



تعبئة وتخزين الفاكهة والخضار
(الجزء العملي)





منشورات جامعة دمشق

كلية الهندسة الزراعية

تعبئة وتخزين الفاكهة والخضار الجزء العملي

المهندسة

حنان موفق شرابي

ماجستير تخزين خضار

مشرف أعمال في قسم علوم البستنة

الدكتور

حسان عبد الله عبيد

دكتوراه فيزيولوجيا فاكهة وتخزينها

أستاذ في قسم علوم البستنة

1436-1437

2015-2016

جامعة دمشق



رقم الصفحة	الفهرس
17	الفصل الأول :
	الصفات المورفولوجية والتشريحية لثمار الفاكهة والخضار .
18	- الهدف من دراسة الصفات المورفولوجية والتشريحية للثمار .
23	- تقسيم الثمار حسب قابليتها لتحمل عمليات التداول والشحن والخبز .
24	- تقسيم محاصيل الفاكهة والخضار حسب التشابه في المواصفات المورفولوجية والتشريحية:
25	١. الثمار التفاحية Pomes
27	٢. الثمار الحسلية (ذات النواة الحجرية) Drupes
29	٣. الثمار الحمضية Hesperidia
30	٤. الثمار العنبيّة Berries
30	٥. الثمار الأكيئية Acehnese
32	٦. ثمار النقل Nuts
33	٧. الثمار القرعية Bops
34	٨. الثمار البقولية Legumes
35	- تقسيم محاصيل الخضار والفاكهة حسب الجزء الذي يستهلك في التغذية.
36	- أطوار نمو الثمار.
41	الفصل الثاني:
42	العوامل القياسية لتحديد الجودة (النوعية) في الحاصلات البستانية.
43	- شروط أخذ العينة.
44	- تحضير العينة للتحليل الكيميائي أو التوصيف.
45	العوامل القياسية لتحديد الجودة في الحاصلات البستانية:
55	- المظهر (الحجم والشكل واللون).
55	- العيوب المظهرية.

59	- القوام والنكهة.
60	- القيمة الغذائية.
60	- عوامل الأمان الحيوي.
	عوامل مؤثرة في الجودة (النوعية) قبل القطاف وبعده.
75	الفصل الثالث:
76	اختبارات لتقدير جودة الثمار.
76	- اختبار شدة هدم النشاء.
81	- قياس درجة الصلابة .
87	- تقدير المواد الصلبة الذائبة.
92	- تقدير الحموضة الكلية.
98	- تقدير كمية العصير في ثمار الحمضيات.
99	- تقدير كمية فيتامين C .
105	الفصل الرابع:
109	إعداد الحاصلات البستانية للتسويق و التخزين.
113	- تصميم وإنشاء محطة تعبئة الثمار (بيوت التعبئة).
113	أهم عمليات إعداد الثمار بعد القطاف و النقل إلى بيوت التعبئة.
114	- التفريغ.
115	- الفرز و التدريج الأولي.
120	- التنظيف وإزالة الأجزاء الزائدة و التهذيب.
123	- التعقيم.
123	- التجفيف وإزالة الماء الزائد.
126	- الفرز النهائي و التدريج.
133	- عمليات تحسين الشكل.
147	- التعبئة Packing.
	أمثلة عن بعض المعاملات الإضافية (الخاصة) التي تطبق على الثمار قبل

	التخزين:
147	- العلاج التجفيفي.
147	- السيطرة على الحرق السطحي scald عند التفاح.
147	- استعمال الكالسيوم للتفاح للسيطرة على النقرة المرة.
148	- موانع التزريع.
148	- استخدام منظمات النمو.
149	- استخدام الشرائح المطلقة لغاز الكبريت لمكافحة الأمراض الفطرية.
149	- التبخير الحراري لثمار الحمضيات.
149	- المعاملات الحرارية.
151	- التجليد أو التدبيل.
151	- الإنضاج الصناعي.
151	- الجو الهوائي المعدل.
156	- استخدام الرقائق الخاصة بامتصاص غاز الايثيلين.
157	- ١- مثيل سكلوبروبان (1-MCP).
157	- الجو الهوائي المتحكم به.
161	الفصل الخامس:
162	تحضير و تجهيز مخازن التبريد.
162	- طرق تخزين الحاصلات البستانية.
163	- العمليات الواجب القيام بها عند تجهيز المخزن.
166	- بعض المواد الكيميائية المستخدمة لغرض تعقيم المخازن.
169	- إدخال الثمار إلى المخازن المبردة.
171	- الأمور الواجب مراعاتها عند ترتيب الصناديق في غرف التبريد.
171	- تحديد أبعاد الصناديق تبعاً لنوع الثمار.
174	- ظاهرة التعرق Sweating.
174	

179	الفصل السادس:
180	العوامل الأساسية للتخزين (ظروف التخزين) Storage Factors :
181	- درجة حرارة المخزن.
185	- التبريد (السريع) المبدئي.
186	- معدل التبريد.
197	- الرطوبة النسبية.
204	- العجز أو الفرق في ضغط بخار الماء.
208	- التهوية.
210	- التركيب الغازي لهواء المخزن.
211	أساسيات تبريد الحاصلات البستانية:
211	- الحرارة وتدفقها
211	- درجة الحرارة
212	- البرودة
212	- تأثير الحرارة والضغط
212	- الحرارة الكامنة
212	- الحرارة المحسوسة
213	- السعة التبريدية
213	- وسيط التبريد
213	دارة التبريد الميكانيكية بالتمدد المباشر.
221	الفصل السابع:
222	الفقد (التلف) بعد الحصاد /أسبابه- أشكاله-العوامل المؤثرة فيه/.
224	- أسباب الفقد
228	- أشكال الفقد (الفقد الطبيعي، الفقد المطلق، الفقد التكنولوجي).
228	- أضرار الفقد بالوزن بعد الحصاد.
228	- العوامل التي تؤثر على سرعة الفقد.

233	- العوامل التي تقلل الفقد الناتج في الحاصلات البستانية بعد الحصاد.
235	الفصل الثامن:
236	دراسة أهم أمراض التخزين.
	- أهم أمراض المخزن الطفيلية التي تصيب التفاح :
237	١. عفن كلويوسبوريوم.
238	٢. العفن الرمادي.
239	٣. العفن البني.
240	٤. عفن الترنايا.
241	٥. عفن الذبول.
241	٦. عفن اللفحة.
242	٧. العفن الأخضر.
245	أهم أمراض التخزين اللاحيوية (فيزيولوجية) في التفاح:
245	١- الحرق SCALD .
245	٢-البقع فلينية مرة BITTER BIT
246	٣-تبقع العديسات LENTICAL SPOT
247	٤-أضرار زيادة CO2
248	٥-تبقع العديسات الأحمر RED LENTICAL SPOT
249	٦-القلب البني HEART BROWN
250	٧-القلب المائي WATER CORE
251	٨-حجرة البذور البني
252	٩-أضرار تجمد. أضرار البرودة. أضرار الحرارة المرتفعة. أضرار مركبات
254	كيميائية
254	١٠-أضرار البرودة
258	١١-أضرار الحرارة المرتفعة
263	ملحق الجداول والمراجع



المقدمة

لقد أصبح علم التعبئة والتخزين ومعاملات ما بعد الحصاد Postharvest في الوقت الحاضر علماً واسعاً له خصائصه المهمة من الناحيتين الأكاديمية والتطبيقية؛ وذلك لعلاقته بالتغيرات التي تطرأ على الثمار بعد الحصاد وأثر ذلك على العمر التخزيني للثمار وعوامل جودتها.

إنّ اتباع الطرق السليمة للمحافظة على الغذاء وعلى جودته والتقليل من الفاقد يعد من المحاور الهامة لزيادة المتاح من الغذاء والذي صُرِفَ لإنتاجه الكثير من الموارد الطبيعية والبشرية، ويُشكّل الحدّ من هذا الفاقد قيمة مضافة مهمّة وضرورية لكنّها تحتاج إلى الكثير من الجهد.

يرجع الاهتمام الكبير بالحاصلات البستانية بعد الحصاد بالدرجة الرئيسية إلى الإدراك من أنّ عمليات التداول الخاطئة للثمار بعد القطاف يُمكن أن تتسبب في خسائر كبيرة للمحصول، لذلك فإنّ التركيز على عمليات الحفظ بعد الحصاد يقلّل من السعي وراء زيادة الإنتاج والذي يحتاج بدوره إلى عائدات إضافية.

ولأجل تزويد المستهلك بثمار الفاكهة والخضار الطازجة طوال العام مع المحافظة على حالتها الجيدة وبأسعار مناسبة، وخاصة بأنّ معظم المنتجات الزراعية مرتبطة بمواسم إنتاج محددة، كان لا بدّ من التعرف على الأساليب العلمية المتبعة في تعبئة ونقل وتخزين الثمار بالشكل المطلوب لأطول مدّة زمنية ممكنة بحيث يمكن تقديمها إلى المستهلك بشكل منتظم على مدار العام مع الحفّض ما أمكن من نسبة الفقد والتلف.

من ناحية أخرى إنّ ثمار الفاكهة والخضار الطازجة تعتبر من العناصر الهامة في التجارة الخارجية مع الدول المجاورة والعربية والدول الأوروبية ذات القدرة

الاستيعابية الكبيرة للمنتجات البستانية المختلفة، وبالتالي فالحاصلات الزراعية تُعدّ أحد مصادر تنمية دخل البلاد من العملات اللازمة لعملية التنمية، ولاسيما أنّ لدى بلدنا سورية إمكانات كبيرة لتصدير الحاصلات الزراعية مثل: التفاح والحمضيات والمشمش والدراق والعنب والبنورة والبطاطا.....، لذلك كان لا بدّ من الاطلاع في هذا الكتاب على تقنيات التعبئة والتداول والشحن، وكلها أنشطة مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بعملية تطوير الإنتاج الزراعي وتحسين نوعيته.

فُسِّمَ كتاب تعبئة وتخزين الفاكهة والخضار (الجزء العملي) إلى عدّة فصول تضمنت أساسيات تكنولوجيا تخزين الحاصلات البستانية بما في ذلك معرفة خصائص الثمار المورفولوجية والتشريحية والكيميائية، إضافة إلى عمليات إعداد الثمار وطرق وأشكال التعبئة، وخصّصت الفصول الأخيرة لنظام التبريد الأكثر شيوعاً في بلادنا وظروف التخزين والتحكم بها، وطريقة حساب مقدار الفقد في الثمار، وشملت الوحدة الأخيرة أهمّ أمراض وأضرار التخزين الطفيلية واللاطفيلية.

لقد حرصنا في جميع فصول هذا الكتاب على الاختصار والشمولية والوضوح، مع تقديم مادّة علميّة سهلة وسلسة، مستعنيين ما أمكن بالجداول والصور والأشكال التوضيحية التي تساعد القارئ على تفهم المعلومة الواردة بيسر وسهولة.

ونأمل أن نكون قد وفقنا في هذا العمل خدمة لأبنائنا الطلبة ولبلدنا الغالي.

والله من وراء القصد.

المهندسة حنان موفق شرابي

الأستاذ الدكتور حسان عبيد

توجيهات وإرشادات عامة

يُمثل المخبر حيزاً صغيراً لدراسة الموضوعات المتعلقة بتكنولوجيا تخزين ثمار الفاكهة والخضار، كما يُمثل مكاناً لتدريب الطلاب على دقة الملاحظة، وإتقان العمل، والتعود على المثابرة والعمل المشترك ويُنمي روح العمل الجماعي، ويربط النواحي النظرية بالأُمور التطبيقية العملية.

يتطلب العمل المخبريّ تقيّد الطالب بما يلي:

- ارتداء المعطف الأبيض (لباس الجلسات العملية).
- قراءة التعليمات الخاصة بالتطبيقات العملية وفهمها.
- المحافظة على سلامة المخبر والأجهزة المقدمة لإنجاز التجارب العملية.
- التقيد بالنظام وخاصة أثناء الزيارات الخارجية العلمية، مع تسجيل الملاحظات وتقديمها ضمن تقرير خاص عن الجلسة العملية أو الزيارة العلمية.
- يُطلب من الطالب عدم الإسراف في استعمال الماء والكهرباء والمواد الكيماوية.
- يُطلب من الطالب المحافظة على النظافة العامة في المختبر.
- ولتحقيق الهدف المرجو من الجلسات العملية يُطلب من الطالب القيام بالتقييم الذاتي (استمارة 1) في نهاية كلّ جلسة، ويقوم المُدرّس بملء استمارة تقييم مستوى الأداء للطالب (استمارة 2) ، وفق النماذج التالية:

تقييم مستوى الأداء (1) – تعباً من قبل الطالب/ة:

<p>بعد الانتهاء من التدريب العملي قم بنفسك وحسب قدراتك بإكمال هذا التقييم الذاتي بعد كل عنصر من العناصر المذكورة في الوحدة، وذلك بوضع إشارة (X) أمام مستوى الأداء الذي أتقنته، وفي حال عدم قابلية المهمة للتطبيق لا بدّ من الإشارة لذلك بوضع علامة مماثلة في الخانة الخاصة بذلك.</p>				
<p>النشاط الذي تدرب عليه: عنوان الوحدة</p>				
<p>مستوى الأداء (هل أتقنت الأداء)</p>				<p>عناصر الأداء (النشاط)</p>
كلياً	جزئياً	لا	غير قابل للتطبيق	
				<p>عناصر الوحدة:</p> <p>—</p> <p>—</p> <p>—</p> <p>—</p>
<p>تمّ الاتقان الكلي لجميع العناصر/ نعم () - لا () وتبقى منها</p> <p>وهي بنود غير قابلة للتطبيق، أمّا العناصر التي كان أدائي فيها غير متقن أو أتقنتها جزئياً فهي ويجب إعادة التدريب فيها بمساعدة الأستاذ حتى يتمّ الإتقان الكلي.</p>				

استمارة تقييم مستوى إجابة الأداء (2) – تعباً من قبل الأستاذ:

اسم الطالب: التاريخ: / / 20م.	
رقم الفئة: السنة والتخصص:	
النقاط	بنود التقييم
	١. الحضور. ٢. الانضباط خلال الجلسة العملية. ٣. القدرة على تعبئة التقارير بدقّة وحرص. ٤. الالتزام باللباس العملي. ٥. قدرة الطالب على فهم الخلفية النظرية للقسم العملي. ٦. المشاركة والنقاش والحوار أثناء الجلسة. ٧. المواد المترجمة والمراجع حول موضوع الجلسة . ٨. المراجعة السريعة عن الدرس السابق في بداية كلّ جلسة. ٩. عيّات أو صور توضيحية عن موضوع الدرس. ١٠. المقترحات التطويرية.
	العلامة : يقيم كلّ بند بـ 10 نقاط. يأخذ الطالب علامة الجلسة العملية إذا كان مجموع نقاطه يتجاوز الحد الأدنى. (80% من مجموع النقاط)
ملاحظات الأستاذ:	



الفصل الأول

الصفات المورفولوجية والتشريحية لثمار الفاكهة والخضار

مقدمة: لا بدّ من دراسة ومراجعة لبعض التعاريف الأساسية حول تصنيف الثمار نباتياً واقتصادياً، والتّعرف على التقسيمات الخاصة بعلوم تخزين الحاصلات البستانية.

الكفاءة والقدرة: القدرة على تعريف ثمار الفاكهة والخضار، ومعرفة منشأها النباتي، وإتقان تقسيم الثمار حسب القابلية للتداول والشحن والتخزين حسب التشابه في الصفات المورفولوجية والتشريحية، وحسب الجزء الذي يُستهلك في التغذية.

الأهداف: في نهاية الوحدة يكون الطالب قادراً على:

- تقسيم الثمار حسب المنشأ النباتي.
- تقسيم الثمار حسب متطلبات التخزين.
- معرفة أطوار نمو الثمار والملائمة لأغراض التخزين والتصدير.

الوسائل المساعدة:

- عرض تقديمي .
- التعرف على عينات الثمار (خضار وفاكهة)، وتميز البنية التشريحية.

متطلبات الكفاءة والقدرة:

دراسة الوحدة (نظري)، إعداد تقرير تتضمن ما تعلمه الطالب (عملي).

الهدف من دراسة الصفات المورفولوجية والتشريحية للثمار:

تشمل محاصيل الفاكهة والخضار مجموعة غير متجانسة من الثمار (الخضر الورقية والجذرية والساقية والبصلية والزهرية....)، وهذه المحاصيل تختلف فيما بينها في الصفات المورفولوجية والتشريحية، وبالتالي تختلف في التغيرات التي تحدث لها أثناء النمو والنضج، ومن أجل تخزين الثمار بشكل صحيح لا بدّ من المعرفة الجيدة لطبيعة وبنية ومواصفات الثمار وطرق توفير الظروف التخزينية الملائمة لها. تفيد معرفة الصفات المورفولوجية والتشريحية للثمار فيما يلي:

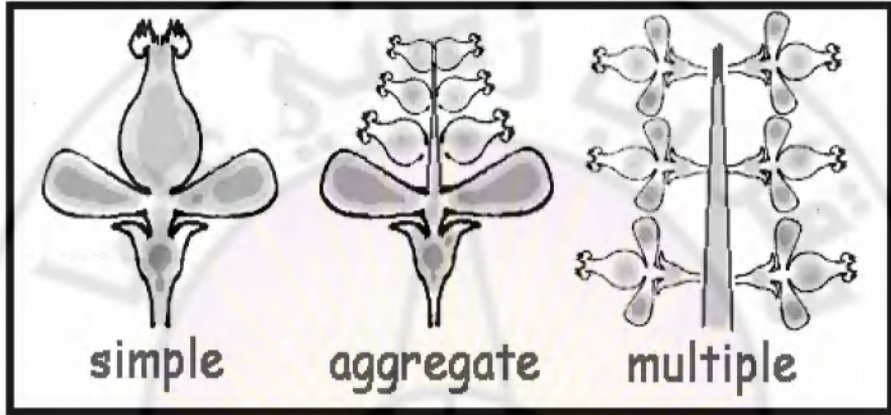
- ١- معرفة التغيرات التي تحصل أثناء نضج الثمار/ قبل الحصاد وبعده.
 - ٢- معرفة الجزء الذي يؤكل من الثمار والتغيرات التي تحدث له أثناء التخزين .
 - ٣- معرفة متطلبات الحصاد والتعبئة والشحن ومدى تحمّل الثمار لكلّ عملية من العمليات السابقة .
 - ٤- معرفة الأضرار التي تحصل للثمار أثناء الخزن كأضرار البرودة التي تصيب الثمار مثل ظهور بقع داخلية أو خارجية أو تلّون الأوراق بالبني وغيرها .
- بمعرفة أجزاء الثمرة نستطيع فهم التغيرات التي تحدث لها أثناء النضج أو الخزن أو التداول.
- تعريف الثمرة: من الناحية النباتية هي المبيض الناضج بمحتوياته (ثمار حقيقية) أو المبيض مضافاً إليه أجزاء زهرية أو نباتية أخرى مجاورة له وملتصقة به (ثمار كاذبة)، مثال (التخت الزهري في الفريز - الكأس في التوت - الحراشف في الأناناس).

تعريف الثمرة من الناحية الاقتصادية هي أيّ جزء من النبات يكون هدفاً للإنتاج والاستهلاك والتصنيع بأنواعه المختلفة، فهي ثمرة جهد الفلاح بصرف النظر عن أصلها النباتي سواء كانت ناشئة عن زهرة أو نسيج خضري كالساق أو الجذر أو الورقة. و بذلك تُعرّف الثمرة الطازجة تحت هذا التقسيم بأنّها عبارة عن مجموعة من الأنسجة والخلايا النباتية الحيّة التي تقوم بكافة العمليات الفسيولوجية والحيوية المختلفة بصرف النظر عن منشأها النباتي، وتكون صالحة من الوجهة الاقتصادية للاستهلاك أو التصنيع. (مثال رؤوس الملفوف - درنات البطاطا - نورات القرنبيط - مهاميز الهليون - النورة الزهرية في الأرضي شوكي).

أجزاء الزهرة:

- المأنث Gynoecium: وظيفته تشكيل البويضات وهو عضو التناسل الأنثوي.
- الكريلة Carpel: عضو التأنيث في الزهرة .
- المبيض Ovule: الجزء القاعدي من المدقة تتشكل داخلها البويضات.
- القلم style: جزء اسطواني يعلو المبيض .
- الميسم stigma: نهاية القلم ويساهم في التقاط حبات الطلع .
- المذكر Androecium: يقوم بتشكيل حبات الطلع (pollen).
- التويج corolla : وريقات زهرية ملوّنة (البتلات petals).
- الكأس calyx: وريقات خضراء عقيمة (سبلات sepals).
- المشيمة placenta: مناطق بارزة على السطح الداخلي للمبيض ترتكز عليها البويض.

❖ **جدار المبيض pericarp**: يتكون جدار المبيض من ثلاث طبقات هي
 الطبقة الخارجية exocarp - الطبقة الوسطى mesocarp - الطبقة
 الداخلية indocarp.

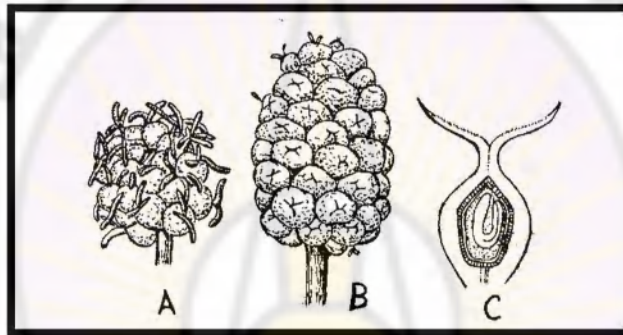
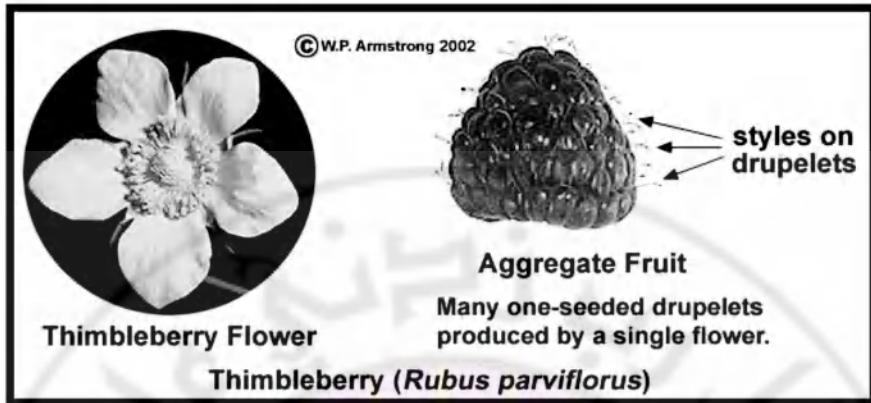


شكل 1: أنواع الثمار تبعاً للمنشأ النباتي.

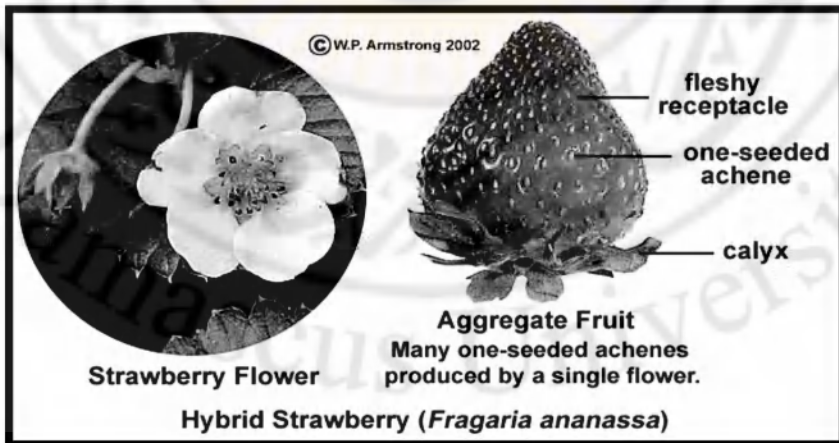
الثمرة البسيطة Simple Fruit: تتشكل اعتباراً من مبيض وحيد أو عديد الكرابل.

الثمرة المتجمعة Aggregate Fruit: الثمار المتشكلة من مأنث مؤلف من عدة كرابل منفصلة تسمى هذه الكرابل أو المدقات المنفصلة بالثميرات وتمثل مجموع الثميرات الثمرة المركبة مثل الفريز و توت العليق.

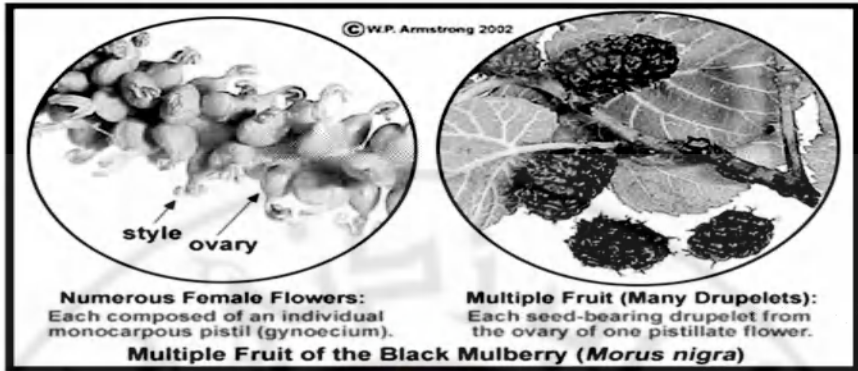
الثمرة المركبة Multiple Fruit : الثمرة الناتجة من نورة زهرية كاملة أو من بعضها، ويلاحظ مشاركة محور النورة مع الزهرة في تكوين الثمرة المتجمعة، مثل التوت والتين؛ حيث يتشكل الجزء الذي يؤكل منها اعتباراً من محور النورة المتضخم والمجوف، والذي يأخذ بنية لحمية خلال تكون الثمرة، كما يساهم بتكوينها جزئياً كم الأزهار اللحمي والامتسح. فمثلاً تتألف الثمرة في الأناناس من ثمار عديدة ملتحمة وعديمة البذور تترتب بشكل حلزوني حول محور النورة اللحمي الذي يشارك بتكوينها مع الأوراق الزهرية اللحمية المحيطة بكل زهرة.



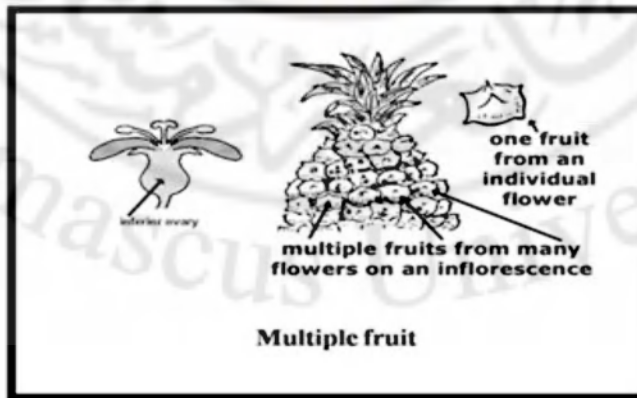
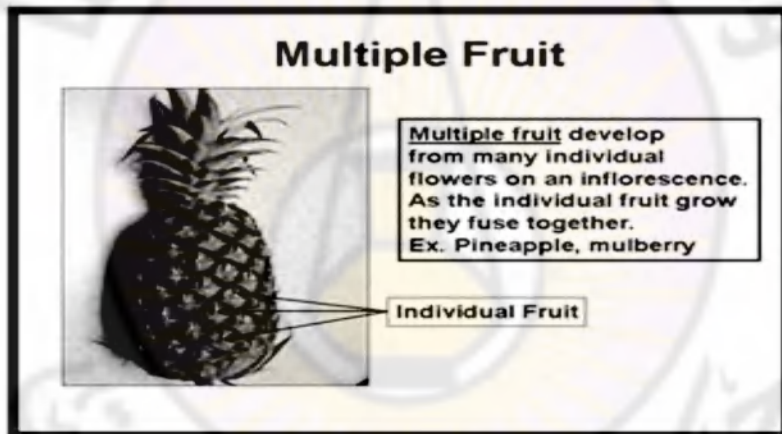
شكل 2: القوت. A نورة أنثوية. B ثمرة متجمعة. C مقطع طولي في ثمرة منفصلة.



شكل 3: ثمرة الفريز - ثمرة متجمعة.



شكل 4 : ثمرة التفوت الأسود.



شكل 5 : ثمرة الأناناس.

تقسيم الثمار حسب قابليتها لتحمل عمليات التداول والشحن والخزن:

يهما بالدرجة الأولى من الناحية التخزينية التعرف على مدى قابلية الثمار المختلفة للتلف لاتخاذ الإجراءات الكفيلة بالمحافظة عليها من مختلف عوامل التلف مع إطالة فترة تداولها وحفظها بكل الطرق المتاحة، مع الأخذ بعين الاعتبار الحدود الاقتصادية التي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالقيمة الاقتصادية لكل نوع وصنف، والإمكانيات التسويقية التي يمكن أن تتحمل فيها أسعار البيع تكاليف المحافظة على هذه الثمار من التلف إلى جانب تكاليف الإنتاج ونسبة معقولة من الربح.

يعتبر هذا التقسيم من أهم التقسيمات العلمية للحاصلات البستانية بالنسبة لمعاملات ما بعد الحصاد؛ حيث يرتبط بنسبة الرطوبة ودرجة الصلابة ومدى اندماج الأنسجة وعلاقة هذه العوامل بالقدرة على التداول والتخزين والتسويق عموماً. وتقسم الثمار من حيث قابليتها للتلف إلى:

• محاصيل سريعة التلف Highly perishable Fruits

هي ثمار رقيقة سريعة التلف بعد القطاف، وتشمل بعض ثمار الفاكهة الرقيقة كالتين الطازج والمشمش والفريز، والخضر الورقية كالخس والسبانخ، والخضر الزهرية كالقريبط، والخضر الثمرية كالخيار والكوسا والفاصولياء الخضراء. بالإضافة لزهور القطف المختلفة كالورد والغلادبولس والقرنفل. لا تتجاوز مدة التخزين هنا عدة أيام إلى أسابيع وذلك حسب الصنف والنوع والعناية بطرق القطف والحفظ.

• محاصيل متوسطة التلف Modernly perishable Fruits

محاصيل ذات سرعة تلف متوسطة وتحمل عمليات الشحن والتداول والخزن لفترة متوسطة. مدة التخزين (1-3) شهر مثل : البندورة - البطيخ - العنب - الدراق - الرمان - الخوخ - البازلاء - الكانتالوب - الجزر والفجل بدون أوراق - النكتارين - الأجاص - الكرز - الزيتون.

• محاصيل بطيئة أو قليلة التلف Low perishable Fruits

تشمل الثمار البطيئة التلف الفيزيولوجي أو المرضي أثناء التداول والخزن، تتحمل هذه المجموعة من المحاصيل التخزين لفترة طويلة، كما تتحمل عمليات التداول والشحن والخزن، يمكن أن تمتد فترة التخزين حتى سنة كاملة (5-12 شهراً) حسب الأنواع والأصناف، يرتبط ذلك بمدى العناية بعمليات القطف وطرق الإعداد والحفظ. تتصف هذه الثمار بكون بعضها ذا محتوى رطوبي قليل، أي تقل نسبة الرطوبة إلى الحد الذي يقلل من نشاطها الحيوي إلى حد كبير، وبالتالي يقل احتمال التلف الفيزيولوجي؛ مما يؤهلها للتخزين لفترات طويلة، وبعضهم الآخر يقطف قبل وصوله إلى مرحلة النضج، أو تتضج فيما بعد أثناء التخزين مثل التفاح . كما تضم هذه المجموعة البصل والثوم - وثمار النقل (جوز، لوز) - والثمار الجافة (بذور الخضر) - والتمر - والخضار الجذرية والدرنية (البطاطا) والأبصال وكورمات نباتات الزينة.

تقسيم محاصيل الفاكهة والخضار حسب التشابه في الصفات المورفولوجية والتشريحية:

تترافق التغيرات الفيزيولوجية في الثمار مع التغيرات المورفولوجية والتشريحية. والثمار التي تتشابه في تغيراتها المورفولوجية والتشريحية تتشابه في تغيراتها أثناء النمو والنضج.

ولا شك في أن دراسة الصفات المورفولوجية والتشريحية لأنواع الثمار المختلفة تعد ذات أهمية كبيرة في دراسة فيزيولوجيا الثمار وطرق إعدادها وتخزينها، وفيما يلي تقسيم حسب البنية التشريحية لأنواع ثمار الفاكهة والخضار:

١- الثمار التفاحية Pomes

٢- الثمار الحسلية (ذات النواة الحجرية) Drupes

٣- الثمار الحمضية Hesperidia

٤- الثمار العنبية Berries

٥- الثمار الاكينية Acehnese

٦- ثمار النقل Nuts

٧- الثمار القرعية Bops

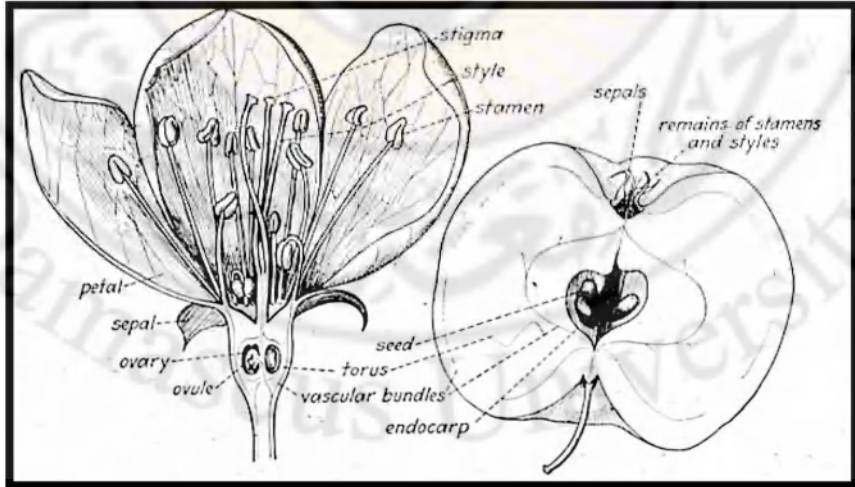
٨- الثمار البقولية Legumes

✓ البنية التشريحية للثمار التفاحية Pomes:

جميع الثمار التفاحية ثماراً كاذبة لاشتراك الأنسجة المشيمية والتخت الزهري في تكوين الثمرة (الأنثوية الزهرية = اتحاد قواعد الكأس مع الأسدية). تكون الثمار التفاحية إما بسيطة (تفاح -كمثرى - سفرجل) أو مركبة (الرمان).

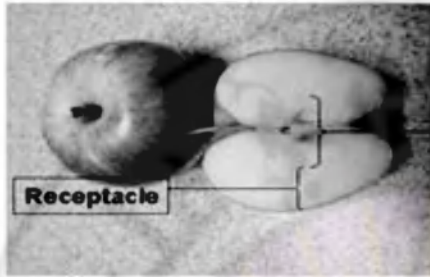
تتكون الثمرة التفاحية من:

- البشرة الخارجية: وهو جلد الثمرة وتتركز فيها الصبغات المسؤولة عن لون الثمرة.
 - الجزء اللحمي: المستخدم بالتغذية وهو عبارة عن الأنبوب الزهري + التخت الزهري.
 - القلب الداخلي (Core): ويتكون نتيجة تضخم أنسجة المبيض أو الكرابل ويمثل هذا الجزء غلاف المبيض والذي يشمل الإكزوكارب والميزوكارب والإندوكارب والذي تتوضع فيه البذور، مع وجود الخلايا الحجرية sclerides في ثمار الإجاص فقط.
- يوجد في الثمار التفاحية عدة كربال (4-5) كربال. تتحول حوافها إلى نسيج جلدي، أما الجزء الذي يؤكل كما ذكرنا فمعظمه نشأ عن التخت الزهري الذي نضج، وتحتوي كل كربلة على بذرة أو بذرتين.



شكل 6 (a): الاصل النياتي لثمرة التفاح.

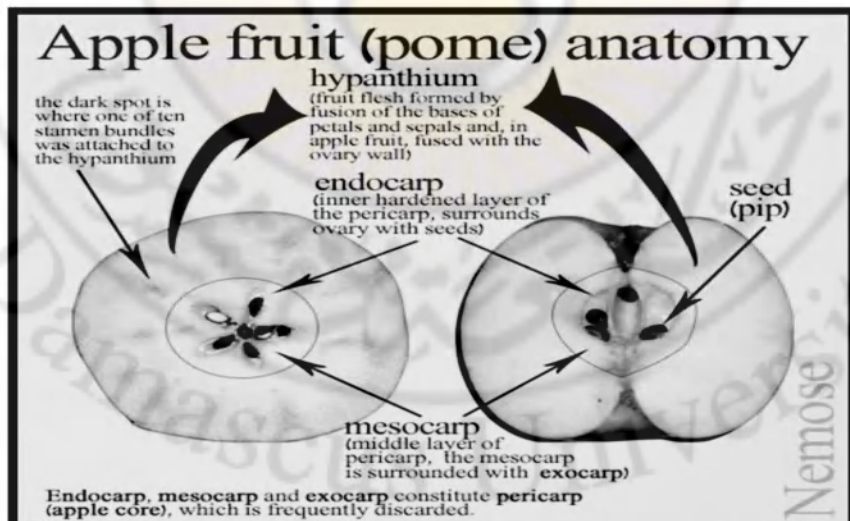
Accessory Fruit - Pome



Fruit - core

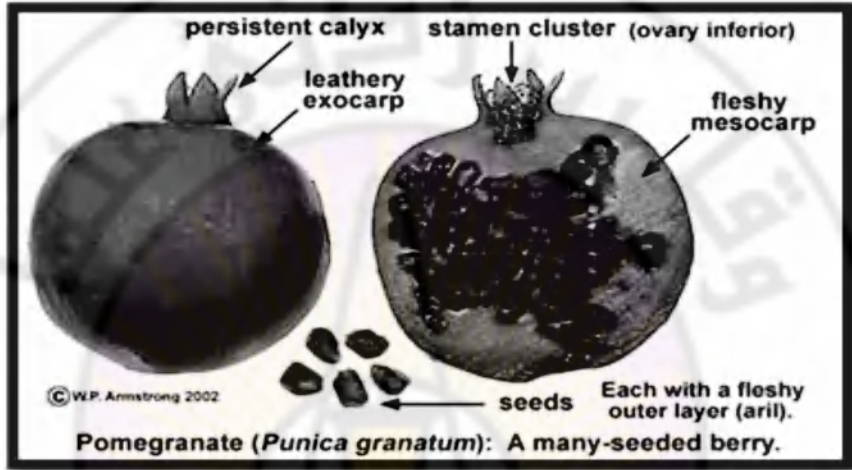
The fruit of a pome is the core, while the fleshy part usually eaten develops from the receptacle.
Ex. Apple, pear

شكل 6 (b): الاصل النباتي لثمرة التفاح.



شكل 7 : البنية التشريحية لثمار التفاح.

تعدّ ثمار الرّمان من الثمار التفاحية المركبة، تتكوّن من عدّة كرابل بداخلها عدد من البذور، قشرة الثمرة جلدية سميكة، وتقسّم الثمرة لعدة مساكن بواسطة جدار الكرابل الرقيق. أمّا الجزء الذي يؤكل منها فهو الطبقة الخارجية من قصرة البذرة الحاوية على العصير الثمري، الطبقة الداخلية من القصرة فهي جلدية قرنية وبداخلها الجنين.



شكل 8 : البنية التشريحية لثمار الرمان.

✓ البنية التشريحية للثمار الحسلية (ذات النواة الحجرية) Drupes:

تسمّى أيضاً بالثمار وحيدة النواة؛ لاحتوائها على نواة حجرية بداخلها بذرة أو بذرتان. والثمار الحسلية إمّا أن تكون بسيطة أو مركبة. بسيطة: تتكون من خباء واحد (كريلة واحدة) مشمش، خوخ، دراق، زيتون، لوز. أو مركبة: تتكون من عدّة أخبية، مثل (التين -التوت). المقطع العرضي للثمرة الحسلية يتألف من ثلاث طبقات:

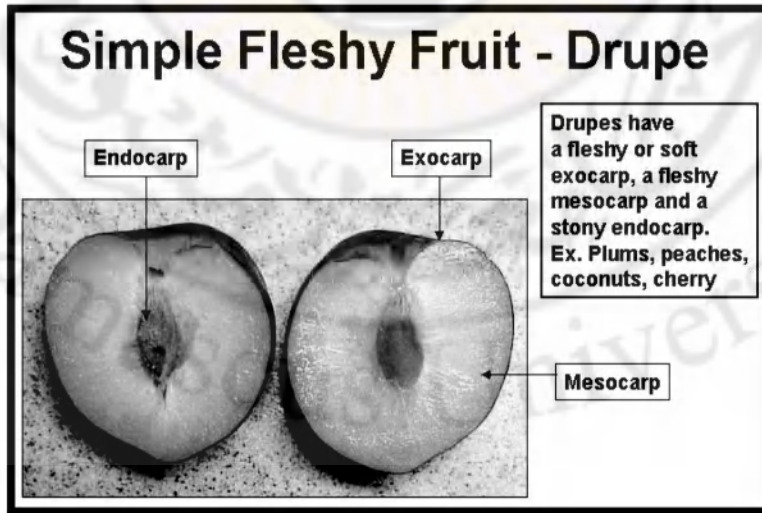
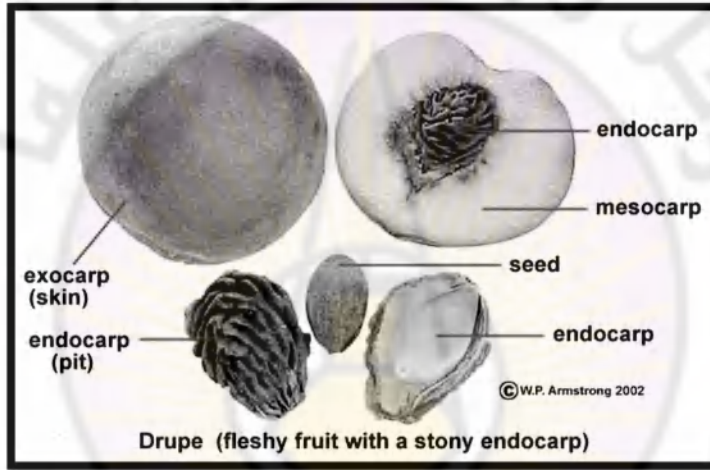
١- الطبقة الخارجية : أو قشرة الثمرة وتسمى Exocarp.

٢- الطبقة الوسطى : وهي طبقة لحمية عصيرية تكون الجزء الرئيسي الصالح للأكل في الثمرة Mesocarp.

٣- الطبقة الداخلية : وهي جزء حجري يُكّن النواة و بداخلها البذرة Endocarp.

و تعدّ ثمار اللوز ثمار حسلية؛ لأن الطبقتين الخارجية والداخلية تلتحمان لتكونا القشرة الخارجية Hull والتي تتفصل عن الثمرة عند اكتمال النضج .

