار عدة مرات. وعادة ما تجمع الثمار من أجل التخزين وهي مكتملة النمو.
تخزين الثمار :
تخزن ثمار الدراق لمدة شهر على درجة حرارة (-١ إلى ٠ $^{o}$ م) ورطوبة نسبية في هواء المخزن (٩٠-٩٥%) وبارتفاع درجة الحرارة عن ذلك تصبح أنسجة لب الثمار خشنة ومتليفة .
كما تفقد الثمار بعض خصائصها الطبيعية عند تخزينها لمدة طويلة في درجات الحرارة المنخفضة حيث يفقد الدراق نكهته ولونه وتجف أنسجته وتتلون باللون البني. وتخسر ثمار الدراق كمية كبيرة من الرطوبة عبر قشرتها النفوذة فلا بد من المحافظة على رطوبة نسبية مرتفعة في جو التخزين . وبالرغم من توفر الظروف المناسبة فإن معدل الفقد بالوزن يبقى مرتفعاً ويشكل حوالي (١%) أسبوعياً .
يمكن تخزين ثمار الدراق في الوسط الغازي المتحكم به (٢-٣% $CO_2$ و ١-٢% $O_2$ و ٩٥-٩٧% $N_2$ ) وفي هذه الحالة تزداد فترة التخزين (١,٥-٢) مرة بالمقارنة بالتخزين بالجو العادي إضافة لتحسين الطعم والجودة .
يمكن تخزين ثمار الخوخ مع المحاصيل المتوافقة معه في درجة الحرارة والرطوبة النسبية مثل: التفاح – العنب – الإجاص – الكرز – المشمش – الفريز – اللفت .
العيوب الفسيولوجية والمرضية : ضرر البرودة – تقدم العمر أو زيادة النضج .
من أهم أمراض التخزين التي تصيب الدراق : العفن البني وعفن الريزوبس.

## تخزين المشمش

– تقطف ثمار المشمش المعدة للشحن أو التخزين مكتملة النمو وصلبة كما في الدراق . وبعد اكتمال النمو يتحول لون الثمار من الأخضر الداكن إلى المصفر ثم اللون الأصفر ثم البرتقالي المميز للصنف . ويتم جمع الثمار عند التحول إلى اللون الأصفر أو عند تلون نصف أو ثلاثة أرباع الثمرة باللون الأصفر وذلك حسب طول مدة الشحن أو التخزين لأن جودة الثمار تتحسن ببقاء الثمار على الشجرة حتى اكتمال النضج وعندها تصبح الثمار صالحة للاستهلاك المحلي مباشرة.

– تجري عمليات القطف بحذر شديد لأن الثمار حساسة جداً للإصابات الميكانيكية.

– بصفة عامة ثمار المشمش غير مهيأة للتخزين.

– يمكن تخزين ثمار المشمش على درجة حرارة (–١ إلى ٠ °م) ورطوبة نسبية (٩٥%) وضمن هذا الظرف يمكن تخزين ثمار المشمش لمدة (٢–٣) أسابيع .

– ارتفاع درجة حرارة التخزين إلى (٥° م) يجعل الثمار مشوهة المظهر وذات طعم ليفي. ويجب المحافظة على رطوبة نسبية مرتفعة وعدم انخفاضها عن (٩٠%).

– إن إنضاج الثمار بعد التخزين يتم على درجة حرارة (١٠–١٥°م) .

– تتعرض ثمار المشمش لنفس العيوب الفسيولوجية والأمراض التي يتعرض لها الدراق إلا أن ثمار المشمش تعد أقل إصابة بالأعفان مقارنة بثمار اللوزيات الأخرى.

## تخزين الخوخ

– يعتبر حجم الثمار وتلونها مقياساً لتحديد موعد الجمع وذلك يعتمد على الصنف . ولتحديد ميعاد القطف يجب أن تكون نسبة المواد الصلبة حوالي (١٣%) ونسبة الحموضة حوالي (٠,٧%) . ويعتمد كذلك على صلابة الثمار.

– تلعب درجة نضج الثمار دوراً أساسياً في التخزين . وعموماً ثمار الخوخ المخصصة للتخزين يجب أن تكون قد تلونت بشكل كامل ولا تزال صلبة .

– تختلف القدرة التخزينية لثمار الخوخ حسب الصنف فالثمار الكبيرة يمكن أن تخزن وتبقى بحالة جيدة مدة أسبوعين كحد أعظمي. أما أصناف الخوخ المتأخرة فيمكن تخزينها فترة أطول حتى الخمسة أسابيع مع بقائها بحالة جيدة .

– يخزن الخوخ على درجة حرارة (–١ إلى +١°م) وذلك تبعاً للصنف فالأصناف المتأخرة تخزن على درجة حرارة (–١°م) . أما الأصناف الأخرى فتخزن على درجة حرارة (٠ – ١°م) لأن الحرارة المنخفضة لأقل من الصفر تؤدي لاسمرار اللب.كما أن درجات الحرارة المرتفعة أثناء التخزين (٢–٨°م) تؤدي إلى اسمرار لب الثمار .

– الرطوبة النسبية في كل الحالات يجب أن تكون مرتفعة (٩٠–٩٥%) .

– التخزين في الأوساط الغازية يطيل فترة التخزين ويحسن حالة الثمار. ولكن ثمار الخوخ حساسة لارتفاع تركيز غاز $CO_2$ وانخفاض غاز $O_2$ في جو التخزين وينصح بالتركيب التالي (٣–٤% CO2 و٣% O2 و٩٣–٩٤% N2 ) وبذلك يمكن تخزين بعض الأصناف حتى (٢–٣) أشهر.

– أهم العيوب الفسيولوجية : تحطم الثمار وينشأ عند التخزين الطويل حيث تلين الثمار وتفقد نكهتها ويصبح لون اللب داكناً .

– وأهم الأمراض التي تصيب الخوخ : عفن الألترناريا – العفن الأزرق – العفن البني – عفن الريزوبس – العفن الرمادي .

## تخزين الكرز

الكرز من الثمار غير الكلايمكتيرية ولذلك تقطف بعد مرحلة اكتمال النمو وهي ناضجة تقريباً بحيث تكون مواصفاتها الاستهلاكية المطلوبة مكتملة وتبعاً للصنف .

– تميل ثمار الكرز إلى الفساد بسرعة بعد الجمع والتعبئة لذلك تخزن على درجة حرارة (–١ إلى ٠° م) ورطوبة نسبية في حدود ( ٩٠–٩٥% ) لمدة (١٠–١٥) يوماً. يفضل للتخزين انتقاء ثمار الأصناف القاتمة اللون وذات اللب المتماسك أما الأصناف ذات اللون الفاتح فيمكن أن تفقد جودتها بسرعة. إن نقطة تجمد الكرز

منخفضة (-٢°م) ولذلك يمكن تخزين الكرز الحلو على درجة حرارة (-١°م) . إنما على هذه الدرجة من الحرارة تفقد الثمار طعم الكرز المألوف بشكل أسرع مما لو خزنت في درجة حرارة (+١ إلى +٢°م) وعلى العكس من ذلك نجد أن الكرز الحامض عند تخزينه حتى في درجة حرارة (-١°م) لا يحدث فقد في طعم ثماره.

- يمكن تخزين الكرز الحلو بنجاح في الوسط الغازي المكون من (٥-١٠% $CO_2$ و٢-٣% $O_2$ ) ودرجة حرارة (٠- ٢°م) لمدة شهر ونصف . أما الكرز الحامض غير الناضج بشكل كامل فيمكن تخزينه بدرجة حرارة (-١ إلى ٠°م) بوسط غازي مكون من (٥% $CO_2$ و٣% $O_2$ ) ولمدة ثلاث أسابيع . والرطوبة النسبية في كل الحالات يجب أن لا تنخفض عن (٩٠-٩٥%) .

- قبل إخراج ثمار الكرز من المخزن المبرد لا بد من العمل على رفع درجة الحرارة إلى حوالي (١٢°م) وذلك لتجنب إحداث صدمة للثمار وما يترتب عنها من مظاهر التدهور الفيزيولوجي .

## تخزين الحمضيات

- الحمضيات من الثمار غير الكلايميكتيرية لذلك تكون درجة النضج عند القطاف هي التي تحدد جودة الثمار وقدرتها التخزينية .

- تتميز ثمار الحمضيات بتركيب خاص حيث تتكون الثمرة من طبقتين سميكتين: طبقة الفلابيدو الخارجية وطبقة الألبيدو (البيضاء) تضمن حمايتها من تبخر الماء ومن الأضرار الميكانيكية وبالتالي قدرتها التخزينية نسبياً مرتفعة .

- تخزن الحمضيات على درجة حرارة أعلى من الصفر المئوي لأنها حساسة للإصابة بأضرار البرودة وخاصة الثمار غير الناضجة .

- تختلف درجة حرارة تخزين الحمضيات تبعاً للنوع ودرجة نضج الثمار ولذلك غالباً ما تخزن ثمار النوع والصنف الواحد تبعاً لدرجة نضجها وغالباً ما تخزن الثمار

الناضجة بدرجة حرارة أقل ورطوبة نسبية أعلى مقارنة بالثمار غير الناضجة التي تخزن بدرجة حرارة أعلى ورطوبة منخفضة .

– الحمضيات حساسة للإصابة بالأعفان عند ارتفاع نسبة الرطوبة لذلك الرطوبة النسبية الملائمة لتخزين الحمضيات أقل عادة من الرطوبة النسبية الملائمة لثمار التفاحيات واللوزيات .

## تخزين البرتقال

– مع تقدم العمر الفسيولوجي للثمرة يتحول اللون من الأخضر الداكن إلى الأخضر الفاتح أو المصفر ثم يظهر اللون الأصفر فالبرتقالي المصفر ثم اللون البرتقالي المميز . وعند هذه الدرجة من التلون تكون السكريات والأحماض العضوية المرغوبة والخواص الاستهلاكية مناسبة .

– يتم قطف ثمار البرتقال المخصصة للتخزين الطويل بعد اكتمال نموها وعندما تصبح في بداية نضجها الاستهلاكي.

ومن المؤشرات التي تحدد درجة اكتمال نمو الثمار ودرجة نضجها :

١ – اللون : لا يقطف البرتقال قبل تلون ٢٥% من الثمار .

٢ – نسبة المواد الصلبة الذوابة في الثمار المكتملة النمو حوالي (١٠%) .

٣ – نسبة الحموضة الكلية عندما تصبح حوالي (٠,٥–١,٦%) حسب الصنف والظروف الجوية لموسم النمو .

٤ – نسبة المواد الصلبة الذائبة إلى الحموضة ، وهذا يعتبر من أهم علامات اكتمال النمو والمؤشر الأساس لتحديد موعد القطاف الذي يجب أن يكون (١:٨) في معظم أصناف البرتقال وتصل إلى (١:٢٤) في البرتقال السكري وبين هذه النسب في اليوسفي والكريب فروت. ويتم تحديد موعد الجمع على أساس أكثر من مؤشر.

– تجمع الثمار باليد باستخدام مقصات القطف ولا بد من إجراء عمليات الإعداد المناسبة مثل الفرز والتدريج والتطهير والتشميع ومن عمليات إعداد ثمار البرتقال :

– التجليد : وتجري بترك الثمار حوالي (٢٤) ساعة في غرف مهواة فتفقد القشرة بعض الماء وتتكمش الخلايا وتكون بالتالي أقل عرضة للخدش .

وقد تضاف صبغات برتقالية اللون لتحسين لون الثمار بعد الغسيل . وقد يتم إزالة اللون الأخضر في الثمار غير المتلونة بتعريض المحصول لغاز الإيثلين عند درجة حرارة (٢٧–٣٠°م) وتخزن الثمار بعد ذلك لإبطاء سرعة فسادها .

– ومن الضروري اجراء التبريد المبدئي . إضافة لضرورة معالجة الثمار بالمبيدات الفطرية قبل تخزينها لأن ثمار البرتقال ذات قابلية عالية للإصابة بالأعفان وخاصة "البنسليوم" . ويمكن معالجة أوراق لف الثمار فقط كحل جزئي بمادة "الداي فينيل" .

– تقع درجة حرارة تخزين البرتقال ضمن ( ٥–٨° م ) والرطوبة النسبية حوالي (٨٥–٩٠%) ومدة التخزين ضمن هذه الظروف يمكن أن تصل حتى الخمسة أشهر خاصة في بعض الأصناف مثل " الفالنسيا " .

ثمار البرتقال حساسة للبرودة وتتوقف مدى الحساسية على الصنف ومنطقة الزراعة وتتذبذب من عام إلى آخر تبعاً للظروف الجوية السائدة خلال الموسم .

العيوب الفسيولوجية التي تظهر على الثمار أثناء التخزين :

– ضرر البرودة : تظهر الأعراض على شكل بقع غائرة في القشرة.

– التلون الزيتي : ويحدث عند إصابة القشرة بخدوش .

أهم الأمراض التي تصيب البرتقال أثناء التخزين :

– العفن الأزرق : وهذا المرض يشكل ٣٠% من أمراض البرتقال وينتقل بالملامسة.

– العفن الأخضر : وينتقل خلال الجروح والخدوش .

– العفن الطري : ويسببه فطر الريزوبس ويصيب الثمار الضعيفة المتقدمة بالنضج.

– عفن الاسبرجلس : ويظهر عند درجات الحرارة المرتفعة وينتقل بالملامسة .

## تخزين الليمون الحامض

– ثمار الليمون حساسة جداً لضرر البرودة ولذلك يجب أن لا تخزن على درجات حرارة أقل من (١٢°م) .

وتقطف ثمار الليمون عند اكتمال نموها وخلال نضج الليمون يتغير اللون من الأخضر الداكن إلى الأخضر الفاتح ثم الأصفر مع تقدم النضج . وأهم المؤشرات التي تحدد اكتمال النمو ودرجات النضج :

– اللون – نسبة الحموضة الكلية ويجب أن تكون حوالي(٥–٧%)– نسبة المواد الصلبة الذائبة إلى الحموضة وتكون حوالي (١:٢) .

– تجمع ثمار الليمون وتجهز للتخزين كما في البرتقال . ولكن يمكن تخزين الثمار الخضراء المكتملة النمو لمدة طويلة أما الثمار الناضجة تخزن لفترة قصيرة .

– تخزن ثمار الليمون على درجة حرارة (١٤–١٥°م) ورطوبة نسبية قدرها (٩٠%).

– تخزن ثمار الليمون الخضراء لفترة (٥–٦) أشهر أما الثمار الصفراء فتخزن لفترة شهر واحد فقط . ويمكن تخزين الليمون عند الضرورة لفترة (٣–٤) أسابيع على درجة حرارة (٣–٤°م) مع مراقبة حالة الثمار .

غالباً ضرر البرودة يظهر عند التعرض الطويل لدرجة الحرارة المنخفضه .

يفضل اجراء التبريد المبدئي خلال (٢٤) ساعة إذا أريد حفظ الثمار لفترة طويلة .

– يمكن تخزين الليمون مع الموز والبندورة والبطاطا والبطاطا الحلوة .

عند التخزين الطويل يمكن تخزينه فقط مع الموز والبندورة الخضراء على درجات حرارة مرتفعة (١٥–١٨°م) ورطوبة (٨٥–٩٠%) .

أهم العيوب الفيزيولوجية:

الإصابة بالبرودة على شكل بقع لونها داكن – البقع الزيتية . وأهم الأمراض التي تصيب الليمون : العفن الأزرق والعفن الأخضر .

## تخزين اليوسفي

– أصناف اليوسفي حساسة للبرودة . وبسبب قشرتها الرقيقة تعد أقل قدرة على التخزين من البرتقال بسبب شدة فقد الماء من جهة وتعرض قشرتها للتمزق بسهولة . يجب العناية بمعاملة الثمار عند القطف ولا يجوز شد الثمار أو الضغط عليها .

– يمكن تخزين ثمار هذه الأصناف لفترة (٣–٤) أسابيع على درجة حرارة (+٤°م) ورطوبة نسبية (٨٥–٩٠%) ولا يجوز خفض درجة الحرارة عن ذلك. وفي حال التخزين لفترات أطول يمكن رفع درجة الحرارة إلى (٦–٧°م) .

وبعد إخراج الثمار من المخزن يجب تسويقها مباشرة لأنها تذبل وتتدهور بسرعة.

## تخزين الجريب فروت

تعد ثمار الجريب فروت من الثمار الحساسة لانخفاض درجة الحرارة لذا تخزن في درجة حرارة (٨–١٠° م) وأحياناً (١٢° م) إلا أنه يمكن تخزينها لفترة قصيرة على درجة حرارة الصفر المئوي .

## تخزين ثمار العنب

يعتبر العنب من أكثر الفواكه انتشاراً في العالم. وتسمى أصناف العنب المستخدمة في الاستهلاك الطازج بأصناف المائدة وأغلب هذه الأصناف أوروبية المنشأ تحوي على نسب عالية من السكريات والمواد الصلبة الذوابة بالمقارنة مع الأصناف الأمريكية . ويوجد عدداً من أصناف المائدة المحلية التي تضاهي الأصناف الأوربية . وتتميز أصناف العنب المستخدمة في الصناعات الغذائية ( التبيذ والخل ) بقوامها العصيري واحتوائها على نسب مرتفعة من السكريات تصل أحياناً إلى (٢٥%) . أما أصناف المائدة فتتميز بقوامها الأكثر صلابة وبكبر حجم عنباتهاوتحتوي على نسب أقل من السكريات وذات رونق وجاذبية من قبل المستهلك. ويوجد الكثير من الأصناف التي تعتبر ثنائية الغرض.

العنب من الثمار غير الكلايمكتيرية وبالتالي تجمع الثمار عند دخولها مرحلة النضج الاستهلاكي وتراكم السكريات والذي يحدد ولدرجة كبيرة جودة العنب إضافة لدرجة الحموضة .