أما ثمار التين فتتكون الثمرة من شمراخ زهري مجوف، وهو الجزء المستهلك في التغذية تبطنه مجموعة من الأزهار المذكرة توجد في المنطقة العليا القريبة من فوهة الثمرة، وتبطن الأزهار المؤنثة بقية تجويف الثمرة، وكلّ زهرة مؤنثة تحتوي مدقة صغيرة واحدة، وينتج عن كلّ زهرة مؤنثة ثمرة فقيرة تحتوي بذرة واحدة، وتشكل بمجموعها ثمرة التين.



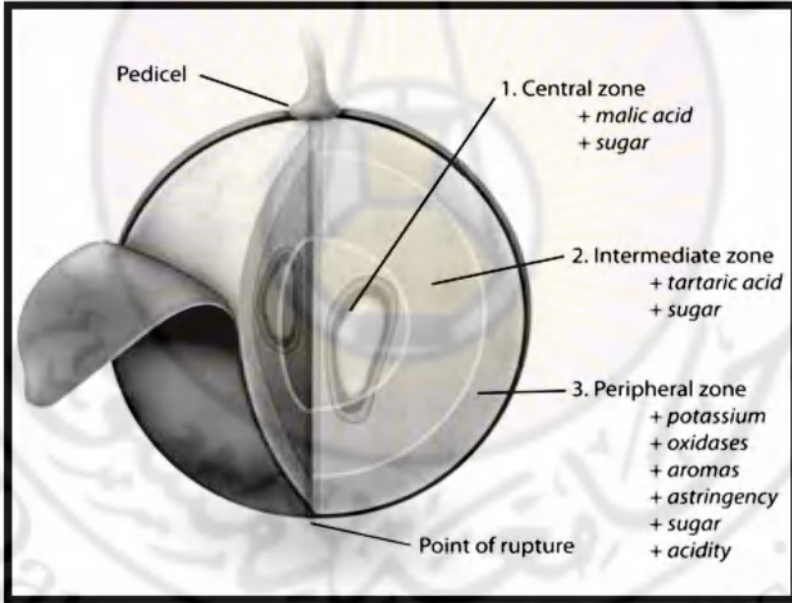
شكل 9: البنية التشريحية لثمار اللوزيات.

✓ البنية التشريحية للثمار العنبية Berries:

تتكوّن الثمار العنبية من خباء واحد أو عدّة أخبية، وتحتوي على بذرتين أو عدّة بذور إلا إذا تمّ العقد بكرياً فتكون الثمار لا بذرية كالعنب والموز (طبيعياً)، وتنقسم الثمار العنبية إلى:

ثمار عنبية حقيقية: ناتجة عن نمو المبيض (عنب - بندورة - فليفلة - باذنجان).

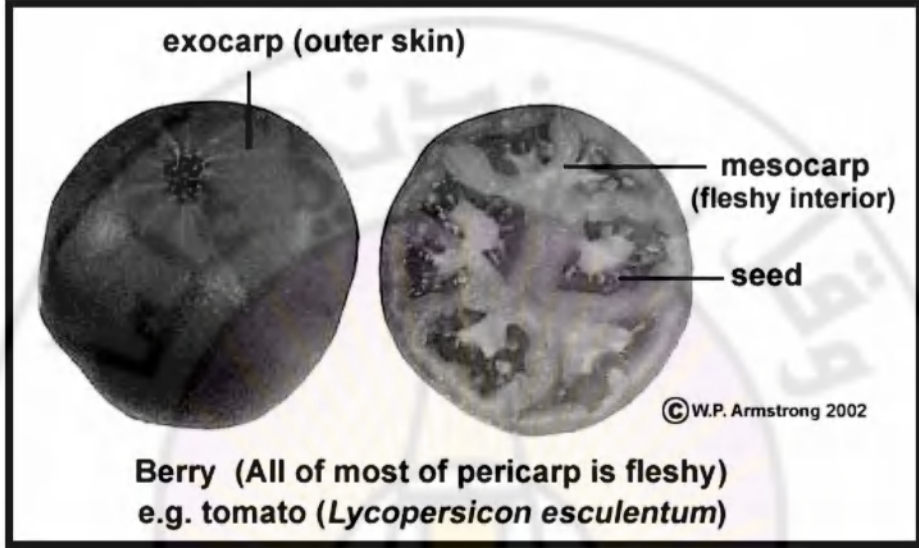
ثمار عنبية كاذبة: ناتجة عن نمو المبيض بالإضافة لأجزاء زهرية أخرى كالتخت الزهري أو المحور الزهري للنورة وغيرها (موز - أناناس). جميع أجزاء الثمار العنبية عصيرية صالحة للأكل عدا البذور كما في العنب. وقد تتحول الثمرة العنبية لعدة أشكال لتكون مجاميع أخرى من الثمار مثل الثمار القرعية pepo والحمضيات التي تعدّ ثماراً عنبية متحوّرة .



شكل 10: البنية التشريحية لثمار العنب.

- تعدّ ثمار البلح ثمار عنبية طرية والغلاف الثمري قد يكون جافاً كما في التمر، أو نصف جاف كما في البلح العمري، أو طرياً كما في بلح الزغول وبلح الأمهات والحياشي، وطبقة Endocarp عبارة عن غشاء رقيق يحيط بالنواة الوحيدة.

- ثمار الباذنجانيات ثمار عنبية طرية تحتوي على طبقة خارجية رقيقة وطبقة وسطى وداخلية تحتوي على البذور.



شكل 11: البنية التشريحية لثمار البندورة.

✓ البنية التشريحية للثمار الحامضية Hesperidium :

تشمل (البرتقال - الليمون - اليوسفي - الكريفون) وهي نوع خاص من الثمار العنبية المتحورة التي يطلق عليها Hesperidium معظم البريكارب أصبح ذا قوام جلدي حاوٍ على غدد زيتية مكوناً قشرة الثمرة وهذا الجزء لا يؤكل كما في العنبية الحقيقية.

نميز الأجزاء التالية في ثمرة الحمضيات:

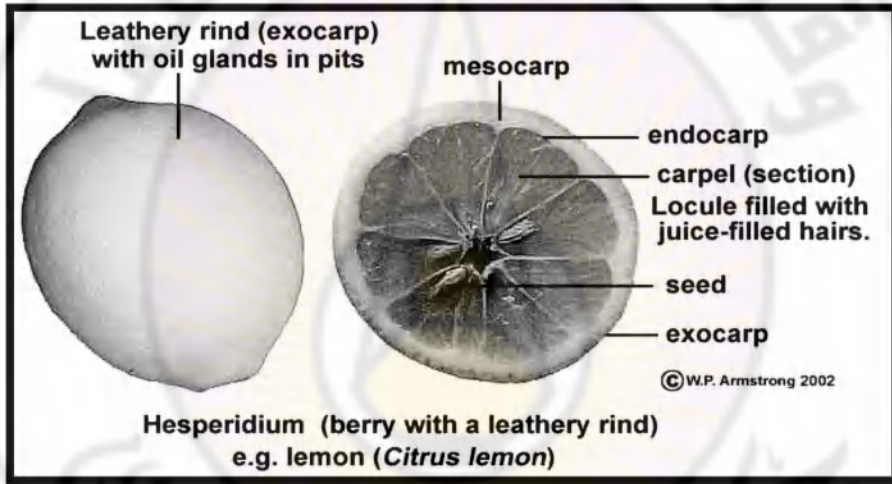
١- Exocarp: وتسمى Flavedo وهو الجزء الملون من القشرة والحاوي على الكثير من الغدد الزيتية .

٢- Mesocarp: وتسمى Albedo الجزء الأبيض الإسفنجي ويتكون من خلايا بارانشيمية وتحتوي هذه الطبقة على ٢٠% من البكتين.

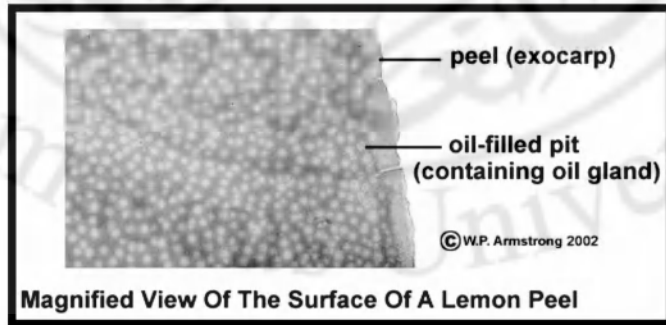
٣- Endocarp : هو غشاء رقيق يحيط بالفصوص، ويشكل الجزء الداخلي الذي يؤكل، حيث يتكون لبّ الثمرة من عدد من الفصوص، وكلّ فصّ يحوي عدداً من الأكياس العصيرية والبذور التي تتوزّع على طول الحافة الداخلية للفصّ مقابل مركز الثمرة. إن الأكياس العصيرية تنمو وتتكون من endocarp فتمتلئ الفصوص التي تعدّ غراًفًا للكرابل .

٤- المركز : وهو المحور الوسطي للثمرة، إسفنجي القوام حاوٍ على العديد من الحزم الوعائية.

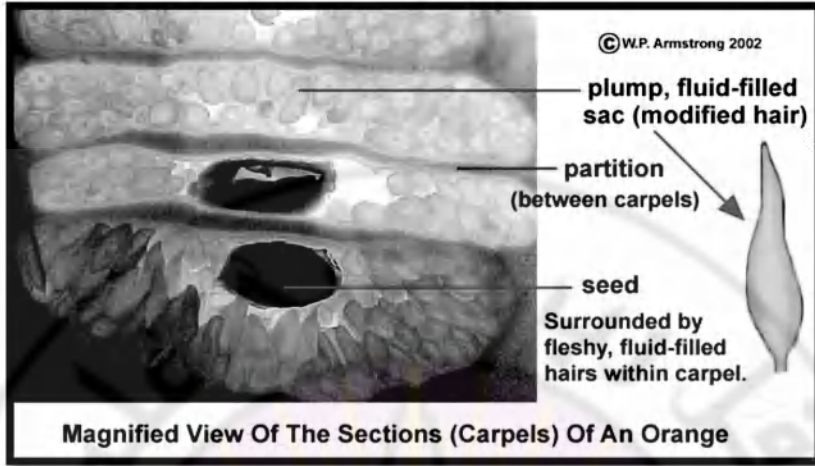
٥- الحزم الوعائية : هي الأوعية التي تغذي الأكياس العصيرية، وتكون منتشرة على السطح الخارجي أو توجد في المركز الوسطي للثمرة وتغذي البذور .



شكل 12 : البنية التشريحية لثمار الحمضيات.



شكل 13 : طبقة الفلافويدو والغدد الزيتية في قشرة الحمضيات.

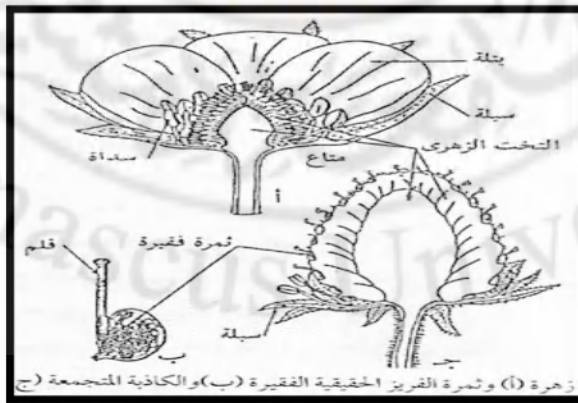


شكل 14 : الأكياس العصيرية داخل الفصوص (في الأسفل) ..

✓ البنية التشريحية للثمار الأكينية :Achenes

الثمار الأكينية (الفقيرة): عبارة عن ثمرة متجمعة تحتوي العديد من الثمرات الصغيرة المنتشرة على التخت اللحمي مثل الفريز. إن كل ثمرة تمثل ثمرة أكينية حقيقية، وهي عبارة عن ثمرة جافة صلبة فقيرة تتكون من خباء واحد داخله بذرة واحدة.

الجزء الذي يؤكل من ثمرة الفريز هو التخت الزهري المكون من نسيج لحمي مجوف من الوسط، أما الثمرة الحقيقية (ex+me+en) كلها متصلبة ومنغمسة على سطح التخت الزهري.



شكل 15: البنية التشريحية للثمار الأكينية.

✓ ثمار النقل Nuts:

مثل الجوز Juglans - البندق Hazelnut - جوز الهند والتي تتراوح نسبة الماء فيها وسطياً ٥-٢٠%. ثمرة النقل: ثمرة جافة وحيدة البذرة تتصلب فيها أجزاء البريكارب فتصبح حجرية وتسمى بالغلاف الصلب schell. عادة ما تكون الطبقة الخارجية جلدية متصلبة وقد تندمج الطبقة الوسطى مع الإندوكارب حيث يصعب تمييزها.

ثمرة جوز الهند هي ثمرة حسلية فيها الغلاف الثمري الخارجي جلدي، والغلاف الوسطي ليفي تتخلله مادة شمعية، والغلاف الداخلي خشبي يحيط بالإندوسبيرم الصلب والسائل (الخارجي متصلب بلون بني والجزء الداخلي عبارة عن سائل أبيض يسمى لبن جوز الهند). وتنتج ثمرة جوز الهند من ثلاثة كرابل ملتحمة لا تنمو منها إلا واحدة فقط.

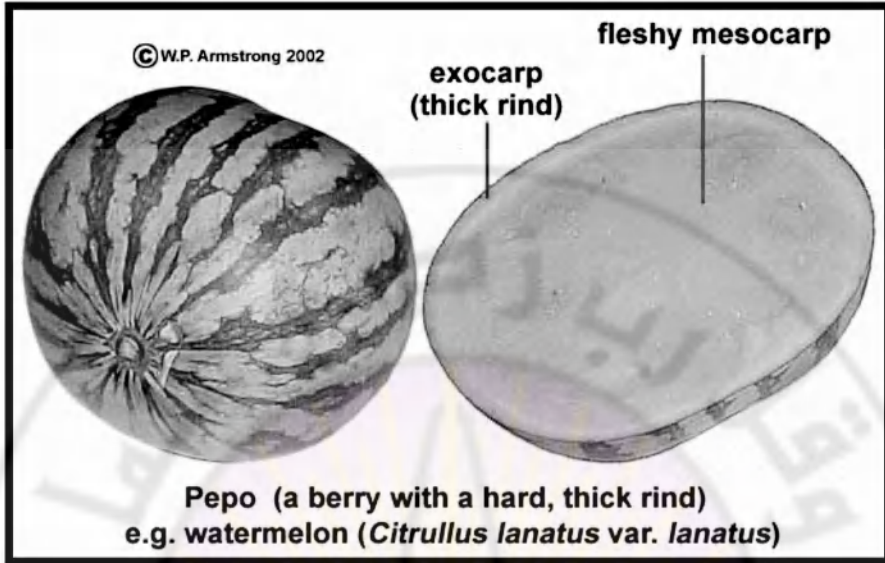
ثمرة الجوز من ثمار النقل، وهي لوزة حسلية يتكوّن غلافها الثمري من طبقتين خارجية خضراء تستعمل في الصباغة، وداخلية خشبية قاسية تحتوي على بذرة غنية بالمواد الدهنية.



شكل 16 : بنية ثمرة الجوز.

✓ الثمار القرعية Popes:

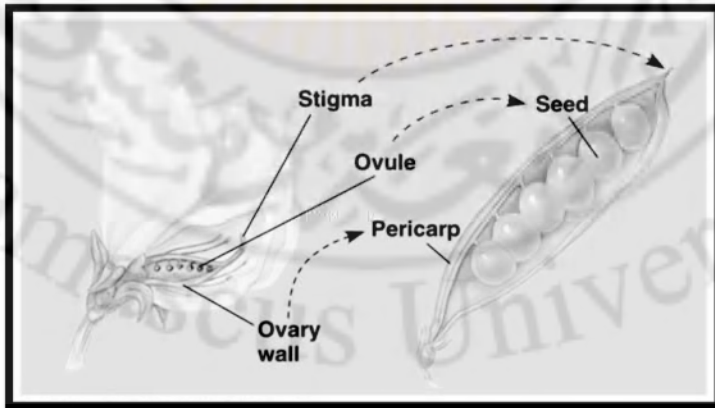
مثل: خيار - كوسا - بطيخ... وهي ثمار عنبية محورة تتكون من جزء خارجي وآخر داخلي وجزء وسطي مكوّن من نسيج مشيمي تتوضع داخله البذور، وعادة ما يتصلّب الجدار الخارجي عند اكتمال نضج الثمار، وهي ثمار كاذبة.



شكل 17 : البنية التشريحية لثمار البطيخ.

✓ الثمار البقولية legumes:

مثل ثمار: الفاصولياء - اللوبياء - البازلاء - الفول ، وهي قرون تتكوّن من خباء واحد، ويوجد بداخل الثمرة بذور تختلف في عددها وطريقة ترتيبها حسب النوع والصنف؛ حيث يجف ويفتح غلاف الثمار البقولية عند تمام نضجها.



شكل 18: البنية التشريحية للبقوليات.

تقسيم محاصيل الخضر والفاكهة حسب الجزء الذي يستهلك في التغذية:

- ١- مجموعة الخضار ثنائية الحول بما فيها البطاطا.
- ٢- مجموعة الثمار التفاحية ومنها الخضار الثمرية.
- ٣- مجموعة الخضار الورقية والأعشاب وثمار اللوزيات.

■ مجموعة الخضار ثنائية الحول بما فيها البطاطا:

إن الجزء المستخدم بالتغذية في هذه المجموعة هو العضو الادخاري من النبات مثل (درنات البطاطا- أبصال البصل والثوم- جذور اللفت والشوندر والجزر- رؤوس الملفوف...)، وعند تشكل الأعضاء الادخارية يدخل النبات بمرحلة توقف نمو مؤقت لذلك تعدّ هذه المرحلة مرحلة عدم نمو ومعيقة لتطور النبات وهي التي تحدّد القدرة التخزينية للمحصول.

ف نجد عند البطاطا والبصل فترة سكون طويلة وحتمية بعد القطاف. ولا يمكن كسر طور السكون في هذه المرحلة حتى لو توافرت الظروف الملائمة للإنبات.

وتعمل ظروف التخزين على إطالة فترة السكون وخاصة الحرارة المنخفضة كونها تبطئ من شدة العمليات الفيزيولوجية المختلفة، كما أنّ ظروف التخزين المثالية تعرقل حدوث الإنبات حتى لو انتهت مدّة السكون الطبيعية.

■ مجموعة الثمار التفاحية والخضار الثمرية:

تعدّ ثمار هذه المحاصيل أعضاء غضة من النبات، وتشكّل في المراحل النهائية لحياة النبات الحولي أو نهاية موسم النمو للنباتات المعمرة. وخلال مراحل معينة من التغيرات الفسيولوجية والعمليات الحيوية تصل الثمار إلى حالة النضج بعد القطاف، حيث تبقى الثمار وقبل وصولها لهذه المرحلة قابلة للتخزين بتوافر الظروف المناسبة. ومع نهاية النضج تتدهور الثمار وتفقد مواصفاتها التسويقية حتى لو خزنت في ظروف مناسبة. لذلك تتميز الثمار الكلايمكترية بقدرة تخزينية عالية مقارنة بالثمار غير الكلايمكترية.

■ مجموعة الخضار الورقية والأعشاب وثمار اللوزيات:

تشكل الخضار الورقية مسطحاً متسعاً لتبخر الماء، وتتميز بارتفاع معدلات التنفس لذلك سرعان ما تتدهور وتذبل خلال التخزين.

تملك الأعشاب واللوزيات طبقة حماية ضعيفة رقيقة لا تقيها من شدة التبخر، وهي ثمار طرية تفتقر غرويات الخلية فيها إلى تثبيت الماء، لذلك نجدها تذبل بسرعة وتصاب بالأعفان كما تفقد الكثير من مكوناتها المغذية بسبب ارتفاع شدة التنفس. لذلك يتطلب تخزين هذه المجموعة من الثمار ظروفاً خاصة للمحافظة عليها أثناء التخزين، مثل: التعبئة بالبولي إثيلين وتبريد الثمار بسرعة بعد القطاف إلى درجة حرارة التخزين.

❖ أطوار نمو الثمار:

للثمار أطوار نمو محددة ومتداخلة يحدث خلالها العديد من التغيرات في تركيبها، ولكون هذه التغيرات لمل لها من دور هام وأساسي في تكوين الصفات النوعية للثمرة لذا لا بدّ من التعرف عليها بشيء من الإيجاز والتبسيط، ويمكن أن نميز الأطوار المتعاقبة للنمو كما يلي:

١- طور انقسام الخلايا Cell division:

يستغرق هذا الطور فترة قصيرة من حياة الثمرة؛ حيث يبدأ قبل تمام التزهير، ويصل قمته عند اكتمال التزهير، ويمتد بعد ذلك عدّة أسابيع، ثم ينتهي بعقد الثمار. كما يمتاز بنشاط الخلايا وانقسامها وتضاعفها السريع حتى تتكون جميع خلايا الثمرة بصورة مصغرة. وتمتلئ الخلايا بمادة البروتوبلازما الحاوي على البروتين بشكل أساسي، وتكاد تكون الخلايا في هذا الطور خالية من السكريات والنشاء، إلا أنّ تركيز الأحماض يكون عالياً حيث يبلغ ذروته في نهاية هذا الطور، وتكون جُدر الخلايا المتكونة رقيقة.

٢- طور زيادة حجم الخلايا Cell elongation :

يلي الطور السابق وفيه تتحول الخلايا من مريستيمية نشطة إلى برانشيمية تأخذ في الكبر والاستطالة نتيجة لتجمع الماء والسكريات في الفجوات العصارية للخلايا وتتصلب جدر

الخلايا وتزداد سماكتها نتيجة لترسب المواد البكتينية المختلفة، وينتهي هذا الطور باكتمال حجم الثمرة تقريباً..

٣- طور اكتمال النمو {البوغ} Maturity:

هو نهاية للمرحلة السابقة حيث يكتمل حجم الثمار، ولا تزيد زيادة ملحوظة في الحجم بعد ذلك. يصحب ذلك تغيرات كيميائية وتغيرات في أنسجة الثمرة الداخلية تؤدي إلى اكتمال تكوينها الداخلي؛ حيث تتراكم مكونات الثمرة الهامة كالنشاء والسكريات والأحماض العضوية ويترسب الشمع في بعض الثمار، كما تتكوّن الطبقة الفلينية مكان الثغور في ثمار أخرى كالنفاخ... تكون الثمار في هذا الطور قادرة على متابعة نضجها في الظروف الطبيعية لو فصلت عن الشجرة. وقد تكون الثمرة في هذه المرحلة لم يكتمل تلونها النهائي وغير صالحة للأكل، ولكنها لو تركت تحت ظروف مناسبة فإنها تنضج بحالة طبيعية كاملة.

٤- طور النضج Ripening:

تبدأ الثمار في اكتساب صفاتها الخاصة من حيث اللون والنكهة والقوام (المرحلة الصالحة للأكل)، وتنتقل الثمار إلى مرحلة النضج تدريجياً. يكتمل في طور النضج تلون الثمار وتحول النشاء إلى سكر واختفاء المواد القابضة و زيادة نسبة العصير ولين جدار الثمرة و طراوة اللب وتبقى أنسجة الثمرة بحالة جيدة ..

مما يجدر ذكره اختلاف مواصفات طور النضج للثمار المختلفة حسب اختلاف مواصفات الصلاحية للأكل والتي تختلف بدورها من بلد إلى آخر حسب أذواق المستهلكين وعاداتهم.

٥- طور الشيخوخة والتدهور Cell senescence :

هي آخر مراحل التطور وتحدث فيها تفاعلات غير عكسية تؤدي في النهاية إلى انهيار وموت الخلايا النباتية حيث تلين الثمار في نهاية طور النضج وتقل حيوية الخلايا وتضعف بالتدريج، تصبح الثمار في النهاية مجموعة من الأنسجة الميتة اللينة والمائية القوام، وتحلل محتويات الثمرة و تنتهي هذه المرحلة بموت الخلايا و تحللها وعادة تصاب بالفطريات والأمراض.

ما يهمننا في مجال التخزين إمكانية الحصاد في بعض أطوار النمو وإليك بعض الأمثلة:

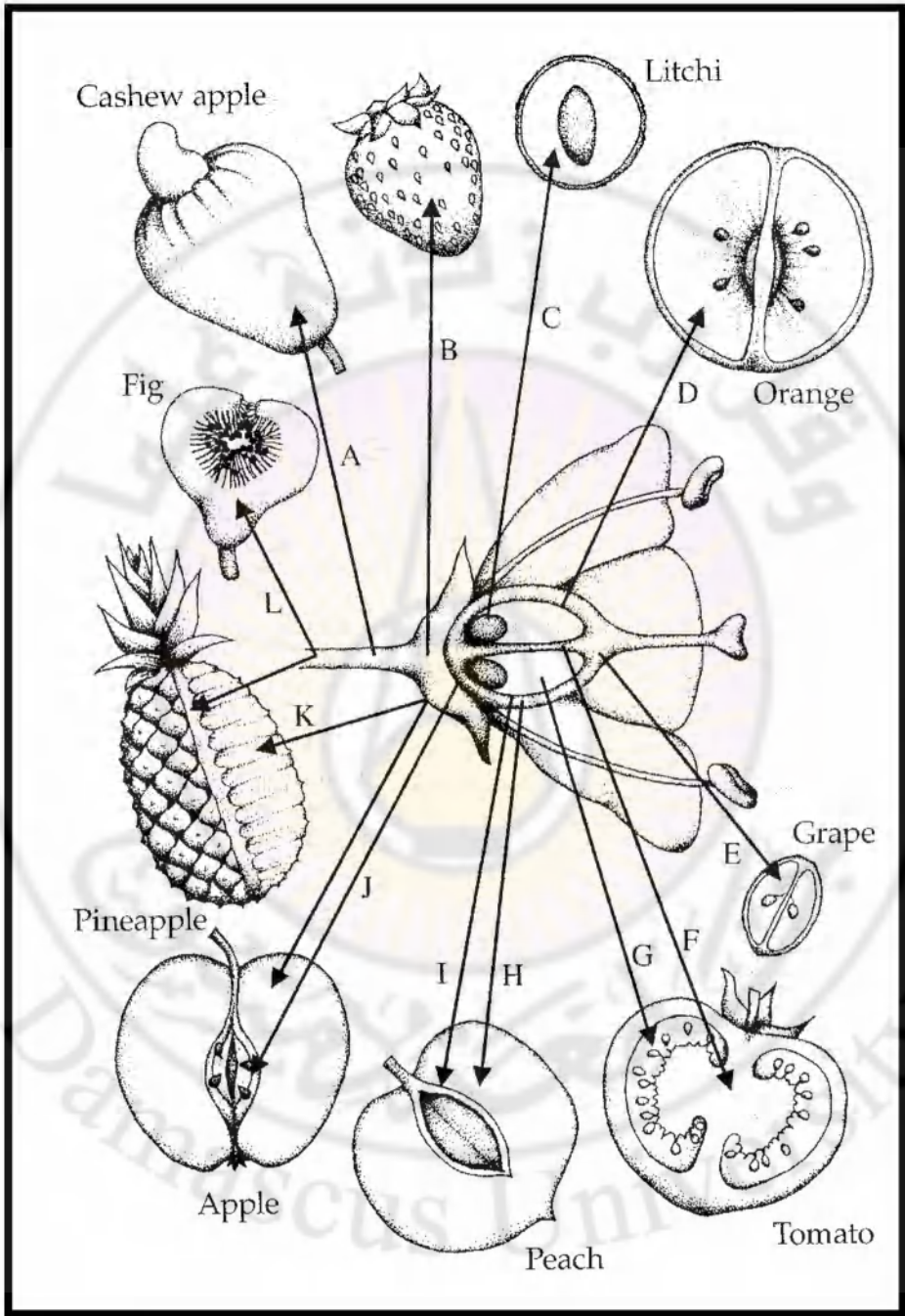
- ✓ في مرحلة كبر حجم الخلايا (بداية هذا الطور تقطف أصناف البامياء المحلية - الخيار المخصص للتخليل أما المعد للاستهلاك الطازج فيقطف في منتصف هذا الطور، وفي نهايته تقطف ثمار الباذنجان والفليفلة).
- ✓ طور البلوغ (يقطف التفاح - الكمثرى - الموز - الأفوكادو - الخوخ - الدراق - المشمش - البندورة - الحمضيات المخصصة للخبز والتسويق البعيد).
- ✓ طور النضج (يقطف العنب - الكرز - الفريز - الخوخ و المشمش المخصص للتصنيع - التمر - الحمضيات المعدة للاستهلاك المحلي...).

المطلوب

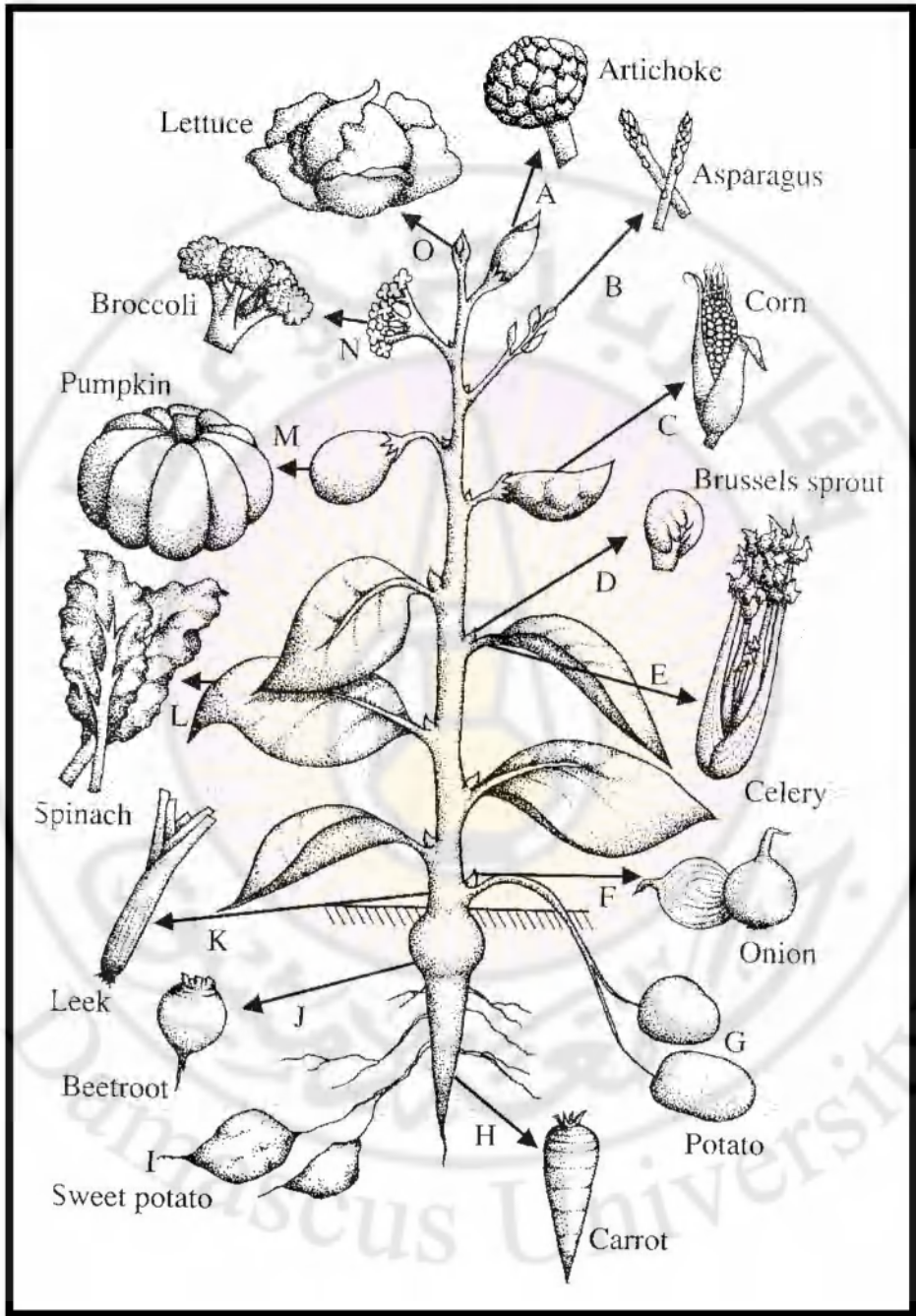
دراسة البنية المورفولوجية والتشريحية لثمار الفاكهة والخضار الموجودة أمامك، بعمل مقطع عرضي وطولي فيها مبيناً ذلك بالرسم.

المواد والأدوات اللازمة:

عينات من أنواع الثمار المدروسة لدراسة البنية التشريحية.



شكل 19: المنشأ النباتي لعدد من ثمار الفاكهة.



شكل 20: المنشأ النباتي لعدد من ثمار الخضار.

العوامل القياسية لتحديد الجودة (النوعية)

في الحاصلات البستانية

Quality Standard Factors of Horticultural Gropes

مقدمة: سنتناول في هذه الوحدة أحد المصطلحات الهامة لتقييم الثمار ونوعيتها (معايير الجودة Quality Standard Factors) وكيفية قياسها وتقديرها.

الكفاءة والقدرة: القدرة على معرفة معايير الجودة الخاصة بالحاصلات البستانية لغرض التصدير أو التخزين وكيفية قياس هذه المعايير بدقة من خلال أخذ عينات ثمرية من العينة المدروسة و بطرق علمية صحيحة.

الأهداف: في نهاية الوحدة يكون الطالب قادراً على:

- معرفة طرق أخذ العينات للدراسة والتقييم والتحليل.
 - معرفة العوامل القياسية لتحديد الجودة في الحاصلات البستانية وطريقة قياسها.
 - التعرف على بعض العوامل المؤثرة في الجودة (النوعية) قبل القطاف وبعده.
- الوسائل المساعدة: عرض تقديمي، عينات من الثمار (خضار وفاكهة) لتحضير العينات لغرض الدراسة والتقييم ، الأدوات والجداول الخاصة بتقييم الشكل والحجم، أجهزة قياس اللون.
- متطلبات الكفاءة والقدرة:** دراسة الوحدة (نظري)، إعداد تقرير يتضمن ما تعلمه الطالب (عملي).

إن الكثير من الدول وخاصة التي تصدر ثمار الفاكهة والخضار تضع ضوابط محددة فيما يخص معايير النوعية، ويتم تحديد هذه المعايير من قبل المؤسسات الحكومية اعتماداً على حاجة الأسواق المحلية والعالمية لهدف الاستهلاك المحلي أو التصدير.

ولتحديد المواصفات التسويقية التجارية والنوعية للثمار لا بد من أخذ عينات من الثمار لغرض التوصيف أو التحاليل الكيميائية والتي تحدد نوعية الثمار (معايير الجودة)، حيث تعتبر عملية أخذ العينات من أي مادة غذائية من أهم العمليات التحضيرية والتي تؤثر في دقة التحاليل ومدى صحة النتائج، وتشمل طريقة أخذ العينات لهذا الغرض ما يلي:

١- الشروط الواجب مراعاتها عند أخذ العينة.

٢- تحضير العينة للتحليل.

■ **شروط أخذ العينة:** عند اختيار عينة الثمار يراعى ما يلي:

١- أن تكون ممثلة تمثيلاً صحيحاً للمادة المراد توصيفها أو تحليلها، حيث نأخذ عينة الثمار من عدة أماكن من الخزن أو من أماكن مختلفة من الحقل ومن جهات مختلفة من تاج الشجرة، فكلما زادت أماكن اختيار العينة زادت دقة الاختبار.

٢- إتباع الطريقة العشوائية في أخذ العينة.

٣- اختيار الوزن أو العدد أو الحجم المناسب من الثمار من أجل الحصول على أدق النتائج؛ حيث كلما زادت تكررات العينة زادت دقة النتائج، و يراعى أخذ كمية مناسبة و اقتصادية بحيث يعطي فكرة عن الثمار المراد اختبارها وتقييمها بنفس الوقت لا نهدر كمية كبيرة من الثمار لهذا الغرض.

٤- أن يكون الجزء المأخوذ من العينة ممثلاً لجميع خواص عينة الثمار، وهذا يتم من خلال اختيار الجزء الصحيح من ثمار العينة و مزجها جيداً خاصة قبل إجراء التحليل، فعند أخذ عينة من ثمار التفاح لغرض التحليل لا نكتفي بقطعة سطحية من الثمرة بل نأخذ مقطعاً يمثل الثمرة من الطبقة السطحية حتى العمق، أي ممثلة لكافة خواص الثمرة ومحتوياتها. فمن المعروف أن فيتامين C في ثمار التفاح يتركز تحت القشرة، كما يزداد تركيز الكاروتينات في نسيج اللحم في الجزر عنه في نسيج الخشب.

٥- مراعاة التغيرات التي تحدث لبعض المواد الغذائية قبل أو أثناء التحليل وتشمل تغيرات طبيعية: كفقد الرطوبة أو اكتسابها - تغيرات كيميائية: كأكسدة بعض الفيتامينات أو التزنخ في الزيوت والدهون - تغيرات حيوية: نتيجة نشاط الأنزيمات أو نشاط الأحياء المجهرية.

■ تحضير العينة للتحليل الكيميائي أو التوصيف:

تشمل كافة العمليات التي تطبق على العينة الثمرية حتى بدء الاختبار المراد، وتختلف طريقة تحضير عينة الثمار للتحليل حسب طبيعتها كما يلي:

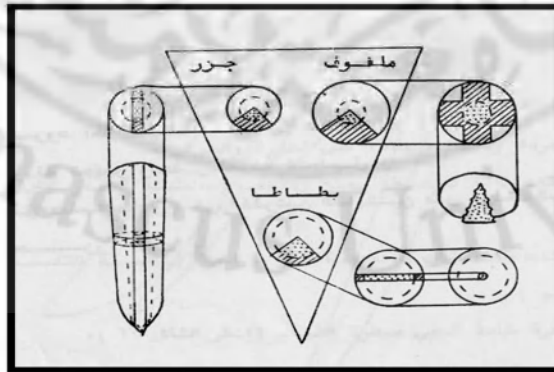
- في حال / الدرنات - الأبطال - الجذور - الثمار الطازجة / في هذه الحالة نقوم بـ
- استبعاد الأجزاء غير الصالحة للأكل وغير المرغوبة مثل الحراشف الجافة في نبات البصل أو الأوراق الخارجية لرؤوس الملفوف.

- القيام بعملية تنظيف نستبعد فيها الفضلات والمواد الغريبة العالقة بها مثل التراب أو الطين كما في درنات البطاطا والخضار الجذرية، ثم تغسل مع مراعاة عدم المغالة في عملية غسيل الثمار لتجنب فقد بعض المكونات القابلة للذوبان بالماء.

- التجفيف: بعد الغسيل مباشرة وبطريقة مناسبة.

- التقطيع: تقطع وحدات العينة بمقاطع تمر من مركز الثمار كوحدة طولية لأربعة أقسام متساوية ثم نأخذ قسماً من كل ثمرة من ثمار العينة (درنة أو جذر أو رأس ملفوف...) وتخلط هذه الأجزاء مع بعضها البعض و تكون جاهزة للتحليل.

٢- في حال / العصير الثمري /: نقوم بعصير الثمار ثم يتم خلطها جيداً، ونرشح العينة، ويحفظ العصير الثمري في أوعية زجاجية داكنة و توضع في أماكن مبردة.



شكل 21: طريقة أخذ العينات للتحليل الكيميائي.

العوامل القياسية لتحديد الجودة في الحاصلات البستانية:

لقد بات من المعروف أنّ سعر أيّ مادة غذائية طازجة يتناسب طردياً مع درجة جودتها، و يعتمد معظم المستهلكين على الموازنة بين سعر المادة الغذائية ودرجة جودتها وذلك بصرف النظر عن قيمتها الغذائية في معظم الأحيان.

ويمكننا الحكم على جودة الثمار من خلال الشكل الظاهري أو البناء التشريحي مع معرفة التركيب الكيميائي أو معرفة المواصفات التكنولوجية للثمار المصنعة. وبطرق أبسط يمكن الاعتماد على خواص وصفات تقدر عن طريق الحواس البشرية كالحجم والشكل واللون وغيرها. بتوافق هذه المؤشرات مع بعضها تتحدد جاذبية المظهر الخارجي للثمار، حيث إن هذه الدلائل هي الأكثر مراعاة عند تحديد قيمة ثمار الفاكهة والخضار تجارياً.

تقييم الجودة : Quality evaluation

الجودة مصطلح نسبي يختلف باختلاف المحصول ونوعه، ويعتمد على موقع المستهلك في سلسلة التوزيع (الإنتاج والاستهلاك). فمثلاً النوعية الجيدة للثمار بالنسبة للمنتج هي تلك الثمار التي تضمن له أعلى مردود مادي في السوق وخلال وقت محدّد لموسم معين .

والنوعية الجيدة للمُصدر هي الثمار الصلبة القوام والتي تتحمل بدورها عمليات التداول والشحن بدون أي تلف يصيبها، أما الثمار الجيدة والمعدة للتصنيع فهي الثمار الناضجة والصلبة في نفس الوقت فنحن نحتاج هنا إلى ثمار متماسكة القوام ولكنها صلبة بدرجة كافية للحفاظ على شكلها من التلف أثناء عمليتي التصنيع والتسويق.

تعرف جودة الثمار هي عبارة عن مجموعة من الصفات والخواص التي تتمتع بها الثمرة و المتعلقة بصلاحيتها لتلبية حاجات معينة تبعاً للغرض من الاستعمال. الهدف من درستها مراعاة المواصفات المطلوبة للثمار لغرض الاستهلاك المحلي أو التصدير.

أما تقييم الجودة للحاصلات البستانية بالنسبة للمستهلك فتتلخص بمقاييس الجودة الرئيسية

Quality criteria التالية:

١- المظهر Appearance:

من أهم عوامل الجودة وخاصة بما يتعلق بالقيمة التسويقية للمحصول، وغالباً ما يدلُّ على ارتفاع معظم عوامل الجودة الأخرى. ويمكن الحكم على المظهر من خلال المكونات التالية:

١-١ الحجم Size:

يتباين حجم الثمار تبعاً لنوع المحصول ومرحلة القطاف. فمثلاً تفضل الأحجام الصغيرة لثمار الخيار والكوسا في حين تفضل الأحجام الكبيرة لثمار البندورة والبطيخ والفراولة . يلعب ذوق المستهلك دوراً أساسياً في تحديد الحجم المطلوب. فمثلاً يفضل المستهلك الأوروبي أحجاماً كبيرة من ثمار الخيار والكوسا إذا ما قورن بالمستهلك العربي، لذلك لا بدّ من الأخذ بعين الاعتبار اختيار الأصناف التي تزرع لغرض الاستهلاك المحلي أو لغرض التصدير حسب رغبة المستهلك .

يتم تقدير حجم الثمار بعدة طرق منها :

- a. بالعين المجردة و ذلك اعتماداً على الخبرة والمران.
- b. حلقات خاصة ذات أقطار معينة (بالنسبة للثمار الكروية الشكل).
- c. شبكات خاصة ذات فتحات بأقطار مناسبة يمكن إمرار الثمار من خلالها لتحديد الحجم.
- d. مسطرة القياس (بياكوليس).
- e. الوزن.
- f. قياس أحجام الثمار بالإزاحة (قياس حجم الماء المزاح عند غمر الثمار بالماء).