بعد قطاف ثمار العنب لا تتحسن فيه عناصر الجودة ولا تتطور مواصفاته الاستهلاكية نحو الأفضل. لذلك لا تعتبر ثمار العنب مهيأة للتخزين الطويل . إلا أنه باتباع تقنية مناسبة ومتكاملة تبدأ من موسم النمو مروراً بالقطف ثم تجهيز الثمار وتوضيبها وتخزينها بدرجات الحرارة المنخفضة في الشروط التخزينية المناسبة يمكن عندها تخزين ثمار العنب لعدة أشهر مع المحافظة على مواصفاته الاستهلاكية بأقل قدر من الفقد .

ثمار العنب قليلة الحساسية لأضرار البرودة لذلك تخزن على درجات حرارة أقل من الصفر المئوي بقليل ولفترة طويلة نسبياً دون ظهور أعراض ضرر البرودة .

تخزين الثمار :

تختلف أصناف العنب بمواعيد نضجها فمنها المبكرة ومنها المتأخرة . ومن المهم جمع الثمار بعد اكتمال النمو وعند درجة النضج المثلى للغرض المخصصة له الثمار وعادة تقطف الثمار المخصصة للتخزين عند بداية مرحلة النضج الاستهلاكي بحيث تكون نسبة السكريات ملائمة استهلاكياً.

ومن مؤشرات نضج وجمع الثمار :

- لون حبات الأصناف البيضاء تصفر والأصناف الحمراء تسود.
- لون عنق العنقود يميل إلى اللون البني وينكمش أو يذبل .
- درجة صلابة الثمار وارتباط العناقيد بالفرع الحامل وارتباط العنبات بأعناقها.
- لون البذور مع اكتمال النمو تصبح بنية اللون .
- الطعم وهذا يعتمد على الصنف وتذوق الشخص .

– نسبة المواد الصلبة الذائبة : وتشكل السكريات معظمها . وعندما تصبح نسبة السكريات أكثر من (١٦%) تكون الثمار بأفضل قدرة تخزينية ويعتبر هذا المؤشر من أهم المؤشرات المعتمدة في تحديد موعد القطف.

– نسبة المواد الصلبة الذوابة إلى الحموضة .

الجمع والتعبئة :

يتم قطف العنقود عند نهاية العنق بالقرب من الفرع الحامل . ثم تفرز العناقيد وتزال العنبات الجافة والمصابة وتعبأ العناقيد في الصناديق. ومن المستحسن أن يكون عنق العنقود إلى أعلى وقد تلف العناقيد كل على حدة بورق اللف.

والتعبئة قد تكون بالحقل أو في بيوت التعبئة ومن فوائد التعبئة في الحقل خفض التكاليف وتقليل عمليات نقل الثمار إضافة لتقصير الوقت بين الجمع والشحن . أما التعبئة في بيوت التعبئة فتتميز بالاهتمام بنظافة العناقيد وإزالة الثمار المصابة والفاسدة والمراقبة الجيدة لعمليات التعبئة .

التخزين :

تختلف القدرة التخزينية لأصناف العنب. ومن أجل التخزين الطويل تفضل الأصناف المتأخرة النضج ذات الحبات الكبيرة وغير الكثيفة . وبالمقارنة نجد أن أصناف المائدة ذات النسج المتماسكة الكثيفة والمتميزة بقشرة سميكة تكون أكثر قدرة تخزينية مقارنة بتلك الأصناف العصيرية الرخوة وذات القشرة الرقيقة .

من أجل التخزين الطويل تفضل الأصناف ذات المحتوى السكري الجيد مع نسبة مرتفعة من الأحماض العضوية وغير ناضجة كثيراً .

– يمكن تخزين ثمار العنب إذا تم الجمع في الوقت المناسب وكانت العناقيد سليمة وبحالة جيدة على درجة حرارة ( –١ إلى ٠ $^{o}$ م) ورطوبة نسبية (٩٠–٩٥%) لعدة أسابيع دون استخدام المعاملة بثاني أكسيد الكبريت وإلى عدة شهور أثناء معاملة الثمار بغاز ثاني أكسيد الكبريت وذلك تبعاً للصنف . كما بينت نتائج الدراسات أن بعض الأصناف المحلية ذات قدرة تخزينية عالية مثل الصنف " الحلواني" .

– تفقد ثمار العنب الماء بسهولة وخاصة العرمش الذي يفقد الماء بشدة أكبر من العنبات لذلك يجب تبريد الثمار بسرعة وتغليف العبوات بعد التبريد الأولي .

ومن المهم تقصير الفترة الزمنية بين القطاف والتخزين ويفضل أن لا تتجاوز (١٢) ساعة وعندها يمكن تخفيض الفقد للحدود الدنيا .

الرطوبة النسبية لهواء المخزن يجب أن لا تنخفض عن (٩٠%) لأن فقد الرطوبة (٢%) يؤدي إلى جفاف الأعناق وعندما ترتفع نسبة فقد الماء إلى (٤–٥%) تبدأ حبات العنقود بالذبول . وبنفس الوقت إن زيادة الرطوبة النسبية عن (٩٥%) يشجع نمو الأعفان لأن ثمار العتب حساسة جداً للإصابة ببعض الأعفان مثل العفن الرمادي .

تبلغ مدة بقاء الثمار في حالة جيدة (١–٦) أشهر وذلك تبعاً للصنف والمعاملة الكيميائية ( المعاملة بغاز $SO_2$) وتقنيات التوضيب وظروف التخزين.

يؤدي التخزين الطويل لثمار العنب إلى فقد الماء وانكماش الثمار وتليفها وانفراط الحبات . وفي كل الأحوال عند إخراج الثمار من المخزن يجب رفع درجة الحرارة ببطء حتى لا يتكثف الماء على الثمار وتتعرض للإصابة بالفطريات .

العيوب الفسيولوجية: فقد الماء – الإصابات الميكانيكية – الإصابة بالتجمد

أهم الأمراض التخزينية : العفن الرمادي – عفن الريزوبس وعفن الانتراكنوز . إلا أن العفن الرمادي سريع الانتشار وأحياناً يكون السبب الوحيد في فساد العنب .

## تداول ثمار الموز

موعد الجمع واكتمال النمو :

تجمع ثمار الموز خضراء مكتملة النمو حيث تمتلك القدرة على النضج بعد القطاف وعندها تكتسب الثمرة مواصفاتها الاستهلاكية المميزة.

ومن علامات اكتمال النمو والنضج : تغير لون حوامل الثمار من الأخضر الداكن إلى الأخضر الفاتح – زوال زوايا الثمار وأضلاعها.

وتقسم درجات النضج حسب استدارة الأصابع إلى:

– ثمار ثلاثة أرباع : أقل درجات القطف وتكون جوانب الثمار واضحة البروز وتنضج الثمار بعد مدة طويلة ( للشحن الطويل ) .

– ثمار ثلاثة أرباع ممتلئة: جوانب الثمار بارزة قليلاً وهذه تنضج خلال (١٤) يوماً.

– ثمار أكثر من ثلاثة أرباع ممتلئة : تكون جوانب الثمار أكثر امتلاء وهذه تنضج خلال سبعة أيام .

– ثمار ممتلئة : وتكون الثمار مستديرة الزوايا وتبدأ في النضج بعد ثلاثة أيام . وتختفي الأضلاع عند نضج الأصابع وترق القشرة ويزداد وزن اللب ويتحول النشاء إلى سكر وتتلون الثمار وتكتسب الرائحة والنكهة المميزة .

يتم التحكم في نضج ثمار الموز باستعمال غاز الإيثلين والحرارة والرطوبة للحصول على نضج متساو في اليد الواحدة .

جمع الثمار :

تجمع حوامل الثمار بجزء من حامل العنقود الزهري وتنقل إلى أماكن التعبئة الجيدة التهوية وتترك الثمار لتفقد جزءاً من رطوبتها ثم تنقل إلى حجرات الإنضاج إذا كان المحصول لغرض الاستهلاك المحلي أو تعبأ في صناديق للتصدير . وعادة ما يتم تجزئة الحامل الزهري إلى كفوف وتغسل بالماء لإزالة الأتربة وتفرز لاستبعاد الثمار التالفة والمتقدمة بالنضج وتلف الكفوف السليمة في أكياس من البولي إتيلين وعادة تفرغ من الهواء وتوضع في صناديق النقل والشحن .

تخزين الثمار :

ثمار الموز حساسة جداً لانخفاض درجة الحرارة ويظهر ضرر البرودة عند التعرض لدرجة حرارة أقل من (١٣°م) ولفترات محددة والثمار الخضراء أكثر حساسية من الثمار الناضجة لذلك درجة حرارة تخزين ثمار الموز (١٤°م) ورطوبة نسبية (٩٠–٩٥%) للثمار الخضراء أما الناضجة(٨٥–٩٠%) وضمن هذه

الظروف تخزن الثمار الخضراء (٤-١٤) يوماً والثمار الناضجة (٢-٤) أيام . وعندما تبدأ الثمار بالنضج لا يمكن إيقافه .

طول فترة تخزين الموز مرتبطة بشكل مباشر بدرجة نضج الثمار وأطول فترة تخزين يمكن الحصول عليها عندما تقطف الثمار في الدرجة الأولى.

أثناء النقل الطويل يمكن إطالة فترة تخزين الثمار الخضراء (أقل درجات القطف ) وذلك بإحكام عبوات البولي إيتلين الحاوية على الثمار وتركها تغير الجو المحيط بالثمار حيث تنخفض نسبة غاز $O_2$ وترتفع نسبة غاز $CO_2$ وبذلك يمكن زيادة فترة التخزين لبضعة أشهر . وعند التخزين والشحن الطويل من الضروري استعمال مواد تمتص غاز الإيتلين .

يمكن تخزين الموز مع الليمون والبندورة الخضراء على درجة حرارة (١٥-١٨ $^{o}$م) ورطوبة نسبية (٨٥-٩٠%) لفترات محددة .

العيوب الفسيولوجية :

١ – الطبخ ويحدث عند درجات حرارة أعلى من (٣٠ مْ) وأعراضه طراوة الثمار وبقع شفافة في القشرة .

٢ – ضرر البرودة عند التخزين في درجات حرارة أقل من (١٣$^{o}$ م) والثمار الخضراء أكثر حساسية للإصابة من الثمار الناضجة والإصابة تحدث في القشرة حيث تتموت الخلايا ويتغير لونها مما يعطي لوناً أصفر باهتاً ويتأخر نضج الثمار وعند الإصابة الشديدة تتلون باللون البني.

٣ – الإصابات الميكانيكية : الموز حساس جداً للإصابات الميكانيكية وخاصة عند تقدم النضج حيث يتلون مكان الإصابة ويصبح بنياً ويشجع الإصابة بالأمراض .

أهم أمراض التخزين : الانترالنوز – عفن التاج – أمراض تعفن أطراف الأصابع . والعلاج يتمثل بالعناية بالثمار عند التداول وعدم إطالة الوقت بين الجمع والتخزين وطول فترة التخزين ودرجات حرارة التخزين .

## تخزين الفريز

– ثمار الفريز سريعة التلف بعد الجمع فالثمار طرية وقليلة الصلابة وتفقد كثيراً من صلابتها أثناء النضج وبالتالي سهلة الإصابة بالأضرار الميكانيكية والمرضيه .

– تتميز الثمار بمعدل تنفس عال ولا يلاحظ فيها ظاهرة الكلايمكتيريك.

– ثمار الفريز منخفضة إنتاج الايتلين ولا تتأثر بالمعاملة بالايتلين لذلك لا تجمع الثمار قبل اكتمال تكوينها.

– تفقد الماء بسرعة لأن الثمرة ناعمة إضافة لزيادة سطح الثمرة نسبة إلى وزنها وارتفاع محتوى الثمرة من الماء (٩٠ – ٩٥ %) .

– لا تنضج ثمار الفريز دفعة واحدة على النبات وتجمع الثمار عندما يتلون ثلاثة أرباع الثمرة لنقل المحصول إلى أماكن التسويق البعيدة ويمكن الجمع في مراحل نضج متأخرة للتسويق المحلي .

– ثمار الفريز غير صالحة للتخزين إلا أنه يمكن حفظها لبضعة أيام إذا توفرت الظروف المناسبة . ويساعد في إطالة فترة الحفظ حقن العبوات بعد التغليف بالبولي ايتلين بثاني أكسيد الكربون حتى تركيز (١٠ – ١٥ %) .

– يفضل جمع وفرز وتدريج وتعبئة ثمار الفريز مرة واحدة.

– أنسب ظروف التخزين في درجة الحرارة (٠ م$^{o}$) والرطوبة النسبية (٩٥%) . وتبرد الثمار تبريداً أولياً بسرعة إلى درجة (٠– ١ $^{o}$م) ويجب أن يعرض المحصول للبيع في حرارة منخفضة أقل من (١٠ م$^{o}$). يمكن تخزين الثمار بالشروط المثالية حتى الأسبوع وعندها يمكن تسويق المحصول خلال يومين .

عند التخزين في الأوساط الغازية بتركيب ١٠ % $O_2$ و٢ – ٣ % $O_2$ والباقي $N_2$ يمكن زيادة فترة التخزين إلى (١٠ – ١٢) يوماً .

– أهم الأمراض التي تصيب ثمار الفريز وتسبب فاقداً كبيراً العفن الرمادي .
وتصاب الثمار بعفن الريزوبس خاصة عند التداول بدرجات الحرارة المرتفعة .

## تخزين الرمان

- أهم صفات الجودة في الرمان أن خلو الثمار من التشققات ويختلف اللون الخارجي للثمار حسب الصنف من الأصفر إلى الأحمر أما لون الثمار الداخلي فاللون الأحمر الفاتح هو الغالب .
- ثمار الرمان متوسطة الحساسية لضرر البرودة وتصاب عند التخزين على درجات حرارة أقل من (٥ م$^{o}$) ولفترة طويلة .
- يحدد موعد الجمع بوصول الثمار إلى الحجم المناسب واللون المناسب حسب الصنف . ويمثل اللون الداخلي للثمار إضافة إلى نسبة الحموضة وصول الثمار إلى درجة النضج .
- يمكن تخزين ثمار الرمان (٢ – ٤) أشهر على درجة حرارة (٥–٧م$^{o}$) ورطوبة نسبية (٩٠ – ٩٥ %) .

العيوب الفيزيولوجية: ضرر البرودة ويظهر على شكل بقع غائرة على السطح وتلون الأنسجة الداخلية البيضاء التي تفصل الثميرات الصغيرة بداخل الثمار .

- التحطم الداخلي للثمار ويتمثل في عدم وصول لون الثميرات إلى اللون الأحمر المميز وظهور رائحة غير طبيعية ولا يعرف سبب هذا العيب .
- لفحة الشمس وعادة ما تكون بالقرب من منطقة الاتصال بالنبات .
- التشقق : ويعزى السبب إلى عدم انتظام الري .

أهم الأمراض التي تصيب الرمان خلال التخزين:

العفن الرمادي – عفن الألترناريا – عفن البنسليوم.

## تخزين التين

ثمار التين حساسة للضغط وتصاب بشدة بالأعفان . يجب أن تكون الثمار المعدة للتخزين ناضجة بشكل كامل وذلك لأن الثمار الصلبة تحتوي على عصير لبني حاد ( لاذع ) إضافة لعدم إمكانية نضجها بعد الجني .

ثمار التين الطازجة غير حساسة للبرودة لذلك تخزن على درجة حرارة(٠ م$^{o}$)مدة أسبوعين ورطوبة نسبية ( ٩٠ % ) وزيادة درجة الحرارة يسرع من فساد الثمار.

## تخزين البلح

يزداد حجم الثمار تدريجياً حتى اكتمال النمو ويمكن تقسيم مراحل النمو إلى:

– مرحلة ازدياد الحجم والوزن : وخلالها تتراكم السكريات والمواد الصلبة الذوابة وتزداد الحموضة وكمية الماء ويكون لون الثمار أخضر.

– تقل الزيادة بالحجم وتزداد كمية الماء وتنخفض الحموضة ويبقى اللون أخضر .

– المرحلة الأخيرة وتتميز بقلة الزيادة في الوزن وتزداد السكريات والمواد الصلبةالذوابة وتقل الحموضة وتتلون الثمار بالأصفر أو الأحمر حسب الصنف.

ويبدأ نضج البلح من قمة الثمرة تدريجياً إلى الأسفل وتجمع الثمرة وتوكل مكتملة النمو وبعض الأصناف توكل قبل النضج وبعضها بعد تمام النضج .

– درجة حرارة تخزين البلح (٠ مْ) ورطوبة نسبية (٨٥ – ٩٠ %) وضمن هذه الظروف يتخزين البلح الطازج حوالي الشهرين أما التمور الجافة تخزن ( ٣–١٢ ) شهراً بدون فقد كبير في الجودة . ومن الملاحظ أن البلح الطازج غير حساس لضرر البرودة إلا أنه يميل أثناء التخزين إلى الذبول والإصابة بالأحياء الدقيقة . ورطوبة الثمار مهمة جداً فكلما ارتفعت الرطوبة قلت فترة التخزين .

# تخزين بعض الثمار الاستوائية

## تخزين المانجو

– تجمع ثمار المانجو لغرض التسويق المباشر عند بدء تحول اللون الأخضر إلى الأخضر الفاتح أو الأصفر الفاتح . وينصح بالجمع والثمار خضراء لغرض التسويق في الأماكن البعيدة . ويجب التفريق بين الثمار الخضراء مكتملة النمو والتي تنضج بشكل جيد . من الخضراء غير مكتملة النمو والتي يمكن أن لا تنضج بعد الجمع . وذلك بملاحظة استكمال استدارة أكتاف الثمار عند منطقة اتصال الثمار بالساق . فاكتمال الاستدارة يدل على اكتمال النمو . ولا يمكن الاعتماد على علامات نضج أخرى حيث أن انخفاض صلابة الثمار وانخفاض الحموضة وزيادة المواد الصلبة الذوابة كلها تحدث أثناء النضج أي بعد الجمع وأثناء تسويق المحصول .