يتم أخذ عينة من الثمار مراعيّاً شروط أخذ العينة، و يقدر الحجم بحساب متوسط الوزن أو متوسط قطر الثمرة بتقسيم الوزن الكلي للعينة على عدد الثمار، أو بتقسيم مجموع الأقطار لثمار العينة على عدد الثمار و نقول بأن الثمرة كبيرة جداً - كبيرة ...

جدول (1) أحجام أنواع مختلفة من ثمار الفاكهة والخضار:

الحجم	التفاح (أصناف كبيرة الحجم) الوزن / غ	البصل الوزن / غ	الإجاص الوزن / غ	الملفوف	
				متوسط قطر الرأس / سم	الوزن / كغ
كبير جداً	175<	150 <	225 <	أكبر من 40	--
كبير	175-125	150-121	225-175	40-25	2.5 <
فوق الوسط	125-100	--	175-125	--	--
متوسط	100- 75	120-121	125-75	25-12	2.5 - 1.5
تحت الوسط	75 – 50	--	75-50	--	--
صغير	50- 25	50 – 21	50-25	15 – 10	1.5 – 0.5
صغير جداً	أقل من 25	أقل من 20	<25	أقل من 10	--

جدول (2) أحجام أنواع مختلفة من ثمار الحمضيات (أكبر قطر مم)

الدرجة	الماندرين	البرتقال	الليمون
1	65<	77<	70<
2	64-60	76-71	69-60
3	59-54	70-63	59-51
4	53-48	62-55	50-45
5	47-38	54-50	44-42

جدول (3) حجم بعض ثمار الخضار اعتماداً على الوزن / غ

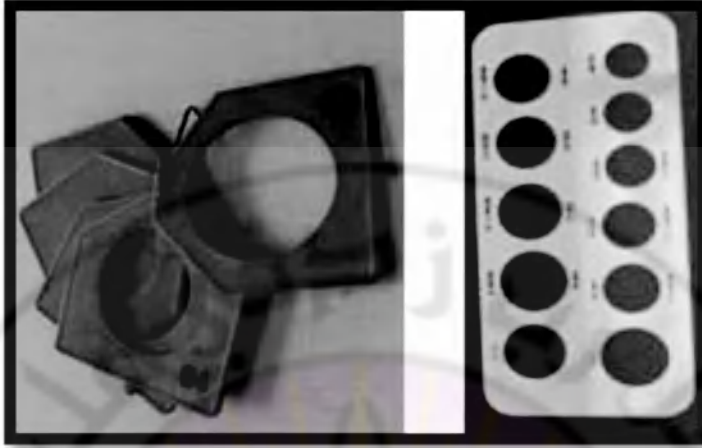
الحجم	البندورة	الفليفلة	الباذنجان	الخيار	الجزر
كبير جداً	200<	100<	400<	400<	-
كبير	101-200	51-100	301-400	201-400	>150
وسط	51-100	11-50	201-300	101-200	80-150
صغير	21-50	4-10	100-200	50-100	حتى 80
صغير جداً	<20	<4	<100	<50	-

جدول (4) حجم بعض ثمار اللوزيات اعتماداً على الوزن / غ

الحجم	الدرجة	دراق	مشمش	خوخ	كرز
كبير جداً	5	200 <	75 <	45 <	5 <
كبير	4.5	200-160	75-60	45-35	5
فوق الوسط	4	160-130	60-45	35-25	5-4
وسط	3	130-90	45-30	25-15	4-3
تحت الوسط	2	90-70	30-20	15-10	3-2
صغير	1.5	70-50	20-10	10-6	2
صغير جداً	1	50 >	10 >	5 >	2 >



الشكل 22 (a): السيور الخاصة بالفرز الحجمي.

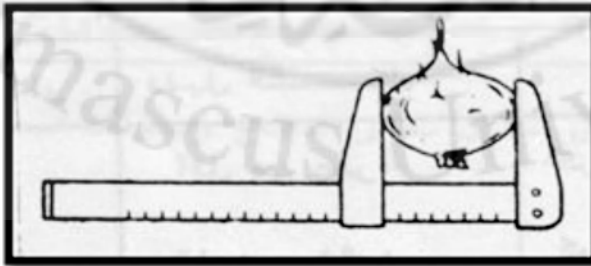


الشكل 22 (b): مسطرة وحلقات القياس Multiple size rings.

٢-١ الشكل Shape :

يلعب شكل الثمرة البستانية دوراً هاماً في تحديد الجودة المظهرية، فمثلاً يمكن تحديد جودة البصل بقياس معامل الاستدارة أو دليل الشكل (طول/القطر)، ويحدّد مدى اندماجية رأس الملفوف والبروكلي الشكل العام للثمرة وبالتالي درجة جودتها، من جهة أخرى يعتبر تتاسق أشكال وأحجام الثمار في العبوات من الأمور الهامة بالنسبة للمستهلك بالإضافة لسهولة عملية التعبئة والتسويق. يقدر شكل الثمار بأحد الطرق التالية :

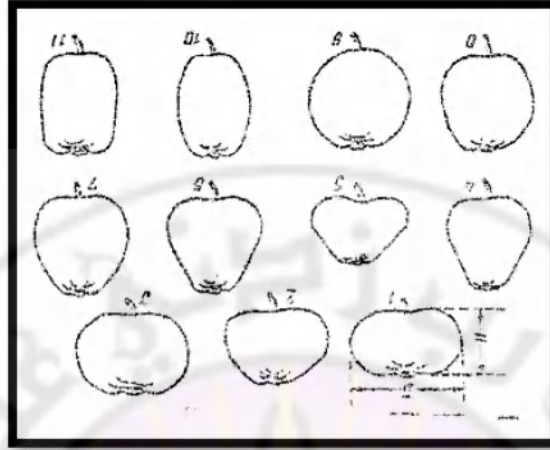
- ١- الثمار ذات الشكل المتناظر بالنسبة لمحورها (ملفوف، بصل، تفاح، بندورة ..)
دليل الشكل = $\frac{\text{الطول}}{\text{القطر}}$ أو نكتفي بقياس القطر .
- ٢- الثمار ذات الشكل المتطاوّل دليل الشكل = $\frac{\text{الطول}}{\text{متوسط القطر (الكبير و الصغير)}}$.



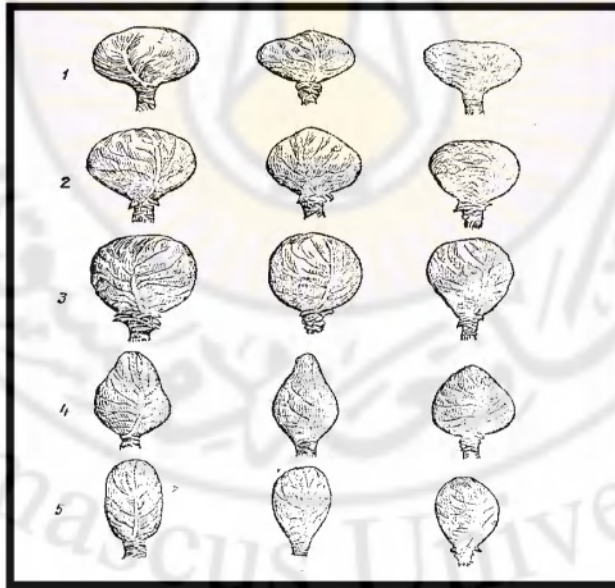
الشكل 23: البيكوليس.

جدول (5): دليل الشكل لبعض ثمار الفاكهة و الخضار.

نوع الثمار	دليل الشكل H/D	الشكل
التفاح	أقل من 0.85	كروي مسطح
	0.95 – 0.86	كروي
	أكبر من 0.96	متطاوّل
البصل	1	كروي
	1.3-1.1	بيضاوي
	2-1.4	بيضاوي متطاوّل
	2 <	متطاوّل
الملفوف	0.7- 0.4	مفلطح
	0.8 – 0.7	كروي مسطح
	1.1 – 0.8	كروي
	1.4 – 0.8	مخروطي
	2.1 – 1.1	بيضاوي
الإجاص	0.85>	كروي مسطح
	0.95-0.86	كروي
	0.96<	متطاوّل – بيضوي - بيضوي معكوس - مخروطي – اجاصي
البندورة	0.6-0.5	مفلطح
	0.8-0.7	كروي مفلطح
	1.1-0.9	كروي، كأسّي
	1.4-1.2	بيضوي، خوخي، إجاصي
	>1.4	اسطوانّي
الجزر	1.5	بيضوي
	2-1.5	مخروطي ذو قطع ناقص
	3-2	مخروطي قصير
	5-3	اسطوانّي
	>5	مغزلي



شكل 24: أشكال ثمار التفاح ١- كروي مسطح. ٢- نصف كروي. ٣- كروي مقلطح. ٤- مخروطي ضيق. ٥- مخروطي عريض. ٦- مخروطي. ٧- مخروطي دائري. ٨- بيضاوي كروي. ٩- كروي. ١٠- بيضاوي متطاول. ١١- اسطواني.



الشكل 25: بعض أشكال رؤوس الملفوف. ١- مسطح، ٢- مسطح كروي، ٣- كروي، ٤- مخروطي، ٥- بيضاوي.

٣-١ اللون Color:

من عناصر المظهر ويعزى إلى التوزيع الطيفي للضوء المنعكس على سطح الثمرة، وله علاقة وثيقة بقبول المستهلك لسلعة ما.

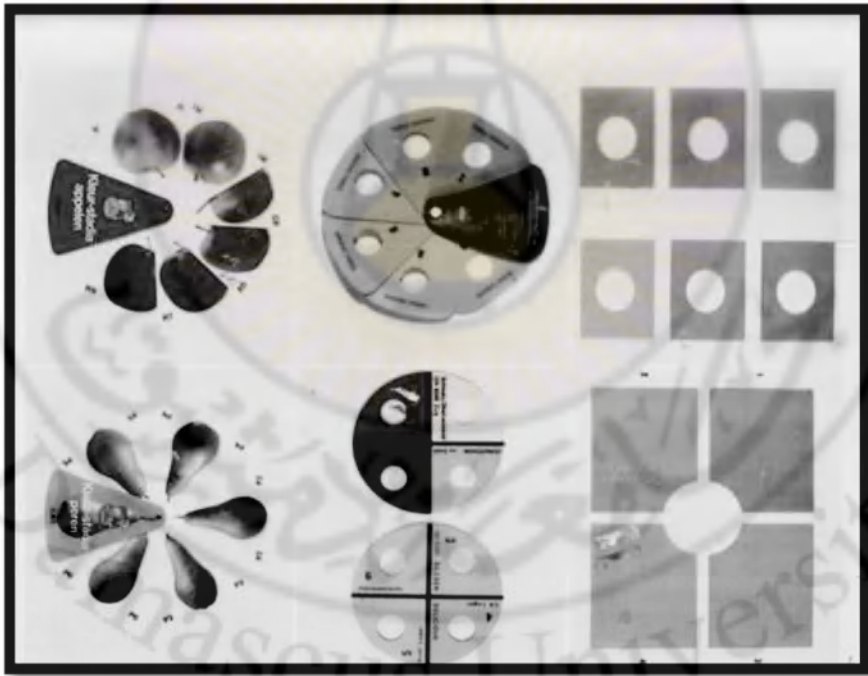
ما هي دلالة اللون ؟ يعطي اللون دليلاً على درجة نضج الثمار، كما يعدّ مميزاً نموذجياً للصنف خلال مراحل النضج المختلفة. ويشكل اللون أحد أهمّ عوامل جودة المظهر؛ حيث إنّ تجانس اللون وكثافته وانتظام توزّعه في كافة جوانب الثمرة وسطوحها مع خلوّه من التبقّعات قاعدة أساسية للحكم على جودة لون الثمار، فمثلاً يفضل اللون الأحمر أو الوردي للبندورة والأخضر لثمار الخيار والأبيض لمهاميز الهليون، من جهة أخرى فإن وجود اللون الأخضر على درنات البطاطا نتيجة تعرضها للضوء يعدّ أمراً غير مرغوب فيه. كما أنّ زيادة كثافة وانتظام اللون الأحمر لقشرة ثمار البندورة ولب البطيخ واللون البرتقالي في البرتقال والجزر واللون الأصفر في المشمش والبنفسجي للخوخ يعدّ دليلاً على ارتفاع قيمة المحصول الغذائية.

يُحدّد اللون من خلال :

- ١- بطاقات لونية خاصة بكل نوع و صنف **Color Chart**.
- ٢- بالعين المجردة نتيجة الخبرة والمران.
- ٣- أدلة لونية خاصة يقارن فيها لون الثمار بألوان معينة .
- ٤- قياس اللون بالتحاليل الكيميائية للأصبغة الأساسية المسؤولة عن اللون المميز للمحصول.
- ٥- أجهزة لفرز الثمار حسب درجة اللون عن طريق كاميرات متصلة بأجهزة كمبيوتر تعمل على تدريج الثمار حسب كثافة اللون وانتظام توزعه على أسطح الثمار أثناء حركتها على سيور متحركة .
- ٦- جهاز قياس اللون **Colorimeter** ويعتمد على تحديد ثلاث قيم (Hunter System) هي :

قيم **a** و **b** و **L**، حيث تدل قيم **L** (0-100) على السطوع brightness ، وقيم **a** على المجال اللوني من الأخضر إلى الأحمر green to red component (60- ، 60+) وقيم **b** على المجال اللوني من الأزرق إلى الأصفر blue to yellow value (60- ، 60+) . ويتم قياس شدة اللون من طرفي الثمرة المتقابلين بعد معايرة الجهاز على اللون الأبيض.

كما يعتبر البريق (اللمعان GLOSS) لقشرة الثمار دليلاً مُكملاً لتقدير جودة اللون، حيث إن اختفاء بريق اللون للثمار دليل على أنها غير طازجة أو مضى على حصادها وقت طويل أو أنها أصيبت ببعض الأضرار الفيسيولوجية أثناء التخزين مثل أضرار البرودة.



الشكل 26 : الأدلة والبطاقات اللونية.

Suggested Guide for Banana Ripening

	Pulp Temperatures °F							
4 Day Schedule	ETHYLENE 64°	64°	62°	60°				
5 Day Schedule	ETHYLENE 62°	62°	62°	62°	60°			
6 Day Schedule	ETHYLENE 62°	62°	60°	60°	60°	58°		
7 Day Schedule	ETHYLENE 60°	60°	60°	60°	60°	58°	58°	
8 Day Schedule	ETHYLENE 58°	58°	58°	58°	58°	58°	58°	58°
Day	1	2	3	4	5	6	7	8

Notes:

- Temperatures are °F.
- Temperatures are PULP not AIR
- Proper temperature, humidity, time, air circulation, mature bananas and ethylene are required for ripening.
- Use the Super-Ripening Center® and Ethy-Ger® II to hasten ripening.
- Maintain 100-150 ppm of ethylene until color breaks.
- After 24 hour ripening initiation period, vent room for 15-20 minutes with fan on.
- For delayed shipment hold at 58°F.

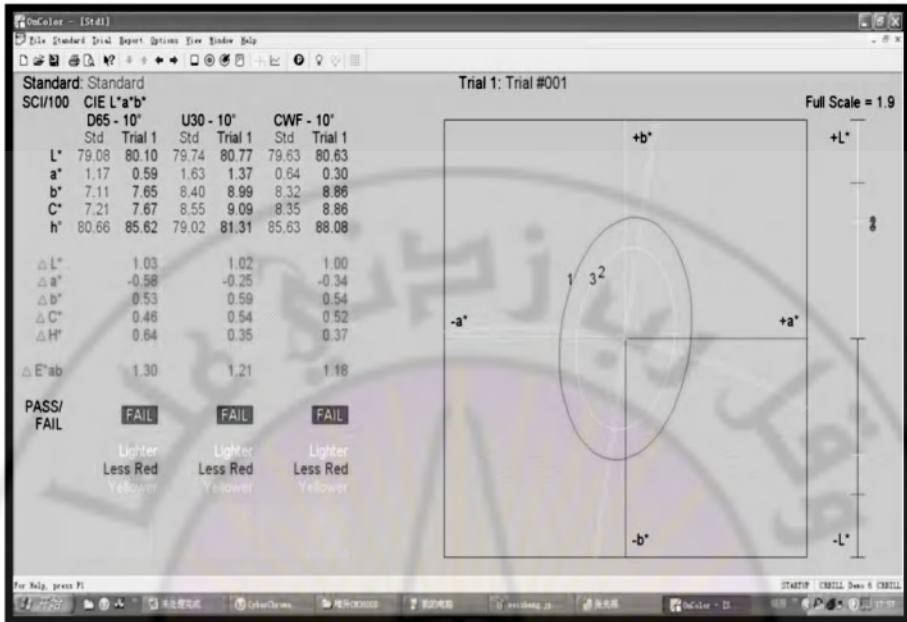


Color Index No. 1 Green 2 Green - trace of yellow 3 More green than yellow 4 More yellow than green 5 Green tip 6 All yellow 7 Yellow - broken with brown

الشكل 27 : أدلة لونية لمراحل نضج ثمار الموز.



شكل 28 : كيفية مقارنة اللون بالبطاقات اللونية.



الشكل 29 : قياس درجة اللون وفق قيم جهاز الـ Colorimeter ، قيم الـ L , a , b .

٢ العيوب المظهرية Visual Defects:

يُقصد بالعيوب المظهرية وجود بعض العيوب على سطح الثمار، ممّا يؤدي إلى انخفاض حاد في جودتها، وتشمل هذه العيوب عيوباً مظهرية خارجية. مثل تشوهات في الثمار حدثت أثناء تشكلها، مثل التبقع الفليني في التفاح والإجاص، وتشوه وجه القطة في البندورة. كما يعدّ وجود أضرار ميكانيكية كالجروح والخدوش والكدمات أو إصابات حشرية أو مرضية أو عدم انتظام اللون أو وجود أمراض فيزيولوجية كأضرار التجمد والبرودة ولفحة الشمس من العيوب الخارجية، أمّا العيوب المظهرية الداخلية مثل التلون البني في الثمار ذات النواة الحجرية، والقلب المائي في التفاح، والقلب الأسود في درنات البطاطا. كلّ هذه العوامل ستؤثر سلباً على المظهر الجيد للثمار وتقلل من القابلية التسويقية والتخزينية للمحصول. لذلك تجب العناية بعمليات الفرز والتدريج لاستبعاد هذه الثمار، ويُمكن الاستدلال على العيوب الداخلية بطرق بسيطة مثل استبعاد الثمار الطافية فوق الماء أثناء الغسيل لوجود جيوب هوائية غير مرغوبة بداخلها مثل ثمار البندورة والتي تحتوي على فراغات هوائية أو تجايف، أو درنات البطاطا المصابة بالقلب الأجوف Hollow heart .

٣ القوام والنكهة Texture and flavor:

إنّ الإدراك الحسي بقوام المواد الغذائية ونكهتها يُمثّل بحدّ ذاته محصلة لمجموعة من الإحساسات المتباينة والمتداخلة فيما بينها بدرجة كبيرة من التعقيد. وتشمل الإحساسات المتمثلة بالرؤية واللمس والتذوق والشم والتي تؤدي دوراً هاماً وأساسياً في بلورة الخصائص المترتبة عن الادراكات الحسية.

إنّ قوام المادة الغذائية يحدد تلقائياً مدى قبول هذه المادة أو رفضها من قبل المستهلك. هذا ويتمّ تقييم القوام والنكهة من قبل لجنة تذوق متخصصة (اختبار التذوق) أو باستخدام أجهزة قياس فيزيائية (مقياس اللزوجة ، مقياس الصلابة ...)، ومن المستحسن الجمع بين نتائج هذه الأجهزة ونتائج لجنة أو لجان التذوق ليصار إلى إعطاء تقويم دقيق لقوام ونكهة المادة الغذائية.

القوام Texture:

هو الصفة التخمينية الكلية للشعور بالغذاء المعطى من خلال الفم، والذي يكون عبارة عن خليط من الشعور الناتج من الشفاه وجدار الفم والأسنان و حتى الأذن. إنّ كلّ جزء من هذه الأجزاء يكون حساساً لأيّ اختلاف في الضغط وكذلك في استجابتها للصفات المميزة للمحصول، وهذا ما يسمى بعوامل المضغ Chewing Factors.

إنّ التأثير التراكمي للاستجابة لهذه الصفات تعطي الشعور النهائي لقوام السلعة. ويتم تقييم القوام بـ (متماسك، خشن، طري softness، غض tenderness ، نشوي، هش، جاف، ليفي fibrousness ، عصيري juiciness، لزج، زيتي oiliness ، الهشاشة crispness).

النكهة flavor:

تعدّ نكهة المادة الغذائية إضافة إلى قوامها من أهم الخصائص التي تساهم إلى حدّ بعيد في تحديد جودتها. ويتطلب تقديرها في أي مادة غذائية التدريب الجيد على مجمل الاختبارات المتعلقة بالطعم والرائحة عن طريق التحريض والتنشيط المتزامن لعدد كبير من مكونات المادة الغذائية والمستقبلات الحسية الذوقية منها والشمية المتواجدة في الفم والتجويف الأنفي. تشمل النكهة دراسة عاملين الطعم والرائحة. وكلاهما يتحكم و بدرجة كبيرة في جودة المحصول.

١- الطعم SAVOUR:

تتمركز مستقبلات الطعم بشكل رئيس في البزاعم الذوقية للسان. وكل برعم من هذه البزاعم يتكون من مجموعة من الخلايا المنفتحة على ممر وحيد ينتهي في قمته العليا بتكوين مسام على سطح اللسان. ويدعم هذا الممر عصباً شديداً الحساسية ليس فقط لطعم المادة الغذائية وإنما أيضاً تجاه المؤثرات الخارجية كالحرارة والضغط والخشونة وغيرها. ومع ذلك لا يوجد برعم ذوقي واحد متخصص بطعم واحد من أقسام الطعم الأربعة (الملوحة و الحلاوة و الحموضة والمرارة) وإنما يتأثر وفي آن واحد بأكثر من طعم مع البقاء على طعم واحد متميز ومسيطر على الطعوم الأخرى. فمثلاً وجود الطعم الحلو دليل على ارتفاع نسبة السكريات

الأحادية والثنائية أو كلاهما معاً، وهو مؤشر جيد لثمار التفاح والبطيخ والعنب في حين أن سوء التداول بعد الحصاد أو سوء التخزين يؤدي لانخفاض محتوى الثمار من السكريات.

تأثير التركيب الكيميائي في الطعم: إنَّ ذوبان مادة التذوق في الماء يشكل الخطوة الرئيسية الأولى التي تسمح للمادة باختراق البراعم الذوقية عبر مساماتها وتسمح لنا بالتالي من تقدير العلاقة القائمة ما بين التركيب الكيميائي للمادة وطعمها.

■ الطعم الحلو Sweetness:

تتعدد المركبات في تركيبها الكيميائي والتي تتميز بالطعم الحلو (السكريات، مركبات ذات وظيفة كحولية، سكارين، بعض الأحماض العضوية، بعض الأحماض الأمينية وبعض البيبيدات...) وتعد السكريات ولاسيما الأحادية والثنائية من أهم المركبات التي تتميز بالطعم الحلو. كما ترتبط بعوامل عديدة منها التركيب الكيميائي وتركيز المادة ودرجة حرارتها. ويمكن الاستدلال على محتوى الثمار من السكريات بالتذوق أو بقياس النسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة أو بقياس السكريات الكلية أو السكريات الذائبة. يؤدي سوء تداول الثمار بعد الحصاد وطول مدة التخزين إلى انخفاض محتواها من السكر (لكونه المادة الأساسية للتنفس في كل أو غالبية الثمار البستانية) وبالتالي انخفاض في جودة الثمار الأكلية، ولهذا فإنَّ محتوى الثمار من السكريات دليل أساسي على درجة الجودة.

■ الطعم المر Bitterness :

تصنف المركبات المسؤولة عن الطعم المر ضمن مجموعتين رئيسيتين هما: القلويدات والجلايكوزيدات، ويعد الكينين من أهم مركبات القلويدات استخداماً كمادة تذوق قياسية في تقدير المرارة، حيث من الممكن الكشف عن وجود هذه المادة في المواد الغذائية على صورة هايذرو كلوريد الكينين بتركيز لا يتجاوز (10 PPM).

ونذكر على سبيل المثال احتواء الحمضيات وخاصة الجريب فروت والبرتقال المر جلايكوزيدات على شكل مركبات الفلافون السكرية وهي المسؤولة عن الطعم المر فيها، ومن

أهم هذه المركبات النانرجين والذي يحتل مركز الصدارة من بين مركبات الفلافونون في الفاكهة المذكورة.

تقل جودة المحصول البستاني بارتفاع مرارته مثل تكون الطعم المر في الجزر نتيجة سوء التهوية أثناء التخزين والتعرض للإيثيلين.

■ الطعم الحامض Acidity:

يرتبط الطعم الحامض للمادة الغذائية بتركيز أيونات الهيدروجين فيها كما يرتبط أيضاً بتركيز الأيون المرافق وطبيعته. فعند تساوي رقم الـ PH للمحاليل فإن الأحماض العضوية (حمض الفورميك، حمض الستريك، حمض الأسيتيك...) تبدي طعماً أكثر حموضة. إن ارتفاع حموضة الثمار يعني زيادة محتواها من الأحماض العضوية وبالتالي ارتفاع جودتها وقيمتها الغذائية كما هو الحال مع الحمضيات. وأيضاً تعد الأحماض مادة تنفس رئيسة، بمعنى إن انخفاض محتوى الثمار من الأحماض العضوية يعني تدهورها وانخفاض جودتها. وتؤدي نسبة السكر إلى الحموضة دوراً هاماً في تحديد الجودة الخاصة بالطعم والنكهة للثمار .

وإضافة للطعوم الرئيسية السابقة تبدي بعض المواد الغذائية أنواعاً أخرى من الطعوم التي تعد الصفة المميزة لها ومنها :

■ الطعم القابض Astringency:

يحدث الشعور بالطعم القابض للمادة الغذائية داخل جوف الفم، ومن الناحية الكيميائية فإن الطعم القابض ينشأ من التكاثر الحاصل ما بين مركبات التانينات (Tannins) أو مركبات الفينول المعقدة مع البروتينات عند تواجدها معاً في اللعاب، كما قد يحدث الإحساس نفسه عند ارتباط البروتينات الذوابة مع متعددات السكريات المتواجدة في اللعاب. نجد هذا الطعم في الموز والكاكي والبادنجان والبلح غير الناضج، ويمكن التخلص من الطعم القابض لمثل هذه الثمار بمعاملتها بغاز ثاني أكسيد الكربون أو حفظ الثمار في أكياس بلاستيكية ليوم أو يومين قبل الاستهلاك.

■ الطعم الحار :

تبدى بعض المركبات المتواجدة في عدة أنواع من الخضار صفات مميزة ومشتركة في إعطاء الإحساس بالطعم الحار (الحريف). بعض هذه المركبات غير متطاير بينما تتصف مركبات أخرى بإعطاء صفات النكهة العطرية إضافة إلى الطعم الحار. ومن أشهر الأمثلة عن هذه المجموعة من المركبات المعروف باسم حمض فانيлил أميد أحادي الكربوكسيل والاسم الشائع لهذا المركب هو كابيسيسين (Capsaicin)، ومن المركبات الأخرى الهامة والتي تساهم الى حد كبير في نكهة الفليفلة الحادة مركب البيبرين (Piperine) .

٢- الرائحة Smelling:

إن الإحساس بالرائحة يتوقف على التركيب الكيميائي لمكونات المادة الغذائية، وخاصة تلك المكونات القادرة على الذوبان في الطبقة المخاطية التي تغطي الشعيرات العصبية للخلايا الشمية المتمركزة في الجزء العلوي من التجويف الأنفي. إن الإدمصاص (هو امتزاز المادة على السطح. أي التصاقها فقط بالسطح) المؤقت لبعض المواد الطيارة على هذه المستقبلات الحسية يؤدي الى تشكل كمون كهربائي سالب على سطح الطبقة المخاطية يتبعه الإحساس بالرائحة.

أمكن تحديد وجود سبعة أنواع من الروائح التي عدّت أولية وهي : رائحة أريثرية ورائحة كافورية ورائحة مسكية ونعنعية ، و زهرية ، و رائحة واخزة ، ورائحة عفنة. وفي حال تعرض المستقبل الحسي لمزيج من رائحتين أو أكثر من الروائح الأولية ينشأ الإحساس برائحة جديدة متميزة عن الروائح المكونة لها. ويمكن تقييم الرائحة (شديدة، متوسطة، خفيفة، معدومة).

يتم تقدير عاملي النكهة والطعم عن طريق الاختبارات الحسية، حيث إنه ومع تقدم الوسائل التقنية لتقدير النكهة والرائحة وغيرها من عوامل الجودة فلا يزال حتى الآن العنصر البشري وهو الأفضل في تقدير نكهة المواد الغذائية وقياسها. ويتم ذلك عن طريق لجنة التذوق (التحكيم) المعتمدة .

٤ القيمة الغذائية Nutritive Value:

يعتبر محتوى الثمار من الكربوهيدرات والنشاء والأحماض العضوية والدهون والفيتامينات والبروتينات والأملاح المعدنية وغيرها أحد عوامل تحديد جودة المحصول البستاني بعد الحصاد.

مثال : ارتفاع نسبة النشاء في درنات البطاطا عامل محدد لجودتها من ناحية قيمتها الغذائية، أيضاً زيادة نسبة البروتينات والأحماض الأمينية في ثمار النقل، أيضاً كمية الفيتامينات وخاصة فيتامين C. ويتم تقدير القيمة الغذائية بالتحاليل الكيميائية.

٥ عوامل الأمان الحيوي Biosafety Factors:

تعتمد عوامل الأمان على خلو الحاصلات البستانية من السموم والملوثات والأثر المتبقي للمبيدات للحفاظ على صحة الإنسان وسلامة البيئة. وهو عامل محدد لمدى نجاح تصدير الحاصلات البستانية وخاصة إلى السوق الأوروبية المشتركة.

ونوجز بعض مصادر تلوث الحاصلات البستانية في الأمثلة التالية:

المعاملات الكيميائية Chemical treatments: يؤدي استخدام مبيدات الحشائش والمبيدات الحشرية والفطرية إلى تعريض الثمار إلى عوامل التوتر **stress factors** وبالتالي زيادة معدل إنتاج الإيثيلين والمسبب لسرعة التهور. أو تواجد بعض المعادن الثقيلة على الثمار البستانية مما يقلل من عامل الأمان للاستهلاك البشري وهو أحد العوامل الأساسية للجودة.

أيضاً استخدام الصبغات في تلوين الثمار بعد الحصاد والمعاملات الكيميائية والتنظيف الجاف يؤدي إلى ضعف قشرة أو بشرة الثمار وبالتالي سهولة الإصابة بالأضرار الفيزيولوجية مثل ضرر البرودة أو ارتفاع معدل تنفسها وبالتالي سرعة تدهورها وفقدانها لجودتها، ولهذا يراعى تقادي استخدام الكيماويات التي تسرع من تدهور الحاصلات البستانية بعد حصادها، واختيار المواد المسموح باستخدامها دولياً والتي تؤثر بالإيجاب على جودة الثمار بعد الحصاد وتعمل على الإبطاء من سرعة التدهور وتقلل من نسبة الفقد بعد القطاف وأثناء التخزين.

السموم Toxicants: منها الطبيعي والتي تخلق نتيجة تراكم نواتج ذاتية المنشأ في الثمار منها الغليكوزيدات في فاصولياء الليما، والنيترات والنتريت المتواجد في معظم محاصيل الخضار الورقية، والأوكسالات التي تتراكم في أوراق السبانخ، والسولانين (جليكوزيد) المتواجد في درنات البطاطا. وللد من تخليق أو تراكم مثل هذه السموم يجب العناية بنوعية الأسمدة المستخدمة والاهتمام بظروف التخزين والتسويق.

أما السموم الصناعية فهي الناتجة عن تلوث البيئة نتيجة استخدام المبيدات لغرض مكافحة والآثر المتبقي منها على الثمار. ويمكن التأكد من خلو الثمار من الأثر المتبقي للمبيدات باستخدام أجهزة التحليل الكروماتوغرافي.

الملوثات Contaminants: و منها الطبيعي كالفطور والبكتريا والتي تفرز مواداً سامة، ولذلك يجب تطهير الثمار بعد القطاف بمركبات مثل الكلورين وأملاح الصوديوم. أما التلوث الإشعاعي فهو نتيجة لتسرب الإشعاعات الذرية من المفاعلات النووية.

أهم العوامل المؤثرة في الجودة (النوعية) قبل القطاف وبعده

أهم العوامل المؤثرة في الجودة قبل الحصاد:

- ✓ **الصنف :** تختلف الأصناف داخل النوع الواحد في جودتها و تحملها للظروف التخزينية.
- ✓ **منطقة الزراعة وطبيعة التربة:**
- يتأثر التركيب الكيميائي للثمار كنسبة السكريات وسماكة الجدر الخلوية (الصلابة) وغيرها ،
- بظروف منطقة الزراعة من درجة حرارة و سطوع شمسي ومعدل الهطول المطري والرطوبة الجوية وغيرها. كما تؤثر بشكل كبير في موعد النضج، فمثلاً الإضاءة لفترة طويلة تؤدي لزيادة التمثيل الضوئي الذي ينعكس على زيادة نسبة السكريات في الثمار .

وتؤثر التربة بقوامها ودرجة حموضتها ومحتواها من العناصر المعدنية وغيرها، في جودة الثمار الناتجة وقدرتها التخزينية. إن زراعة الكرمة في ترب باردة ثقيلة يؤدي لتأخر موعد النضج وقلة محتوى الثمار من السكريات، وعلى العكس فإن الثمار الناتجة من ترب دافئة جيدة الصرف تكون ذا محتوى أفضل من السكروز والأحماض العضوية والمواد العطرية. درنات البطاطا المزروعة في ترب ثقيلة تكون صغيرة الحجم ، صلبة ، ذات طعم رديء، وقدرتها التخزينية منخفضة حيث تكون أكثر عرضة للأمراض كما قد يزداد الفقد أثناء التخزين.

✓ الظروف المناخية من حرارة و رطوبة :

لدرجة الحرارة دور مباشر في سرعة النضج مما ينعكس على القدرة التخزينية للثمار، فمثلاً يؤدي زيادة الهطول المطري لخفض تركيز المادة الجافة في الثمرة من سكريات ومواد ثانوية. بالإضافة لزيادة المحتوى المائي للثمار الأمر الذي ينعكس على انخفاض المتانة الميكانيكية (الصلابة) للثمار وقلة القدرة على التداول والتخزين، لذلك ينصح بعدم قطاف الثمار لغرض التخزين بعد الري أو الهطول المطري .

- هذه الظروف ستؤدي بالبصل إلى التأخر بالنضج وانخفاض قدرته التخزينية .
- تفقد ثمار البندورة قدرتها على التلون عند ارتفاع درجة الحرارة (أعلى من 30 ° C) .
- بشكل عام تتأثر اللوزيات بالعوامل الجوية بدرجة أكبر من التفاحيات، فانخفاض درجة الحرارة أثناء نضج الخوخ يؤدي لزيادة حموضة الثمار وانخفاض نسبة السكريات.

✓ **التسميد :** يحتاج النبات إلى توازن في امتصاص الأملاح المعدنية للنمو والإنتاج الجيد، وإن النقص في أي من العناصر الضرورية للنمو الثمري يكون سبباً في انخفاض الجودة، ويظهر ذلك من خلال عيوب فسيولوجية على الثمار قد تظهر أو تتطور أثناء التخزين الأمر الذي ينعكس على القدرة التخزينية للثمار . مثال :

عنصر **P, K** : تؤثر في زيادة المحتوى السكري في الثمار .

عنصر **N** : يؤخر نضج الثمار و له دور في انخفاض محتوى السكر في الثمار .

عنصر **Ca** : انخفاضه ينعكس سلباً على صلابة الثمار - يسبب ظهور القلب المائي والنقرة المرة في الثمار التفاح - تشققاً في جذور الجزر - احتراق القمة في الخس - عفن الطرف الزهري و قلة التلون في البندورة .

عنصر **Cu**: نقصه يؤدي إلى رقة الحراشف في البصل و ضعف القدرة التخزينية.

✓ تأثير الأصل و جودة عملية التقليم: الأصل المستخدم في شجرة الفاكهة يؤثر في مدة وسرعة النضج وجودة الثمار فالأصول المقصرة تكون مبكرة بالنضج، ونحصل على ثمار كبيرة وجودة عالية مع عملية تقليم جيدة وخفّ الأزهار .

أهم العوامل المؤثرة في الجودة ما بعد الحصاد :

Postharvest Factors Influencing Quality

ليست كلّ التغيرات التي تحدث في الثمار تسبب فقداً في النوعية بعد الحصاد، حيث إنّ بعض التغيرات تكون ضرورية لاكتساب الصفات المذاقية والصلاحية للأكل **eating quality** إنّ بعض الثمار الاستوائية وشبه الاستوائية مثل الموز والمانغو والبندورة تقطف في مرحلة اكتمال النمو، ثمّ تترك لتصل إلى مرحلة النضج بعيداً عن النبات الأم للوصول إلى النوعية الغذائية المرغوبة. ومن أهم العوامل المؤثرة في الجودة بعد القطف :

١- عملية الحصاد.

٢- الشحن والتداول.

٣- التخزين.

أولاً. عملية الحصاد **Harvesting**.

يعدّ تحديد الموعد الأمثل للحصاد من أهمّ النقاط الواجب معرفتها، حيث يختلف من محصول لآخر. إنّ تحديد مرحلة القطف المثلى يرتبط بطول فترة التسويق أو الشحن أو التخزين وأيضاً الغرض من الحصاد إذا كان للتسويق المحلي أو يحتاج لوقت بعد الحصاد حتى

يتم فيه تصديره أو يحصد للتخزين أو التصنيع. كل هذه العوامل يجب وضعها بعين الاعتبار عند تحديد درجة القطاف المثلى، وقد تكون الثمار عرضة للذبول في حال قطفت قبل الموعد المناسب بالإضافة لسهولة إصابتها بالأضرار الميكانيكية المختلفة، من جهة أخرى يمكن أن تفقد قدرتها على إتمام عملية النضج واكتساب النكهة المرغوبة، هذا وإن التأخر بالحصاد عن الموعد المحدد يؤدي للتقدم بالنضج والحصول على ثمار طرية القوام ورخوة، وبالتالي انخفاض القدرة على التداول والشحن والتخزين. وعموماً تكون الثمار المقطوفة في موعد غير مناسب أكثر عرضة للإصابات الفسيولوجية وتقل قدرتها التخزينية. وللتذكيرة نورد بعض الطرق والوسائل التي يمكن تحدد درجة القطاف المثلى:

✓ **درجة الصلابة Fruit Firmness** : تقل درجة صلابة لب الثمار مع اكتمال النمو والتقدم بالنضج، وتعدّ دليلاً جيداً لتحديد موعد القطاف لدى بعض المحاصيل، مثل التفاح والإجاص والخوخ. وتختلف درجة الصلابة باختلاف الصنف والنوع ومنطقة الزراعة لاختلاف الظروف البيئية السائدة .

✓ **عدد الأيام من التزهير الكامل ٨٠% حتى النضج** : وغالباً ما يكون ثابتاً للصنف الواحد في المنطقة الواحدة باستثناء السنوات التي تحدث فيها تغيرات كبيرة في معدلات درجات الحرارة أثناء نمو الثمار كما في التفاح والإجاص.

✓ **عدد الأيام من الزراعة** : كما هو متبع في معظم محاصيل الخضار البطاطا والجزر وغيرها.

✓ **تغير اللون الأساسي للثمار Ground Color** : يتغير لون الثمار مع التقدم بالعمر، حيث إن اختفاء اللون الأخضر والذي يعتبر اللون الأساسي لكثير من الثمار دليل مهم لبدء مرحلة النضج، ويعود ذلك إلى تطور صبغات أخرى كالكاروتين والكارنثين والانتوسيانين. يتأثر اللون بالبيئة المحيطة بالثمار كالضوء والحرارة والري والتسميد، من جهة أخرى فإن اللون الظاهري قد يكون غير ذي فائدة كدليل نضج لدى بعض الثمار، كالحمضيات التي تبقى خضراء وتكون صالحة للحصاد أما ثمار الأناناس فإنّ اللب يكون ناضجاً بالرغم من أن القشرة لا تزال خضراء.

✓ المواد الصلبة الذائبة الكلية: هو من المؤشرات الجيدة لاكتمال النمو والنضج في العديد من الحاصلات البستانية، فيبلغ تقريباً في العنب 18-20 % - الخوخ 13% - البرتقال 10% - الليمون 0.9 % - البطيخ 12-13 % .

✓ المحتوى من الأحماض: مثل (الليمون 5-7%)، و نسبة السكر للحمض كما هو الحال في الرمان والحمضيات والبندورة والكيوي (1/8 البرتقال -1/25 العنب - 1/2 الليمون).

✓ المحتوى من النشاء كالتفاح والإجاص والبطاطا.

✓ تكوين منطقة الانفصال عند عنق الثمرة كالكانتلوب والتفاح والبندورة.

✓ الوصول للحجم الأمثل الممثل للنوع أو الصنف (ثمار الخضار والفاكهة).

✓ لون البذور، كمية العصير (الحمضيات -الرمان) نسبة الزيت (الزبدية وأصناف الخس الدهنية).

✓ الكثافة النوعية (البطاطا).

ثانياً. الشحن و التداول Transporting and Handling:

غالباً ما تكون مناطق الإنتاج بعيدة عن منطقة الاستهلاك المحلي أو أسواق التصدير الأمر الذي يبرز أهمية وسائل النقل وتأمين البنى التحتية له. ويجب التأكيد عند نقل الحاصلات الزراعية وعلى التعبئة والتغليف والتحكم بدرجات الحرارة والتهوية والرطوبة طوال فترة النقل. يوصى بالسرعة بنقل الثمار إلى مخازن التبريد بعد إجراء عملية الفرز الأولي والتدريج، وذلك بأسرع وقت ممكن بعد الحصاد مع اختيار الطرق المناسبة وعربات النقل التي تضمن عدم إصابة الثمار بالرضوض أو احتكاك السطوح، مع الأخذ بعين الاعتبار نوعية صناديق الجمع وطريقة ترتيبها داخل وسيلة النقل كما يجب تغطية الثمار لحمايتها من لفحة الشمس sun scorch وتجنب فقد المائي ما أمكن.

جدول (6) كيفية تقدير درجة اكتمال النمو والصلاحية للقطف لبعض أنواع ثمار الفاكهة و الخضار .

المحصول	الخواص المختلفة
التفاح والاجاص	عدد الأيام من التزهير الكامل للحصاد
بعض القرعيات و التفاح	تكوين طبقة الانفصال
تكون الكيوتيكل في العنب و البندورة تكون الشبكة في قشرة بعض القرعيات و الكانتلوب ، وتكون الطبقة الشمعية والمظهر اللامع في بعض المحاصيل	الشكل الظاهري لسطح الثمرة و تركيبه
كل الثمار وبعض محاصيل الخضار	الحجم
بطاطا والكرز و البطيخ	الكثافة النوعية
التضليع في الموز ، امتلاء أقراص البروكلي والقرنبيط	الشكل
كل ثمار الفاكهة ومعظم الخضار	اللون
التفاح والاجاص	محتوى النشاء
الحمضيات والقرعيات والكيوي	الحموضة ونسبة السكريات / للحموضة
الموز الافوكادو والكاكي	الطعم القابض



شكل 30: عربة نقل مبردة.

إن من أهم الأمور الواجب العناية بها بعد الحصاد تجنب الأضرار الميكانيكية، فلا بد من العناية بعملية القطاف والتداول باستخدام طرق متطورة سريعة مع تجنب الأضرار الميكانيكية **Mechanical injury** (جروح، رضوض، سقوط الثمار على الأرض، احتكاك لبشرة الثمرة...) والمسببة لفقدان النوعية المرئية للسلعة **visual quality** بالإضافة لسهولة دخول الأحياء الدقيقة والمسببات المرضية و بالتالي سرعة التلف.

إن مثل هذه الأضرار تؤدي إلى زيادة فقد الماء من الثمار بسبب الضرر الذي لحق بطبقة الحماية الخارجية للثمار مع زيادة في معدل إنتاج غاز الإيثيلين خاصة إيثيلين التوتّر أو التجريح **stress or wound ethylene** كرد فعل على الجروح الحاصلة في الثمرة والذي يؤدي إلى اندفاع الثمار البستانية تجاه الشيخوخة مع فقدان الجودة والتدهور بسرعة شديدة، كما أن حمل الثمار للأتربة والأوساخ من الحقل يزيد من تفاقم هذه المشكلة مما يزيد نسبة الفاقد كما ونوعاً.

في ضوء ما سبق تقسم الإصابات الميكانيكية لثلاثة أقسام: بفعل الصدمات، أو الضغوط، أو الاهتزازات.

- **النوع الأول يحدث بفعل اصطدام الثمار ببعضها بعضاً، ونتيجة سقوطها على سطح خشن؛ حيث تتأثر قشرتها بفعل هذا الاصطدام.** يمكن أيضاً للحصاد الميكانيكي أو معدات الفرز والتدريج الغير مناسبة أن تؤدي لهذا النوع من الإصابات. يستمر هذا النوع من الإصابات على امتداد عملية التداول لفترة ما بعد الحصاد.
- **النوع الثاني (بفعل الضغوط) :** ينتج عن تعرض الثمار لضغوط غير ملائمة بفعل وزن الأحمال الفوقية لعبوات المنتج على العبوات السفلية حيث تكون تلك الإصابات واضحة مثلاً في ثمار البطاطا والبصل التي تكون في الطبقة السفلية في غرف تخزين الصب Bulk ، ومن ثم يجب أن لا تتجاوز ارتفاعات كومة البطاطا عن 4.5 إلى 5 م . أيضاً يجب مراعاة ذلك عند رصّ العبوات الكرتونية حيث توجد توصيات محددة في هذا المجال للحدّ من الضغوط التي تتعرض لها ثمار أو عبوات الطبقات السفلية. أيضاً لنوعية العبوات وخاصة أركانها وخواصها الميكانيكية دور كبير في هذا المجال. وتوجد طريقة لتحديد قوة العبوات يمكن الرجوع لها للوصول للتصميم الأمثل. يجب أيضاً عدم الملء الزائد للعبوات واستخدام الفواصل بينها في حال تطلب الأمر ذلك لمنع احتكاكها أثناء النقل والتداول.
- **النوع الثالث (بفعل الاهتزازات):** عادة ما يحدث أثناء النقل سواء من الحقل لمحطة التعبئة أو نقل المنتج النهائي لمراكز التوزيع أو للتخزين طويل المدى؛ حيث تعدّ نُظُم التعليق الميكانيكي للسيارات الناقلة وما ينتج عنها من اهتزازات سبباً رئيسياً يؤثر بصورة مباشرة على جودة الثمار خاصة في حالة وجود عبوات سائبة؛ حيث يكون التأثير كبيراً على ثمار مثل الموز والكمثرى.



شكل 31 : تخزين البصل بغرف تخزين الصب Bulk.



شكل 32 : طريقة تداول خاطئة (الأسفل)، وطريقة صحيحة (الأعلى).

ثالثاً. **التخزين Storage** : يجب مراعاة الأمور التالية عند قطاف الثمار لغرض التخزين:

✓ يعدّ الإسراع في تبريد المحصول بعد القطاف من الأمور الأساسية للحفاظ على مؤشرات النوعية الجيدة.

✓ الاختيار والمراقبة الجيدة لظروف التخزين من حرارة ورطوبة نسبية وتهوية، حيث إن ظروف التخزين غير المثالية سوف تؤدي لتدهور السلعة، ومن جهة أخرى قد يؤدي التخزين عند درجات حرارة منخفضة لأضرار البرودة .

✓ الانتباه لنوعية الثمار الموجودة ضمن مخزن واحد، فمثلاً يمكن تخزين ثمار التفاح مع الإيجاص والعنب والكرز والخوخ واللفت عند درجة حرارة الصفر، و الرطوبة الجوية 90-95 %، مع أخذ الاحتياط بالنسبة للمحاصيل التي تتأثر بغاز الأثيلين مثل الخس والجزر. يمكن تخزين ثمار الليمون والبطاطا والبندورة والخضراء والموز عند درجة حرارة 15 ° C ورطوبة نسبية 90 %.

✓ إجراء العلاج التجفيفي **Curing** للمحاصيل الجذرية والبطاطا والبصل والثوم ممّا يحسّن النوعية، ويقلّل الفقد الحاصل للثمار، بالنسبة للبصل والثوم يؤدي التجفيف لتماسك القشور الخارجية والتصاقها بالأبصال وحمايتها، كما أنّ جفاف الأعناق يغلق البصلة ويشكّل جداراً واقعياً يمنع دخول الأحياء، حيث تتمّ هذه العملية حقلياً لفترة 3-7 أيام مع تغطية الأبصال لحمايتها من الشمس أو يمكن أن تتمّ معالجة حرارية 30-40 ° C مع تأمين رطوبة جوية لا تزيد عن 80 % لمدة أسبوع. يساعد العلاج التجفيفي درنات البطاطا على تكوين طبقة فليينية في أماكن الجروح لتقليل الفقد بالوزن والحدّ من انتشار الأمراض، وتحتاج حرارة معتدلة 15-21 ° C ورطوبة نسبية 85-90 % لعدّة أيام (5-7 يوم).

✓ الحصاد في الصباح الباكر: يحصل الحصاد في الساعات المبكرة من النهار عندما تكون درجة الحرارة منخفضة، وذلك للتقليل ما أمكن من حرارة الحقل وللتوفير من تكاليف عملية التبريد . كما يراعى عدم وضع الثمار تحت أشعة الشمس المباشرة حيث يجب وضع الحاصلات في أماكن ظليلة ريثما يتمّ نقلها.



- يعتمد تحديد جودة الحاصلات البستانية على خمسة عوامل أساسية يندرج تحتها العديد من العوامل الفرعية. والعوامل الخمس الأساسية التي يمكن الاعتماد عليها في تحديد جودة المحصول البستاني هي المظهر والعيوب المظهرية والنكهة والطعم والقيمة الغذائية وعوامل الأمان الحيوي.
- عاملا المظهر ومحتوى الثمار من السكريات هما من عوامل تحديد الجودة، وأيضاً يمكن الاعتماد عليها لتحديد موعد الحصاد الأمثل لمعظم المحاصيل البستانية.
- يمكن أن يدلّ لون المحصول البستاني على قيمته الغذائية كما هو الحال في الجزر.
- إنّ صلاحية الثمار للقطاف لا تعني صلاحيتها للاستهلاك.
- يعتمد تحديد مرحلة القطاف المثلى على عوامل مظهرية أساساً بالإضافة لبعض القياسات الأخرى أهمّها: الصلابة ومحتوى الثمار من السكر ونسبة السكر إلى الأحماض.
- إنّ عملية الإشراف الدقيقة في الحقل من أهم عوامل المحافظة على الثمار من الأضرار الميكانيكية التي تلحق بها نتيجة إلى:
 - ١- عمليات الجمع والقطاف غير الصحيحة.
 - ٢- السقوط المتكرر للثمار أثناء القطاف والتفريغ.
 - ٣- ملء عبوات الثمار أكثر من اللازم.
 - ٤- الأضرار الميكانيكية أثناء الجمع والتداول.

المطلوب:

← دراسة وتحديد مقاييس الحجم والشكل واللون لعينات الثمار المدروسة (من 5 إلى

10 ثمار) وملء الجدول التالي:

النوع أو الصنف	الحجم	دليل الشكل	الشكل	اللون	ملاحظات
١-					
٢-					
٣-					

المواد والأدوات اللازمة:

- عينات مختلفة من ثمار الخضار والفاكهة.
- مساطر خاصة لقياس أبعاد الثمار.
- بياكوليس.
- ميزان دقيق.
- جداول خاصة بأحجام وأشكال الثمار.

المواد والأدوات اللازمة:

- عينات مختلفة من ثمار الخضار و الفاكهة.
- نماذج مختلفة من استمارات التقييم الحسي (اختبار التذوق).
- نماذج من استمارات تقييم الجودة.

← دراسة وتميز الصفات الحسية لمجموعة من ثمار الخضار والفاكهة ، وملء البيانات
وفق الجداول التالي:

استمارة لتتبع مراقبة المنتج من النواحي الحسية

الدرجات	اللون	المظهر	القوام أو الملمس	الطعم	الرائحة	القبول ككل	ملاحظات
ممتاز (10)							
جيد للغاية (9)							
جيد جداً (8)							
جيد (7)							
أقل من جيد (6)							
وسط (5)							
أقل من وسط (4)							
ضعيف (3)							
ضعيف جداً (2)							
ضعيف للغاية (1)							

اسم المراقب وتوقيعه:

التاريخ / /

القيام باختبار تذوق وإعطاء العلامات لتقييم جودة الثمار المختبرة حيث تعطى /10/ درجات
تبعاً لكل صفة حسب الجدول السابق.

تعطى لكل معاملة رقم 1،2،3،..... ثم تعرض على لجنة التذوق تحت رقم العينة / تعطى
العينة بعد التذوق علامة من 1 إلى 10 حسب الجدول المرفق لمؤشرات اللون و الطعم

كل مراقب يأخذ استمارة خاصة به، ويعطي العلامة بمعزل عن رأي البقية، أي حسب ما يفضل
هو. وكلما زاد عدد المتذوقين كانت النتيجة أفضل و يفضل أن لا يقل عن 12 شخصاً.



بعض الاختبارات لتقدير جودة الثمار

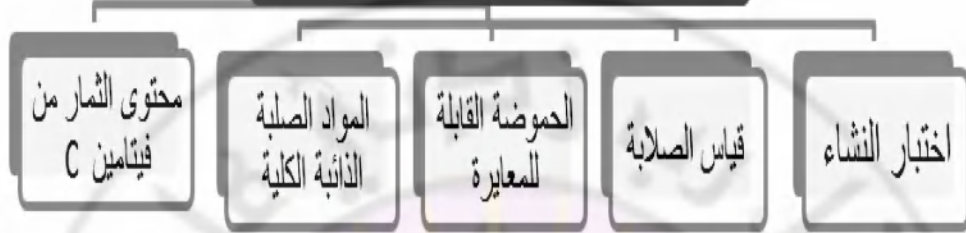
مقدمة: تتضمن هذه الوحدة بعض أهم الاختبارات لتقدير ومراقبة جودة الثمار خلال مدة التخزين. وهي: كمية النشاء، قياس الصلابة، تقدير نسبة المواد الصلبة الذائبة، نسبة الحموضة القابلة للمعايرة، كمية فيتامين C، تقدير نسبة العصير في الحمضيات. تفيد هذه الاختبارات في: تحديد الموعد الأمثل للقطاف ومعرفة مرحلة النضج ومراقبة مؤشرات جودة الثمار أثناء التخزين وتحديد موعد التسويق.

الكفاءة والقدرة: القدرة على إجراء التجارب المخبرية الواردة لتقدير ومراقبة جودة الثمار أثناء التخزين وإتقان استخدام الأجهزة المرافقة بطرق علمية صحيحة ومرجعية.

الأهداف: في نهاية الوحدة يكون الطالب قادراً على القيام بالاختبارات التالية:

- تقدير كمية النشاء.
- قياس الصلابة.
- تقدير الحموضة القابلة للمعايرة ونسبة المواد الصلبة الذائبة.
- تقدير كمية فيتامين C.
- الوسائل المساعدة: عرض تقديمي، عينات من الثمار (خضار وفاكهة) لغرض الدراسة والتقييم.
- الأدوات والأجهزة المخبرية الخاصة بالاختبارات المدروسة.
- أجهزة البنيتروميتر والرفراكتوميتر.
- المواد الكيميائية المطلوب وفق طرق العمل المرجعية.

بعض الاختبارات التي تُفقد في مراقبة جودة الثمار



اختبار شدة هدم النشاء Starch

ما هو النشاء؟ يتكون النشاء من الأميلوز والأميلوبكتين بنسب تتفاوت حسب مصدره ويتكون الأميلوز من سلاسل مستقيمة من الجلوكوز 250-300 أما الأميلوبكتين فيتكون من سلسلة متشعبة من الجلوكوز حوالي 1000 جزيء.

أهم خواص النشاء:

- عديم اللون ويتحلل مائياً بواسطة أنزيمات الأميليز.
- لا ينحلّ بالماء لكنّه يتشرب الماء بالتسخين وبالتدريج حيث تتفجر حبيباته مشكلة محلولاً غروباً ذا قوام هلامي ولزوجة عالية، فيسمى مطبوخ النشاء، ويمكن للنشاء أن يمتصّ الماء حتى 300% من وزنه.
- يعطي النشاء مع اليود لوناً أزرق، ويعدّ الانعكاس النوعي للنشاء عند معاملته باليود (باستخدام محلول اليود مع يوديد البوتاسيوم).
- كثافة النشاء عالية 1.5-1.6 وبالتالي تستخدم هذه الخاصية عند استخلاصه من درنات البطاطا حيث تهرس وتمزج مع الماء فيرسو النشاء في القاع (أبو حسون، 2009).

- يقلّ محتوى النشاء عند أغلب ثمار الخضار والفاكهة خلال نضجها على النبات الأم أو بعد القطاف، وتبعاً لذلك يزداد محتواها من السكريات إلى أن يصل إلى حد أقصى، ويبدأ بعده محتوى السكريات بالانخفاض.

■ تغيرات النشا والسكريات في ثمار التفاحيات:

إنّ وجود النشاء في معظم ثمار الفاكهة دليل على عدم نضجها، فمثلاً تكون نسبة النشاء في ثمار التفاح قبل النضج (٥-٤ %) وتنخفض حتى (٢-١.٥ %) في فترة الجمع، ويختفي النشاء تماماً عند النضج الكامل. حيث تحتوي ثمار التفاحيات قبل بداية النضج على كمية من النشاء تتحول تدريجياً خلال النضج إلى سكريات، ويبدأ التحول ابتداءً من المنطقة المجاورة لعنق الثمرة ثم مركز الثمرة (المنطقة المتاخمة لحجرة البذور)، وثمّ نحو محيط الثمرة (عبر اللب) حتى الطبقة الواقعة تحت القشرة ويختفي النشاء تماماً عند بلوغ الثمرة درجة النضج الكامل.

تزداد نسبة السكريات الكلية خلال النضج في بداية التخزين على حساب حلمة النشاء والمواد الكربوهيدراتية الأخرى، ثم تبدأ بعد ذلك بالانخفاض تدريجياً نتيجة لاستهلاكها بالتنفس. كما ترتفع نسبة السكريات الأحادية بعض الشيء على حساب حلمة السكروز، ويلاحظ انخفاض نسبة الأحماض العضوية وذلك لاستهلاكها في عملية التنفس خاصة في نهاية النضج الكامل وتفككها إلى CO_2 وأسيت الدهيد (CH_3OH). لذلك يمكن الحكم على درجة نضج التفاحيات بكمية النشاء الموجودة فيها.

■ تحولات السكر والنشا في البطاطا:

يخضع النشاء في البطاطا خلال التخزين إلى تغيرات كبيرة تحت تأثير أنزيمات مختلفة وتتوقف طبيعة هذه التغيرات على ظروف الوسط المحيطة بالدرنات وخاصة درجة الحرارة، وتعدّ نسبة النشاء والسكر في أي وقت من فترة التخزين محصّلة لجريان العمليات الثلاث التالية:

- ١- تحليل النشاء إلى سكر.
- ٢- تحول السكر إلى نشاء.
- ٣- أكسدة السكر وفقده خلال عملية التنفس.

تزداد شدة تلك العمليات بارتفاع درجة الحرارة وتنخفض بانخفاضها ولكن بمعدلات متفاوتة فإن انخفاض الحرارة مثلاً يضعف تحول السكر إلى نشاء أكثر من تحول النشاء إلى سكر، فلقد تبين أن انخفاض درجة الحرارة من 20°C إلى الصفر المئوي يؤدي إلى انخفاض سرعة تحول النشاء إلى سكر بمقدار الثلث فقط، أما سرعة تحول السكر إلى نشاء فتقل بمعدل عشرين مرة.

ويعود السبب في اختلاف سرعة هذه التحولات إلى اختلاف نشاط الأنزيمات المسؤولة عن تلك التفاعلات باختلاف درجات الحرارة ورقم PH في العصير الخلوي.

في التخزين البارد في درجة حرارة قريبة من الصفر المئوي تكون درجة انحلالية CO_2 (المنطلق من أنسجة الثمار في عملية التنفس) في ماء العصير الخلوي أكبر من انحلاليته في التخزين الدافئ وعند انحلاله يتكون حمض الكربون فترتفع حموضة العصير الخلوي (ينخفض PH) وفي هذا الوسط الحامض يميل نشاط أنزيمات تركيب النشاء إلى الانخفاض وبالتالي يسود تحول النشاء إلى سكر.

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 إلى اختلال الدرنات فسيولوجياً فيسمر لبها مكسبة الدرنات الألوان الداكنة نتيجة لحدوث تفاعل ميلارد (خاصة بالتخزين الطويل)، وتنخفض نوعيتها حيث يقل حجم حبيبات النشا وتتغير طبيعتها وتصبح أقل قابلية للطهي والتصنيع ويزداد الفقد منها عند التقشير.

يمكن التقليل من تراكم السكريات في الدرنات بتخزينها عند درجة حرارة (4-5°C) وهذا ما يحصل عملياً، حيث تنخفض كذلك نسبة الفقد مع احتفاظ الدرنات بالنوعية الجيدة. وللتخلص من السكريات الزائدة تعرض الدرنات بعد إخراجها من التخزين المبرد إلى درجات حرارة مرتفعة نسبياً ولمدة معينة قبل استهلاكها.

تعدّ البطاطا من المحاصيل الغنية بالنشاء إذ تحتوي درناتها على 15-18 % وزيادة النشاء في البطاطا دليل على جودة الدرنات، بينما تحتوي البازيلاء الخضراء على حوالي 5 % نشاء ويترافق نضج البازيلاء بانخفاض نسبة السكر وزيادة النشاء في حبوبها فتصبح خشنة صلبة القوام سميكة القشرة وتفتقر للون الأخضر ويسوء طعمها لذلك يفضل جمعها قبل زيادة نضجها للاستهلاك كحبوب خضراء.

❏ مبدأ الطريقة:

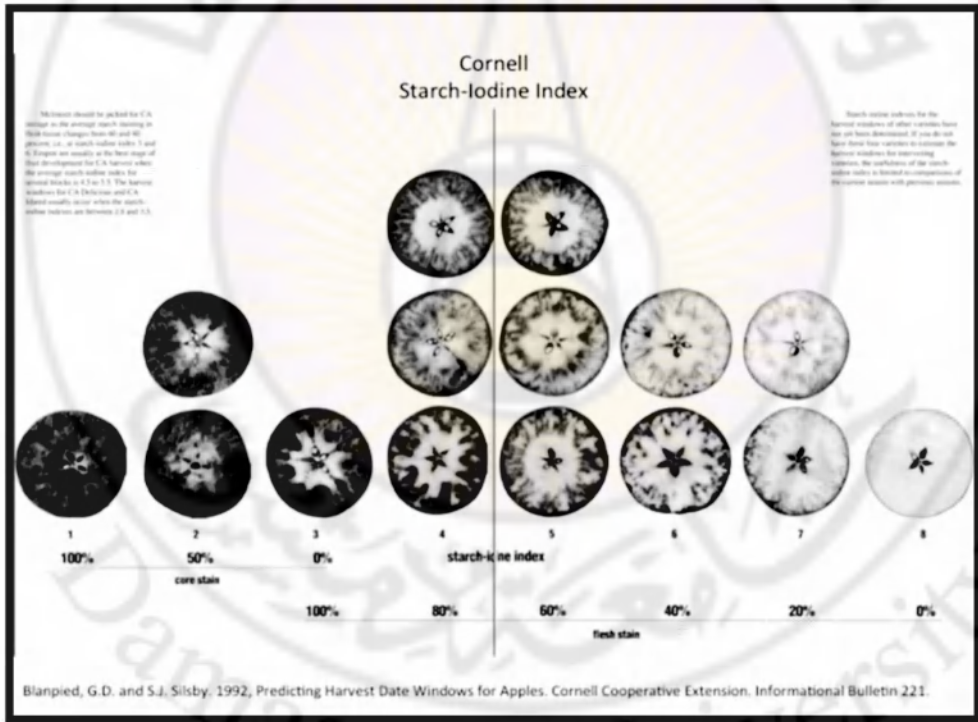
نستعمل محلول اليود في يوديد البوتاسيوم لتقدير كمية النشاء في الثمار وصفيّاً، والذي يشكل مع النشاء صبغة ذات لون أسود مزرق، وتتوقف شدّة التلون على كمية النشاء الموجودة في الثمرة فتكون شديدة داكنة في الثمار غير الناضجة (أي كمية النشاء كبيرة) ، وتصبح خفيفة باهته في الثمار مكتملة النضج، ويشمل هنا التلون طبقة رقيقة من اللب تحت القشرة ، حيث يبدأ تفكك النشاء من مركز الثمرة (حجرة البذور) باتجاه المحيط.

❖ تحضير محلول اليود في يوديد البوتاسيوم KI:

- إذابة [10 غ] من يوديد البوتاسيوم KI في 50 / مل ماء مقطر .
- يضاف [5 غ] يود بلوري تحرك جيداً حتى تنحل بشكل كامل.
- ثم يتم إكمال الحجم بالماء المقطر حتى 500 مل الحجم .



شكل 33: صبغة اليود.



الشكل 34: تقدير درجة نضج ثمار التفاح اعتماداً على درجة التلون بصبغة اليود.

طريقة العمل:

- نختار عينة من الثمار (10 ثمار من التفاح) ثم نقوم بعمل مقطع عرضي عند مستوى قطر الثمرة على أن يمر من حجرة البذور.

- توضع المقاطع العرضية في طبق بتري يحتوي على الصبغة المحضرة سابقاً، وتترك لمدة [5-10] ثانية.
- ترفع المقاطع و يزال الزائد من الصبغة بورق ترشيح.
- تقدر كمية النشاء في مقطع الثمرة بعد [1-2] دقيقة لتحديد درجة النضج حسب الشكل المرفق لوصف درجات التلون.

المواد والأدوات اللازمة:

- عينات من ثمار التفاح بدرجات نضج مختلفة.
- حوزة معيارية سعة [0.5] ليتر.
- ماء مقطر + يود معدني + يوديد البوتاسيوم.
- سكين + ورق ترشيح + ملقط صغير + طبق بتري.

المطلوب:

تحديد درجة النضج في ثمار التفاح المدروسة وبدرجات نضج متباينة بوساطة الاختبار الوصفي للنشاء بمحلول اليود في يوديد البوتاسيوم باتباع الطريقة المشار إليها مع تدوين النتائج في الجدول التالي:

رقم الثمرة	وصف تلون سطح مقطع الثمرة	درجة التلون	درجة النضج	الصلاحية
١-				
٢-				
٣-				

قياس درجة الصلابة Firmness

تعتبر الصلابة (درجة تماسك اللب) من مؤشرات النضج الأساسية، حيث تقل الصلابة بالتدرج مع تقدم الثمار بالنضج بسبب حلمأة البروتوبكتين .

تتكون المواد البكتينية من سلاسل طويلة للأحماض البكتينية (الغلاكتونيك) وتتشعب معظم مجموعاتها الكربوكسيلية بالكحول الميثيلي.

تضم المواد البكتينية البروتوبكتين كطليعه للبكتين ويوجد مرتبطاً مع السيليلوز والنشاء وغيرها من المواد، لا ينحل بالماء لكنه يتحلله بسهولة تحت تأثير الحموض والأنزيمات معطياً البكتين، والبكتين ينحل بالماء ويتحلله معطياً الحموض البكتينية، أي يتحول البروتوبكتين غير الذائب إلى بكتين ذائب ، و يحول النشاء إلى سكر، وتصبح الثمرة الناضجة أكثر طراوة وليناً.

❏ ما هو البروتوبكتين؟

هو أكثر المواد البكتينية تعقيداً ووحدة تكوينه حمض البكتينيك المرتبط بروابط هيدروجينية أو سكرية أو كالسيوم لتكوين مركب ذي وزن جزيئي عالي، ومن المعروف أنه كلما زاد طول سلسلة البروتوبكتين ازدادت صلابة الثمار. لا يذوب البروتوبكتين بالماء البارد إنما يتحلل بالماء المغلي أو بإضافة أحماض وقلويات مخففة ساخنة.

يوجد البروتوبكتين بكميات كبيرة في الثمار غير الناضجة ويعمل على ربط المكونات الميكانيكية للأنسجة وكمادة لاصقة لجدران الخلايا، وعند نضج الثمار يتحول البروتوبكتين إلى بكتين ذواب بفعل أنزيم بروتوبكتيناز، ونتيجة للتحويل تتغير صلابة الثمار وتقل سماكة جدر الخلايا تدريجياً فتصبح الثمرة طرية وتدخل في طور التدهور.

يقوم الكالسيوم بوظيفة مهمة في تحديد مدى صلاحية الثمار للنقل والتخزين إذ يتحد مع المواد البكتينية ويُكون مركبات غير قابلة للذوبان بالماء مثل بكتات الكالسيوم مما يحافظ على صلابة الثمار.


ويعتقد بعض العلماء أنّ التغير في صلابة بعض الثمار لا يعزى إلى المواد البكتينية وحدها وإنما كذلك إلى التغيرات التي تحدث في بعض المكونات الأخرى مثل النشاء والسيليلوز ومواد أخرى.

نسبة المواد البكتينية في ثمار الفاكهة أكبر منها في الخضار. نسبتها في ثمار الفاكهة [0.5-1.5 %] وأعلى نسبة لها بالحمضيات والتفاحيات ثم المشمش والخوخ وعنب الثعلب

وبعدها الكرز والعنب والفريز، أما نسبتها بالخضار [0.1-0.7 % وقد تصل إلى 1%].
تفاوتت نسب المواد البكتينية كثيراً في أنسجة الثمرة حيث نجدها كبيرة بالطبقة البيضاء في قشور
الحمضيات بينما تكون أقل بكثير في الخلايا العصيرية.

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

تختلف سرعة تحول المواد البكتينية في الثمار خلال التخزين باختلاف الأنواع
والأصناف والظروف التخزينية فمثلاً يلاحظ عند نضج ثمار البندورة تغير في المواد البكتينية
عند الانتقال من الحالة غير الناضجة (ثمار خضراء) إلى الحالة الناضجة (ثمار حمراء)، إذ
تنخفض كمية المواد البكتينية من 3.9 % إلى 2.7 %، وينخفض البروتوبكتين من 2.9 %
إلى 0.9 %، أما البكتين فيرتفع من 0.9 % إلى 2.6 %.

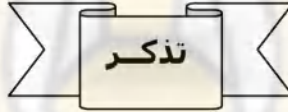
 تتوقف درجة الصلابة على عدة عوامل منها: مكان وموسم الزراعة والصنف، كمية
ونوع الأسمدة المعدنية المضافة، موقع الثمرة على الشجرة، والظروف التخزينية في جو المخزن.
وفي معظم الأحيان تعدّ درجة صلابة الثمار مقياساً لنضجها الاستهلاكي في كثير من ثمار
الخضار، فمثلاً تفضل الصلابة العالية لثمار الخيار والكوسا، كما تعد الصلابة عاملاً أساسياً
لتحديد جودة ثمار البندورة المخصصة الاستهلاك الطازج.

ونظراً لصعوبة التقدير المخبري للمواد البكتينية لذلك يستخدم عملياً اختبار قياس الصلابة بجهاز
البينتروميتر Penetrometer (عامر وإبراهيم، 2004).

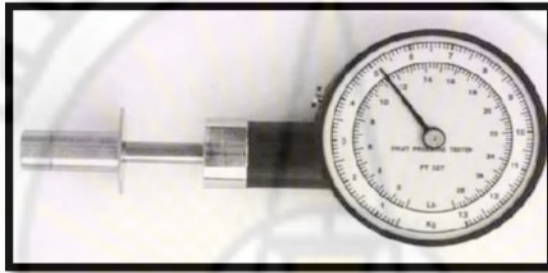
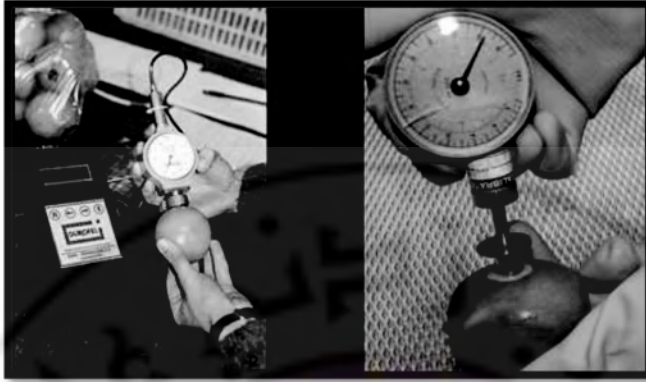
جهاز الـ Penetrometer : يعتمد عمل الجهاز على أساس درجة مقاومة لب الثمرة
لضغط واقع على سطحها بمساحة معينة و لعمق معين. و تقدر بـ كغ/سم² . وبذلك تقدر
صلابة الثمار وبالتالي معرفة موعد وصولها إلى درجة النضج الاستهلاكي خلال فترة التخزين
ومن ثم تحديد موعد التسويق.

طريقة قياس الصلابة في ثمار التفاحيات بجهاز الـ Penetrometer :

- a. يؤخذ عدد من الثمار من أشجار مختلفة من الحقل ومن مواقع مختلفة من تاج الشجرة الواحدة. أو من أماكن مختلفة من غرفة التبريد.
 - b. عند قياس درجة صلابة اللب تزال طبقة رقيقة من القشرة بقطر (1-1.5 سم) من الجهات الأربع للثمرة وفي مستوى قطر الثمرة.
 - c. يوضع مؤشر الجهاز على الصفر.
 - d. يوجه مثقب الجهاز عمودياً على سطح الثمرة ويضغط تدريجياً حتى الحلقة الموجودة على المثقب.
 - e. تؤخذ قراءة الجهاز ومن الجهات الأربع للثمرة، ثم يحسب متوسط القراءات، والتي تعبر عن درجة الصلابة.
- مثال: تكون درجة الصلابة الملائمة لجمع ثمار التفاح صنف جوناثان ما بين [7-7.5 كغ/سم²] ، في حين يجب إنهاء عملية التخزين عند انخفاض الصلابة إلى [3.5 كغ/سم²].



- ✗ لقياس صلابة الثمار استخدم ثماراً متجانسة الحرارة حيث إن الثمار ذات درجات الحرارة الأعلى تعطي قراءات صلابة أقل من الثمار الباردة .
 - ✗ كما يجب استخدام ثمار متجانسة في الحجم حيث إن الثمار الكبيرة الحجم أقل صلابة من الثمار الأصغر حجماً .
 - ✗ ويجري الاختبار لكل ثمرة من الجانبين المتقابلين لها وفي مستوى القطر ما بين الطرف الزهري وعنق الثمرة بعد نزع جزء من القشرة؛ لأنها تخفي جزءاً من الصلابة.
 - ✗ ضع الثمرة على سطح ثابت وصلب وادخل المثقب داخل لب الثمرة ببطيء حتى العلامة الموجودة على المثقب.
 - ✗ انسب قطر للمثقب لاستخدامه عند قياس الصلابة لدى بعض الثمار المختارة:
- 1.5 مم الزيتون - 3 مم الكرز والعنب و الفريز - 8 مم المشمش والإجاص والدراق و الخوخ- 11 مم التفاح.



الشكل 35 : نماذج مختلفة من أجهزة قياس الصلابة Penetrometer اليدوية
و الديجيتال .firmness tester

المطلوب :

التعرف على جهاز قياس الصلابة و قياس درجة الصلابة للثمار المدروسة و المقارنة بينها ،
وتدوين النتائج وفق الجدول التالي:

تحديد درجة الصلابة في الثمار المدروسة:

نوع الثمار	رقم الثمرة	متوسط درجة الصلابة لللب بعد إزالة جزء من القشرة	متوسط درجة الصلابة للقشرة
	١-		
	٢-		
	٣-		
	٤-		
	٥-		

المواد والأدوات اللازمة:

- جهاز البينيتروميتر Penetrometer اليدوي و الديجيتال الآلي إن وجد.
- ثمار فاكهة و خضار بدرجات نضج مختلفة.
- سكين.

تقدير المواد الصلبة الذائبة (TSS) Total Soluble Solid

تقيس هذه الطريقة قرينة الانكسار Refractometry لمحلول يحتوي على مكوّن يراد تقديره. فعندما يمرّ الشعاع الضوئي من وسط، مثل الهواء، إلى وسط آخر مثل محلول مائي تنكسر الأشعة الضوئية ويمكن اعتبار انكسار الضوء تغيراً في سرعته عند المرور من وسط لآخر.

يتوقف معامل الانكسار على :

- ⊕ طول الموجات الضوئية (يزداد معامل الانكسار بنقصان أطوال الموجات الضوئية).
- ⊕ درجة الحرارة (يقل معامل انكسار السوائل والمواد الصلبة كلما ارتفعت الحرارة).
- وتؤثر درجة الحرارة على (Brix درجات القراءة) حيث تزداد بنسبة 0.5 % مع الارتفاع في الحرارة قدره (5 ° C) ولذلك يجب تعديل القياسات على حسب درجة حرارة الجو السائدة .
- ⊕ تركيز المادة الذائبة (كلما كانت المواد الذائبة بالماء كبيرة كالسكر كان انكسار الضوء أشد).

وبما أنّ الجزء الأكبر من محاليل (عصير) ثمار الخضار والفاكهة محاليل سكرية فنعتمد على قرينة الانكسار لتقدير تركيز المواد الصلبة الذائبة فيها .

إن السكريات هي المكون الرئيسي للمواد الصلبة الذائبة في عصير الثمار ولذلك قد تستخدم المواد الصلبة الذائبة وهي مكافئ (SSC) لتقدير درجة حلاوة الثمار. ويمكن استخدام الرفراكتومتر اليدوي في الحقل لقياس النسبة في المحلول السكري في عينة صغيرة من عصير الثمار.

طريقة العمل:

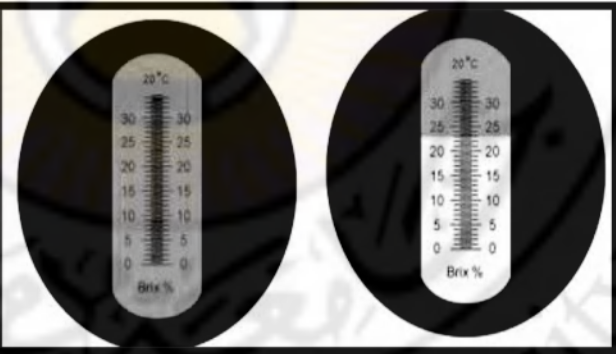
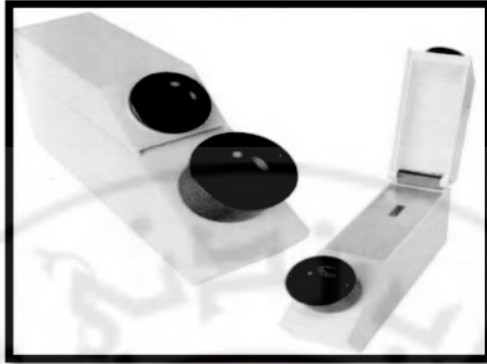
يُجمع عصير الثمار المدروسة ويجب إزالة أي جزء من اللبّ في العصير المستخدم وذلك عن طريق ترشيح العصير باستخدام قطعة شاش، ويجب تنظيف ومعايرة الرفراكتومتر عن بداية

الاختبار وبين القراءات وذلك باستخدام الماء المقطر (ويجب أن تكون القراءة صفراً% على درجة 20 ° C).

جدول (7) تعديل قراءة الرفاكتميتير المخبري عند تقدير المادة الجافة المنحلة تبعاً لدرجة حرارة المحلول المختبر .

ملاحظات	نسبة المادة الجافة %									درجة الحرارة C °
	70	60	50	40	30	20	15	10	5	
تطرح من قراءة الرفاكتميتير	0.40	0.39	0.38	0.37	0.35	0.34	0.33	0.31	0.29	15
	0.32	0.31	0.30	0.30	0.29	0.27	0.26	0.25	0.24	16
	0.24	0.23	0.23	0.22	0.31	0.21	0.20	0.19	0.18	17
	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	18
	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	19
تضاف إلى قراءة الرفاكتميتير	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	21
	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.13	22
	0.24	0.24	0.24	0.23	0.23	0.23	0.22	0.21	0.20	23
	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31	0.31	0.29	0.28	0.27	24
	0.40	0.40	0.40	0.40	0.39	0.39	0.37	0.36	0.35	25
	0.48	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.44	0.43	0.42	26
	0.56	0.56	0.56	0.56	0.55	0.55	0.53	0.52	0.50	27

20° C



الشكل 36: أنواع مختلفة من أجهزة الرفراكتوميتر الحقلية و المخبرية.



شكل 37: طريقة استخدام الريفراكتوميتر الحقلي.

جدول (8) : بعض الأمثلة للنسب القياسية من ل TSS % للثمار الصالحة للتخزين.

المحصول	% TSS
المشمش	10
الكرز	16-14
العنب	17.5 -14
البطيخ - القاوون -النكتارين -الخوخ	10
الأجاص	13
الرمان	17
الفريز	8

المطلوب:

تقدير نسبة المواد الصلبة الذائبة في الثمار المدروسة والمقارنة بينها خلال فترات تخزينية مختلفة، وتدوين النتائج وفق الجدول التالي:

نوع الثمار	درجة الحرارة عند إجراء القياس	قراءة الرفراكتوميتر	تعديل القراءة وفقاً لدرجة الحرارة	النسبة الحقيقية للمواد الصلبة الذائبة %

المواد والأدوات اللازمة:

- عينات من ثمار الفاكهة و الخضار .
- مكبس يدوي (عصارة صغيرة) لاستخراج العصير من الثمار .
- سكاكين، ماء مقطر، ورق ترشيح، رفاكتوميتر حقلي و مخبري.

تقدير الحموضة الكلية titratable acidity (%TA)

تختلف كمية الأحماض العضوية وأنواعها في ثمار الفاكهة حسب النوع والصنف ودرجة النضج وحتى في أجزاء الثمرة حيث تكون نسبتها باللب أعلى من القشرة وعموماً تكون نسبة الأحماض العضوية في الثمار غير الناضجة مرتفعة وتنخفض تدريجياً لسهولة استخدامها بوصفها مادة للتنفس سهلة الاحتراق.

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 واستهلاكها، وكلما كان استهلاك الأحماض العضوية ضمن الثمرة بطيئاً كانت الثمرة أكثر قدرة على البقاء في حالة سليمة.

ما هي الأحماض العضوية ؟

هي عبارة عن مركبات ذات تأثير حامضي تتراكم في الثمار في أثناء عملية التنفس وتعدّ من المركبات الوسيطة خلال تحوّل السكريات إلى CO_2 وماء وتعدّ إحدى المركبات المهمة في ثمار الخضر والفاكهة لأنه:

- 1- كثيراً ما تحدد الأحماض العضوية خواص الطعم وغالباً ما تكسب المنتجات طعماً أكثر قبولاً للمستهلك.
- 2- تستخدم نسبة الحموضة كأحد المؤشرات التي تحدّد الموعد الأمثل للقطاف في بعض أنواع الثمار وخاصة الحمضيات.
- 3- تؤدي الحموض العضوية وظيفة فيسيولوجية أساسية حيث يمكن أن تدخل في عملية التنفس وبالتالي تستهلك خلال فترات التخزين الطويلة.

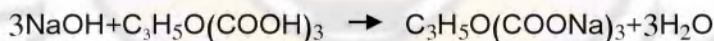
وفيما يلي أهم الأحماض العضوية الموجودة بالخضار والفواكه:

حمض التفاح (الماليك). حمض الليمون (الستريك). حمض العنب (الطرطريك). حمض الحمض (الأوكزاليك). حمض الخل.

تختلف كمية الأحماض ورقم الـ (PH) في الثمار تبعاً للنوع والصنف وغالباً ما تكون حموضة ثمار الفاكهة أكبر من حموضة الخضار باستثناء الحميض والرواند والبندورة التي تتميز بحموضتها العالية.

كما تختلف نسبة الأحماض في أجزاء الثمرة نفسها وتكون الحموضة في لب الثمرة أعلى منها بالقشرة في الأغلب ونلاحظ أن الثمار الناضجة أقل حموضة من تلك الغضة حيث تنخفض الحموضة مع زيادة النضج.

يحتوي عصير الفاكهة عدداً من الحموض العضوية البسيطة كحمض الماليك والسيتريك والتي تتعادل مباشرة بالأسس القوية مما يسمح بمعايرتها بأسس عيارية كماءات الصوديوم ، وتوضح المعادلة التالية التفاعل بين حمض الليمون وماءات الصوديوم:



مبدأ العمل:

إنّ تعين النقطة التي تتفاعل فيها تماماً كميات متكافئة من محلول المعايرة تعرف بالنقطة الستوكيومترية **Stoichiometric**، وهي التي يتمّ تقديرها عادة باستعمال مشعر كيميائي يتغير لونه عند الوصول إلى نقطة التعادل (كالفينول فتالئين: مشعر يتغير لونه في مجال الـ PH من 8.2 - 10.1 ، ويكون عديم اللون في الوسط الحامضي وذا لون وردي في الوسط القلوي) .

هذه المعايرة هي معايرة حمض ضعيف بأساس قوي Acid – base titration : وهي الأساس لقياس الحموضة القابلة للمعايرة باستخدام ماءات الصوديوم الذي يتفاعل مع المكونات الحمضية حتى نقطة التعادل المميزة لمشعر فينول فتالين.