– يتم تخزين ثمار المانجو في درجة حرارة (١٠ – ١٢ م$^{o}$) ورطوبة نسبية (٩٠ %) لفترة (٣ – ٦) أسابيع وذلك تبعاً للصنف والظروف البيئية وظروف المواد وإعداد المصحول وتداوله ودرجة النضج عند الجمع .

لا يجوز التخزين بدرجات حرارة أخفض من(١٠ م$^{o}$) لأن الثمار حساسة جداً لضرر البرودة . ويكن تخزين الثمار لبضعة أيام على درجة حرارة ( ٥ – ٧ م $^{o}$).

– قد تعامل الثمار بثاني بروميد الإيتلين للقضاء على الحشرات .

– يمكن إنضاج ثمار المانجو صناعياً باستعمال الإيتلين ( ٢٠٠ ) جزء بالمليون لمدة ( ٢٤ – ٤٨ ) ساعة عند درجة حرارة ( ٢١ – ٢٤ م$^{o}$ ) وذلك للحصول على درجة نضج واحدة وحسب الطلب .

– ضرر البرودة : وتؤدي الإصابة إلى عدم النضج أو النضج غير الجيد ومع زيادة الإصابة تظهر بقع سوداء على القشرة وبداخل الثمار.

– أهم الأمراض الأنتراكنوز ويسبب المرض خسائر كبيرة في ثمار المانجو كما تصاب الثمار بمرض عفن الساق .

## تخزين الكاكي

ثمار الكاكي غير الحساسة للبرود ويمكن تبريدها حتى (-١ م°) ويجب أن تكون الرطوبة النسبية للهواء مرتفعة بحدود (٩٥ %) وذلك بسبب قابليتها الشديدة للذبول . مدة التخزين ضمن هذه الظروف تصل كحد أقصى إلى ثلاثة أشهر . ويمكن إطالة فترة تخزينها بلف الثمار برقائق البولي ايتلين المثقب . وثمار الكاكي من الثمار الحساسة للضغط أثناء النقل .

## تخزين الباباظ

ويتم إنضاج الباباظ قبل إرسالها للمستهلك بفترة قصيرة في درجة حرارة (٢٥) م° وتعامل الثمار أيضاً بماء دافئ درجة حرارته (٤٣ – ٤٧ م°) مدة (٢٠) دقيقة وذلك ضد الأمراض الفطرية .

ثمرة الباباظ من الثمار الحساسة للبرودة ولا يسمح بتبريدها لأقل من (٨ م°) فتغدو سريعة العطب . الرطوبة النسبية للهواء يجب أن تبقى بحدود (٨٥ %) إذ يمكن حفظها بحالة جيدة ضمن هذه الظروف مدة ثلاثة أسابيع .

## تخزين الجوافة

يمكن تخزين ثمار الجوافه مدة ثلاثة أسابيع في درجة حرارة (٨ – ١٠ م°) ورطوبة نسبية (٨٥ – ٩٠ %) .

## تخزين ثمار الزيتون

– تتحدد درجة اكتمال نمو الثمار من خلال الوزن والحجم ودرجة صلابة الثمار ويعتبر تلون الثمار من العوامل الهامة في تحديد درجة اكتمال النمو . وتعتبر نسبة الزيت العامل الرئيسي الذي يحدد موعد الجمع حيث إنها تزيد بزيادة تلون الثمار وبتقدم الثمار نحو النضج .

– تجمع الثمار صلبة من أجل التصنيع (التخليل) ويؤخر الجمع إذا كان من أجل استخلاص الزيت . ويعتمد موعد الجمع على الصنف والغرض بالإضافة إلى الظروف الجوية للمنطقة . وثمار الزيتون لا تخزن وإذا خزنت لغرض تسهيل عمليات التصنيع (استيعاب المصانع والمعاصر) .

– أنسب ظروف التخزين على درجة حرارة (٧ – ١٠ م$^{o}$) والرطوبة النسبية للهواء (٨٥ – ٩٥ %). ويمكن حفظ ثمار الزيتون عند هذه الظروف (٤–٨) أسابيع. ولا تخزن الثمار عند درجات حرارة أقل من (٧ م$^{o}$) كونها تصاب بضرر البرودة عند درجة حرارة (٥ م$^{o}$) . ومن الضروري إجراء التبريد المبدئي لإزالة حرارة الحقل لإطالة فترة التخزين .

– أهم العيوب الفيزيولوجية التي تصيب الثمار أثناء التخزين ضرر البرودة .

# المصطلحات العلمية

**- A -**

| | |
|---|---|
| Abscission layer | طبقة الانفصال |
| Absolute humidity | الرطوبة المطلقة |
| Air humidity | رطوبة الهواء |
| Air movement | التهوية |
| Apricot | المشمش |
| Apples | التفاح |
| Artichoke | الخرشوف ( أرضي شوكي ) |
| Ascorbic acid | فيتامين C |
| Asparagus | الهليون |
| Assimilation | التمثيل الغذائي |
| Azotic substances | المواد الأزوتية |
| Acrobic respiration | تنفس هوائي |
| Anacrobic respiration | تنفس لا هوائي |
| Alcoholic fermentation | تخمر كحولي |
| Aromatic compoubds | مركبات عطرية |
| Acetic acid | حمض الخل |
| Aging | شيخوخة |
| Antibiotics | مضادات حيوية |
| Atmospbere | جو |
| Air | الهواء |
| Additives | مواد مضافة |
| Analysis | تحليل |
| Antioxidants | مضادات أكسدة |
| Appearance Factors | عوامل المظهر |
| Autolysis | التحلل الذاتي |

| | |
|---|---|
| Activity | نشاط |
| Aspergillus | فطر الأسبرجلس |
| Aflatoxin | سم فطري |
| Absorption | امتصاص |

**- B -**

| | |
|---|---|
| Banana | الموز |
| Bitter pit | البقع الفلينية المرة |
| Brown heart or ( Break down ) | القلب البني |
| Brown rot | العفن البني |
| Brine solution | محلول ملحي |
| Broad bean | الفول العادي |
| Bulb vegetables | الخضار البصلية |
| Bulbacelery | الكرفس الجذري |
| British thermal Unite ( B . T . U ) | وحدة الحرارة البريطانية |
| Biotin | بيوتين ( فيتامين II ) |
| Brown of fruit | اسمرار الفاكهة المخزنة |
| Beri – Beri | مرض البري – بري |
| Blanching | سلق |
| Bleaching | تبيض |

**- C -**

| | |
|---|---|
| Carbohydrates | ماءات الفحم ( كربوهيدرات ) |
| Carot | الجزر |
| Cabbahe | الملفوف العادي |
| Cauliflower | القرنبيط ( الزهرة ) |
| Cell division | الانقسام الخلوي |
| Cell enlargement | تمدد وكبر حجم الخلايا |
| Chlorophyio | كلوروفيل ( اليخضور ) |
| Chemical composition | التركيب الكيميائي |

| | |
|---|---|
| Cherries | الكرز |
| Citric acid | حمض الليمون |
| Climacteric | تنفس النضج |
| Cleaning | التنظيف |
| Core flush | مرض حجرة البذور البني |
| Compressor | الضاغط |
| Condenser | المكثف |
| Common or kidney Bean | الفاصولياء العادية |
| Cole vegetables | الخضار الملفوفية |
| Controlled atmospheric storage ( CA) | التخزين في وسط غازي معدل |
| Common storage | التخزين في مخازن عادية |
| Colour index | دليل اللون |
| Contact icing | التبريد بملامسة الجليد |
| Cooling duration | مدة التبريد |
| Cooling rates | معدل التبريد |
| Cucumber | الخيار |
| Cucurbit vegetable | الخضار القرعية |
| Cuticle | القشيرة |
| Cell senescence | طور التدهور |
| Chemically bound water | ماء مرتبط كيميائياً |
| Citric | حمض الليمون |
| Condensed lannins | تانينات غير حرة |
| Ctnocobal amine | سيانوكوبلا مين ( فيتامين $B_{12}$ ) |
| Calciferol | كالسيفيرول ( فيتامين D ) |
| Caramelization | كرمله السكريات |
| Case hardening | الجفاف السطحي |
| Chilling | تبريد |
| Compression system | نظام الضغط |

| | |
|---|---|
| Consistency | تماسك |
| Calorie | كالوري ، سعر حراري |
| Chilling injury | ضرر تبريد |
| Climacteric minimum | الحد الأدنى لشدة التنفس |
| Climacteric maximum | الحد الأقصى لشدة التنفس |

**- D -**

| | |
|---|---|
| Data | البلح |
| Dehydrogenates | نازعات الهيدروجين |
| Dew point | نقطة الندى |
| Direct refrigeration | التبريد المباشر |
| Drop of fruits | تساقط الثمار |
| Dry ice | الجليد الجاف |
| Drying | التجفيف |
| Dry substance | مادة جافة |
| Dip washing | غسيل بالغمر |
| Decomposition | التفكك |
| Detergents | المنظفات |
| Diffusion | الانتشار |
| Direct immersion | الغمر المباشر |
| Desiccation | جفاف |
| Direct effect | التأثير المباشر |
| Dietary fibers | ألياف غذائية |
| Diffusion | الانتشار |
| Decomposition | التفكك |
| Deterioration | تدهور – فساد |