وتجدر الملاحظة أنه لا تُمثل نقطة تغير اللون الحقيقية، التي تعرف بنقطة النهاية، دائماً نقطة السيتوكيومترية، إذ أن الفرق بين هذه النقطة ونقطة انتهاء المعايرة يعرف بخطأ المعايرة . وقد ينشأ هذا الخطأ مثلاً، عند استعمال المشعر فينول فتالين لقياس حموضة عينة غذاء بمعايرتها بمحلول معياري من ماءات الصوديوم وظهور اللون الوردي الذي يظهر عند رقم حموضة $PH=8.5$ وهذه قد لا تكون، على أية حال، رقم الحموضة عند نقطة التفاعل السيتوكيومترية حيث إن هذه الأخيرة تعتمد على كمية الحمض المتبقية الحقيقية في عينة الغذاء المُختبر. ويمكن الوصول إلى نقطة النهاية بتقدير أكثر دقة بقياس رقم الحموضة $PH = 8.1$ والتي تسمح بتقدير نهاية المعايرة بدقة أكبر مما في استعمال المشعر ولكن على حساب الزمن الأطول لإتمام هذه المعايرة.

عند تقدير الحموضة في عصير الثمار، يرشح العصير بوساطة ورق ترشيح، ثم نأخذ 5 مل من العصير المختبر في دورق معياري سعة 200 مل ، ثم نكمل الحجم بالماء المقطر حتى 100 مل .

نضيف 2-3 نقاط من كاشف فينول فتالين ثم تتم المعايرة بمحلول قلوي ماءات الصوديوم 0.1 نظامي حتى ظهور اللون الوردي وثباته.

ت حسب نسبة الحموضة % كما يلي :

$$x \% = \frac{a.k}{e} * 100$$

X = نسبة الحموضة الكلية (%) على أساس الحمض السائد.

a = الحجم المستهلك من القلوي في المعايرة (مل).

K = الثابت الحسابي لكمية المحلول القلوي الذي لازم لمعايرة الحمض السائد.

e = حجم الرشاحة المأخوذة من العصير الثمري (5 مل).

جدول (9) العوامل الثابتة على أساس الحمض السائد.

أنواع الخضار والفاكهة السائد فيها	العامل الثابت على أساس الحمض السائد	نوع الحمض
تفاحيات – لوزيات	0.0067	حمض التفاح (الماليك)
حمضيات – أعناب	0.0064	حمض الليمون (الستريك)
ثمار العنب	0.0075	حمض الطرطير $\text{COOH}-(\text{CHOH})_2-\text{COOH}$
حميض – راوند- سبانخ	0.0063	حمض الحماض (الأوكزاليك) $(\text{COOH})_2$
الفواكه والخضار المصنعة	0.0060	حمض الخل (المخللات) CH_3COOH
الفواكه والخضار المصنعة	0.0090	حمض اللبن



الشكل 38: بعض طرق تقدير الحموضة باستخدام الفينول فتالين، أو استخدام جهاز الـ PH.

❖ طريقة ثانية لتقدير الحموضة القابلة للمعايرة:

طريقة العمل:

✓ خذ عصير ثمار الفاكهة أو الخضار. رشح نحو 100 مل من عصير الفاكهة أو الخضار إلى كأس بيشر نظيف وجاف. خذ بالماصة 10 مل من رشاحة العصير إلى دورق مخروطي ومدد إلى نحو 80 مل من الماء المقطر . أضف 0.3 مل من فينول فتالين. ثم عاير بماءات الصوديوم 0.1 نظامي حتى الحصول على لون بنفسجي فاتح. أعد التجربة حتى الحصول على نتائج متوافقة.

✓ **عصير الليمون:** نأخذ 10 مل بالماصة من رشاحة العصير إلى دورق حجمي 200 مل و نكمل الحجم إلى 100 مل بالماء المقطر. ثم نأخذ من العصير المدد 10 مل إلى دورق مخروطي و نمدد إلى نحو 80 مل بالماء المقطر. أضف 0.3 مل من فينول فتالين ونعاير بماءات الصوديوم 0.1 نظامي حتى ظهور اللون البنفسجي الفاتح وهو نقطة انتهاء المعايرة.

يُعبّر عن الحموضة القابلة للمعايرة في العصائر بإحدى الطريقتين التاليتين:

✚ عدد مل من ماءات الصوديوم 0.1 نظامي في 100 مل من العصير الثمري:

مثال: (عصير البرتقال والعنب والحمض السائد هو حمض الليمون)

$$\text{فالحموضة القابلة للمعايرة} = T \times 10$$

أما في عصير الليمون المدد فتكون الحموضة القابلة للمعايرة = $T \times 100$

حيث T = متوسط حجم ماءات الصوديوم التي يحتاجها تعديل 10 مل من عصير البرتقال أو العنب، أو التي يحتاجها 10 مل من عصير الليمون الممدد.

✚ النسبة المئوية من الحمض السائد (حمض الليمون في مثالنا السابق):

$$\text{في عصير البرتقال والعنب} \quad \text{حمض الليمون} \% = \frac{192 \times T}{1000 \times 3}$$

$$\text{حمض الليمون \%} = \frac{10 \times 192 \times T}{1000 \times 3}$$

في عصير الليمون

حيث T = متوسط حجم ماءات الصوديوم التي يحتاجها تعديل 10 مل من عصير البرتقال أو العنب ، أو التي يحتاجها 10 مل من عصير الليمون الممدد. (192 الوزن الجزئي لحمض الليمون).

جدول (10) متوسط نسبة الحموضة (%) والـ PH للعصير الثمري لبعض أنواع الفاكهة و الخضار.

نوع الفاكهة	نسبة الحموضة	PH العصير	نوع الخضار	نسبة الحموضة	PH العصير
الليمون	7	2.4	بطاطا	0.2	6.1
برتقال	1.4	3.7	بندورة	0.5	4.5
يوسفي	0.45	3.5	ملفوف أبيض	0.2	6.5
تفاح	0.90	3.4	جزر	0.1	6.4
كرز حلو	1.2	3.7	بصل	0.1	5.9
عنب	0.9	3.9	خيار	0.2	6.9
فريز	2.1	3.2	بطيخ أحمر	0.2	5.9
اجاص	0.2	0.3	شمام	0.1	6.1

المطلوب: دراسة قيم الحموضة لعدد من ثمار الخضار والفاكهة المدروسة و المقارنة بينها ودراسة تغيرات نسبة الأحماض العضوية أثناء مدّة التخزين .

المواد والأدوات اللازمة لتقدير نسبة الحموضة :

- عينات من ثمار الفاكهة والخضار.
- مكبس يدوي (عصرة صغيرة) لاستخراج العصير من الثمار.
- سكاكين، ماء مقطر، ورق ترشيح.
- سحاحة معيارية، دوارق مخروطية، ماصات.
- NaOH 0.1 نظامي.

- محلول مشعر فينول فتالين.

تقدير كمية العصير في ثمار الحمضيات

وهي من الطرق السهلة لتحديد درجة النضج في ثمار الحمضيات، حيث تؤخذ عينات من الثمار (بحدود 10 ثمار) ، توزن أولاً ويُسجل وزنها ثم تُعصر، ويتم وزن العصير الناتج وتكون نسبة العصير كما يلي :

$$\text{نسبة العصير \%} = (\text{وزن العصير} / \text{وزن الثمار}) \times 100$$

يجب أن لا تقل نسبة العصير في أصناف برتقال أبو صرة والفالنسيا عن 40 % ، والبرتقال الشموطي عن 33%.

المطلوب: تقدير نسبة الحموضة (%)، ونسبة العصير (%) في الثمار المدروسة والمقارنة بينها خلال فترات تخزينية مختلفة، وتدوين النتائج وفق الجدول التالي:

نوع الثمار	الـ NaOH المستهلك في المعايرة	معامل الحساب على أساس الحمض السائد	نسبة الحوضة %

المواد والأدوات اللازمة: - ثمار فاكهة وخضار . ميزان حساس.

- عصارة يدوية أو كهربائية.
- دوارق مخروطية سعة (٢٠٠ مل).
- ماء مقطر .
- ماصات .
- سحاحة معيارية.

- ماءات الصوديوم (0.1 نظامي).
- كاشف فينول فتالئين.

تقدير كمية فيتامين (C) Ascorbic acid :

تعد ثمار الفاكهة والخضار مصدراً رئيساً للفيتامينات وخاصة فيتامين C (حاجة الإنسان 50-100 ملغ/يومياً)، وبما أن ف C لا يدخر في أعضاء الجسم ولا يستطيع جسم الإنسان تخليقه لذلك من الضروري تأمينه للجسم من الثمار الطازجة.

✚ ما هو حمض الأسكوربيك ؟ هو مركب متبلور ذواب بالماء يمكنه بسهولة إعطاء ذرتي هيدروجين في تفاعل عكوس فيتحول لحمض أسكوربيك منزوع الهيدروجين له الفعالية نفسها كفيتامين، وحمض الأسكوربيك سهل الأكسدة في الأوكسجين وخاصة في المحاليل القلوية.

يتحطم فيتامين C بسهولة أثناء المعاملات الحرارية وأثناء التخزين، وتؤدي الأضرار الميكانيكية والإصابة بالأعفان إلى حدوث خلل بالتنظيم الخلوي مما يساعد على بدء تحلل هذا الفيتامين.

يساهم حمض الأسكوربيك في عمليات الأكسدة والاختزال الحيوية ويساعد في الحفاظ على سلامة اللثة والأسنان والأوعية والغضاريف والأنسجة الرابطة، وينتشر في المملكة النباتية وبشكل أقل في المملكة الحيوانية، ولكن الحمضيات والبندورة والخضار الورقية تعتبر من أغنى المصادر بهذا الفيتامين والذي يسبب نقصه مرض الأسقربوط Scurvy.

✚ طريقة التقدير الكمي لـ فيتامين C (اختبار لوني):

تعتمد هذه الطريقة على قدرة حمض الأسكوربيك على إرجاع (اختزال) صبغة ٢-٦ ثنائي كلور فينول إندو فينول (DCIP) في وسط حامضي (حمض ميتا فوسفوريك HPO_3 أو حمض الخل

أو حمض الخل ثلاثي الكلور أو حمض الأوكزاليك)، وتحول لون الصبغة من الأزرق إلى عديم اللون، والكمية الزائدة من الصباغ غير المرجع تعطي لون زهر وردي في محلول حمضي.



L-ascorbic acid + 2,6-dichlorophenolindophenol → L-dehydro-ascorbic acid + 2,6-dichlorophenolindophenol

(الشكل المرجع، عديم اللون) (حمض أسكوربيك منزوع الهيدروجين) (الشكل المؤكسد، اللون أزرق) (حمض اسكوربيك)

يستفاد من هذا التفاعل في التقدير الكمي لحمض الاسكوربيك بالمعايرة مع محلول الصبغة التي سبق تحديد قوتها بمحلول قياسي من حمض الاسكوربيك النقي.

طريقة العمل: (طريقة AOAC 967.21):

- **تحضير محلول حمض الأسكوربيك المعياري** (يحضر فقط وقت الاستعمال): زن بدقة حوالي 50 ملغ حمض أسكوربيك نقي. انقله إلى دورق حجمي سعة 50 مل. مدد حتى خط العيار بمحلول ميتا فوسفوريك - حمض الخل وذلك قبل الاستعمال مباشرة.
- **تحضير محلول الإندوفينول (الصباغ):** أضف إلى 50 مل ماءً مقطراً منزوع الشوارد (dd) في وعاء سعة 150 مل، أضف 42 ملغ بيكربونات الصوديوم NaHCO_3 مع التحريك حتى الذوبان. ثم أضف مع التحريك 50 ملغ من الملح الصودي ل 2-6 ثنائي كلور فينول إندو فينول . مدد المزيج حتى 200 مل بالماء المقطر ثم رشح إلى زجاجة عاتمة .أغلق الزجاجة واحفظها مبردة.
- **تحضير محلول ميتا حمض الفوسفور - حمض الخل:** أضف 100 مل ماء مقطر إلى دورق سعة 250 مل . ثم أضف 20 مل حمض الخل. أضف مع التحريك حتى الذوبان 7.5 غ حمض الميتا فوسفوريك. مدد المزيج بالماء المقطر حتى 250 مل. رشح إلى زجاجة أغلقها واحفظها مبردة.
- **يجمع عصير من عينات الثمار المراد تقدير حمض الأسكوربيك فيها و يرشح العصير بمصفاة أو قطعة نسيج نظيف.**

مراحل العمل :

معايرة محلول الصباغ :Standardization of Dye

- خذ 5 مل من محلول ميتا فوسفوريك - حمض الخل وضعها في دورق مخروطي سعة 50 مل.
- أضف إلى كل دورق 2 مل من محلول حمض الأسكوربيك المعايير (النقي).
- املأ الستالة بمحلول الصباغ إندوفينول وسجل قراءة الستالة.
- ابدأ المعايرة حتى ظهور وثبات لون زهر إلى وردي خفيف (يتطلب ذلك 15-17 مل).
- تجهيز الشاهد: خذ 7 مل محلول ميتا فوسفوريك - حمض الخل وضعها في دورق سعة 50 مل. أضف إلى الدورق حجماً من الماء المقطر معادل تقريباً لحجم الصباغ المستخدم أعلاه (هذا يعني متوسط حجم الصباغ المستخدم للمعايرة أي 7 مل حمض 15-17 مل ماء مقطر).
- عاير الشاهد بالطريقة نفسها كما في الخطوات c - e.

تحليل عينات العصير:

- ضع في دورق سعة 50 مل، 5 مل حمض ميتا فوسفوريك - حمض الخل + 2 مل عصير ثمري.
- عاير كل عينة بمحلول الصباغ اندوفينول (كما الخطوات 3-5). حتى ظهور اللون الوردي.

البيانات:

المحلل المعايير	المكرر	بداية الستالة (مل)	نهاية الستالة (مل)	متوسط الحجم اللازم للمعايرة (مل)
حمض الأسكوربيك النقي	1			
	2			
	3			
الشاهد	1			
	2			
	3			
العصير الثمري	1			
	2			
	3			

الحسابات:

- باستخدام البيانات السابقة نحسب العيار الحجمي بالعلاقة التالية:

$$F = \text{العيار الحجمي للصبغ}$$

$$= \frac{\text{عدد الميللي غرامات من حمض الأسكوربيك الموجودة في حجم المحلول العياري القياسي}}{(\text{متوسط عدد مل من الصبغ لمعايرة المحلول المعباري}) - (\text{متوسط عدد مل من الصبغ لمعايرة الشاهد})}$$

حيث إن عدد ملغ من حمض الأسكوربيك الموجودة في حجم المحلول العياري القياسي = (عدد ملغ حمض الاسكوربيك / 50 مل) $\times 2$

ولحساب محتوى عينة العصير من حمض الأسكوربيك مقدرة بملغ/مل

$$\text{ملغ حمض أسكوربيك / مل} = (\text{س} - \text{ب}) \times (\text{ف} / \text{ل}) \times (\text{ح} / \text{ع})$$

س = متوسط عدد مل اللازمة لمعايرة العينة.

ب = متوسط عدد مل اللازمة لمعايرة الشاهد

ف = عيار محلول الصبغ (عدد ملغ من حمض الاسكوربيك المكافئة لـ 1 مل من محلول

الإندوفينول العياري)

ل = عدد مل من العصير الثمري = 2 مل

ع = الحجم الكلي للعينة المعاييرة = 7 مل

ح = حجم محلول القياس البدئي = 7 مل

مثال: وزن حمض الأسكوربيك المستخدم = 50.2 ملغ

متوسط الحجم المستخدم للمعايرة حمض الأسكوربيك المعياري = 15.5 مل. والشاهد = 0.1 مل

والحجم اللازم لمعايرة عصير البرتقال = 7.1 مل

$$\text{العيار الحجمي للصبغ} = \frac{2 \times \frac{50.2}{50}}{15.5 \text{ مل} - 0.1 \text{ مل}} = 0.130 \text{ ملغ}$$

حمض الأسكوربيك ملغ/مل = (7.1 مل - 0.1 مل) \times (0.130 ملغ / 2 مل) \times (7 مل / 7 مل) =

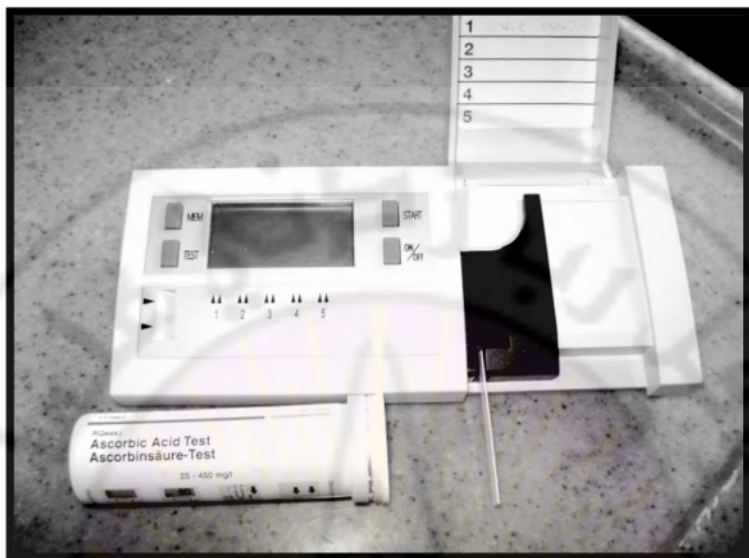
0.455 ملغ / مل = 45.5 ملغ / 100 مل.

المطلوب :

تقدير كمية حمض الأسكوربيك في العصير الثمري لعينات ثمار فاكهة وخضار ، ودراسة تغيراتها خلال مدة التخزين المبرد .

جدول (11) نسب فيتامين C لبعض أنواع الفاكهة والخضار (ملغ/100 غ).

فيتامين C	نوع الفاكهة	فيتامين C	نوع الخضار
7	تفاح	30	الملفوف العادي
18	سفرجل	50	الملفوف الأحمر
10	دراق	70	القرنبيط
15	كرز	10	الجزر والشوندر والبطاطا
40	ليمون وبرتقال	20	البندورة
3	عنب	103	الفليفلة الخضراء الحلوة
60	فريز	10	البصل الجاف
13	كاكي	150	البقدونس



الشكل 39 : جهاز حديث لقياس كمية فيتامين C.

إعداد الحاصلات البستانية للتسويق و التخزين

مقدمة: تعدّ عمليات إعداد وتجهيز الثمار من الحلقات الهامة في سلسلة ما بعد القطف والتسويق لثمار الخضار والفاكهة. وتجرى هذه العمليات في بيوت التعبئة. إنّ الخطوة الأولى للمخطط الجيد لبيوت التعبئة ومخازن التبريد هو تحديد السعة التخزينية المطلوبة ونوعية المنتجات المزمع تداولها. إنّ موقع المشروع عادة ما يكون إما معطى مسبقاً أو يمكن اختياره من بين عدّة مواقع متاحة؛ حيث تؤدي الدراسة التسويقية للمشروع ومخرجاتها دوراً محورياً هاماً في تبرير وتحديد الموقع الأمثل للمشروع. من المدخلات الهامة أيضاً معرفة وحدة التداول داخل المخازن سواء كانت صناديق كرتونية، أو أكياساً شبكية وغيرها.

الأهداف: في نهاية الوحدة يكون الطالب قادراً على معرفة:

- متطلبات إنشاء بيوت التعبئة ومعداتها.
- عمليات إعداد الثمار وتفصيل كل مرحلة ومتطلباتها.
- طرق التعبئة وأنواع العبوات والقدرة على اختيار المناسب منها لكل نوع من أنواع الثمار.
- أمثلة عن بعض المعاملات الإضافية (الخاصة) Special treatments التي تطبق على الثمار قبل التخزين للحدّ من التدهور والإصابات المرضية:

الوسائل المساعدة:

- عرض تقديمي وأفلام توضح الأفكار السابقة مبيناً التجهيزات الحديثة والمتطورة في هذا المجال.
- تطبيق المعاملات الإضافية على عينات من ثمار الفاكهة والخضار.

متطلبات الكفاءة والقدرة:

دراسة الوحدة (نظري)، إعداد تقرير يتضمن ما تعلمه الطالب (عملي).

إعداد الحاصلات البستانية للتسويق و التخزين:

يبدأ إعداد الثمار للتداول والتخزين بالنسبة لبعض المحاصيل وخاصة سريعة التلف في الحقل مباشرة بعد القطاف، حيث تُجمع وتُعبأ ثم تنقل إلى السوق أو المخزن بهدف التقليل من الأضرار أثناء عمليات التداول، ومن أمثلة هذه المحاصيل الفريز والعنب والخس والملفوف والقرنبيط وبعض ثمار الفاكهة، تُتبع هذه الطريقة (في الحقل) لتعبئة بعض المحاصيل في حال قصر المسافة بين مكان الإنتاج و التعبئة، وللتخفيض من تكاليف مراكز الفرز والتوضيب، ويؤخذ على هذه الطريقة بعض العيوب منها عدم توفر النظافة بالشكل المثالي وعدم إمكانية تنفيذ بعض عمليات ما بعد الحصاد مثل الغسيل و التشميع وبالتالي احتمال تلوث الثمار وسرعة تلفها.



شكل 40: الحصاد والفرز والتعبئة الحقلية لثمار الفريز.

قد يتم نقل الثمار إلى بيوت الإعداد والتعبئة التي تختلف فيما بينها تبعاً لما تحتويه من تجهيزات، فبعضها بسيط جداً ويتبع لحقل أو مجموعة حقول (مزارع صغيرة) حيث تعبأ هناك الثمار بعد إجراء عملية فرز بسيطة يقوم بها عمال مدربون، وعادة لا تجري أي عمليات غسيل

أو تطهير (تعقيم) للثمار. وهذا النوع من التعبئة يتلاءم والمزارع الصغيرة ولا يحتاج إلى أجهزة؛ ولكن يجب الاهتمام بعمليات الزراعة لضمان جودة المحصول كذلك يجب الاهتمام بعمليات القطف، حيث تتم عمليات التدريج و الفرز في الوقت نفسه.

عند وجود كميات كبيرة من الإنتاج فإنّ تجهيز الثمار وتعبئتها يتم في محطات كبيرة تجري فيها العديد من العمليات الخاصة بتجهيز الثمار وإعدادها بطرق مختلفة تجعلها صالحة للشحن أو التخزين أو التصدير أو التسويق ، وترجع أهمية عمليات الإعداد والتجهيز السليم للثمار إلى :

- ✓ المحافظة على مظهر الثمار وخصائصها المختلفة أثناء التخزين أو التسويق وبالتالي زيادة إقبال وجذب المستهلك للثمار ذات الجودة العالية مما يرفع من سعر المنتج وينعكس ذلك إيجابياً على المزارع والتاجر معاً.
- ✓ الحدّ أو الإقلال ما أمكن من فساد الثمار وتلفها أثناء مراحل القطف والتسويق أو التخزين وبالتالي إبقاء المحاصيل فترة أطول قادرة على تغطية احتياجات السوق.
- ✓ تعبئة الثمار ضمن عبوات يسهل معها تداول الثمار وتسويقها والترويج والدعاية للمنتج الذي تحويه.



شكل 41: الحصاد والفرز والتعبئة الحقلية.



شكل 42: ضرورة وضع الثمار في مكان ظليل بعد القطف مباشرة.

تصميم وإنشاء محطة تعبئة الثمار (بيوت التعبئة Packinghouses):

محطات التعبئة: أماكن يتم نقل الثمار إليها بعد الحصاد مباشرة أو بعد انتهاء مدة التخزين ليتم إعدادها وتجهيزها للتسويق أو التخزين. ويشترط عند إنشائها مراعاة النقاط التالية:

١. **اختيار الموقع:** يخضع قرار اختيار الموقع إلى العديد من العوامل منها :
 - القرب من مواقع إنتاج المواد الأولية الزراعية؛ حيث يفضل اختيار الموقع على مفترق طرق الحقول والمزارع ، وذلك لتجنب فساد الثمار أثناء النقل بالإضافة لتقليل تكلفة النقل ما أمكن.
 - القرب من مصادر المياه ومصادر القوى الكهربائية : من الضروري توفر الماء المناسب من حيث الكمية والنوعية لاستعماله في عمليات غسيل الثمار وتنظيف الآلات والأدوات. ومن الأهمية توفر القوى الكهربائية لإمداد المحطة بالتيار الكهربائي اللازم لتشغيل المحطة.
 - المناخ و البيئة: إنَّ بعد الموقع عن المناطق التي تحدث بها تيارات غبار وروائح كريهة نتيجة لقربه من الحظائر وأماكن تجمع النفايات أمر يجب أخذه بعين الاعتبار عند اختيار الموقع.

٢. تصميم بناء المحطة:

إنَّ حسن تنظيم بناء المحطة وفق دراسات فنية دقيقة يساعد على تدفق الثمار إلى الأماكن المخصصة لها، كما يساعد على ترتيب الآلات وفق تسلسل خطوات التوضيب، إضافة إلى توفير الجَو الملائم للعمل من حيث التهوية والإنارة.

وعادة يقسم بناء المحطة إلى:

١. قسم الإدارة: يكون عادة في واجهة المحطة و يبنى ضمنه أو بالقرب منه مستوصف وأماكن مخصصة للعمال.

٢. رصيف الاستلام : يتم فيه عملية استقبال المحاصيل Receiving ، ويوجد عند أحد جانبي صالة التوضيب، وهنا لا بدّ من وقوف وسائل النقل المحملة بالمحاصيل في أماكن مظلة تلافياً لتعرضها للحرارة المرتفعة أثناء انتظار موعد التفريغ.

٣. صالة التوضيب: وهي امتداد لرصيف الاستلام و به توضع الخطوط والآلات اللازمة لاستكمال عمليات الغسيل والتوضيب والتعبئة وقد يصل بين الصالة ورصيف الاستلام سير أو سلسلة متحركة لتسهيل نقل العبوات ويلحق بالصالة مستودع للعبوات الفارغة.

٤. غرف التبريد: تشمل على مخازن التبريد لحفظ الثمار وتختلف بالحجم والمساحة، ويشترط عند تصميمها تحقيق العزل التام لمنع تسرب الهواء البارد. وعادة لا يقل ارتفاع السقف عن 6 م.

٥. رصيف الشحن: يكون قريباً من مخازن التبريد أو في الطرف الثاني للمحطة.

يشترط أن تكون الأرضيات صماء غير نفوذة للماء مع مراعاة تسويتها بانحدار بسيط لتسهيل عملية التنظيف. يجب أن يكون منسوب المشروع مرتفعاً عن منسوب الأرض بصورة كافية ليرتكز على قاعدة خرسانية بامتداد المشروع، وأن تكون مصممة تصميمياً جيداً لتحتمل كافة الأحمال التي تتعرض لها أثناء عملية التشغيل؛ مثل رصّ الطبلبات وحركة الروافع الشوكية وقواعد الهيكل المعدني. منسوب رصيف التحميل يجب ألا يقلّ عن 1.6 م.

غرف العمال	مبنى الإدارة
غرف البريد	
	خطوط التوضيب والتعبئة
	خطوط التوضيب والتعبئة
رصيف الإسماعيل والحمل	خطوط التوضيب والتعبئة
	مستودع مواد التعبئة والتغليف

شكل 43: نموذج لمخطط بيوت التعبئة.



شكل 44: صالة توضيب حديثة.

أما بالنسبة للجدران والسقف الداخلي فيراعى أن تكون خالية من الثقوب والحفر لمنع إيواء القوارض والحشرات. كما يشترط توفر العدد الكافي من النوافذ وبمساحة مناسبة في صالة التوضيب .



شكل 45: رصيف الاستلام و الشحن.

٣- التجهيز الآلي للمحطة:

من التجهيزات الواجب توافرها في محطة تعبئة الثمار السيور النقالة - نفق التبريد لإجراء عملية التبريد الأولي لخفض حرارة الحقل- أجهزة الغسيل وأجهزة تجفيف سطوح الثمار - جهاز التدرج الحجمي مع القطع الإضافية للجهاز ليتناسب وفرز أنواع الثمار المختلفة - أجهزة التسميع والتلميع والتعبئة - الرافعة الشوكية - برادات مع كامل تجهيزاتها.

خدمات إضافية: يوجد العديد من الخدمات الإضافية التي يمكن إضافتها لمشاريع مخازن التبريد العمومية للحاصلات البستانية حيث يجب اختيار كل منها بعناية وفقاً للحاجة لها ولجدواها الاقتصادية. من تلك الخدمات وعلى سبيل المثال:



شكل 46: الرافعة الشوكية اليدوية والآلية.

- ❑ ميزان.
- ❑ عملية تجميع البالتات للشحنات المختلطة.
- ❑ عمليات إعادة التعبئة.
- ❑ غسيل الصناديق وتخزينها.
- ❑ تعريف البالتات والعبوات المختلفة.

■ التبريد السريع.

■ فحص الجودة دورياً.

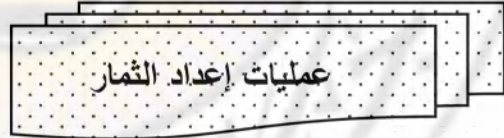
■ الجو الهوائي المتحكم فيه أو المعدل.

■ غرف الإنضاج الصناعي.

هذا بالإضافة لتوفير الخدمات المساندة المختلفة مثل: غرف المعدات، ومولدات الطاقة، ومخازن العبوات والصناديق الكرتونية، وإعادة تجهيز الكرتون، وإمكانية عمل آبار للمياه ومحطة للتحلية بالإضافة لنظام للصرف.

أهم عمليات إعداد الثمار بعد القطف والنقل إلى بيوت التعبئة:

يقصد بالإعداد والتجهيز للثمار مجمل العمليات التي تجري بعد الجمع حتى وصول الثمار إلى المستهلك، وتشمل اتباع طرق الجمع الجيد، الفرز، التدرج، المعالجة، إزالة الأجزاء غير المرغوبة، الغسيل، التعقيم، التشميع، اللف والتعبئة، وقد تكون هناك عمليات إضافية مثل الإنضاج الصناعي والتبريد الأولي والتحميل والنقل والذي يتم عادة بالشاحنات المبردة.



■ التفريغ Dumping :

لا بدّ من نقل المحصول بطريقة ما من صناديق الحقل أو صناديق الحصاد خلال محطة التعبئة، وتعرف هذه الخطوة بالتفريغ أو Dumping ، ويجب أن يتم ذلك بعناية ودقة سواء كان التفريغ في وجود الماء أو التفريغ الجاف. وتختلف طرق عملية التفريغ Dumping حسب نوع المحصول:

أ- التفريغ الجاف Dry dump : وتتم هذه العملية على المحاصيل التي تتأثر بالبلل والماء مثل البصل والثوم والفريز، وفيها يتم التفريغ وإدخال المنتج إلى داخل بيوت

التعبئة على نواقل متحركة Belt conveyor. وهنا يجب استخدام مستقبلات مائلة مبطنة بالمطاط والفوم Rubber sheet with foam ، أو استخدام سيور ناقلية تمكن من تقليل الأضرار الميكانيكية للمحصول.

ب- التفريغ المبتل **Water dump** : في هذه الحالة تفرغ الثمار إلى حوض كبير من الماء والذي قد يضاف إليه بعض أنواع المواد المنظفة أو المعقمة مثل الكلورين بتركيز 100-200 ppm، ثم تتساب الثمار من داخل هذا الحوض إلى سيور متحركة إلى داخل بيوت التعبئة لاستكمال عمليات إعداد الثمار . ومن أمثلة الثمار التي تُفرغ بهذه الطريقة معظم المحاصيل الثمرية كالتفاح والبندورة ذات القشرة السميكة . إن التفريغ في وجود الماء يمكن أن يقلل من الكدمات والاحتكاكات التي قد تصيب الثمار وذلك باستخدام الماء المتحرك بهدف حمل المحصول.



شكل 46: أحواض التفريغ المبتل لثمار البندورة باستخدام الماء.

- الفرز والتدريج الأولي **Pre-Sorting and Resizing** : تجري هذه العملية في الحقل أو في بيوت التعبئة يدوياً حتى في بيوت التعبئة الآلية، وذلك بالاستعانة بعمال

مدربين حيث تستبعد الثمار غير الصالحة - المتقدمة بالنضج المشوهة ظاهرياً والثمار المصابة مرضياً أو فيزيولوجياً أو المصابة بأضرار ميكانيكية كذلك الثمار المجروحة والمعطوبة والمخالفة للصنف.



شكل 47: عملية الفرز الأولي يدوياً.



شكل 48: عملية الفرز اليدوي لثمار البندورة على سيور متحركة.

- **التنظيف وإزالة الأجزاء الزائدة والتهديب** **Cleaning and Trimming**: تنظف الثمار للتخلص من بقايا الأتربة والبقايا النباتية والمواد العالقة بها و مواد مكافحة

والحشرات وغيرها عن أسطح الثمار ، وقد تتم هذه العملية قبل الفرز الأولي، وهي عملية هامة جداً وخاصة للمحاصيل الدرنية والجذرية مثل البطاطا والجزر والثمار القريبة من سطح التربة كالبندورة والخس واللفت والقرنبيط، وتتم هذه العملية بإحدى الطريقتين التاليتين:

أ) التنظيف الجاف:

أي تنظيف الثمار دون استعمال الماء وذلك بالمسح بقطعة من القماش أو باستخدام آلات خاصة تحتوي على فراشي ناعمة جافة تدور في اتجاه واحد، أو بتعريض الثمار لتيار من الهواء المضغوط. وتستخدم هذه الطريقة للثمار التي تفسد بوجود الماء مثل البصل والثوم والكيوي والأفوكادو.

ب) التنظيف الرطب :

باستخدام الماء حيث تُغسل الثمار بغمرها في أحواض خاصة تحتوي على ماء أو ماء مضافاً إليه مواد منظفة ومزودة بسيور متحركة لنقل الثمار من خزان الماء، أو برش الثمار برذاذ من الماء أو المحلول المنظف. وتوجد الآلات خاصة لغسيل كميات كبيرة من الثمار حيث تمتاز بسرعة أدائها. وهذه الطريقة شائعة الاستخدام مع العديد من ثمار الخضار والفاكهة مثل التفاح والإجاص والحمضيات والبندورة والمانغو، وإذا كانت الكثافة النسبية للمحصول مثل التفاح أقل منها بالنسبة للماء فإن المحصول سيطفو. وبالنسبة لبعض المحاصيل مثل الأجاص فيجب إضافة أملاح مثل: Sodium lignin sulfonate، Sodium Silicate، Sodium Sulfate إلى الماء لزيادة كثافته النسبية والتأكد على طفو الثمار.

ت) أما الكميات الصغيرة من الثمار فتستعمل أحواض أو براميل ، تستخدم هذه الطريقة مع محاصيل الخضار الورقية والجذرية مثل الجزر واللفت والفجل.

وتقسم المحاصيل حسب متطلبات عملية الغسيل إلى:

- محاصيل يتم غسلها قبل التبريد الأولي والتعبئة (بندورة - خيار -محاصيل ورقية).
- محاصيل يتم غسلها بهدف التخلص من السائل اللبني وتقليل التبقعات (الموز - المانغو).

- محاصيل يتم غسلها بعد التخزين (بطاطا- جزر).
- محاصيل يكفي لتنظيفها فراشي جافة كما سبق ذكره.
- محاصيل لا يجب غسلها (الفاصولياء الخضراء- البازلاء- الكوسا الصيفي- الفليفلة).



الشكل 49 : عملية غسل محصول البصل الأخضر يدوياً ضمن أحواض.

أمثلة عن المواد المستخدمة في غسل الثمار :

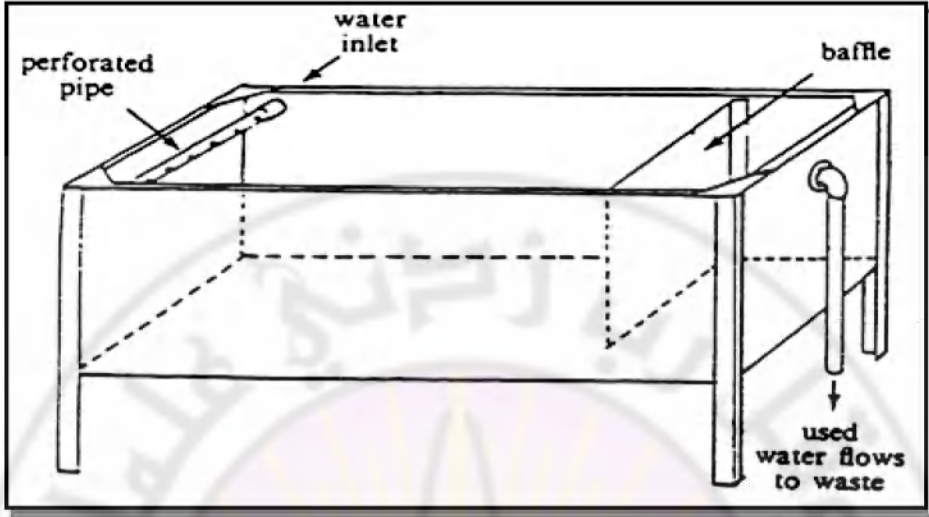
- الصابون : ويستعمل بنسبة [300غ/100لتر ماء دافئ] بدرجة حرارة 38-49 درجة مئوية لمدة 2-4 دقائق.
- كربونات الصوديوم: بنسبة [15-17غ/100ل ماء بارد أو دافئ] درجة حرارته 38-49 درجة مئوية لمدة 3-4 دقائق.
- الكيروسين : يستخدم بنسبة 2% في غسل بعض المحاصيل كالتفاح والحمضيات لإزالة الكثير من المواد المستعملة في الرش لمدة لا تزيد عن 1-5 دقائق حسب درجة تحمل الثمار.

- **حمض كلور الماء:** يستخدم بنسبة 2 ل من حمض كلور الماء التجاري 32% لكل 100ل ماء ويستعمل لغسيل الثمار التفاح و الإجاص لإزالة مواد الرش المحتوية على الزرنيخ وقد يضاف لهذا الغرض 3.5 إلى 10.5 كغ من كلور الصوديوم. وهناك محاليل منظفة جاهزة تحت أسماء تجارية مختلفة مثل محللول الريتارو.

يجدر بالذكر أن هناك أنواع من الثمار تتضرر جداً عند الغسيل خصوصاً عندما يكون الفرق بين حرارة الماء وحرارة الثمار كبير. أو عند تغطيس الثمار في أحواض عميقة من الماء فمثلاً في حال البطاطا والبندورة نجد أن تغطيس الثمار بعد الحصاد عندما تكون حرارتها مرتفعة في ماء بارد، فإن الماء البارد يدخل إلى الثمار والسبب في ذلك أن الهواء الساخن داخل الثمار يتقلص عندما يبرد فيتترك فراغاً داخل المسافات البنية للثمار فيدخل الماء البارد لملء الفراغ الناتج عن ذلك فإذا كان الماء ملوثاً بالأحياء المجهرية خصوصاً البكتيريا المسببة للعفن الطري البكتيري فيسودي لتلف نسبة عالية من الثمار نتيجة عملية الغسيل. أما عند تفريغ ثمار البطاطا والبندورة في أحواض عميقة فيؤدي ذلك إلى إجبار الماء على الدخول إلى الثمار نتيجة ثقل عمود الماء فوق الثمار المغمورة .

يدخل الماء عن طريق العديسات والثغور ومكان اتصال الثمرة بالنبات أو مكان ندبة عنق الثمرة أو عن طريق الخدوش والجروح . وهناك أنواع من الثمار تكون مقاومة لدخول الماء إليها حتى لو كان عميقاً أو تكون مقاومة للأحياء عند دخولها للمسافات البنية فلا تستطيع النمو على الخلايا السليمة لسطح الثمرة.

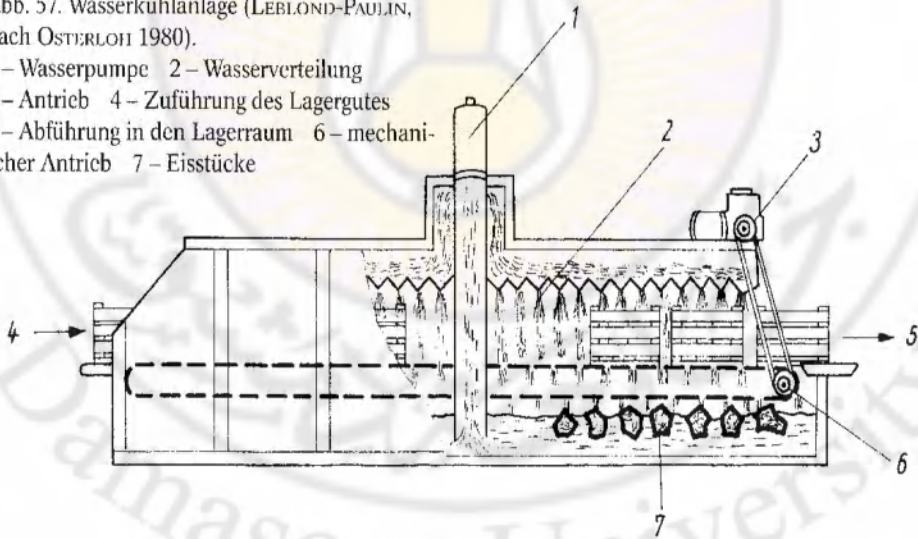
ويفضل عند غمر الثمار الصغيرة الحجم كالكرز أن لا يزيد عمق الماء عن 30 سم لتجنب دخول الماء إلى الثمار نتيجة الضغط.



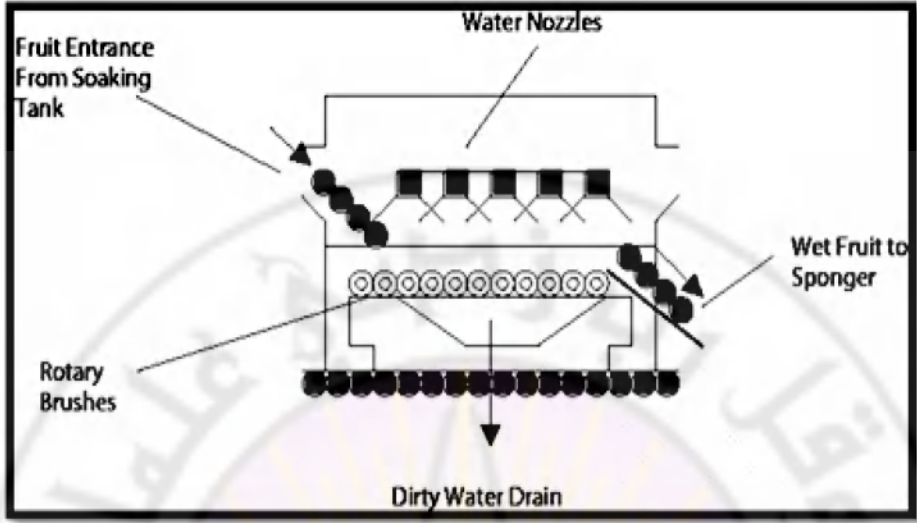
شكل 50: حوض لغسيل الثمار.

Abb. 57. Wasserkühlanlage (LEBLOND-PAULIN, nach OSTERLOH 1980).

- 1 – Wasserpumpe 2 – Wasserverteilung
- 3 – Antrieb 4 – Zuführung des Lagergutes
- 5 – Abführung in den Lagerraum 6 – mechanischer Antrieb
- 7 – Eisstücke



شكل 60 : غسيل الثمار ضمن العيوات



الشكل 61: آلات غسيل الثمار.

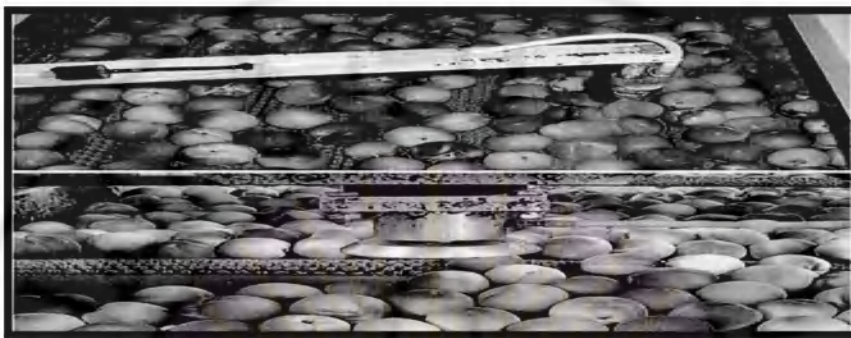
■ التعقيم:

يعدّ تطهير وتعقيم الثمار بعد القطف من أحد الخطوات الهامة للقضاء ومنع انتشار الأحياء المجهرية الموجودة على أسطح الثمار أو في الجو المحيط بها.

وفي حال عدم كفاية تأثير المعقم لمحاليل التنظيف المضافة أثناء الغسيل نلجأ لعملية التعقيم للتخلص من مسببات الأمراض العالقة بها، ويمكن دمج عمليتي التعقيم والغسيل، حيث تعقم الثمار أثناء الغسيل أو بعد القطف مباشرة إذ لا يكون تأثير التعقيم بعد الغسيل جيداً لوجود الماء على أسطح الثمار وفي الفجوات مما ينتج عنه عدم ملائمة المحلول المعقم لسطح الثمار الملوثة بالمسببات المرضية.

تجري هذه العملية بغمر الثمار في المحاليل المعقمة المطهرة أو بمرور الثمار تحت رذاذ منها، ويشترط في المواد المستخدمة للتعقيم و التطهير ما يلي:

(أن تكون سامة للمسببات الممرضة وغير ضارة لأنسجة الثمار والكمية المتبقية منها غير سامة للإنسان ضمن التركيز المستخدم- عديمة الطعم والرائحة ولا تترك أثراً ظاهرياً على الثمار - سهلة الانتشار والاستعمال - رخيصة الثمن ومتوفرة).



شكل 62: تعقيم الثمار.

جدول (12) : أمثلة عن بعض المواد المستخدمة في تعقيم الثمار.

اسم المادة	التركيز	مدة التعرض (دقيقة)	درجة الحرارة (°م)	ملاحظات
بوراكس	5-8%	3-5	46-49	شائع الاستخدام للتفاح والبندورة والحمضيات
بوراكس + حمض البوريك	4% بوراكس + 2% بوريك	3-5	46-49	والإجاص للوقاية من الكثير من الأمراض مثل العفن الأخضر والأزرق
برمنغنات البوتاسيوم	10 غ/100 ماء	4-5	حرارة الغرفة	من المواد القديمة والرخيصة المستخدمة
كبريتات النحاس	30 غ/100 ماء	3-4	حرارة الغرفة	الثمار التي تؤكل دون قشور كالحامضيات
هيبو كلوريد الصوديوم/الكالسيوم	1%	2-4	20-25	تأثير غاز الكلور المنطلق

ويتمّ غسل الثمار بالماء جيداً بعد استخدام أيّ من المعقمات السابقة.

ملاحظة: سائل الكلور الذي يستخدم في المنازل عادة ما يحتوي على 5.25 % مادة فعالة، في حين يبلغ التركيز في الأنواع التجارية من 9.5 % إلى 15%. بإضافة 2.7 لتر من كلور التبييض السائل بتركيز 5.25 % إلى حوالي 1000 لتر ماء خالي من الكلور نحصل على تركيز = 100 جزء من المليون.

يباع الكلور من نوع **Calcium hypochlorite** في صورة مسحوق أو حبوب ويبلغ تركيز المكونات النشطة 65 % (وهي مادة مخرشة وخطرة على الجهاز التنفسي).

- بإضافة 210 غ من المسحوق إلى 1000 لتر ماء نحصل على محلول بتركيز = 1000 جزء في المليون HOCl ، ويجب الانتباه إلى أن المسحوق لا يذوب بسرعة في الماء البارد، حيث تؤدي الجزيئات غير الذائبة لإزالة لون المحصول واحتراق الجلد الخارجي للثمار، لذا يجب إذابة المسحوق مسبقاً في خزان مياه آخر قبل إضافته لمياه التعقيم.
- تضاف الحبوب مباشرة إلى خزان مياه المبرد لتذوب ببطء في حالة استعمالها بطريقة مناسبة لتمثل مصدر دائم للكلور.

إنّ التركيز الزائد للصوديوم يسبب إصابات لبعض الفاكهة خاصة التفاح، ومن ثم فإن تركيز 100 جزء في المليون من محلول HOCl المتكون من **Sodium hypochlorite** يبلغ تركيز الصوديوم فيه 30 جزء في المليون. فكلما أضيف Sodium hypochlorite لتعويض تركيز أيونات hypochlorite كلما زاد الصوديوم المضاف.

إذا زاد مستوى الصوديوم عن 100 جزء في المليون فإنه يسبب خسائر لبعض أنواع التفاح الحساسة ولتفادي ذلك يجب تغيير الماء بصورة دورية لمنع تراكم الصوديوم.

يجب دائماً أن يُحافظ على درجة حموضة الماء PH لتكون من 6.5 إلى 7.5، ومستويات الحموضة الأدنى من هذا تسبب تآكلاً للمعدات وتصاداً غاز الكلور السام. في حالة

زيادة الحموضة عن 7.5 فإن الكلور غالباً ما يكون على صورة أيونات hypochlorite وتكون غير فعالة في قتل الميكروبات.

يتم ضبط مستوى الكلور بأنظمة إلكترونية والتي تتحكم دائماً في درجة حموضة الماء، ويمكن استخدام أوراق اختبار الألوان والعدادات الإلكترونية لقياس الحموضة في تلك العمليات التي يكون التحكم فيها يدوياً. يمكن أيضاً قياس الكلور المتاح من خلال أجهزة قياس كيميائية.

يمكن استخدام حمض Muratic وهو الاسم الشائع لحمض Hydrochloric عادة لخفض الحموضة PH في حين يضاف هيدروكسيد الصوديوم لزيادة الحموضة.

يجب أن تستخدم كل هذه المواد وفقاً للتعليمات الموصى بها. ويلاحظ أن المواد العضوية الموجودة في الماء تعمل على دمج جزيئات الكلور وتجميعها مما يجعلها غير فعالة في عملية التطهير.

من المبيدات الفطرية والبكتيرية المستخدمة بعد الحصاد لمنع انتشار مسببات المرضية المسببة لتلف الثمار: صوديوم أورثو فينيل فينيت (SOPP) - البينوميل - الثايوبندازول - ثاني أوكسيد الكبريت - فورمات الميثيل.

■ التجفيف وإزالة الماء الزائد:

وهي عبارة عن إزالة الماء العالق بسطوح الثمار بإمرارها ضمن تيار من الهواء الساخن أو العادي (7-12 ° C)، مما يمنع توفر بيئة مناسبة لانتشار الفطريات بالإضافة لتسهيل عملية التشميع فيما بعد.

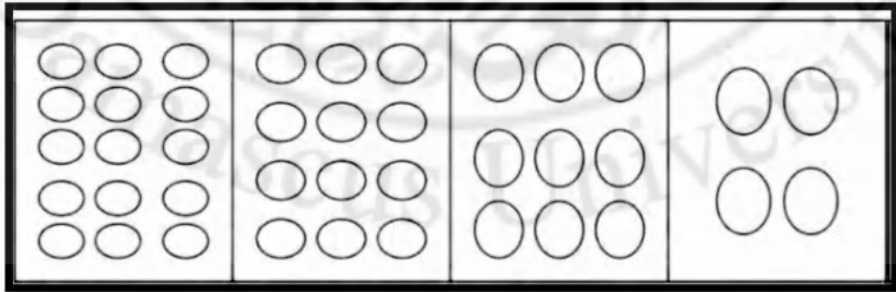
■ الفرز النهائي و التدرج Sorting and Grading:

تتم لإعادة التأكد من خلو الثمار من العيوب والأضرار أو الإصابات الحشرية أو درجة النضج غير المطلوبة من قبل عمال مدربين ذوي كفاءة عالية، حيث توضع الثمار على مناضد مبطنة لوقاية الثمار من الصدمات والخدوش وفي أماكن جيدة الإضاءة.

يتمّ تدرّج الثمار حسب الحجم (تدرّج حجمي Sizing) يدوياً أو ميكانيكياً بواسطة الآلات خاصة يتكون بعضها من غرابيل تكون الثقوب العلوية فيها أصغر من الثقوب السفلى فتمرّ الثمار الصغيرة الحجم (ذات فتحات متدرجة بالاتساع) ، و تكون هذه الغرابيل مائلة قليلاً إلى الأسفل مما يؤدي إلى انزلاق الثمار عليها أثناء اهتزازها، وبذلك تجمع الأحجام المختلفة كلاً على حدة، حيث يتم فرز الثمار وفقاً لقياسات الجودة المستخدمة ووفقاً للجهة المحددة لدرجات الجودة.



شكل 63: خط للتدرّج الحجمي .



شكل 64: تدرّج أقطار سيور التدرّج الحجمي.

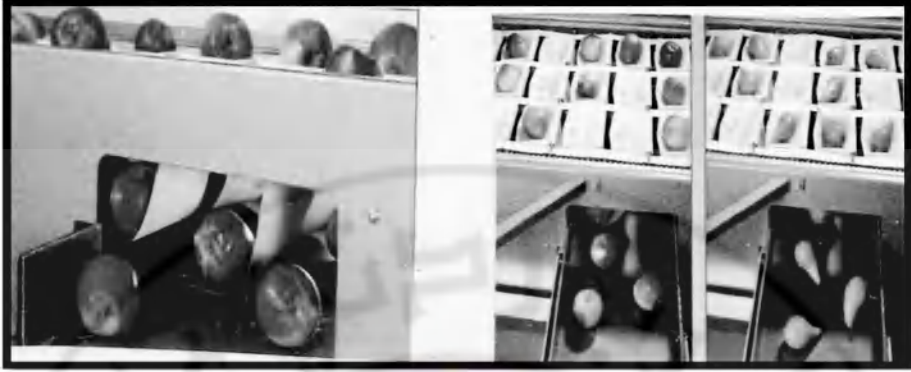
كما توجد أجهزة أخرى تقوم بتدريج الثمار على أساس الوزن (تدريج وزني) وهذه الآلات مرغوبة في حال الثمار ذات الشكل غير المنتظم. يتم التدريج الوزني بواسطة عمال ذوي خبرة عن طريق الإحساس بالوزن أو ألياً باستخدام آلات لها كفوف أو فتحات مقفلة يتم التحكم بفتحها حسب الأوزان المطلوبة، حيث تمرر الثمار ذات الأوزان الثقيلة أولاً ثم الأخف وهكذا.. حتى تتجمع الثمار أسفل هذه الفتحات في مجموعات كل حسب وزنه.

من ميزات التدريج توحيد حجم الثمار داخل العبوة الواحدة وتسهيل عملية التعبئة بحجم أو عدد واحد من الثمار. كما يمكن تدريج الثمار حسب درجة النضج حيث يستعمل سير متحرك يحمل عينات الثمار أمام عمال مدربين يقوموا بعملية الفرز والتدريج.



شكل 65: خط للتدريج الوزني.

أما التدريج اللوني ففيه يتم تدريج الثمار حسب درجة انتشار لون معين أخضر، أحمر، برتقالي.. تبعاً للون الثمار أو درجة النضج (كالبنذورة والكانتالوب) ، ويتم ذلك بالعين المجردة أو أجهزة حساسة لقياس درجة اللون.



الشكل 66: آلة لفرز الثمار اعتماداً على الوزن.

■ عمليات تحسين الشكل: التشميع (Waxing) و التلميع:

المقصود بالتشميع طلاء سطح الثمار بطبقة شمعية رقيقة تغطي بها بعض أنواع الثمار وخاصة الملساء عديمة الزغب فتكسب الثمار لمعاناً وبريقاً وتحفظ الثمار بنضارتها لمدة طويلة بالإضافة للحد من عملية النتح (فقد الماء من الثمار)، لذلك يعتبر من الطرق المفضلة للتقليل من الفقد بالوزن، إن التشميع يمكن أن يقلل الفقد بالوزن إلى النصف ويمنع ذبول الثمار بالإضافة للمعان الذي يضفيه على سطوح الثمار الأمر الذي يزيد في قيمتها النوعية إضافة إلى إطالة فترة التخزين أو بقائها في الأسواق نتيجة لدور التشميع في إبطاء العمليات الحيوية في الثمار. ومن طرق التشميع المستعملة:

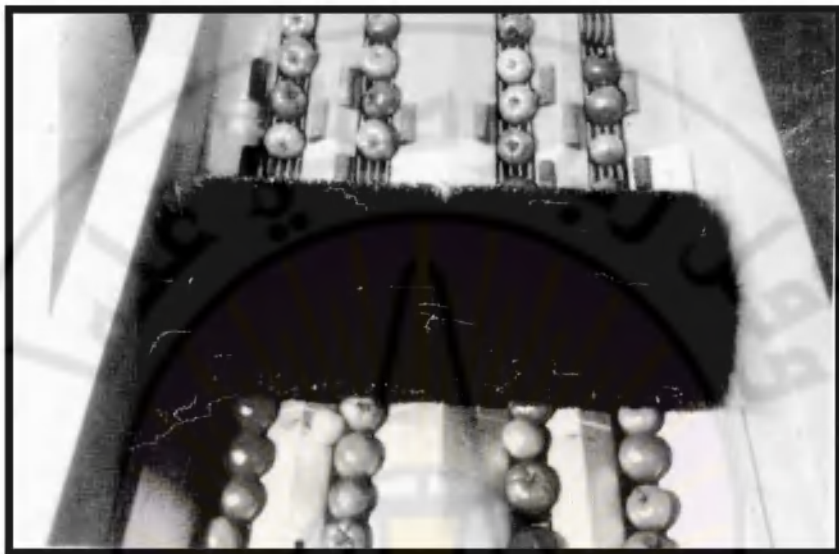
- (أ) **الغمر:** تشمع الثمار التي تحتوي على مناطق منخفضة حول العنق مثل التفاح، البندورة، الفليفلة تتلخص هذه الطريقة بوضع الثمار النظيفة في سلال سلكية تغمر في أحواض تحوي مستحلبات شمعية ثم ترفع وتجفف.
- (ب) **الرش:** بمستحلب المادة الشمعية.

(ت) **فراشي اسطوانية** تزود بالشمع وتدور حول محورها

تستخدم المركبات الشمعية بتركيز 7-10% (ملاحظة: درجة انصهار الشمع

50-51 °C)، وتغمر الثمار 0.5-2 دقيقة و يجب تقليب الثمار لضمان توزيع الشموع على

سطحها بشكل متجانس كما يجب أن لا تكون سماكة الطبقة الشمعية كبيرة فلا تزيد عن 10) ميكرون أو 0.03 ملم (ويتم التحكم في ذلك عن طريق تركيز المادة الشمعة المضافة .



الشكل 67: خط لتشميع الثمار في أحد بيوت التعبئة.

إذ تؤدي الزيادة إلى انسداد المسام فتتنفس الثمار تنفساً لا هوائياً نتيجة منع دخول الأكسجين إلى داخل الثمار فتكتسب صفات ذوقية رديئة، مما يؤدي لفساد الطعم والنكهة، وذلك بسبب عرقلة التبادل الغازي وزيادة تراكم غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز الإيثيلين داخل الثمار، الأمر الذي يؤدي بدوره إلى أضرار فسيولوجية وتدهور القيمة النوعية والغذائية. كما أن سماكة الطبقة الشمعية تؤدي إلى عدم انتظام نضج ثمار البندورة وحدوث البثرات في ثمار الخيار والتفسخ في البطاطا نتيجة نقص الأوكسجين.

إن التشميع لا يقلل انتشار الأمراض إذا كانت الثمار غير نظيفة بل على العكس يزيد من التلف لأنه يؤدي لحجز سبورات الأعفان داخل العدسات والثغور والخدوش موفرًا ظروفًا مناسبة للإنبات تحت طبقة الشمع، لذلك يجب تنظيف الثمار ومعاملتها بالمبيدات الفطرية قبل التشميع أو إضافة المبيدات الفطرية إلى مادة التشميع كخليط، كما يمكن إضافة مواد مانعة

للتزريع (المحاصيل الدرنية)، أو أنواع من الأصبغة لتحسين لون الثمار. مثال: إضافة الألوان الصناعية لثمار الحمضيات.

من أنواع الشموع المستخدمة:

شمع العسل أو الشمع العادي المنصهر أو مستحلب الشمع الألماني أو البرافين الذي يمتاز بقدرته الفائقة على منع تبخر الماء من سطوح الثمار إلا أنه لا يكسب الثمار المعاملة البريق المطلوب، أمّا شمع الكارنوبا (Carnauba wax) فيتميز بصفات عكسية لشمع البرافين لذلك يفضل استخدام خليط منهما، ويوجد في الأسواق شموع جاهزة منها ببريتين 2311 و فلافورسيل 3 يدخل في تركيب مواد التشميع كثير من المواد التي تقوم بوظائف مختلفة فيستخدم الدكسترين والصمغ والنشاء كماد لاصقة وزيت بذرة القطن والصابون كماد ناشرة.

تضاف الشموع كمادة مُعلقة مُستحلبة أو كمادة ذائبة في بعض المذيبات العضوية، ودرجة الحرارة المناسبة للتشميع 38°C (100°F) أو أعلى في حال الأنواع التي لا تنوب في المذيبات .

فوائد التشميع:

- إكساب الثمار بريقاً ولمعاناً فتزداد القيمة التسويقية والشرائية للثمار.
- تقليل الفقد المائي من الثمار وبالتالي تقليل الفقد بالوزن.
- احتفاظ الثمار بنكهتها ومحتواها من السكريات.
- بطئ معدل التغيرات الحيوية التي تحدث في الثمار فتزداد قدرة الثمار على التخزين.

الأمور الواجب مراعاتها عند التشميع:

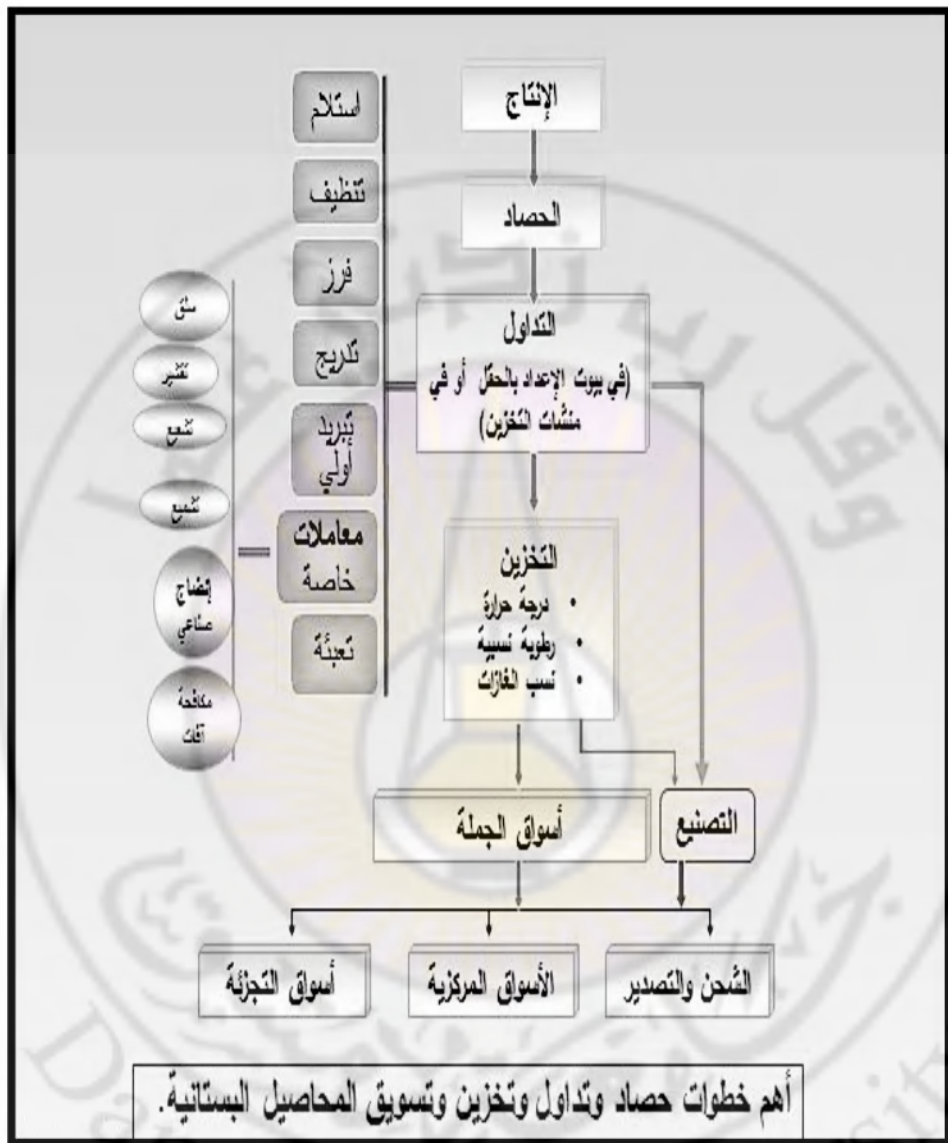
- عدم استخدام الماء العسر لترسيبه للمحاليل الشمعية.
- يجب تجفيف الثمار بسرعة.
- استخدام أوعية مصنوعة من مادة الألمينيوم لا تتفاعل مع الشموع.

ما هي المحاصيل التي ينجح معها التشميع؟ المحاصيل الجذرية والدرنية مثل الجزر والفجل والبطاطا، والمحاصيل الثمرية مثل التفاح والإجاص والبندورة والفليفلة والخيار والمانغو والحمضيات وغيرها. ولا تنجح مع الخضار الورقية لزيادة الشموع المستخدمة وصعوبة التجفيف.

إنّ معظم الحمضيات تُشمع، حيث إن عملية الغسيل يمكن أن تزيل الشمع الطبيعي الموجود على القشرة مما يؤثر على سرعة ذبول الثمار وفقدان المظهر.

تحتاج الثمار لكميات قليلة من الشموع لأن سماكة الطبقة الشمعية قليلة جداً، فتكفي 200 غ من الشمع لمعاملة 45 رطلاً من الجزر إذا كان مستحلب الشمع بتركيز 7%، ويمكن حساب كمية الشمع اللازمة للمعاملة بمعرفة كمية الثمار ومتوسط سطوحها وسماكة الطبقة الشمعية.

أما عملية التلميع فتجري للثمار ذات السطوح الملساء فقط، لنشر كمية الشمع المضاف على سطح الثمار وتلي عملية التشميع بهدف إضافة اللون اللامع الجميل للثمار .



شكل 68: أهم خطوات حصاد وتداول وتخزين وتسويق المحاصيل البستانية.

مثال: رسم تخطيطي لمراحل حصاد وتداول وتخزين ثمار البرتقال:



مثال: حصاد وتداول وتعبئة محاصيل الخضار ذات السوق الأرضية (بطاطا، قلقاس).



■ التعبئة ومواد التعبئة PACKING AND PACKAGING MATERIALS :

بعد إعداد الثمار وتجهيزها تعباً في عبوات خاصة حسب الغرض من الاستخدام (التخزين - التسويق السريع - التصدير - التصنيع)، وذلك بهدف سهولة التداول والخزن والتسويق حتى الوصول إلى المستهلك بحالة جيدة وسليمة، بالإضافة لذلك فإنّ التعبئة تساعد في إيجاد وحدة تسويقية بتحديد وزن ثابت لها مع إمكانية التقدير المبدئي لكمية المحصول الكلي. وتهدف عملية التعبئة في نهايتها إلى تعبئة الثمار في عبوات بتصاميم مختلفة تعتمد على نوع المحصول ومكان التسويق ونوع الاستثمار، ولا توجد بشكل عام عبوات قياسية متفق عليها عالمياً، و قد توضع مواد مألوفة كالورق أو القش بين الثمار ضمن العبوة.

وإذا تمّ استخدام عبوات كرتون بأحجام مختلفة فإن استخدام عبوات ذات أبعاد قياسية (موحدة) يعمل على تسهيل التداول. وفي حالة استخدام صناديق غير متجانسة فإنّ الرصّ قد لا يكون ثابتاً أو قد توضع الصناديق الثقيلة أعلى الخفيفة. أو أن الرصّات غير الثابتة قد تتفطر أثناء النقل أو تنهار أثناء التخزين. وبالنسبة هناك مهمتان أساسيتان لعملية التعبئة هما:

(أ) تجميع المحصول في وحدات تعبئة مريحة من أجل عملية التسويق.

(ب) حماية المنتج عند التوزيع والتخزين والتسويق.

توضع على العبوات بطاقات تسمى بطاقة البيان Labeling حيث يُدون عليها وعلى جانب واحد من العبوة، وبخط واضح غير قابل للإزالة [اسم وعنوان المصدر أو العلامة التجارية، نوع المحصول، اسم الصنف، بالإضافة لوزن الصندوق القائم والصافي وتاريخ التعبئة، الدرجة التصنيفية (ممتاز، أول، ثان) ومكان الإنتاج وبلد المنشأ، درجة حرارة التخزين الموصى بها، تعليمات خاصة بالتداول، اسم الشموع المستخدمة أو المبيدات المصرح بها....]. إن وضع البيانات على عبوات المستهلك إجبارياً وفقاً لتشريعات FDA، ولا بدّ أن تشمل بطاقة البيانات اسم المحصول، والوزن الصافي واسم وعنوان جهة الإنتاج والتعبئة والموزع.

طرق التعبئة Packing practices داخل العبوات:

إنَّ العبوة المفضلة لمعظم الفواكه والخضار هي تلك العبوات التي تكون ممثلة بشكل جيد محكم وبدون زيادة أو نقصان، ولذلك فإن العبوة وليس المحصول سوف تتحمل أي ثقل يتسبب عن عملية الرص.

▣ بدون رص (تنضيد) :

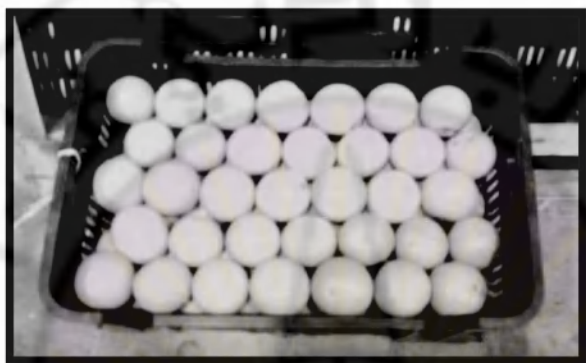
توضع الثمار بشكل عشوائي في العبوة، كما يحدث عند التعبئة للسوق المحلي. وتستخدم لهذا الغرض العبوات ذات الحجم الممثلة المحكمة أو المضغوطة tight-filled pack ، والتي تعبأ فيها الثمار داخل الصناديق وبعد الامتلاء سوف تهز العبوة بلطف، وبهذه الطريقة سوف يعبأ المحصول إلى وزن قياسي معلوم وليس إلى عدد قياسي محسوب من الثمار. مثل التفاح والبرتقال والبصل والجزر . ولا نستخدم هذا النوع من التعبئة مع الثمار الرقيقة ذات القيمة العالية.

▣ بالرص (التنضيد) stowage :

تعبأ الثمار يدوياً حسب نموذج معين Pattern Packed ، وتوضع كل ثمرة في المكان المخصص وفق طريقة التعبئة المستخدمة، وذلك من أجل الحصول على أعلى وزن صافٍ ممكن من أجل عبوة ممثلة إضافة إلى المحافظة على منظر جيد عند تسويق العبوات. ستحتاج هذه العملية التسويقية إلى عمليات فرز اعتماداً على الحجم، وهي مكلفة، ومخصصة للمحاصيل من الدرجة الممتازة والجيدة جداً، حيث يتم ترتيب الثمار في العبوات وفق الطرق التالية:

▣ الطريقة المربعة أو المتوازنة: يتم رص الثمار وفق طبقات متوازنة مع توفر مسافات بينية واسعة بين الثمار للتهوية، هنا لا يتجاوز عدد طبقات الثمار 2-3 طبقات على الأكثر لتجنب ضغط الثمار العليا على السفلى مما يعرضها للتلف.

الطريقة المتبادلة: تشبه الطريقة المتوازية لكن ترص الثمار في صفوف بحيث توضع بين كل ثمرة ثمرتين أخرى في الصف التالي (رجل الغراب) بدلاً من الصفوف المتوازية وهي طريقة سريعة ذات تهوية مناسبة وفيها يتوزع وزن الثمرة على ثمريتين أسفلها.



الشكل 69: الطريقة المتبادلة. الطريقة المتوازية.

الطريقة الخماسية: تشبه الطريقة السابقة أمّا الطبقات فتوضع ثمار الطبقة العليا بين أو أعلى ثمار الطبقة السفلى.

طريقة العشوش: توضع فيها الثمار ضمن صواني من الورق المضغوط على شكل فجوات سداسية أو مستديرة تناسب الثمار المعبئة؛ حيث توضع كل ثمرة في فجوة بدون

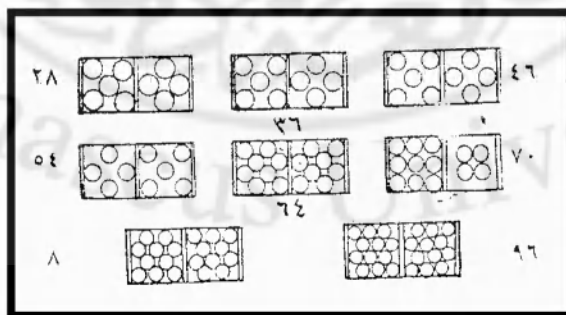
تغليف، وعند التداول توضع الصواني بشكل طبقتين أو ثلاثة. وتتميز هذه الطريقة بإمكانية العرض مباشرة عند البيع، وتعطي الثمار مظهراً جذاباً عند التسويق، وتضمن عدم احتكاك الثمار مع بعضها بعضاً وبالتالي تمنع إصابتها أو تلفها، وهي طريقة جيدة لتهوية الثمار كما يمكن تخزينها بسهولة.

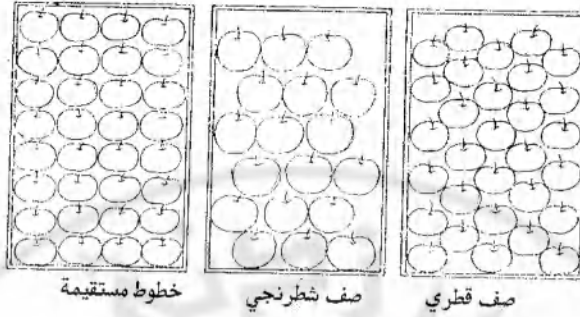


الشكل 70: طريقة العشوش.

جدول(13): مثال عن حساب عدد الثمار في العبوات وفق طريقة التعبئة لثمار الجريب فروت.

عدد الثمار	عدد الطبقات	عدد الصفوف	طريقة تعبئة الصفوف بالطبقات المختلفة في الصف الواحد من الصندوق المعياري لثمار الجريب فروت
28	3	3	الطبقتان 3،1
			الطبقة الثانية 4=1+2+1
36	4	3	الطبقتان 3،1
			الطبقة الثانية 4=1+2+1
46	5	3	الطبقة 5،3،1
			الطبقتان 4،2
54	6	3	الطبقة 5،3،1
			الطبقة الثانية 4=1+2+1
64	4	4	الطبقتان 3،1
			الطبقتان 4،2
70	5	3	الطبقة 5،3،1
			الطبقة الثانية 4=2+2
80	4	4	الطبقتان 3،1
			الطبقتان 4،2
96	4	4	الطبقتان 3،1
			الطبقتان 4،2





طريقة تعبئة الصفوف بالطبقات المختلفة في الصف الواحد من الصندوق		عدد الصفوف	عدد الطبقات	عدد الحمار
الطبقتان ٢ ، ٤	الطبقتان ١ ، ٣	٤	٤	٩٦
$12 = 3 + 3 + 3 + 3$ $14 = 3 + 4 + 3 + 4$	$12 = 3 + 2 + 2 + 3$ $14 = 4 + 3 + 4 + 3$	٤	٤	١١٢
الطبقتان ٢ ، ٤	الطبقات ١ ، ٣ ، ٤ ، ٥	٥	٥	١٢٦
$12 = 2 + 3 + 2 + 3 + 2$ $10 = 3 + 2 + 3 + 2 + 3$ $17 = 2 + 4 + 3 + 4 + 3$ $20 = 4 + 4 + 4 + 4 + 4$	$12 = 3 + 2 + 2 + 2 + 3$ $10 = 3 + 3 + 3 + 3 + 3$ $18 = 4 + 3 + 4 + 3 + 4$ $20 = 4 + 4 + 4 + 4 + 4$	٥	٥	١٥٠
الطبقات ٢ ، ٤ ، ٤ ، ٦	الطبقات ١ ، ٣ ، ٤ ، ٥	٥	٥	١٧٦
$12 = 3 + 3 + 3 + 3 + 3$ $21 = 3 + 4 + 3 + 4 + 3 + 4$ $24 = 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4$	$12 = 3 + 2 + 2 + 2 + 3$ $21 = 4 + 3 + 4 + 3 + 4 + 3$ $24 = 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4$	٥	٥	٢٠٠
٩٦	١٢٦	٦	٦	٢١٦
١٥٠	٢٠٠	٦	٦	٢٥٢
٢١٦	٢٨٨	٦	٦	٢٨٨

طرق تعبئة حمار البرتنال بالصناديق المعيارية

تُخزن ثمار الفاكهة والخضار ضمن عبوات ذات مواصفات خاصة، ويوصى بوضع ثمار الخضار والفاكهة ضمن عبوات بمواصفات معينة حسب كل نوع على حدة.

وتقسم العبوات Packing containers حسب سعتها إلى :

- عبوات ذات سعة قليلة: تستخدم بشكل أساسي في تخزين ونقل ثمار اللوزيات والبندورة والعنب.
- عبوات ذات سعة متوسطة: تستخدم في نقل وتخزين ثمار التفاحيات والحمضيات.
- عبوات ذات سعة كبيرة: تستخدم بشكل أساسي في نقل ثمار التفاحيات لتحملها للتأثيرات الميكانيكية.

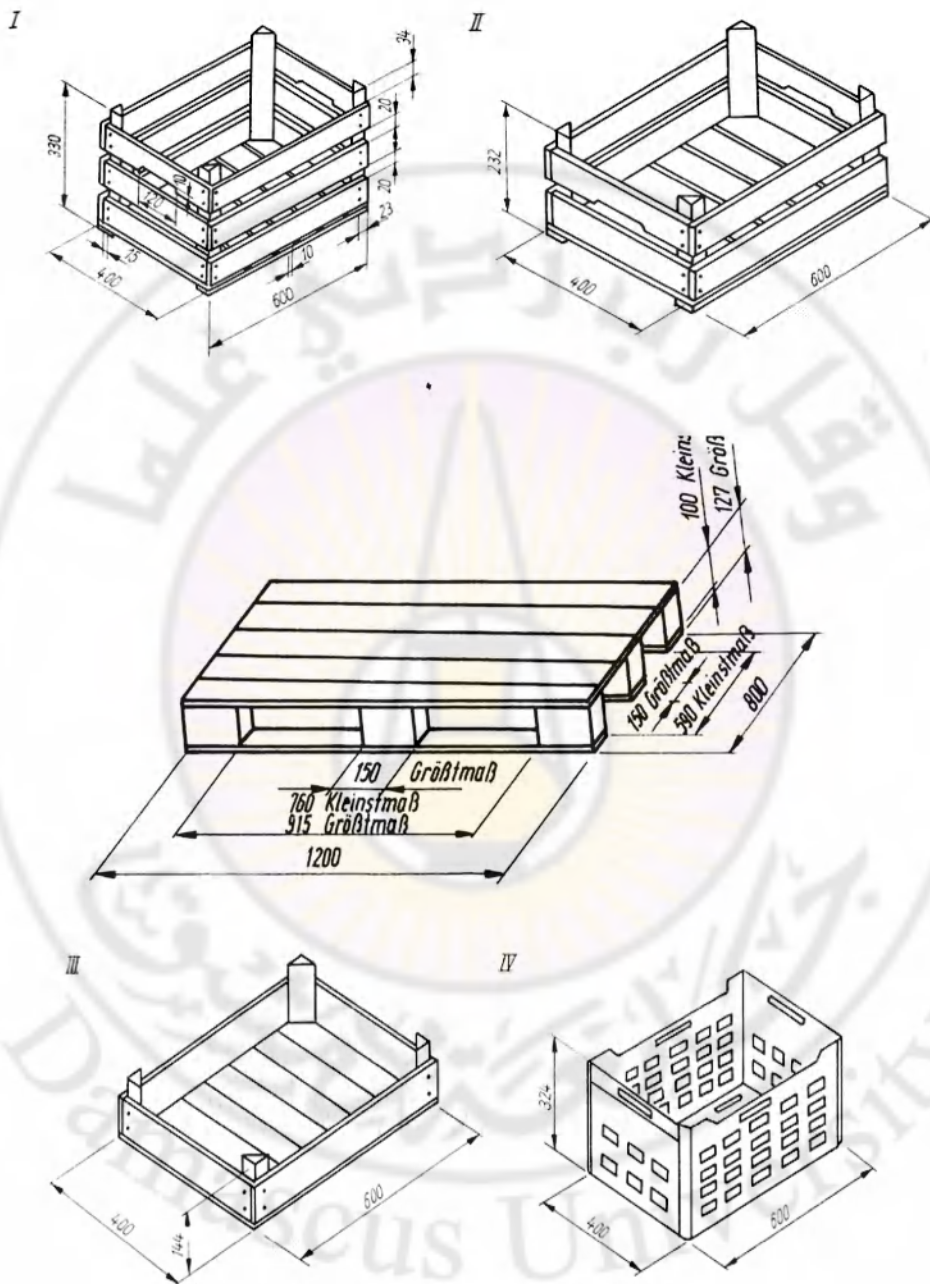
تقسيم العبوات حسب الغرض من الاستخدام

عبوات الجمع: تستخدم في جمع الثمار بعد القطاف مباشرة مثل الأكياس القماشية والسلل وغيرها.

عبوات الحقل: يتم تفريغ الثمار فيها من عبوات الجمع لنقلها لبيوت التعبئة مثل الصناديق الخشبية الكبيرة.

عبوات الشحن: تستخدم لتعبئة الثمار لغرض الشحن مثل الصناديق الكرتونية أو المصنوعة من مادة الفوم، ويجب مراعاة عنصر المتانة عند اختيارها.

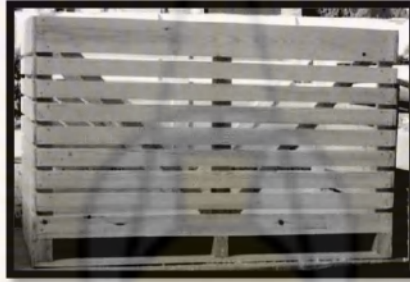
عبوات المستهلك Consumer Pre-Packing: تنتج لكميات قليلة من المنتج توزن وتعبأ ثم تسوق على شكل وحدات صغيرة، ولها أشكال وأحجام وأوزان مختلفة.



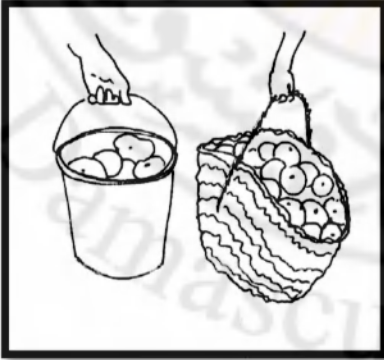
الشكل 71: أبعاد الطلبات وبعض أشكال عبوات الشحن والتخزين.



العبوات الكبيرة field containers (للحقل أو التخزين).



شكل 72: عبوات الحقل الكبيرة .



الشكل 73: عبوات الجمع (يمين) ، عبوات المستهلك (يسار).

الصفات الواجب توفرها في العبوات المستخدمة :

- القوة الميكانيكية الكافية. بهدف حماية ما تحويه من ثمار أثناء التداول والنقل والتتضيد.
- المادة المستخدمة في صناعة العبوات يجب أن تكون خالية من أي مادة كيميائية والتي يمكن أن تنتقل إلى المحصول أو تكون سامة للإنسان.
- تلبية متطلبات النقل والتسويق وخاصة من ناحية الوزن والشكل والحجم.
- تتميز بوجود فتحات للتهوية تضمن وصول ودوران وتوزيع الهواء البارد أثناء التخزين بالإضافة لنفاذيتها لغازات التنفس (عادة 5-8 % من السطوح الجانبية ينبغي أن تكون مفتوحة و3-5% من القاعدة) التوزيع الأفضل يتم الحصول عليه من خلال الثغرات والتقوب المتعددة والمتناثرة بشكل جيد أكثر من التقوب الكبيرة والقليلة.
- العمل على حجب الضوء (كما في البطاطا).
- أن تكون مصنوعة من مواد يمكن غسلها وتعقيمها أو إعادة تدويرها وغير ضارة بالبيئة.
- متوفرة ورخيصة الثمن.
- متينة وسطحها الداخلي أملس خالي من النتوءات.
- ذات عمق مناسب.
- سهولة التداول والنقل والحمل.
- ذات مظهر جيد جذاب.
- مصنعة من مواد غير ضارة بالإنسان والبيئة .
- ثابتة الوزن والحجم.







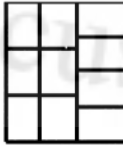
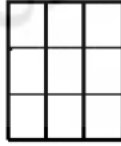
طرق التعبئة ضمن البالتات Palletizing: يتم وضع الصناديق والكراتين المعبأة بالثمار على شكل بالتات، وخاصة في العمليات التي تتم على مستوى كبير وذلك لتجهيزها لعملية الشحن، وهذه الطريقة شائعة الاستخدام في محاصيل كالكانتالوب والفليفلة والبندورة. يوضح الشكل التالي الطرق الشائعة لرصّ الصناديق والذي توصي به وزارة الزراعة الامريكية USDA.