**- E -**

| | |
|---|---|
| Eggplant | باذنجان |
| Esterases | استرات |
| Evaporative cooling | التبريد بالتبخر |

| | |
|---|---|
| Evaporator | المبخر |
| Enzyme inhibitors | مثبطات أنزيمية |
| Energy | طاقة |
| Enzymatic browning | الاسمرار الأنزيمي |
| Ethyl alcohol | الكحول الايتلي |
| Evaporation | تبخير |
| Elasticity | مرونة |
| Embryo | جنين |
| Endosperm | الاندرسيرم (السويداء) |
| Epidermis | بشرة |

**- F -**

| | |
|---|---|
| Fats | المواد الدهنية |
| Fereons | الفريونات |
| Fertilization | عملية الاخصاب |
| Fig | تين |
| Fluctuation of temperature | تذبذب درجة الحرارة |
| Forced-air (pressure) cooling | التبريد بالهواء البارد ( المضغوط ) |
| Fruit | ثمرة |
| Fruitharvest and preparation | قطاف الثمار وتجهيزها |
| Fruitpackine and transpiration | تعبئة الثمار وشحنها |
| Fruit size | حجم الثمرة |
| Fruit vegetables | الخضار الثمرية |
| Full bloom | الأزهار الاعظمى |
| Free water | ماء حر |
| Forcing | تشجيع ، اجبار |
| Food | غذاء |
| Food composition | تركيب الغذاء |
| Freezing | تجميد |
| Fumigants | المبخرات |

| | |
|---|---|
| Food and Agriculture Organization | منظمة الأغذية والزارعة |
| Feeding | تغذية |
| Filling | التعبئة |
| Food constituent | مكونات الأغذية |
| Food spoilage | فساد الأغذية |
| Fruit | فاكهة |
| Fruit quality grades | درجات جودة الفاكهة |
| Freezing | تجميد |
| Free fatty acid | حمض دهني حر |
| Fermentation | تخمر |
| Food Irrodiation | تشعيع الأغذية |
| Feathering | تطاير القشرة |
| Full Bloom | الإزهار الأعظمي |

**- G -**

| | |
|---|---|
| Garlic | الثوم |
| Garden or Table beet | الشوندر الاحمر |
| Gasgromotography | جهاز قياس الغازات |
| Grapefruit | جريب فروت |
| Ground feeding | التغذية الأرضية |
| Growth | النمو |
| Grading | التدريج |
| Green mold | العفن الأخضر |
| Gallic acid | حمض العفصيك |
| Glycoysis | جلكزة |
| Gas cold storage | التخزين بالتبريد |
| Generator | مولد |
| Gelatinize | تجلتن |

| | |
|---|---|
| Germination | الإنبات |
| Grade | درجة |
| Grading | التدريج |
| Gamma ray | أشعة غاما |
| Good laboratory practice ( GLP ) | الممارسة المخبرية الجيدة |

**H -**

| | |
|---|---|
| Half – cooling time | زمن التبريد النصفي |
| Hardness | الصلابة |
| Hydrovacum cooling | التبريد بالتفريغ المائي |
| Hydrocooling | التبريد المائي |
| Hydrolases enzyme | الأنزيمات المحلمهة |
| Hygrometer | جهاز قياس الرطوبة |
| Horticultural maturity | نضج بستاني |
| Hygroscopic water | ماء هيجروسكوبي |
| Humidifers | جهاز ترطيب |
| Humidistate | منظم رطوبة |
| Humidity | رطوبة |
| Hydrophobic | محب للماء |
| Hydrolysis | التحلل المائي |
| Hexose | السكريات السداسية |
| hormon | هرمون |

**- I -**

| | |
|---|---|
| Internal ethylene | الايتيلين الداخلي |
| Inorganing substances | العناصر المعدنية |
| Insulation | العزل |
| Indirect refrigeration | التبريد غير المباشر |
| Ioding starch test | اختبار النشاء اليودي |
| Initial temperature | حرارة مبدئية |
| Ice crystal damage | التلف الناتج من البلورات |

| | |
|---|---|
| Inverted sugar | السكر المتحول |
| Improves | محسنات |

**- J -**

| | |
|---|---|
| Hacketed refrigeration | التبريد بالفراغ الهوائي |
| June drop | تساقط حزيران |
| Jelly | هلام ، جلي |

**- K -**

| | |
|---|---|
| Kernel – fruit | الفاكهة ذات النواة الحبية |
| Kwashiorker | كواشيرركو ( مرض نقص البروتين ) |
| Kilocalorie | السعر الكبير |
| Kreb's Cycle | حلقة كربس |

**- L -**

| | |
|---|---|
| Latentheat | الحرارة الكامنة |
| Legume vegetables | الخضار البقولية |
| Lettuce | الخس |
| Leaf vegetables | الخضار الورقية |
| Lemon | الليمون الحامض |
| Lemon guava | جوافة |
| Lenticel spot | تبقع العديسات |
| Light | الضوء |
| Lipase | أنزيم محلل للدهون |

**- M -**

| | |
|---|---|
| Mandarin sort | أصناف اليوسفي |
| Mangoes | مانجو |
| Mature | نضج القطاف |
| Malic acid | حمض التفاح |
| Methods of cooling | طرائق التبريد |
| Mitochnodria | ميتوكرندريا |
| Modified atmosphere | جو معدل |

| | |
|---|---|
| Metabolism | تحول غذائي |
| Microbiology | أحياء دقيقة |
| Mycotoxins | سموم فطرية |
| Mallard's reaction | تفاعل ميلارد |
| Moisture | رطوبة |
| Maturity | النضج |

**- N -**

| | |
|---|---|
| N atural ripe hormone | هرمون نضج طبيعي |
| Nacelle | النوية |
| Niacin | نياسين ( فيتامين $B_5$ = PP ) |
| Nutritive value | القيمة الغذائية |

**- O -**

| | |
|---|---|
| Okra | الباميا ء |
| Olive | الزيتون |
| Onion | البصل |
| Orange | برتقال |
| Organing acides | الأحماض العضوية |
| Oxidases | اوكسيدات |
| Oxalic acid | حمض الحماض |
| Obcission layer | طريقة انفصال |
| Oils | الزيوت والدهون |
| Odor | رائحة |

**- P -**

| | |
|---|---|
| Packing | تعبئة |
| Papper | الفليفلة العادية |
| Parsley | البقدونس الورقي |
| Pasteurization | بسترة |
| Papaya | الباباظ |
| Parthenocarpie fruits | الثمار البكرية |

| | |
|---|---|
| Periods of growth of vegetables crops | مراحل نمو المحاصيل الخضرية |
| Pectic substances | المواد البكتينية |
| Pear | كمثرى ( اجاص ) |
| Peaches | دراق |
| Pea | البازلاء |
| Persimmon | الكاكي |
| Photosynthesis | التمثيل الضوئي |
| Physical nature of fruit skin | الطبيعة الفيزيائية لقشرة الثمرة |
| Physiobiochemical changes | التغيرات الفيزيوبيوكيميائية |
| Physical | التغيرات الفيزيائية |
| Pine apple | أناناس |
| Plant pigments | الأصبغة النباتية |
| Plume | الخوخ |
| Potato | بطاطا |
| Pomegranate | الرمان |
| Polyphenols | مواد فينولية عديدة |
| Produce of energy | إنتاج الطاقة |
| Pull down | التخزين المعدل السريع |
| Pumpkin | القرع |
| Physiological maturity | نضج فسيولوجي |
| Phenols compounds | مواد فينولية |
| Pantothenic acid | حمض البانتوثينيك ( فيتامين $B_3$ ) |
| Pyridoxine | بيرودوكسين ( فيتامين $B_6$ ) |
| Pteroel glutamine | بتيرويل جلوتامين (حمض الفوليك = فيتامين $B_c$ ) |
| Phylloquinone | فيللوكيونون ( فيتامين K ) |
| Packing houses | بيوت ( محطات ) التعبئة |
| Precooling | تبريد أولي |
| Potassium metabisulfite | ميتا بيوسلفيت البوتاسيوم |

| | |
|---|---|
| Preservation | حفظ |
| Preservatives | مادة حافظة |
| Pneumatic | النقل بالهواء |
| Pigments | صبغات |
| Polishing | تلميع |
| Penetrometer | جهاز قياس الصلابة |
| Phellogen | الكامبيوم الفليني |

**- Q -**

| | |
|---|---|
| Quince | السفرجل |
| Quality | جودة |
| Quality improvement | تحسين الجودة |

**- R -**

| | |
|---|---|
| Radish | الفجل |
| Red lenticel spot | تبقع العديسات الأحمر |
| Refract tometer | جهاز قياس نسبة المواد الصلبة الذوابة |
| Refrigeration | التبريد |
| Refrigerants | سوائل التبريد |
| Respiration | التنفس |
| Respirationrate | معدل التنفس |
| Reproductive growth | الطور التكاثري |
| Rest period | طور السكون |
| Receiver | مستودع |
| Relative humidity | الرطوبة النسبية |
| Ripe | النضج الاستهلاكي |
| Room cooling | التبريد في غرف باردة |
| Root vegetables | الخضار الجذرية |
| Riboflavin | ريبوفلافين ( فيتامين $B_2$ ) |
| Rutin | روتين ( فيتامين P ) |
| Retinol | ريتينول ( فيتامين A ) |

| | |
|---|---|
| Reciver | مستودع ( قابلة ) |
| Refrigerants | سوائل التبريد الصناعي |
| Reducing sugars | السكريات المختزلة |
| Refrigeration load | حمولة التبريد |
| Refrigerant | وسط أو مادة التبريد |
| Radiation | إشعاع |
| Relative humidity | الرطوبة النسبية |
| Reducing sugar | سكر مرجع |
| Rancidity | تزنخ |
| Respiratory Qutent | معامل التنفس |

**S -**

| | |
|---|---|
| Scald | الحرق |
| Seedling – stage | الطور البذري |
| Shrivel | الذبول |
| Solaceous vegetables | الخضار الباذنجانية |
| Soluble solids | المادة الجافة المنحلة |
| Sorting | الفرز |
| Spinash | السبانخ |
| Storage atmosphere | هواء المخزن |
| Storage factors | عوامل التخزين |
| Storage under low pressure ( SLP ) | التخزين تحت ضغط منخفض |
| Sterilization | التعقيم |
| Strawberry | الفريز |
| Stone fruits | الثمار ذات النواة الحجرية |
| Starsh | النشاء |
| Summer squash | الكوسا |
| Sweet melon | البطيخ الاصفر |

| | |
|---|---|
| Scrubber | جهاز غسل الغاز |
| Surface cleaning | تنظيف سطحي |
| Spray washers | غسيل بالرش |
| Sweating | تكاثف ( تعرق ) |
| Soaking | نقع |
| Sorting | فرز |
| Sprayer washing | الغسيل بالمرشاشات |
| Semiperishable | قليل القابلية للفساد |
| Smoking | التدخين |
| Specific Heat | الحرارة النوعية |
| Spoilage | الفساد |
| Storage | تخزين |
| Spores | جراثيم ( أبواغ ) |
| Sudden cooling | التبريد الفجائي |
| Sugar beet | شوندر سكري |
| Sterilizatio | تعقيم |
| Simple Sigmoid | منحنى النمو ذو الدورتين |

**- T -**

| | |
|---|---|
| Temperature | درجة الحرارة |
| Thermal expension valve | صمام التمدد ( الانتشار ) |
| Time of harvest | موعد القطاف |
| Tomato | البندورة |
| Transpiration | النتح |
| Tuper vegetables | الخضار الدرنية |
| Turnip | اللفت |
| Thiamine | تيامين ( فيتامين $B_1$ ) |
| Tocopherol | توكوفيرول ( فيتامين E ) |
| Thermohygrograph | جهاز تسجيل الحرارة والرطوبة |
| Thermostat | منظم حرارة |
| Thawing | الذوبان ( إزالة التجميد ) |

| | |
|---|---|
| Texture | القوام |
| Time | الزمن |
| Tenderness | طراوة |

**- V -**

| | |
|---|---|
| Vacuum cooling | التبريد بالتفريغ |
| Vapor pressure deficit | عجز ضغط البخار |
| Vegetative growth | النمو الخضري |
| Vitamins | الفيتامينات |
| Volatile compounds | المركبات الطيارة |
| Vetting agent | مواد مساعدة على البلل |
| Vapot | بخار |
| Viscosity | اللزوجة |
| Vegetables | خضار |
| Vacuum Cooling | التبريد بالتفريغ |

**- W -**

| | |
|---|---|
| Watermelon | البطيخ الاحمر |
| Water loss | فقد الماء |
| Water core | القلب المائي |
| Waxes | الشموع |
| Waxing | عملية التشميع |
| Wound ethylene | ايتيلين الجروح |
| Wrapping | التغليف |

**- Z -**

| | |
|---|---|
| Zygote | البويضة المخصبة |

# المراجـع

**المراجع العربية :**


١- إبراهيم ، عاطف محمد وخليف ، محمد نظيف حجاج ( ٢٠٠٠ ) منشأة المعارف ، الاسكندرية – مصر .

٢- أبو حسون ، عادل ( ٢٠٠٥ ) – تأثير المعاملة الكيميائية في جودة وتخزين العنب. مجلة جامعة البعث للعلوم الهندسية – المجلد / ٢٧ / ، العدد / ١٢ / .

٣- أبو حسون ، عادل ومصري ، محمد ( ٢٠٠٧ ) . الصناعات الغذائية – الجزء النظري . منشورات كلية الزراعة ، جامعة البعث .

٤- أمان ، محمد البسطويس ويوسف ، محمد محمود ( ٢٠٠٠ ) . تركيب وتحليل الأغذية . مكتبة المعارف الحديثة ، الاسكندرية .

٥- البشير ، محفوظ ( ١٩٩٥ ) . إطالة فترة تخزين الخضار والفاكهة باستخدام الأشعة المؤينة . وقائع الدورة التدريبية حول تعقيم وحفظ المواد الغذائية بالإشعاع – هيئة الطاقة الذرية العربية وهيئة الطاقة الذرية السورية ٢٤-٩/١٠/١٩٩٥ .

٦- لخياط ، عشان حماده ومحمد ، ( ١٩٩٩ ) . كيمياء ومكونات الأغذية. منشورات جامعة دمشق ، كلية الزراعة .

٧- المساعد ، علي كامل ( ٢٠٠٠ ) ضبط ومراقبة جودة الأغذية . الجامعة الأردنية ، عمان ، الأردن .

٨- الشربيني ، أيمن ( ١٩٩١ ) . المجمدات . دار المعارف ، القاهرة ، مصر .

٩- العودة ، كرم الياس ( ١٩٩٤ ) . أساسيات تصنيع الخضار والفواكه . منشورات جامعة دمشق ، كلية الزراعة .

١٠- المركز الوطني للسياسات الزراعية ( ٢٠٠٥ ) . واقع الغذاء الزراعة في سورية . وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي ، دمشق .

١١- المنظمة العربية للتنمية الزراعية ( ١٩٩٥ ) . دراسة إمكانية استخدام تكنولوجيا التشعيع في حفظ وتخزين المنتجات الغذائية بالوطن العربي . الخرطوم، السودان .
١٢- اليتيم ، صلاح الدين محمود ( ٢٠٠٠ ) . فسيولوجيا ما بعد القطاف – المكتب الجامعي الحديث – الاسكندرية – مصر .
١٣- بريشه ، جابر زايد وحماد ، عادل محمود وعبد الحافظ ، عبد الوهاب (٢٠٠٠ ). أساسيات الميكروبيولوجيا الصناعية . الدار العربية للنشر والتوزيع ، القاهرة . مصر .
١٤- تلي ، غسان يوسف ( ١٩٩٥ ) . أسس حفظ الأغذية منشورات جامعة البعث، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية .
١٥- تلي ، غسان وريا ، بديع ( ١٩٩٥ ) . إنتاج الفاكهة ، الجزء النظري – منشورات جامعة البعث ، كلية الزراعة .
١٦- تقليل فاقد ما بعد الحصاد لمنتجات الخضار – الفواكه – المحاصيل الجذرية (٢٠٠٠) . إصدار الرابطة الإقليمية لمؤسسات التسويق الزراعي في منطقة الشرق الأدنى وشمال إفريقيا [ افمانيا ] – منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة .
١٧- تقرير لجنة الزراعة ( ٢٠٠٥ ) . استراتيجية منظمة الأغذية والزراعة لتوفير امدادات غذائية أمنة ومغذية FAO ، روما ١٣- ٢٠٠٥/٤/١٦ .
١٨- حامد ، فيصل ( ١٩٨٢ ) . الفاكهة – إنتاجها وتخزينها . المطبعة الجديدة ، دمشق – سوريا .
١٩- حسن، أحمد عبد المنعم ( ١٩٩٠ ) . الخضر الجذرية . الدار العربية للنشر – القاهرة ، مصر .
٢٠- حسن ، أحمد عبد المنعم ( ١٩٩٧ ) . الخضر الثمرية . الدار العربية للنشر والتوزيع ، القاهرة ، مصر .
٢١- حسن ، أحمد عبد المنعم ( ١٩٩٩ ) . إنتاج البطاطا . الدار العربية للنشر والتوزيع ، القاهرة ، مصر .
٢٢- حسن،أحمد عبد المنعم( ٢٠٠١ ). لقرعيات.الدار العربية للنشر،القاهرة ،مصر.