MUM (Modularization, Unitization, and Metrication) ويمكن لكل هذه الصناديق أن يتم رصّها وفقاً لعدّة طرق أو نماذج وذلك على حسب حجمها إلا أنها في النهاية تشكل حمولة ثابتة على بالته واحده أبعادها 1000×1200 مم (40×48 بوصة). إن استخدام العبوات وفقاً لنظام MUM سيوفر من فراغات الشحن أو التخزين حيث إن معدل استغلال البالتات 100%.



شكل 74: صناديق خشبية كبيرة لتخزين البطاطا Bin.

جدول (14): صف العبوات ضمن البالتات وفق نظام MUM.

الابعاد الخارجية	عدد الصناديق في الطبقة الواحدة	الابعاد الخارجية	عدد الصناديق في الطبقة الواحدة
300×500 مم		600×400 مم	
600×333 مم		500×400 مم	
333×500 مم		600×500 مم	
300×400 مم		333×400 مم	



شكل 75: طريقة ترتيب الصناديق ضمن البالتات .



شكل 76 : تخزين البطاطا في أكياس وظليلات (البالتات) معدنية.



شكل 77 : العبوات الكرتونية لتخزين ثمار الموز.

أمثلة عن بعض المعاملات الإضافية (الخاصة) **Special treatments** التي تطبق على الثمار قبل التخزين للحد من التدهور والإصابات المرضية أثناء التخزين:

تحتاج بعض المحاصيل إلى معاملات خاصة أو معاملات إضافية لتقليل سرعة التدهور بعد الحصاد وأثناء التخزين أو بغرض التحكم بسرعة النضج ومن أمثلة هذه المعاملات ما يلي:

■ العلاج التجفيفي Curing :

يجرى على المحاصيل الدنية والأبصال (البطاطا والبطاطا الحلوة والبصل والثوم)، يتم العلاج التجفيفي بعد الحصاد وقبل التخزين أو التسويق، بهدف زيادة جفاف أعناق الأبصال تجنباً لدخول مسببات المرضية في البصل والثوم، أو تكوين طبقة البيريديرم لالتئام الجروح الناتجة أثناء عملية القلع. وهذه العملية إما أن تتم في الحقل أو في بيوت التعبئة حيث توضع الدرنات أو الأبصال في مكان ظليل ومهوى عند درجة حرارة 21°C أو تعرّض لتيار هوائي دافئ للإسراع بالعلاج التجفيفي مع مراعاة عدم تعرض الدرنات للضوء المباشر أثناء هذه العملية لتجنب اخضرار الدرنات.

أو قد يتم المعالجة بوضع الدرنات في درجة حرارة $27-30^{\circ}\text{C}$ ورطوبة نسبية 85-90% مدة 5-10 أيام بغرض تكوين طبقة فليينية على قشرة الدرنات الخارجية للوقاية من الإصابات بالمسببات المرضية.

■ السيطرة على الحرق السطحي scald عند التفاح:

وهي أضرار فيزيولوجية نتيجة لأكسدة مركبات الفارنسين والذي يتراكم في بشرة الثمار (ينتج عنه تحطم الخلايا وبالتالي تلونها بالبني)، ويمكن استخدام مركب الداى فينيل أمين الذي أدى للحد من هذه الظاهرة + ظروف التخزين المثالية.

■ استعمال الكالسيوم للتفاح للسيطرة على النقرة bitter pit :

يمكن رش الثمار قبل الحصاد أو تغطيسها بعد الحصاد بأملح الكالسيوم، حيث إن دخول محاليل الكالسيوم للب الثمار يقلل من الانحلال الداخلي للتفاح المحفوظ في المخازن المبردة.

ولأجل أن تكون المعاملة بمركبات الكالسيوم فعالة يجب أن تلامس كامل سطح الثمار، وأن تمتص بشكل مباشر من الثمار. فمثلاً محلول مائي بتركيز 3% من كلوريد الكالسيوم المركز يعتبر مانعاً وكابحاً للحرق السطحي، ويمكن مزجه مع خافضات التوتر السطحي والمبيدات الفطرية وإن تركيز 0.1 % من خافضات التوتر السطحي يعدّ كافياً لتأمين الرطوبة الجيدة للثمار وأغلبها تضاف إذا بدأت قطرات الماء بالتشكل على ثمار التفاح.

■ موانع التزريع:

تجرى هذه المعاملة لمحاصيل البطاطا والبصل، حيث تمر بفترة سكون البراعم بعد الحصاد تختلف تبعاً للصنف ودرجة النضج وظروف ما قبل الحصاد. غالباً لا يحدث التزريع عند 4°C. يُمكن استخدام مادة CIPC قبل العلاج التجفيفي بالتعبير أو الرش كمحلول (3-Chloroisopropyl-N-phenylcarbamate) بتركيز 50 ميكروليتر/ غ أو 3% . ويتم رش نباتات البصل بالماليك هيدرازيد قبل الحصاد بـ 2-4 أسابيع.



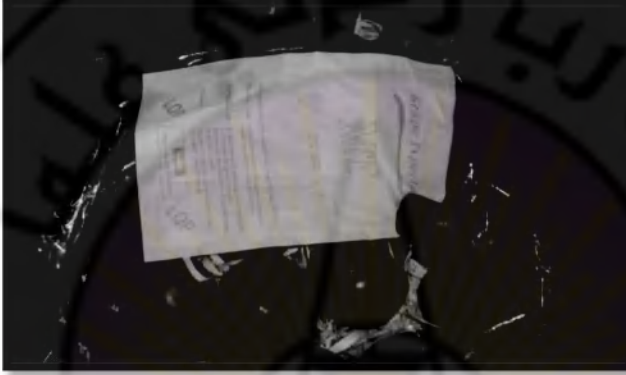
الشكل 78: تزريع درنات البطاطا أثناء التخزين.

■ استخدام منظّمات النمو plant growth regulators :

مثل GA₃ و 2,4.D على ثمار الحمضيات لتأخير شيخوخة القشرة وتُضاف أثناء عملية التسميع. السيتوكينينات تؤخر فقدان الكلوروفيل و الشيخوخة للخضار الورقية.

■ استخدام الشرائح المطلقة لغاز الكبريت لمقاومة الأمراض الفطرية:

Sodium or potassium bisulfite توجد مركبات البايسلفيت في أكياس من الورق أو البلاستيك يمكن وضعها داخل صناديق الثمار لتنتج ثاني أكسيد الكبريت لمقاومة الأعفان أثناء النقل أو التخزين.



الشكل 79: الشرائح المطلقة لغاز الكبريت.

■ التعقيم:

وخاصة ضد فراشة الثمار التي تهاجم الحاصلات البستانية وأهمها ذبابة البحر المتوسط و العائل هو الفاكهة المتساقطة و شبه الاستوائية و الحمضيات و الخوخ. و يتم التبخير بغاز الكبريت أو ميثيل بروميد.

■ المعاملات الحرارية Heat treatments:

إن الغمر في ماء ساخن أو المعاملة بالهواء المسخن يمكن أن تستخدم في المقاومة المباشرة للحشرات بعد الحصاد . العديد من المحاصيل (الحمضيات ، البندورة) يمكن أن تعامل بالماء الساخن درجة حرارته 50-60 ° C دون حدوث أضرار للثمار إما بالغمر أو عمل رذاذ من الماء الساخن مع تحريك المحصول على وسائد متحركة، ومع اختلاف سرعة الوسائد المتحركة و قياس فتحات خروج الماء يمكن تعريض المحصول لمدة 10-60 ثانية ، والماء المستخدم يعاد استعماله مرة أخرى لأن درجة حرارة الماء (50-70 ° C) لا تعيش فيها

الفطريات و البكتريا المسببة لتلف الثمار . كما يمكن تعريض الثمار لبخار ساخن بواسطة الهواء المشبع ببخار الماء الساخن (40-50 °C) ناجحة لمقاومة بيض ويرقات الحشرات، وتستخدم هذه الطريقة لمعاملة المحاصيل قبل تصديرها . وهي طريقة بديلة لاستخدام المطهرات الكيميائية مثل إيثيلين داي بروميد (تم حظره سنة 1984) ومركب بروميد الميثيل وهو مسموح به حتى سنة 2010 . ويمكن استخدام البخار الساخن المضغوط وهي طريقة أسرع في معاملة الثمار .

جدول (15): HOT WATER TREATMENTS المعاملة بالماء الساخن.

المحصول	المسبب المرضي Pathogens	درجة الحرارة C ° /	الزمن / دقيقة	الضرر المتوقع
التفاح	Gloeosporium sp Penicillium expansum	45	10	تقل مدة التخزين
Grapefruit	Phytophthora citrophthora	48	3	-
Lemon ليمون	Penicillium digitatum .Phytophthora sp	52	10-5	-
Orange برتقال	Diplodia sp .Phomopsis sp .Phytophthora sp	53	5	عدم كفاءة زوال اللون الأخضر
Peach خوخ	Monolinia Rhizopus stolonifer	52	2.5	تبقع لون الجلد
الفليفلة Pepper	Erwinia sp	53	1.5	تبقع

■ أملاح البيكربونات Bicarbonate salts:

وتشمل: بيكربونات الصودا NaHCO_3 و بيكربونات البوتاسيوم KHCO_3 . تستخدم أملاح البيكربونات لمنع أمراض ما بعد الحصاد على الفليفلة والبطاطا والجزر والحمضيات. هذه الأملاح منخفضة التكاليف جداً ومأمونة الاستخدام ومتوفرة بسهولة ومقبولة ومسجلة كمنتج عضوي "Certified organic" أو خالي من الكيماويات "Chemical free" . معدل الاستخدام إما رش أو غمر overhead spray or dip.

■ التجليد أو التدبيل Sweating:

ويقصد بها زيادة مقاومة القشرة في ثمار الحمضيات للأضرار الميكانيكية أثناء التداول والشحن وكذلك إعطاء فرصة أكبر للتعرف والكشف عن الثمار المصابة بالأمراض الفطرية حيث تترك الثمار بعد القطاف مدة 24 ساعة في درجة حرارة الجو العادي، بهدف فقد بعض الماء، و تتكمش الخلايا البارزة في القشرة و يصبح سطح الثمرة مستوياً وبذلك تكون أقل عرضة للخدش وتقل أهمية عملية التجليد في المناطق الجافة أو المنخفضة الرطوبة باستثناء حصاد المحصول في وقت الندى وارتفاع الرطوبة أو عقب هطول الأمطار مباشرة .

■ إزالة اللون الأخضر Degreening:

المقصود بهذه العملية إزالة اللون الأخضر من قشرة الحمضيات وإظهار اللون المميز كاللون البرتقالي اللامع لثمار البرتقال، وذلك عن طريق تعريض الصناديق المعبأة لغاز الإيثيلين بتركيز لا يزيد عن (5ppm) مع درجة حرارة ($28-29^\circ \text{C}$) ورطوبة نسبية حوالي 95% لمدة 48-73 ساعة.

■ الإنضاج الصناعي Artificial ripening:

الإنضاج الصناعي هو العملية التي تحدث لوصول الثمار إلى النكهة المطلوبة، اللون، وخواص القوام. يُستخدم لهذا الغرض غاز الإيثيلين ، ويمكن إنتاجه عن طريق مولدات الإيثيلين مثل:

الإيثفون (2-chloroethyl phosphonic acid (ethephon) أو بإمرار الإيثانول على مسطح من الألومينا المنشطة activated alumina أو باستخدام خلائط مخففة من الإيثيلين النقي.

إنَّ Climacteric fruits يمكنها أن تتضج خارج النبات وبعد وصولها الى مرحلة إكمال النمو الفيزيولوجي. مثال: التفاح الموز الكيوي التين السفرجل القاوون المشمش الخوخ الدراق النكتارين الإجاص الكانتلوب.

يمكن الحصول على أفضل نكهة وقوام لثمار الموز والكمثرى إذا تمَّ حصادها مكتملة النمو خضراء وتمَّ إنضاجها بعيداً عن النبات الأم ، أمَّا ثمار الأفوكادو فلا تتضج على النبات الأم.

ولضمان الحصول على نضج متجانس كثمار البندورة أو التحكم في سرعة نضج الثمار كثمار الموز يمكن معاملة الثمار بغاز الإيثيلين، وبشكل عام كلما ارتفعت درجة الحرارة (بمدى 12.5 – 25 °C) كان النضج أسرع.

لا تستجيب الثمار التي ليس بها ذروة تنفس **non-climacteric** لمحاولات الإنضاج بالإيثيلين مثل: العنب، الكرز، الحمضيات، الباذنجان، الفليفلة، البامياء، الأناناس، الرمان، الفريز، البطيخ (إنَّ ثمار البطيخ تكتسب معظم حلاوتها خلال الأسبوع السابق لاكمال نموها ممَّا يجعل الحصاد قبل ذلك غير مرغوب).

يمكن إنضاج الثمار في المنزل وبكميات صغيرة بطريقة بسيطة (مثل الكاكي)، وذلك بوضع الثمار المراد إنضاجها في وعاء مزود بثقوب أو كيس بلاستيك أو ورق مع ثمرة ناضجة كتفاح ناضج، موز ناضج (أو أي محصول آخر منتج للإيثيلين) بهذه الطريقة يمكن الإنضاج خلال عدة أيام.

جدول (16): المعاملة بغاز الاثيلين لغرض الإنضاج الصناعي.

المحصول	تركيز الإيثيلين (ppm)	مدة التعرض للإيثيلين (ساعة)	درجة حرارة الانضاج °C	درجة حرارة التخزين °C
أفوكادو avocado	10 - 100	12 - 48	15 - 18	4.4 - 13
الموز banana	100- 150	24	15- 18	13 - 14
الكيوي kiwifruit	10 - 100	12 - 24	20-0	0.5 -0
المانغو mango	100 - 150	12 - 24	20 - 22	13- 14
إزالة اللون الأخضر للبرتقال orange degreening	1 - 10	24 - 72	20 - 22	5 - 9
الثمار ذات النواة الحجرية	10 - 100	12 - 72	13 - 25	
البندورة tomato	100 - 150	24 - 48	20 - 25	10 - 13

■ الجو الهوائي المعدل (MA) : Modified Atmosphere :

تساعد عملية تعبئة الثمار في العبوات المناسبة على تنظيم حفظ وتسويق الثمار وتحسين قدرتها التخزينية، ويستخدم الآن هواء التغليف المعدل على نطاق واسع في مجال حفظ الثمار والأغذية، وتكمن فائدة هذه التقنية في تحسين إمكانيات التخزين بدون إضافة مواد أخرى، إذ تعد مثالية للثمار الاستوائية التي لا يمكن تبريدها في درجات حرارة منخفضة، حيث يمكن من خلالها خفض تنفس الثمار وحمايتها من الإصابة بأضرار البرودة. تُرست تقنية الجو المعدل كطريقة بسيطة ورخيصة لإطالة فترة

صلاحية الثمار للاستهلاك أي زيادة عمر الثمرة الاستهلاكي (shelf life) للعديد من ثمار الفاكهة والخضار ومنها البندورة.

إنَّ الغاية من استخدام نظام (MAP) هو خفض معدل التنفس، والحدّ من تفاعلات الأكسدة والنشاط الأنزيمي، بمعنى آخر خفض استهلاك المواد الغذائية في الثمرة بالإضافة لتأخير الفساد الميكروبيولوجي عن طريق تغيير تركيب الجو المحيط بالمنتج، وهذه التغيرات تسمح بالمحافظة على المنتج لمُدّة أطول.

إن نسبة غاز الأوكسجين المثالية داخل العبوات تبلغ 4-6 %، هذه النسبة تضمن تلوناً جيداً للثمار وتقلّل من حدوث الذبول لثمار البندورة المخزنة.

إنَّ الخس المجهز أو المصنع جزئياً مقطّع أو شرائح رقيقة، يمكن أن تتمّ تعبئته في أكياس بلاستيك 5 مم، وبعد عمل تفريغ جزئي يضاف خليط من الغازات يشمل 30-50 % أوكسجين و 4-6 % ثاني أوكسيد الكربون داخل العبوة ثم يتم غلقها بعد ذلك SEALED . PLASTIC BAG

ويمكن استخدام Polyethylene liner بطانات من البولي إيثيلين عند تداول الكرّز وشحن ثمار الموز.

تؤثر هذه التقنية (MAP) في الثمار بطريقتين هما:

- ✓ منع جفاف الثمار عن طريق إحاطتها بجو ذي محتوى عالٍ من الرطوبة .
- ✓ تغيير تركيب الجو الغازي المحيط بالمنتج، وذلك بزيادة نسبة CO_2 و خفض نسبة O_2 ، وينشأ هذا الجو نتيجة العمليات الحيوية وتنفس الثمار ضمن العبوات البلاستيكية ذات النفاذية المحدودة للغاز، ثم ينشأ توازن ديناميكي بين الغازات المُنتجة من الثمار وتلك

الموجودة في الجو المحيط بها، ويصبح O_2 المستهلك و CO_2 المنبعث أو المنطلق من الثمار مساوياً للغازات المتحررة من خلال العبوة البلاستيكية في درجة حرارة معينة.

ويجب تحقيق وتوافر بعض الشروط بالعبوات البلاستيكية لتحقيق هدفها في المحافظة على الخضار بحالة طازجة منها:

أن تكون نسبة O_2 الممتصة و CO_2 المنطلقة من قبل المنتج مساوية لنسبتها المتدفقة من خلال العبوة.

إن عملية التنفس مرتبطة بنفاذية رقائق البولي إيثيلين ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية وهي عوامل محددة للتوازن بين O_2 و CO_2 داخل العبوات.

هناك العديد من الأفلام البلاستيكية تستخدم في التعبئة إلا أنَّ القليل منها له نفاذية تجعله مناسباً لنظام MAP، إنَّ البولي إيثيلين منخفض الكثافة و البولي فينيل كلوريد هما النوعان من الأفلام الأكثر استخداماً في تعبئة الخضار والفاكهة. إنَّ استعمال الرقائق المنقبذة يكون فعالاً في التقليل من فقد الماء وتجنب خطر الظروف اللاهوائية والتقليل من تكاثف بخار الماء وبالتالي تجنب ارتفاع الرطوبة داخل العبوة، حيث إن انتشار O_2 أسرع إلى حدٍّ ما في الهواء (عبر الثقوب) من انتشار غاز CO_2 لأن معامل انتشاره أكبر، وبالمقارنة نجد أن جميع الرقائق البلاستيكية نسبياً أكثر نفاذية لغاز CO_2 من غاز O_2 .

جدول (17): نفاذية بعض أنواع من البولي إيثيلين المستخدمة لتعبئة الثمار.

نوع الفيلم	النفاذية cc/m ² /mil/day at 1 atm	
	O ₂	CO ₂
بولي إيثيلين منخفض الكثافة	13-3.9	77-7.7
بولي فينيل كلوريد	2.25-620	8.14-4.3
بولي بروبيلين	6.4-1.3	21-7.7
بولي ستيرين	7.7-2.6	10-26
ساران Saran	8-26	52-150
بولي استر	52-130	390-180

■ استخدام الرقائق الخاصة بامتصاص غاز الإيثيلين:

إن استخدام البطانات الخاصة بامتصاص غاز الإيثيلين والتي يتم وضعها داخل العبوة مع الحاصلات الحساسة للإيثيلين يمكن أن تقلل من معدل نضج الثمار وفقد اللون الأخضر في الخضار أو ذبول النورات الزهرية في نبات الزينة.

للمساعدة على منع تراكم الإيثيلين يمكن عمل نظام ماص للغاز بطريقة مبسطة يضاف إلى خط الإمداد بالهواء في غرف التخزين ومن المواد الماصة للإيثيلين: برمنغنات البوتاسيوم (KMnO₄ البيورافيل)، الفحم النشط.

كما يمكن استخدام كتل أو أكياس من مواد ذات مساحة سطحية كبيرة (مثل رغوة الفلوريسيت وأكسيد الألمنيوم) مغطاة ببرمنغنات البوتاسيوم أو استخدام رقائق مشربة بمواد مؤكسدة كالنترازين.

■ 1- مثيل سكلوروبان (1-MCP):

تركيبه الكيميائي C_4H_6 : هو عبارة عن مبيد فطري فعال ومنظم نمو غازي. من مميزات استخدام مركب 1-MCP: حفظ الصلابة والحموضة - خفض معدل الشدة التنفسية وتقليل إنتاج الإيثيلين الداخلي والحماية من مصادر الإيثيلين الخارجي - والحد من أضرار البرودة (Chilling Injury (CI) والحد من حدوث الطراوة والتغيرات اللونية.

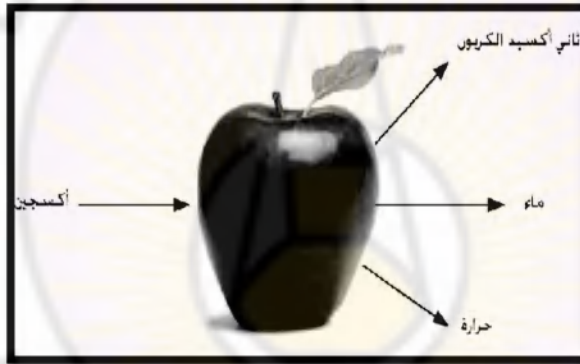
آلية عمله : يُنتج الإيثيلين من خلايا النسيج الثمرية بكميات قليلة في مكان وينتقل ليحدث تأثيره في أماكن أخرى تسمى بمستقبلات الإيثيلين "Receptor sites"، فمن الضروري لكي يستطيع الإيثيلين تحريض علام النضج الأولي في الثمار أن يرتبط قبل ذلك بمستقبلات الإيثيلين والتي تكون متوضعة في أغشية الخلايا، هنا يستطيع الإيثيلين من خلال المستقبل أن يعمل على إعطاء إشارة أو تنبيه من أجل اصطناع جديد للإيثيلين أو تنشيط الأنزيمات الخاصة بالنضج، وبالتالي إحداث عمليات النضج. يستطيع مركب 1-MCP الوصول إلى مستقبلات الإيثيلين في الأغشية الخلوية لنسج الثمار وحجزها مما يعيق تلقائياً عمل الإيثيلين.

■ الجو الهوائي المتحكم فيه (Controlled atmosphere (CA storage:

يعني إما إزالة أو إضافة غازات محددة بنسب معينة تتباين حسب نوع المنتج بما يؤدي لتكوين تركيب غازي حول المنتج يقلل من عملية التنفس ويقلل من فقد جودته ويزيد من عمره التسويقي.

يجب أن يتم استخدام التخزين في جو هوائي معدل أو متحكم فيه بمفهوم أنه طريقة مساعدة و ليست بديلة لعمليات التحكم الجيد في درجات الحرارة والرطوبة النسبية.

تتم هذه العملية بتقنيات وأجهزة مختلفة إما في غرف التخزين المبردة (أو الشاحنات محكمة الغلق)، أو داخل العبوات البلاستيكية للمنتج.. إنَّ الهواء القادم من غرفة في غرف التبريد والذي سيعود إليها لا بدَّ أن يمرَّ خلال نظام متابعة وتحكم، حيث يتمَّ تقليل الأكسجين باستخدام النتروجين. ولتقليل نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون يُستخدم وسائل أو أجهزة ماصة كالكاربون النشط وهيدروكسيد الصوديوم و الجير الحي $Ca(OH)_2$. للمحافظة على مستوى ثاني أكسيد الكربون أقل من 2% يوصى باستخدام حوالي 12 كغ من الجير لكل طن- متري من التفاح خلال فترة تخزين من 4 شهور. وتتم زيادة نسبته باستخدام أسطوانات خاصة أو الثلج الجاف.



شكل 80: تنفس المنتجات النباتية وبعض عملياتها الحيوية.



شكل 81: أشكال مختلفة لعبوات يمكن استخدامها في الجو الهوائي المعدل.

المواصفات العامة التي يجب توافرها في غرف تخزين الجو الهوائي المتحكم به والمعدل:

لا بدّ من مراعاة المواصفات الخاصة بهذه الغرف واستحداث التشريعات الملزمة بها للمشاريع الجديدة المزمع إنشاؤها في الوطن العربي ومنها:

- (أ) **مواد البناء:** معظم الوحدات الحديثة يتم إنشائها باستخدام الحوائط المعزولة سابقة التجهيز وفي بعض الأحيان تستخدم أحجار البناء العادية التي يتم معاملتها بالعزل الحراري والعزل المائي.
- (ب) **الحجم:** يتم بناء غرف التخزين للجو الهوائي المعدّل من عدّة وحدات صغيرة يتوقف عددها على الأصناف المخزنة، الكميات، والظروف التسويقية. في بعض الأحيان تكون هناك وحدات مركزية للمحطات الكبيرة.
- (ت) **وسائط التبريد:** الفريون أقل ضرراً على المحاصيل من النشادر وإذا تمّ استخدام النشادر فلا بد من مراجعة وفحص نظام التبريد كلّ موسم مع ضرورة استخدام أجهزة إنذار لبيان أي تسرب في النشادر.
- (ث) **العزل:** لا بدّ من استخدام الحد الأقصى للعزل من حيث السمك وذلك لكلّ من الحرارة والرطوبة.
- (ج) **إحكام الغلق وتبادل الغازات:** لا بدّ من إحكام وغلق وسد الفتحات في الجدران وأسقف المخازن.
- (ح) **إمكانية المراقبة وأخذ عينات الغازات أثناء التخزين:** لا بدّ من توفيرها وبسهولة وبأمان وفي أماكن مناسبة. قد يتطلب الأمر استخدام أجهزة خاصة لتنظيم وتلاقي ومراقبة التقلبات والتذبذبات في الضغط داخل وحدات التخزين.
- (خ) **وحدات تنقية الغازات:** قد تكون مطلوبة للتخلص من الغازات غير المرغوبة كالروائح وكذلك للتخلص من الإيثيلين في بعض الحالات.
- (د) **استخدام المزدوجات الحرارية:** ووسائل تسجيل درجات الحرارة الأخرى أمر ضروري أثناء فترة التخزين.

(ذ) لا بدّ من استخدام وحدات حساسة ودقيقة لأخذ العينات وتحليلها لكلّ من الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون لمتابعة التغيرات على مدار ساعات التشغيل. وقد يستعان بأجهزة إنذار للتنبيه عند انخفاض الأكسجين عن حدّ معيّن أو زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون عن المطلوب.

(ر) نظراً لأنّ الجو الداخلي لغرف تخزين الجو الهوائي المعدل لا يناسب عملية تنفس الإنسان ويؤدي للموت فلا بدّ من وجود علامات تحذيرية ويجب أن يسمح تصميم الغرف بدخول شخص آخر، وبنفس الاستعدادات ويبقى خارج الغرفة لمراقبة الشخص الأول ومتابعته حتى يمكن مساعدته إن احتاج لذلك.

المطلوب :

- القيام بزيارة لأحد وحدات التبريد والتعرف على عمليات تجهيز الثمار .
- تطبيق المعاملات الإضافية المذكورة على أنواع مختلفة من ثمار الخضار والفاكهة، ودراسة تأثير هذه المعاملات على القدرة التخزينية للثمار المدروسة .
- التعرف على أنواع العبوات المدروسة والمقارنة بينها من حيث المواصفات والاستخدام. والتعلم كيفية ترتيب الثمار داخل العبوات.
- تكليف الطالب بحلقة بحث عن أحدث الطرق والمواد المستخدمة في عملية تخزين ثمار الخضار والفاكهة.

تحضير و تجهيز مخازن التبريد

مقدمة: لنظم التداول بمخازن التبريد أهمية كبرى لكون التصميم والتشغيل الأمثل لها يضمن زيادة استخدام المساحة الأرضية والحجم الداخلي بما يؤدي لزيادة الكفاءة والعائد من استثمارات هذا القطاع. كما أن تجهيز غرف التخزين لاستقبال الدفعة الجديدة من الثمار من الأهمية وذلك لتوفير الظروف المثلى للحفاظ على جودة المنتجات المخزنة وإطالة عمرها التسويقي وجعل الفقد الناتج عن الأمراض وأضرار البرودة في حده الأدنى.

الأهداف: في نهاية الوحدة يكون الطالب قادراً على معرفة واتقان :

- مراحل ومتطلبات تجهيز غرف التخزين المبرد.
- كيفية القيام بعمليات التنظيف والتعقيم والمواد المستخدمة لذلك.
- كيفية إدخال الثمار وترتيبها ضمن غرف التخزين المبرد.
- التعرف على ظاهرة التعرق ، أسبابها وكيفية الحد منها.

الوسائل المساعدة:

- عرض تقديمي وأفلام توضح الأفكار السابقة مبيناً التجهيزات الحديثة والمتطورة في هذا المجال.
- تطبيق المعاملات الإضافية على عينات من ثمار الفاكهة والخضار ودراسة تأثيرها على العمر التخزيني للثمار.

طرق تخزين الحاصلات البستانية

تتعدد الطرق المتبعة في التخزين حسب العديد من العوامل، منها نوع الثمار والإمكانات المتاحة والمناخ السائد وغيره. ومن طرق التخزين:

✻ التخزين غير المُبرّد :

- على الأشجار (الحمضيات).
- في الحقل (البطاطا و البصل).
- في غرف مَهْوَاة (تخزين البصل بشكل أكوام 30°C لغرض التسويق المحلي أو التصنيع).

✻ التخزين المُبرّد:

يعتبر التبريد من أهم وأفضل الطرق المستخدمة في حفظ الحاصلات البستانية، وذلك بتخزينها تحت درجات حرارة منخفضة بهدف إعاقة جميع العوامل المؤدية للتلف بعد الحصاد.

إنّ تبريد الثمار يساعد على منع أو تأخير التغيرات المختلفة التي تحدث للثمار بعد الجمع؛ كالعمليات الحيوية والتفاعلات الكيميائية والفعاليات الفسيولوجية وجعلها في الحد الأدنى، إضافة إلى إيقاف أو تقليل نمو وانتشار الأحياء المجهرية، وبالتالي إبطاء عوامل الفساد والحدّ من معدل الإصابة بأمراض التخزين التي تتعرض لها أثناء النقل والشحن والتصدير ممّا يترتب عليه وصولها للمستهلك بحالة طازجة دون ارتفاع في نسبة التلف.

إنّ تبريد الثمار يقلل من سرعة التنفس فتتخفض الحرارة الحيوية الناتجة عن الثمار أثناء الخزن. ويقلل من سرعة تبخر الماء من المحصول أثناء الخزن فيمنع الذبول وفقدان الوزن وذلك لأن تبخر الماء بحاجة إلى حرارة والتبريد يمتص الحرارة من الثمار وهواء المخزن.

إضافة إلى أنّ التبريد يمنع عمليات التزريع والإنبات ونمو القمم النامية والجذور أثناء التخزين، ويمنع عمليات الاخضرار في درنات البطاطا.

وللخزن بالتبريد أهمية اقتصادية كبيرة حيث يساعد على تنظيم عمليات التسويق والتغلب على التباين بأسعار المحاصيل خلال موسم الإنتاج، وبالتالي تخزين الفائض عن حاجة السوق لحين الطلب، مع إمكانية توفير المحاصيل للمستهلك خارج مواسمها وإطالة فترة تواجدها في الأسواق، فمثلاً أمكن بالتخزين المبرد إطالة فترة توفر ثمار التفاح في السوق لمدة 12 شهراً. كذلك أمكن استعمال الخزن المبرد لتخزين تقاوى البطاطا والبصل والثوم دون تلف لحين موعد الزراعة.

ساعد الشحن المبرد بواسطة الشاحنات والبواخر والقطارات المبردة على توسع أسواق الفاكهة والخضار عن طريق تصدير هذه المحاصيل عبر الخطوط الدولية إلى مراكز الاستهلاك. فكان للتخزين دوراً في تحقيق الأمن الغذائي القومي بالاستغناء عن الاستيراد.

وبالنتيجة يمكننا بالتخزين المبرد الحفاظ على ثمار الخضار والفاكهة إضافة إلى المواد الغذائية الأخرى كاللحوم والأسماك ومنتجات الألبان وتنظيم وترشيد استهلاكها حسب حاجة السوق دون تلف أو فائض في مواسم محددة، ومن ناحية أخرى يمكن القول إن نجاح الثورة الخضراء لا يتحقق إلا بعد استخدام الوسائل الحديثة لمنع أو تقليل التلف بعد الحصاد وأهم هذه الوسائل التخزين المبرد.

العمليات الواجب القيام بها عند تجهيز المخزن :

بعد نهاية موسم التخزين تجري مجموعة من الإجراءات الضرورية الهدف منها تأمين أنسب الظروف لنجاح تخزين المحصول التالي، تتم هذه العمليات بعد الانتهاء من عملية التخزين وتفريغ المستودعات أو قبل فترة شهر إلى شهر ونصف من بدء موسم التخزين، بالإضافة للقيام بأعمال الصيانة الشاملة للأجهزة وأجزاء المخزن المختلفة وغيرها. وتشمل الأمور التالية:

١- التنظيف :

إنَّ التنظيف هو الخطوة الأولى للحفاظ على سلامة وأمان المخازن المبردة للأغذية. الهدف الرئيس للتنظيف هو التخلص من المخلفات التي تُشجع على نمو الكائنات الحية الدقيقة حيث إن هذه البقايا تعتبر مصدراً رئيسياً لتلوث المنتجات المخزنة. لذلك يجب تنظيف جميع مخلفات المحصول السابق تخزينه من الأوساخ وبقايا المنتجات المتعفنة للوقاية من انتقال الأمراض وانتشارها ضمن الدفعة الجديدة من الثمار التي سوف تخزن في المكان نفسه، ويفضل جمع هذه البقايا وحرقها بعيداً عن المخزن. التخلص الدائم من تلك المخلفات يساعد على الحد من الخسائر في المخازن المبردة وببساطة فإن الكنس الدائم للمستودع بصورة عامة يساهم في التخلص من تلك النفايات. ومع ذلك، فإنَّ العديد من الكائنات الدقيقة لا يتم التخلص منها خلال هذه العملية حيث يجب القضاء عليها باستخدام المطهرات.

٢- التعقيم والتطهير :

يجب أن يتم تطهير المباني ومواد التعبئة والتغليف فقط في عند خلو مستودعات التبريد. يجب تغطية الأنظمة الكهربائية والمعادن، الأنابيب، إلخ، وخاصة إذا كانت المطهرات المستخدمة تسبب تآكلها. تطهير مخازن تبريد الأغذية ينبغي أن يتم فقط باستخدام الطرق المناسبة. يجب توخي الحذر خاصة إذا كان هناك ارتفاع في معدل التلوث. إنَّ المطهر يقضي على الكائنات الحية الدقيقة على السطوح ومع ذلك ومن أجل أن تكون فعالة، يجب الالتزام بالشروط ذات الصلة بدقة طوال الوقت. لا بُدَّ من اتباع ما يلي:

- ✓ من المهم ارتداء المعدات والملابس الواقية بما في ذلك نظارات الأمان، قناع التنفس، ملابس واقية من الفطريات والبكتيريا، والقفازات المطاطية، والأحذية.
- ✓ قراءة النشرة الخاصة باستخدام المطهرات الملائمة للغرض المنشود وبعبارة شديدة واتباع التعليمات عند استخدامها.
- ✓ ينبغي الامتنال بعناية للوقت المطلوب انقضاؤه والموصى به بين الانتهاء من تطهير المستودع، ودخول الحاصلات البستانية الجديدة للمستودع.

✓ يمكن استخدام مواد التبخير للوصول إلى أصغر الزوايا والأجزاء الخفية والتي لا يمكن الوصول لها بالطرق التقليدية، من أجل أن تكون عملية التبخير فعالة يجب أن تتم تحت رعاية دقيقة وينبغي اتخاذ كافة الاحتياطات الخاصة بتجنب أي ملامسة لمواد التبخير عن طريق الخطأ.

✓ يجب عقب انتهاء تلك الفترة تهوية الغرف بصورة جيدة من خلال فتح الأبواب ودفع الهواء داخلها.

يساهم استخدام مرشحات الكربون النشط في منع تراكم الروائح غير مرغوبة داخل المستودعات المبردة. ويساعد طلاء جدران المخازن المبردة بطلاء مقاوم للفطريات في الحفاظ على سلامة المستودعات.

الأوزون والأشعة فوق البنفسجية ليستا فعالين في تطهير غرف التخزين بالإضافة إلى أثاره السلبية على الصحة. تركيزات الأوزون الضعيفة (٠.٥ جزء في المليون) يمكن أن تتلف الحاصلات البستانية سريعة العطب، والبلاستيك، وأغطية الأسلاك الكهربائية، وبعض من العوازل. تذكر أن تعقيم العبوات والأدوات بتعريضها لأشعة الشمس المباشرة يُطهرها جزئياً.

٣- الشطف:

بعض المنظفات ومواد التطهير يُمكن أن تُكسب الحاصلات البستانية بعض الروائح غير مرغوبة، وقد تسبب التآكل لبعض المعدات والمواد الخاصة بمخازن التبريد. لذا يجب عقب عملية التطهير إجراء عملية شطف بالماء.

عملية الشطف تشتمل على كل السطوح والمعدات التي تم ملامستها على أن يتم البدء بالعناصر ذات المستوى العالي ليسري الماء بداية منها ثم للأجزاء أو السطوح ذات المستوى المنخفض. يجب التأكد من عدم وجود أي مياه راکدة وأن تكون المياه المستخدمة من النوعية القابلة للشرب ومن ثم تفادي إعادة تلوث مخازن التبريد مرة أخرى.

٤ - التجفيف:

يعتبر التجفيف الخطوة الأخيرة الهامة في عملية تنظيف مخازن التبريد. الهدف هو الحد من الرطوبة والتي تشكل البيئة المثالية لنمو الفطريات والأعفان المختلفة. إذا كانت المطهرات المستخدمة لا تتطلب عملية الشطف فإنه يمكن مباشرة إجراء عملية التجفيف وإلا فإنها تتبع عملية الشطف. عملية التجفيف تشتمل على التخلص من بقايا الماء وتجديد هواء المستودع بصورة جيدة. في حال ما كان الهواء الخارجي ساخناً وجافاً فيمكن دفعه مباشرة لمستودع التبريد.

ولتكون خطة التنظيف والتعقيم فاعلة فإنه يجب اتباع خطوات السابقة (التنظيف، التطهير، الشطف، والتجفيف) . فيجب أن تتوافق التقنيات والمواد المستخدمة لتنفيذ تلك الخطة مع نظم المعالجة ومرافق التخزين والتي تتكون على النحو التالي:

- الأرضيات، الجدران، السقف، الأبواب، والهيكل المعدني.
- أنظمة التبريد، التهوية، نظم التداول.
- التمديدات الكهربائية.
- أنابيب المياه والهواء، وقنوات تصريف المياه.
- الحاويات والعبوات ، الطبلات الخشبية، والبلاستيكية.
- المنصات المستخدمة لمعالجة الحاويات والصناديق.
- الآلات المستخدمة في المستودع.
- صناديق النفايات.

أهم المواد الكيميائية المستخدمة لغرض تعقيم المخازن:

أولا يجب أخذ الاحتياطات اللازمة للسلامة العامة من عزل جيد وتأمين أدوات الحماية للقائمين على عملية التعقيم، ويراعى في مواد التعقيم المختارة حجم المخزن (تبخير، رش،...) لتقدير الكمية المطلوبة (م^٣ من حجم المخزن أو م^٢ مساحة الجدران والأرضيات والأسقف) ،

بالإضافة لطبيعة المحصول المُخزن (استهلاك مباشر ، تقاوى زراعة، مصاب بأمراض أو أفات معينة..)، و ثمن هذه المواد وتوفرها في الأسواق المحلية.

■ التبخير بغاز: SO_2 Sulfur dioxide

شرط الاستخدام: إخراج الموجودات المعدنية من المخزن حتى لا تتعرض للتأكسد والتآكل بفعل غاز الكبريت، ويجب سدّ جميع الشقوق الموجودة في المخزن ثم غلق جميع الأبواب والمداخل وأبواب التهوية بشكل جيد.

طريقة ومعدل الاستخدام: تجري عملية التبخير بحرق الكبريت في أوعية خاصة بذلك ضمن المخزن، وذلك بمعدل 60-90 غ/ م³ من حجم المخزن. ويفضل إضافة نشارة الخشب و نترات البوتاسيوم للحصول على نتائج أفضل حسب النسب التالية 70 جزء كبريت+22 جزء نترات البوتاسيوم+8 أجزاء نشارة خشب جافة، بعد الانتهاء من عملية التبخير يغلق المخزن لمدة [1-2] يوم ثم يفتح ويهوى جيداً. (الأثر المتبقي منه والمسموح به هو 10 جزء في المليون) على العنب لمقاومة Botrytis, Rhizopus and Aspergillus fungi

Sodium or potassium bisulfite صوديوم أو بوتاسيوم باي سلفيت: توجد مركبات الباي سلفيت في أكياس من الورق أو البلاستيك يمكن وضعها داخل الكرتونات لتنتج ثاني أكسيد الكبريت SO_2 لمقاومة أعفان العنب أثناء النقل أو التخزين.

■ الرش بمحلول الفورمالين:

شرط الاستعمال: يجري رشّ المخزن بمحلول الفورمالين عندما تكون درجة حرارة الهواء الخارجي (20-25 °C) صيفاً لأنّ التأثير المطهر للفورمالين يضعف عند انخفاض الحرارة.

طريقة ومعدل الاستخدام: يخضر محلول الفورمالين بمعدل 1 ليتر / 40 ليتر ماء، حيث يستهلك 0.25 ليتر من المحلول لكل م² من أسطح الجدران والعبوات وغيرها من موجودات المخزن. تجري عملية الرش باستخدام مرشات ظهرية أو محمولة على محركات خاصة، ثم يغلق المخزن لمدة يوم أو يومين بعدها يفتح ويهوى جيداً.

يمكن أيضاً معالجة العبوات بالفورمالين عن طريق الرش أو الغمر ثم تغطى العبوات برقائق من البلاستيك ثم تهوى وتستخدم.

■ كلوريد الكالسيوم:

لا يمكن تطهير المخازن المبردة والخاصة بتخزين ثمار الخضار والفاكهة المعدة للاستهلاك بمحلول كلوريد الكالسيوم نظراً لسرعة تأثر الثمار المخزنة برائحة هذا المحلول غير المرغوبة، لكن يمكن استخدامه لتعقيم المخازن الخاصة لإنتاج البذور وتقاوي الزراعة. **طريقة ومعدل الاستعمال:** يحضر محلول كلوريد الكالسيوم بوضعه في برميل ومزجه بالماء بمعدل [40 غ/ل ماء]، ثم يغطى البرميل ويترك لمدة يوم أو يومين حتى يركد ويتشكل رائق يتم استخدامه للتعقيم بالطريقة المتبعة عند استخدام الفورمالين.

■ غاز بروميد الميثيل:

غاز سام فعال يتبخر ويتطاير بالكامل، يستخدم لتبخير الحاصلات البستانية المصابة بالنيما تودا فقط وذلك بمعدل [50-60 غ/ل م³] لمدة 3-4 ساعات حيث يتخلل أنسجة الثمار المصابة و يقتل الحشرات. ثم تجري عملية تهوية جيدة .