٢٣- حسن ، أحمد عبد المنعم ( ٢٠٠١ ) . إنتاج الفلفل والباذنجان . الدار العربية للنشر ، القاهرة . مصر .
٢٤- حسن ، أحمد عبد المنعم ( ٢٠٠٢ ) . إنتاج الفراولة – الدار العربية للنشر والتوزيع ، القاهرة . مصر .
٢٥- حسن ، طه الشيخ ( ٢٠٠٢ ) . موسوعة الفاكهة اللوزية . دار علاء الدين ، دمشق ، سوريا .
٢٦- حسن ، طه الشيخ ( ٢٠٠٠ ) . تقنيات حفظ وتخزين المنتجات النباتية . منشورات دار علاء الدين ، دمشق – سوريا .
٢٧- حمد . محمد نزار ( ١٩٩٢ ) . تقانة تصنيع الأغذية وحفظها . مكتبة الأسد . دمشق – سوريا .
٢٨- حياص ، بشار ومهنا ، أحمد ( ٢٠٠٧ ) . إنتاج محاصيل الحبوب والبقول – منشورات جامعة البعث ، كلية الزراعة .
٢٩- جرادة ، علاء الدين ، زراعة وإنتاج العنب . دار علاء الدين ، دمشق ، سوريا .
٣٠- شيروكاف ( ١٩٨٨ ) . تكنولوجيا تخزين وتصنيع الخضار والفواكه . موسكو . روسيا .
٣١- صطوف ، مصطفى وبكر ، حسين ( ٢٠٠٥ ) . التعبئة والتغليف – الجزء النظري . منشورات جامعة البعث ، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية .
٣٢- صوفان ، نظال ( ٢٠٠٨ ) . إنتاج الخضار – الجزء النظري . منشورات جامعة البعث ، كلية الزراعة .
٣٣- ضمان سلامة الغذية وجودتها ( ٢٠٠٣ ) . خطوط توجيهية لتقويم النظم الوطنية للرقابة على الأغذية . سلسلة الدراسات والأبحاث الغذائية رقم / ٧٦ / . منشورات منظمة الأغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية .
٣٤- عبد الحافظ ، عبد الوهاب محمد ومبارك ، محمد الصاوي محمد ( ١٩٩٦ ) : الميكروبيولوجيا التطبيقية . المكتبة الأكاديمية . القاهرة – مصر .

٣٥- عبد الله ، حسن ( ١٩٨٤ ) . تعبئة وتخزين الفاكهة والخضار – الجزء العملي . منشورات جامعة دمشق ، كلية الزراعة .
٣٦- عبد الله ، حسن ( ١٩٩٣ – تعبئة وتخزين الثمار – الجزء النظري . منشورات جامعة تشرين ، كلية الزراعة .
٣٧- عبد الله ، محمد أمين والقليوبي ، ممدوح حلمي وخلاف ، محمد مجدي (٢٠٠٢). كيمياء تحليل الأغذية والأسس العلمية وتطبيقها . دار النشر ، مصر .
٣٨- عبيد ، حسان و سلمان ، عبير (٢٠١٦) : تعبئة وتخزين الفاكهة والخضار – الجزء النظري . منشورات جامعة دمشق ، كلية الزراعة .
٣٩- عبد الله عبيد ، حسان وموفق شرابي ، حنان (٢٠١٦) : تعبئة وتخزين الفاكهة والخضار – الجزء العملي. منشورات جامعة دمشق ، كلية الهندسة الزراعية .
٤٠- عسكر ، أحمد والوكيل ، فتح الله ( ١٩٩٦ ) . المواد الحافظة للأغذية . الدار العربية للنشر ، القاهرة . مصر .
٤١- عليان ، أحمد محمود ( ١٩٩٧ ) . حفظ وتصنيع منتجات الفاكهة والخضر – الدار العربية للنشر والتوزيع ، القاهرة – مصر .
٤٢- فوده ، يحيى حسن وعبد الله ، محمد أمين والشيمي ، مجدي جمعه (١٩٩٨). نظم الأنزيمات وتطبيقاتها في التصنيع الغذائي . الدار العربية للنشر والتوزيع ، القاهرة ، مصر .
٤٣- قطنا ، هشام ( ١٩٧٧ ) . ثمار الفاكهة – إنتاجها – تداولها وتخزينها . مطبعة خالد بن الوليد ، دمشق ، سوريا .
٤٤- كيروان ، بسام ويوسف ، انطوان ( ١٩٩٨ ) تكنولوجيا الخزن والتبريد – القسم النظري – منشورات جامعة البعث ، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية .
٤٥- مصري ، محمد ( ٢٠٠٥ ) . استخدام تقانة التشعيع في حفظ وتخزين الخضر والفاكهة ، المؤتمر السوري المصري الثاني . " الزراعة والغذاء في الوطن العربي " جامعة البعث – سوريا ٢٥-٢٠٠٥/٤/٢٨ .

٤٦- مصري ، محمد ( ٢٠٠٧ ) . صناعات زراعية صغيرة . منشورات جامعة البعث ، كلية الزراعة .

٤٧- مصري ، محمد وأبو حسون ، عادل ( ٢٠٠٧ ) . الصناعات الغذائية – الجزء العملي . منشورات كلية الزراعة – جامعة البعث .

٤٨- موصللي ، حسين علي ( ٢٠٠٠ ) . البطاطا . زراعتها وآفاتها وتخزينها وتصنيع منتجاتها . منشورات دار علاء الدين ، دمشق – سوريا .

٤٩- هلال ، رفعت محمد ( ١٩٩٩ ) . القرعيات . المكتبة الأكاديمية القاهرة ، مصر

٥٠- يونس . أحمد حسين ( ١٩٩٣ ) . تعبئة وتخزين الثمار – الجزء النظري ، منشورات جامعة حلب ، كلية الزراعة .

**المراجع الأجنبية :**

Brennan, J.G.( 2006 ). Food processing .Handbook. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. UK.

Burg, S.P.(2003).Postharvest physiology and hypobaric storage of fresh produce. CABI. Publishing. New York.

Bachmann,J. and Earles,R.(2000). Postharvest handling of fruits and vegetables. CAT Agriculture Specialists. August.

Crisosto,C.H .(1994) Marinating table grape post –harvest quality for long distant markets .International Symposium on table Grape Production, American Society for Enology and Viticulture,p.195-199.

Crisosto C.H.(2001) Table grape packaging influences, Flame seedless, and red globe storage quality .Central valley post- harvest,No.3 Vol.10.

Chahraverty,A.;Mujumdar,A.;Raghavan,G.;Ramaswamy,H.(2003). Handbook of postharvest technology. Marcel DekkerInc. New York.

Dauthy,M.E.(1995). Fruit and vegetable processing. FAO AGRICULTURAL SERVICES BULLETIN No.119. Rome.

FAO. 1990. Rural processing and preserving techniques for fruits and vegetables. Rome: FAO.

Gast,K.L. ( 1991 ). Precooling produce fruits and vegetables. Postharvest Management of Commercial Horticultural Crops. University of California.

Heyes,J and Bycroft,B. ( 2002 )Handling and Processing of Organic Fruits and Vegetables in Developing Countries. FAO .New Zealand Institute for Crop and Food Research Inc.

Kader,A.( 2002) Banana,Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. Department of Pomology, University of California, Davis.

James, F. ;Thompson,F. ;Gordon Mitchell, Tom, R. ( 2003). Commercial Cooling of Fruits، Vegetables and Flowers, Revised Edition. Postharvest Technology Research and Information Center. UC DAVIS – Department of Plant Sciences.

Kienholz,J.and Edeogu,L.(2002).Fresh fruit and vegetable pre-cooling for market. Alberta Agriculture، Food and Rural Development. Alberta.

Lindley ,J.A.**1991**, Mixing Processes for Agricultural and Food Materials 1:Fundamentals of Mixing, J. Agric. Eng.Res. 48,153–170.

Pruthi,J.S. 1963. Physiology,Chemistry and Technology of Passion Fruit. In Advances in Food Research, Vol. 12,pp. 203-274. Academic Press,Inc. , New York, N.Y.

Snowdon A.L.(1990) Acolor Atlas of post-harvest disease &disorders of fruit and vegetables, Volume 1:General .

Tararra,J.M.(2000)A chamber-Free method of heating and cooling grape clusters in vineyard. American journal of enology and viticulture .51:2 .

Thompson,A.K. 1989. Recent advances in post-harvest technology of fresh fruits and vegetables.Private communication. Cranfield Institute of Technology, Silsoe College,U.K.

Teruel,B; Kieckbusch,T.; Cortez,L(2004). Cooling parameters for fruits and vegetables of different sizes in hydrocooling system. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)، v.61, n.6, p.655-658, Nov./Dec.

Wilson, L.G. , M.D. Boyette, and E.A. Estes. (1995). Postharvest Handling and Cooling of Fruits, Vegetables, and Flowers for Small Farms, Part IV: Mixed Loads. N.C. Coop. Exten. Serv. Hort. Info. Leaf. No. 803.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

**الجنة العلمية :**

أ . د محمد بطحه

أ . د عماد عيسى

أ . د حسان عبيد

**المدقق اللغوي**

د . نايف شقير

**حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات الجامعية**