■ الكلس:

يمكن استخدام الكلس لطلاء جدران المخزن الداخلية بمعدل [1.5-2.5 كغ/20 ل ماء] مع إضافة 100-200 غ من الزاج الأزرق ثم تترك لتجف.

ولا بد من الأخذ بعين الاعتبار مكافحة القوارض إن وجدت وما تسببه من أضرار كبيرة أثناء التخزين، لذلك يتم ملء جميع الشقوق والثقوب بالزجاج المكسر ثم صبها بالإسمنت مع تغطية الفتحات الموجودة أصلاً والتي يمكن أن تدخل منها القوارض بأسلاك شبكية مع العناية بنظافة المكان المحيط بالمخزن بالإضافة لاستخدام طعوم سامة تحت مراقبة وإشراف الأخصائيين.

إدخال الثمار إلى المخازن المبردة:

بعد جمع الثمار لا بدّ من الإسراع في إدخال الثمار إلى المخازن المبردة قدر الإمكان لأنّ بقاءها في جو دافئ لمدة طويلة يزيد من معدل التنفس والنتح، وقد يسبب خروجها من طور السكون وبالنتيجة ضعف قدرتها التخزينية. إلا أنّ هناك بعض المحاصيل تحتاج بعد الحصاد لدرجات حرارة مرتفعة لبعض الوقت كالبطاطا والبصل لإتمام عملية العلاج التجفيفي بهدف التأم الجروح الميكانيكية.

يتمّ وضع عبوات الثمار بشكل بالات أو حزم أو طرود على حوامل خشبية ذات مقاسات موحدة 80×120 سم وارتفاع 10-15 سم ، فمثلاً توضع على كلّ قاعدة 4 طبقات من الصناديق سعة 20-25 كغ وتحتوي كلّ طبقة 4 صناديق ، ويمكن استخدام الأقفاص المعدنية التي تفيد في استغلال المساحة الرأسية في المخزن.

جدول(18) :بعض الكائنات الحية الدقيقة الأساسية والأضرار التي تسببها للفاكهة والخضروات المختلفة.

المنتج	الفطر	البكتريا
الجزر	Alternaria sp. ¹ ; Rhizopus sp. ² ; Sclerotinia sclerotiorum ⁴	Erwinia spp. ³
الفاكهة عامة	Penicillium sp. ⁸	
الخضروات عامة		Erwinia spp. ³ ; Pseudomonas spp. ³ Yersinia enterocolitica ⁷ Aeromonas sp. ⁷ Listeria monocytogenes ¹³
البصل	Aspergillus sp. ⁹ ; Botrytis cinerea ⁶ Penicillium spp. ⁸ ; Fusarium oxysporum f.sp. cepae ¹⁰	Erwinia spp. ³ ; Pseudomonas spp. ³
التفاح والأجاص	Penicillium expansum ⁸ ; Botrytis cinerea ⁶	
البندورة	Alternaria sp. ¹ ; Rhizopus sp. ² Botrytis cinerea ⁶	Erwinia spp. ³ ; Aeromonas sp. ⁷ Pseudomonas spp. ³
البطاطا	Fusarium sp. ¹³ ; Phoma sp. ¹²	Erwinia spp. ¹³ ; Fusarium sp. ¹³ ; Phoma sp. ¹² ; Listeria monocytogenes ¹³

- ١- العفن الأسود Alternaria / ٢- العفن الأسود / ٣- العفن الناعم للمنتجات سريعة
العطب / ٤- العفن الأبيض / ٥- التبقع البني / ٦- العفن الرمادي / ٨- العفن
الأزرق / ٩- العفن الأسود / ١٠ - تعفن القلب الفيوزاريومي / ١١- التعفن الفيوزاريومي /
١٢- الغرغرينا / ١٣- داء الليستريات

جدول (19) : المطهرات المعتمدة لتنظيف مستودعات الفاكهة والخضر (Toussaint et al, 1999)

العنصر الكيميائي	النشاط الجراثيمي الفطريات	التآكل	المحلول	الصفات	زمن المعاملة
Hypochlorides 6to 5.25 %) (Javex	جيد	نعم يسبب التآكل الشديد للمعادن	10 ليتر / 90 ليتر ماء	- يغير لون مواد معينة - له رائحة - مهيج - يجب أن يستبدل بصورة متكررة - حساس لدرجة حموضة الماء - يمكن أن تترك رائحة على المنتج - لا بد من الشطف - سريع المفعول وقليل التكلفة	10 د
رباعي الأمونيوم	جيد	لا	8-24 مللي ليتر / ليتر ماء	فاعل عن درجات الحرارة المنخفضة ويمكن دمجه مع المنظفات. - لا يختلط بالمواد الأخرى - لا بد من الشطف - يجب تجنب ملامسة الثمار	10 د
الفينولات (مطهرات المستشفيات)	جيد جداً	لا	وفقاً للتعليمات المدونة على العبوة	- لا مواد طيارة متبقية - لا بد من الشطف - له أثر متبقي	10 د
محاليل الفورمالديهايد	جيد جداً	لا	ليتر /4 ليتر ماء	- ضار على الإنسان - لا بد من ارتداء واقى للتنفس - مهيج - لا بد من التهوية بعد المعاملة - أبخرته سامة - روائح غير مرغوبة	30 د

يفضل أن تكون PH = 6-7.5 . واستخدام الماء غير العسر.

الأمر الواجب مراعاتها عند إدخال الثمار إلى غرفة التبريد:

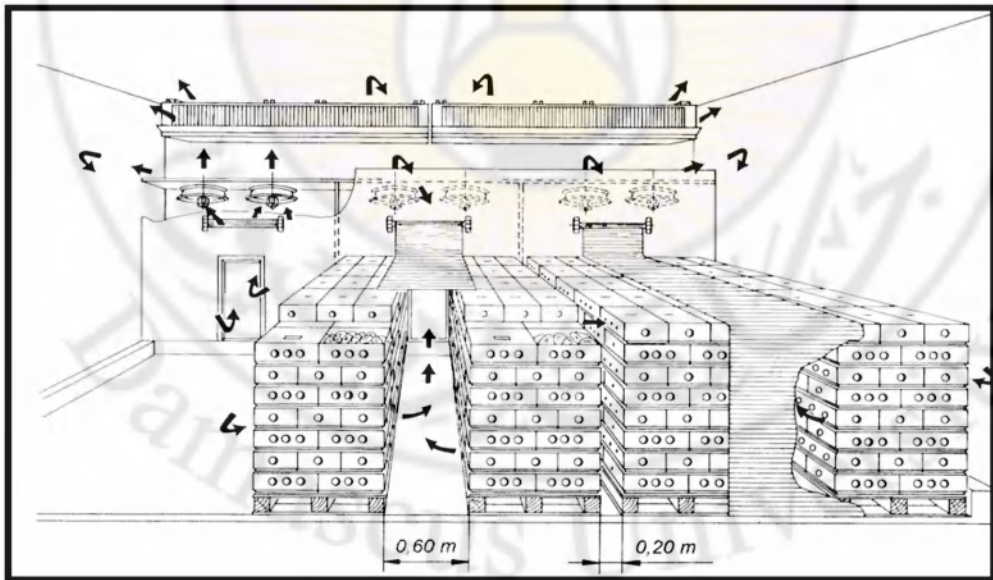
- 1- الحمولة القصوى لغرف التبريد.
- 2- إمكانية كشف ومراقبة 50-60% من صناديق الثمار المخزنة.
- 3- إمكانية تهوية وتبريد جميع الصناديق من كافة الجهات.
- 4- سهولة مكنة أعمال الشحن والتفريغ.

الأمور الواجب مراعاتها عند ترتيب الصناديق في غرف التبريد:

- ١- الارتفاع عن الأرض (10-15سم) وهو ارتفاع الحوامل الخشبية.
 - ٢- البعد عن الجدران 50-60 سم.
 - ٣- البعد عن السقف 1م.
 - ٤- المسافة بين صفوف الصناديق 10-15 سم.
 - ٥- ترك ممر للمراقبة بعرض 50-60 سم بين كل صفين من الطرود أو بين كل صف و الذي يليه في حال الثمار ذات القدرة التخزينية الضعيفة.
 - ٦- ترك ممر وسطي من أجل مكننة تحميل وتفريغ الصناديق.
- يجب أن يكون هناك أيضاً فراغ بين بالات المنتج والحائط ليسمح للهواء البارد بامتصاص الحرارة المنقلة من الخارج عبر الحائط ، أيضاً في عمليات الإنضاج الصناعي لبعض المنتجات يجب ترك مسافات بين عبوات المنتج لضمان توزيع غاز الإيثيلين بصورة منتظمة.
- ولأن الهواء يسري خلال الممرات الأقل مقاومة، فإن الغرفة الممتلئة والتي تضيق فيها المسافات بين عبوات المنتج غالباً ما يكون لها توزيع سيء للهواء حيث يفضل في تلك الأحوال تقسيم الغرف الكبيرة لأجزاء باستخدام جدران غير معزولة موازية لاتجاه مرور الهواء. يسمح هذا الترتيب بأن يزال المنتج على أحد جوانب الجدار دونما أن يؤثر على المنتجات المخزنة في الجزء المجاور.



الشكل 82: نموذج لغرف التخزين المبرد الحديثة والأبعاد الواجب توفرها بين العيوبات.





شكل 83: الأبعاد الواجب مراعاتها في غرف التخزين المبرد والفجوات ما بين الجدار وعبوات المنتج.

عند تحديد أبعاد الصناديق تبعاً لنوع الثمار لا بدّ من الأخذ بعين الاعتبار ما يلي:

- ١- عدد طبقات الثمار داخل العبوة بحيث لا تصاب الثمار السفلية بأضرار ميكانيكية بسبب الضغط الناتج عن وزن الطبقات العلوية، مثال: البندورة 2-3 طبقات -البرتقال حتى 7 طبقات -التفاح من 4-6 طبقات - الفاصولياء، والسبانخ حتى ارتفاع 20سم.
- ٢- شكل وحجم الثمار.
- ٣- الكثافة النوعية للمحصول (التفاح أعلى من الفاصولياء).
- ٤- استخدام ورق اللف.

تختلف عملية إدخال الثمار إلى غرف التبريد تبعاً لخصائص الثمار وسعة غرف التبريد:

❖ الثمار المحتملة للتبريد:

تخزن في المخازن المبردة ذات السعة الكبيرة، حيث تعبأ الثمار بشكل يومي خلال [10-15 يوماً] وذلك بمعدل 10% من سعة غرفة التبريد مع تشغيل أجهزة التبريد منذ البداية أو قبل دخول الثمار، ومراعاة عدم التآرجح في درجات الحرارة و نسبة الرطوبة الأمر الذي يؤدي لظاهرة التعرق.

❖ الأنواع غير المحتملة للتبريد السريع:

والتي يحدث فيها خلل فيزيولوجي في حال التبريد المفاجئ، هنا لا بدّ من خفض حرارة الثمار تدريجياً، لذلك يتم إدخال الثمار إلى غرف التبريد ذات السعة القليلة غالباً ليوم أو يومين ثم نقوم بتشغيل أجهزة التبريد و يستمر خفض درجة الحرارة مدة 5-20 يوماً وذلك تبعاً لخصائص المحصول، وعند إخراج الثمار من غرف التبريد لغرض التسويق لا بدّ من رفع درجة الحرارة تدريجياً 4-5 درجات كلّ يوم حتى لا يحدث التعرق.

ظاهرة التعرق Sweating:

هي عبارة تكاثف بخار الماء على سطح المنتجات المخزنة أو العبوات أو جدران المخزن. ويمكن أن تسبب الرطوبة النسبية المرتفعة هذه الظاهرة وذلك عند انخفاض درجة الحرارة، وهذا لا يقل خطورة عن تبخر الماء من الثمار والأمر ينحصر هنا في أن الأبواغ الأحياء الدقيقة المرضية تفقد إمكانية نموها وتطورها إذا كان سطح الثمار جافاً وسليماً.

إنّ الرطوبة المتشكلة على أسطح الثمار تساعد على نمو وانتشار الأحياء الدقيقة المسببة لأمراض التخزين عن طريق توغلها في أنسجة الثمار من خلال العديسات وبالتالي يبدأ تطور الفساد الميكروبيولوجي وبالتالي زيادة نسبة التلف ويزداد الفقد.

تحدث ظاهرة التعرق في الحالات التالية:

- إذا انخفضت درجة حرارة التخزين إلى درجة أقل من نقطة الندى ويحدث ذلك عندما تكون الرطوبة النسبة مرتفعة لهواء المخزن والحرارة منخفضة وبالتالي أي انخفاض

إضافي في درجة الحرارة ولو كان قليلاً يمكن أن يتكاثف كبخار ماء على الأسطح الباردة في المخزن وعلى الثمار نفسها.

- عند نقل الثمار المبردة من المخزن إلى أماكن دافئة يمكن أن تحدث ظاهرة التعرق؛ لأنّ الهواء الدافئ الذي يلامس سطح الثمار الباردة سيبرد بسرعة وبالتالي تتكاثف الرطوبة على أسطح الثمار مسببة فسادها وتعفننها كون هذه الرطوبة وسطاً مناسباً لنمو ونشاط الأعفان.
- أيضاً يمكن أن يحدث هذا التكثف على العبوات، سطح المنتج، والجدران الداخلية لغرف التبريد في حال حدوث تذبذب شديد في درجة حرارة غرف التبريد.
- إذا ما تسرب هواء إلى المخزن فإن هذا الهواء الداخل لغرفة التبريد سيتكثف.
- قد يحدث هذا إذا ما تعرض المنتج للهواء الخارجي ما بين عملية التبريد السريع والخزن المبرد أو ما بين عملية الخزن المبرد والشحن المبرد. من هنا تأتي أهمية عزل أرصفة التحميل في محطات الفرز والتدريج وكذلك سرعة تحميل عربات النقل المبردة لتفادي كلّ ما سبق.

وللحدّ من عدم حدوث هذه الظاهرة نلجأ لعملية التهوية الدورية داخل غرفة التخزين للتقليل من تكاثف الرطوبة والعمل على الحدّ من تذبذب درجات الحرارة مع رفع درجة الحرارة تدريجياً عند تسويق المنتج المخزن.

ولأهمية ظاهرة التعرق لا بدّ من التعرف على المفاهيم التالية:

تُعرف الرطوبة النسبية للهواء = $\frac{\text{ضغط بخار الماء الموجود في الهواء الرطب}}{\text{ضغط بخار الماء لو كان الهواء مشبعاً}}$ وذلك عند درجة الحرارة نفسها.

من المعلوم اختلاف قدرة الهواء على حمل كميات مختلفة من بخار الماء باختلاف درجة الحرارة، وعند درجة حرارة معينة نجد أن الهواء يستطيع حمل كمية محددة من بخار الماء لا يستطيع بعدها أن يحمل مزيداً من البخار وهذه الحالة يطلق عليها الهواء المشبع. (إن الهواء

يُحمل ببخار ماء أكثر بتزايد درجة الحرارة وكقاعدة فإن أقصى كمية ماء يمكن أن يحتفظ بها الهواء تتضاعف لكل 11 °C زيادة في درجة الحرارة).

فإذا ما ارتفعت درجة حرارة الهواء تزداد قابليته على حمل بخار الماء، فيصبح تركيز بخار الماء فيه أقلّ من تركيز التشبع ويمكن له حمل كمية إضافية من بخار الماء. أما إذا انخفضت درجة حرارة الهواء نجد أن قدرة الهواء على حمل البخار تقل وبالتالي تزداد كمية البخار عن تركيز التشبع فيبدأ بخار الماء بالتكاثف عند اللحظة التي تصل فيها درجة حرارة الهواء إلى الدرجة التي يكون فيها تركيز التشبع معادلاً لكمية بخار الماء الموجودة فيه وهذه الدرجة تعرف **بنقطة الندى** أي أنّ نقطة الندى هي النقطة التي لا يستطيع الهواء بعدها حمل أيّ رطوبة ومن ثم يحدث التكثف.

جدول (20) بين حدوث نقطة الندى عند انخفاض درجة الحرارة:

الرطوبة النسبية %										درجة الحرارة °C
80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	
2.8	2.4	2.2	1.9	1.6	1.3	1	0.8	0.5	0.2	2-
2.9	2.4	2.2	1.9	1.6	1.3	1	0.8	0.5	0.2	1-
2.9	2.4	2.2	1.9	1.7	1.3	1.1	0.9	0.5	0.2	0
3	2.6	2.3	2	1.8	1.4	1.2	0.9	0.6	0.3	1+
3.1	2.8	2.4	2.1	1.9	1.5	1.2	0.9	0.6	0.3	2+
3.3	3	2.4	2.2	1.9	1.5	1.2	0.9	0.6	0.3	3+
3.3	3	2.4	2.2	2	1.6	1.2	0.9	0.6	0.3	4+
3.4	3	2.6	2.2	2	1.6	1.3	0.9	0.6	0.3	5+

نجد من الجدول السابق أنه إذا كانت درجة حرارة المخزن $+4^{\circ}\text{C}$ والرطوبة النسبية 90 % فيحدث تكاثف للرطوبة عند انخفاض درجة الحرارة إلى 1.6°C أما في حال الرطوبة منخفضة 80 % عند نفس درجة الحرارة فيزداد المجال المسموح به لانخفاض الحرارة إلى 3.3°C .

المطلوب :

- التعرف على النماذج المختلفة للمواد المستخدمة للتعقيم و التنظيف والتعرف على ميزاتها ومعدلات الاستخدام ووسائل السلامة الصحية عند استخدامها.
- عرض أفلام علمية عن غرف التخزين المبرد و كيفية ترتيب العبوات داخلها.
- التعرف على مقياس نسبة الرطوبة وكيفية قراءة المخططات الخاصة بنقطة الندى.

العوامل الأساسية للتخزين (ظروف التخزين) Storage Factors

مقدمة: إن نجاح عملية التخزين من حيث مدة التخزين وانخفاض معدل الفقد يعتمد على الظروف المناخية المحيطة بالثمار والقدرة التخزينية لهذه الحاصلات. لذلك سيتناول في هذا الفصل الظروف المناخية داخل غرف التخزين المبرد وآلية تأثيرها على الثمار المخزنة مع شرح الأسس الخاصة بعملية تبريد الحاصلات البستانية الطازجة وآلية انتقال الحرارة منها وإليها ، بما فيها التعريفات الأساسية المتعلقة بذلك. مع موجز عن عمليات التبريد الصناعي (دائرة التبريد الميكانيكية).

الأهداف: في نهاية الوحدة يكون الطالب قادراً على معرفة :

- درجات الحرارة والتجمد الخاصة لتخزين ثمار الخضار والفاكهة.
- التبريد السريع (المبدئي) فوائده، وكيفية تطبيقه.
- التحكم بالرطوبة النسبية و تعريف عجز ضغط بخار الماء. وطرق التهوية في غرف التخزين المبرد.
- أساسيات دائرة التبريد ووسائل التبريد.

الوسائل المساعدة: عرض تقديمي وأفلام توضح الأفكار السابقة وفق أحدث التجهيزات المتطورة في هذا المجال. القيام بزيارة لغرف التخزين المبرد في كلية الزراعة و القيام بزيارة أحد وحدات التبريد التابعة للقطاع العام أو الخاص

تتعرض المحاصيل البستانية وزهور القطف للتلف والتدهور بنسب متفاوتة خلال مراحل إعدادها ونقلها وتداولها وتخزينها بدءاً من الحقل وفور عملية حصادها ووصولاً إلى يد المستهلك. يرجع سبب سرعة تلف وتدهور هذه المحاصيل إلى كون غالبيتها سريعة التلف ونظراً لمحتواها العالي من الرطوبة والذي يصل في بعض الأحيان لأكثر من 95 % من وزنها الرطب بالإضافة لمعدل نشاطها الفسيولوجي الداخلي المرتفع وخاصة معدل التنفس.

إنّ التعرض المباشر لفترات طويلة لحرارة الشمس في الحقل أو لدرجات حرارة منخفضة وبخاصة التيارات الهوائية الباردة فور عملية القطف تُفقد الثمار ما بين 5 أو 10 % أو أكثر من وزنها بسهولة حيث تبدأ عملية الذبول وسرعان ما تصبح غير صالحة للاستعمال. لذا يجب العمل على الحفاظ على جودة تلك الثمار وإطالة عمرها التسويقي من خلال الحد من فقدانها للمياه وتوفير الأجواء الملائمة لذلك.

يضاف لما سبق ما يمكن أن تتعرض له تلك الثمار من إصابات ميكانيكية أثناء النقل بفعل الاهتزازات والتعبئة غير الملائمة مما يضاعف من سرعة التدهور والتلف، ونظراً لكون معظم المحاصيل البستانية حساسة وتعرض للتدهور السريع ما لم تتوفر لها العناية والحماية الكافيتين بعد حصادها بداية من الحقل وحتى نقطة وصولها للمستهلك ولضمان توافر ثمار ذات جودة عالية خالية تماماً من الأضرار، فإنه من الأهمية بمكان دراسة هذه العوامل دراسة مستفيضة لمعرفة مدى تأثيراتها المختلفة وإمكانية التغلب عليها وأيضاً معرفة طرق ووسائل وتقنيات التحكم فيها والسيطرة عليها.

عوامل التخزين Storage Factors (ظروف التخزين)

عوامل التخزين : هي العناصر المناخية القابلة للتنظيم وتشمل درجة الحرارة والرطوبة النسبية والتركيب الغازي لهواء المخزن و التهوية .

إنَّ كلَّ عنصر من العناصر السابقة له تأثير متخصص ويتأثر في الوقت نفسه بالعناصر الأخرى وهذه العوامل مجتمعة يجب أن تعمل على خفض معدل العمليات الحيوية في الثمار المخزنة وخفض معدل الإصابة بالأمراض أو عدم السماح بحدوثها.

درجة حرارة المخزن Storage Temperature:

تُعتبر درجة الحرارة العامل الأكثر أهمية من حيث تأثيرها على معدل التدهور في جودة المحاصيل البستانية بعد حصادها، لأن الثمار الطازجة كائنات حية تواصل تنفسها بشكل طبيعي بعد الحصاد حيث ينتج عن ذلك طاقة (حرارة) وماء وثنائي أكسيد الكربون، هذه الحرارة ناتجة من عملية التنفس. إنَّ ما تكتسبه الثمار من حرارة نتيجة تعرضها المباشر لأشعة الشمس يعمل على سرعة تدهورها وتدنّي جودتها ويزيد نسبة الفاقد منها.

تؤثر درجة الحرارة في الشدّة التنفسية وفي نمو الكائنات الحية، كما يمكن تنظيمها بسهولة بواسطة أجهزة التبريد مما يؤدي إلى إطالة مدّة تخزين الثمار.

◆ من المعروف أنّه يجب التخلص من الحرارة غير المرغوب فيها بعد الحصاد مباشرة في مدّة تتراوح ما بين 3 إلى 24 ساعات وفقاً لنوع المحصول لضمان المحافظة على الجودة وخفض معدل تدهور المحاصيل البستانية، في بعض المحاصيل الاستوائية وشبه الاستوائية يمكن أن تمتد تلك الفترة إلى 24 ساعة .

◆ ومن المعروف أنّ كلّ تأخر بمقدار ساعة واحدة في بدء سحب حرارة الحقل من المنتج يُعادل فقد بمقدار يوم واحد من العمر التسويقي للمنتج.

◆ ويجدر الذكر بأنّ كلّ زيادة في درجة الحرارة (١ K) بين 4 و 20 درجة يخفض مدّة تخزين ثمار التفاح من 6 إلى 10 أيام. وإن ارتفاع درجة الحرارة عن الحد النظامي لها بمقدار 0.1 K يؤدي لزيادة الفقد بالكتلة بمقدار 0.06 - 0.08 % شهرياً.

◆ إنّ درجة الحرارة المفضلة لل تخزين هي التي تكون أعلى من درجة التجمد الخاصة بمحصول ما بمقدار 0.5 - 1 °C (إذا كان المحصول غير حساس لأضرار البرودة).

◆ إن زيادة درجة الحرارة بمقدار 10°C فوق الدرجة المثالية لحفظ المحصول ستتسبب بزيادة معدل التدهور بنسبة 2-3 أضعاف.

تبعاً لعامل فانت هوف **Vant - Hoff (Q 10)** أو ما يسمى بالمعامل الحراري **Temperature Coefficient** فإن جميع العمليات الحيوية في أنسجة الكائنات الحية تزداد سرعتها إلى الضعف أو عدة أضعاف كلما ارتفعت درجة الحرارة 10°C فوق درجة الحرارة المثلى للتفاعل وبناءً عليه فإن سرعة تدهور الحاصلات البستانية بعد الحصاد تتضاعف بارتفاع درجة الحرارة والتي تبدأ بالارتفاع بمجرد القطاف والفصل عن النبات الأم، مما يؤدي إلى زيادة سرعة نشاط الأنزيمات ومنها أنزيمات الهدم والتي تسرع من فقدان الثمار لمخزونها الغذائي، وهنا تأتي أهمية التخزين المبرد.

◆ يؤدي خفض درجة الحرارة إلى إعاقة نمو الكائنات الحية المسببة للأمراض، مثل بكتريا *Erwinia* المسببة للعفن الطري يقف نموها نهائياً عند درجة حرارة 0°C . وإن فطر *Rhizopus stolonifer* و *Aspergillus niger* المسببة للعفن الأسود يمكن قتلها أثناء إنباتها بتعرضها لمدة يومين أو أكثر لدرجة حرارة الصفر. يمكن مقاومة ذبابة الفاكهة وذبابه القرعيات وثاقبة ثمار الكيوي بتعرض الثمار لدرجات حرارة منخفضة. وبشكل عام انخفاض الحرارة إلى $4-5^{\circ}\text{C}$ يؤدي إلى الإقلال أو توقف نمو معظم مسببات المرضية، كما تؤثر درجة الحرارة في الرطوبة النسبية لهواء المخزن.

☒ يتم قياس درجة الحرارة بواسطة ترمومترات حرارية توضع في أماكن مختلفة ضمن غرفة التخزين، كما يوجد ترمومترات خاصة لقياس درجة الحرارة داخل صناديق التعبئة وداخل لب الثمرة.

☒ يتم اختيار درجة الحرارة المناسبة للتخزين اعتماداً على عدة عوامل منها: معرفة درجة التجمد (التي تختلف حسب الصنف والنوع ودرجة نضج الثمار ومدة تعرض الثمار للحرارة المنخفضة)، وحسب البنية التشريحية والتركيب الكيميائي للثمار وحسب درجة نضج الثمار.



شكل 84: أشكال مختلفة من التيرمومتر.

✕ تقسم المحاصيل تبعاً لدرجة حرارة التخزين إلى ثلاث مجموعات:

- ١- محاصيل تخزن عند درجة حرارة أقل من 0°C مع مراعات عدم الوصول لدرجة التجمد ومنها البصل والثوم، الملفوف. ولا تخزن الثمار المعدة لإنتاج البذور عند هذه الدرجة.
 - ٢- محاصيل تخزن عند درجة حرارة 0°C أو أعلى قليلاً وينتمي لهذه المجموعة معظم أنواع الخضار والفاكهة.
 - ٣- محاصيل تخزن عند درجة حرارة إيجابية ($2-13^{\circ} \text{C}$) حيث تكمل الثمار عملية نضجها أثناء التخزين مثل: الموز، الحمضيات، البندورة الخضراء، البطاطا.
- يتم خفض درجة الحرارة تدريجياً ويحدد معينة بحيث لا تسبب تجمد الأنسجة النباتية أو حدوث أضرار البرودة وبعد الوصول للحرارة المطلوبة يجب تجنب العوامل المؤدية لتأرجح الحرارة وتذبذبها ومنها: فتح أبواب المخزن بشكل متكرر، والتهوية السيئة، والطاقة الحرارية الناتجة عن تنفس الثمار.

جدول (21) درجة حرارة التجمد والحساسية لانخفاض درجة الحرارة لعدد من ثمار الخضار والفاكهة

نوع الثمار	درجة التجمد	الحساسية لانخفاض درجة الحرارة		
		ضعيف	متوسط	شديد
برتقال	1.3		+	
ليمون	1.5		+	
تفاح	1.5	+		
عنب ، جزر ، بطاطا	1.3 - 1			+
البصل	2	+		
ملفوف	1.5	+		
بندورة ، باندجان	0.8 - 0.5			+
موز	0.8 - 1-			+



شكل 85: تأثير درجة الحرارة في الحفاظ على جودة الثمار.



شكل 86 : تأثير درجة حرارة التخزين في الحفاظ على الثمار.

تعريف هامة

- ⓧ **مدة (زمن) التبريد:** هي المدة الزمنية اللازمة للوصول إلى درجة حرارة التخزين المطلوبة وهي تؤدي دوراً هاماً في نجاح التخزين، وتتوقف على نوع الثمار ودرجة حرارة الثمار وكفاءة آلات التبريد. وكلما كانت حرارة الثمار مرتفعة كان من الضروري التسريع بالتبريد.
- ⓧ **حمولة التبريد:** هي مقدار الحرارة التي يلزم التخلص منها لحفظ المحصول في درجة الحرارة المنخفضة المناسبة طول مدة التخزين. وتقسم إلى: حمولة التبريد = حرارة الحقل + الحرارة المتسربة + الحرارة الحيوية



حرارة الحقل Field Heat : وهي الحرارة التي يكتسبها المحصول من الحقل وتتوقف على المحصول وموسم الإنتاج وعوامل كثيرة أخرى .

حرارة التنفس أو الحرارة الحيوية Vital Heat : وهي الحرارة الناتجة عن عملية التنفس ولها أهمية خاصة عند تحديد احتياجات التبريد وعمليات التهوية أثناء تداول و تخزين المحصول. وعادة ما يرتبط معدل الفقد و تدهور الحاصلات بعد الحصاد بمعدل تنفسها حيث إن المحاصيل سريعة التنفس تكون سريعة التلف بعد الحصاد والعكس صحيح .

ولخفض حرارة المحصول بعد الحصاد يتم التخلص منها حسب مصدرها . يتم التخلص من حرارة الحقل بعد القطف مباشرة في معظم الأحوال وبطريقة سريعة تعرف بالتبريد الأولي أو التبريد المبدئي أو التبريد السريع Pre Cooling وكلها مرادفات لنفس المعنى ويقصد بها التخلص من حرارة الحقل و خفضها مما هي عليه إلى درجة حرارة قريبة من الدرجة المطلوبة للتشحن أو التخزين. أما حرارة التنفس فيمكن التخلص منها عن طريق التخزين المبرد .

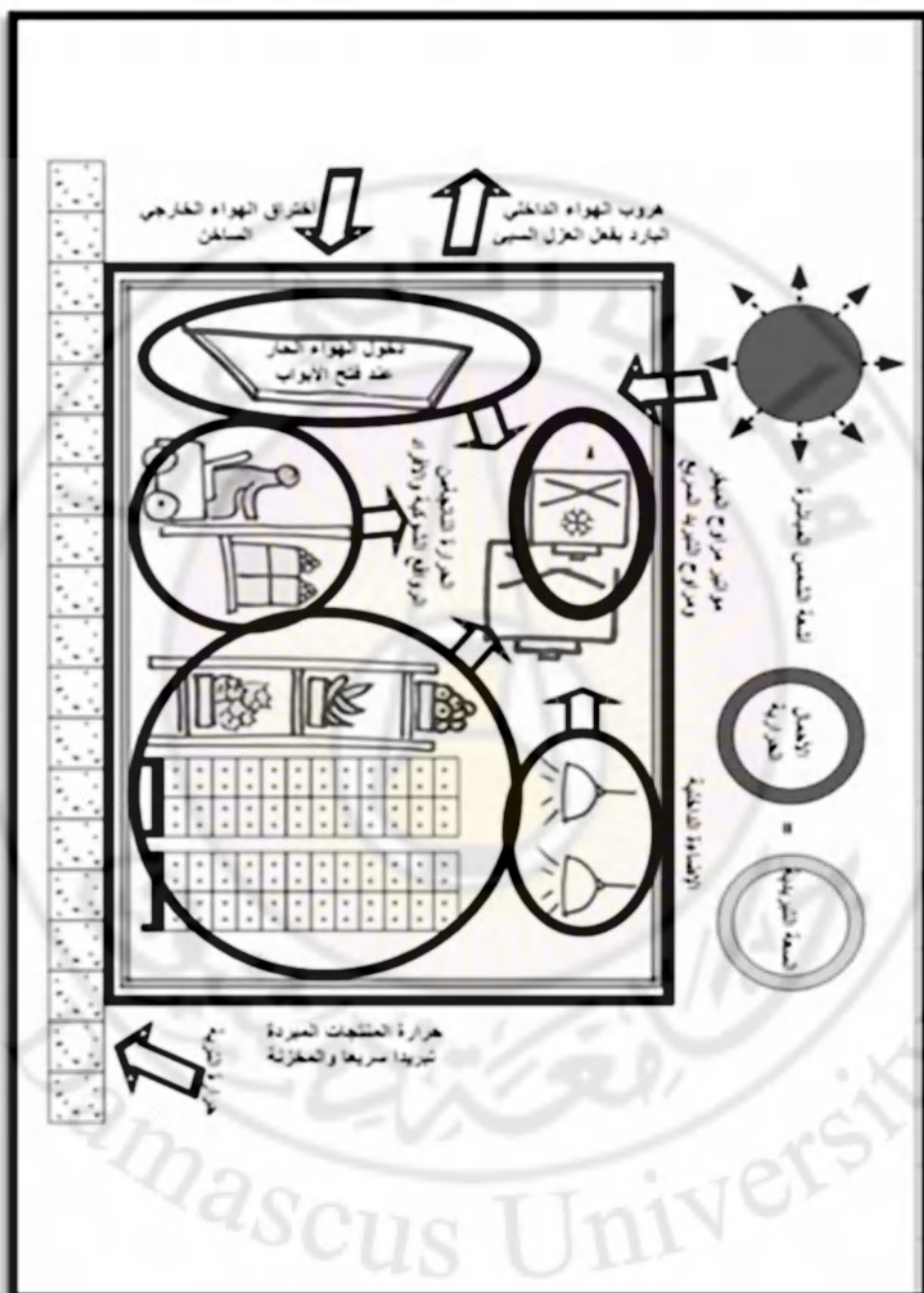
ولكن إلى أي مدى يمكن خفض درجة حرارة المحصول للوصول إلى أفضل درجة حرارة تساعد على الحفاظ على الجودة وإطالة فترة الحياة بعد الحصاد.

يتم خفض حرارة المصنوع إلى أقل حد ممكن اقتصادياً بشرط:

- ألا تصل إلى نقطة التجمد .
- ألا تصل إلى درجة الحرارة الحرجة التي يحدث عندها أو أقل منها ضرر التبريد **Chilling Injury** وهو ضرر يحدث نتيجة انخفاض درجة الحرارة عن حدّ معين (يختلف باختلاف المحصول) ولكنها أعلى من نقطة التجمد لهذا المحصول .

☒ السعة التبريدية للمحطة أو لغرف التبريد: هي مجموع الأحمال الحرارية الواجب إزالتها من حيز التبريد للوصول بدرجة الحرارة النهائية المرغوبة للمنتج في زمن محدد ووفقاً لظروف التعبئة الخاصة به. للتبريد السريع يكون الحمل الحراري بصورة أساسية عبارة عن:

الحمل الحراري الكلي = الحمل الحراري للمنتج + الحمل الحراري للمروحة + الأحمال الحرارية الأخرى



شكل 87: المصادر الحرارية المختلفة الواجب مراعاتها عند تقدير الساعات التبريدية.

❏ التبريد (السريع) المبدئي Precooling :

هو الإزالة السريعة لحرارة الحقل (درجة حرارة المحصول) بعد الجمع و قبل التخزين أو الشحن إلى درجة حرارة قريبة أو تساوي درجة الحرارة التي سيحفظ عندها المحصول أثناء التخزين و تستغرق هذه العملية من نصف ساعة إلى 24 ساعة، و الهدف منها:

- ١- إبطاء العمليات الحيوية في الثمار بأسرع زمن ممكن.
- ٢- تسهيل عملية التبريد وتخفيف العبء على آلات التبريد.
- ٣- تقليل فقد الماء وتلف الثمار وبالتالي إطالة عمر وجودة الثمار المخزنة.

لماذا عملية التبريد السريع عملية مستقلة؟

- إنَّ الوظيفة الأساسية لنظام التبريد السريع الجيد التصميم هو أن يكون ذا كفاءة عالية، موفرًا للطاقة، وأن يمدَّ المنتجات سريعة التلف بالساعات التبريدية الكافية لسحب حرارة الحقل منها بأسرع وقت ممكن. يجب أيضاً أن يكون مسار وسط التبريد [الهواء، الماء، الثلج مثلاً] بتدفقات، مسارات، وسرعات ملائمة. يجب أيضاً أن يحدَّ التصميم من عمليات الفقد في الوزن. أساس تصميم أي محطة تبريد سريع هو حسابات الأحمال الحرارية المفترض إزالتها من الغرفة ومن المنتج.
- إن الحمل الحراري للمنتج يعتبر هو الحمل الأكبر والأهم من مكونات الحمل التبريدي والذي يسهم بنحو ثلثي الحمل الحراري الكلي.
- تعتبر الساعات التبريدية المطلوبة لعمليات التبريد السريع 5 أو 6 أضعاف تلك المطلوبة لغرف التخزين المبرد .

للتبريد السريع للحاصلات البستانية أهمية كبرى للحفاظ على جودة تلك المنتجات وإطالة عمرها التسويقي وذلك من خلال خفض تنفسها للحدِّ الأدنى.

توجد العديد من الطرق لتحقيق التبريد السريع: من خلال التبريد بدفع الهواء، أو التبريد المائي، أو التبريد بالتفريغ، أو التبريد بالتلج المجروش، أو التبريد السريع باستخدام غرف التخزين العادية. تناسب كل من تلك الطرق أنواعاً محدّدة من المنتجات؛ حيث يجب مراعاة العديد من المحاذير، وذلك بغرض الوصول للنتائج المرجوة ولتفادي أي أضرار محتملة يمكن تعريض المنتج لها. يجب ملاحظة أنّ التبريد لا يحسن من خواص المنتج بل يحافظ عليها حيث توجد مقولة مشهورة في هذا المجال:

← هي إن تقنيات ما بعد الحصاد بمثابة فندق (يحافظ) لكنها ليست بمستشفى (تعالج).

جدول (21): مقارنة طرق التبريد السريع.

العامل	طريقة التبريد				
	التلج	التبريد المائي	التفريغ	دفع الهواء	غرف التبريد
زمن التبريد (ساعة)	0.1-0.3	0.3-0.75	0.25-0.5	2-0.5	72-20
ملاسة الماء للمنتج	لا	نعم	نعم	نعم	لا
فقد المحصول للماء (%)	0.5-0	0.5-0	4-2	0.1-2	0.1-2
التكاليف	منخفضة	عالية	متوسطة	منخفضة	منخفضة
كفاءة الطاقة	منخفضة	مرتفعة	عالية	مرتفعة	منخفضة
العبوات	معالجة	معالجة	معالجة	عادية	عادية

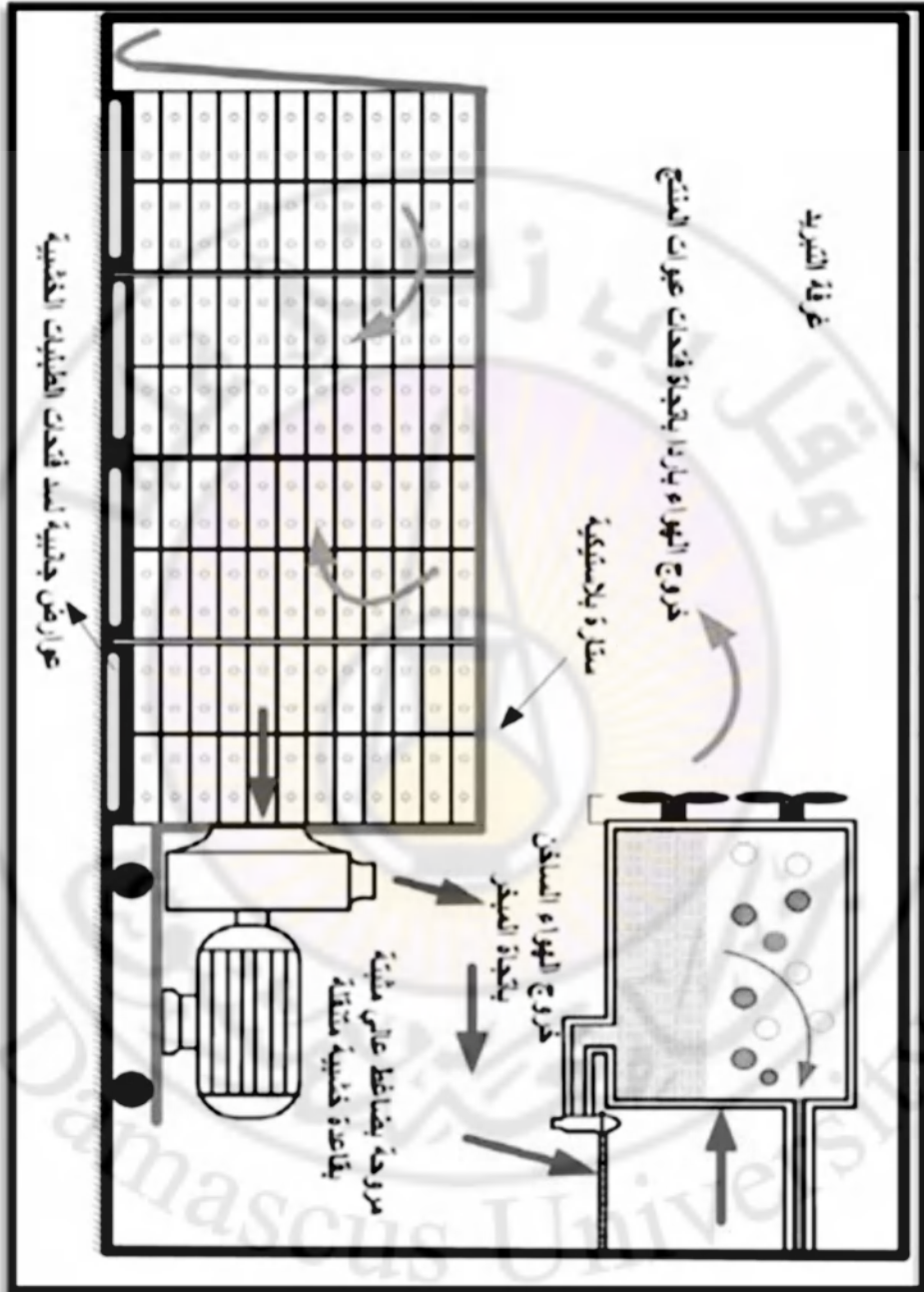
$$T (C^{\circ}) = 5/9 \times [F^{\circ} - 32]$$

$$T(F^{\circ}) = 32 + 9/5 \times T (C^{\circ})$$

$$T(C^{\circ}) = T(K) - 273$$



الشكل 88: استخدام غرف التبريد العادية للتبريد السريع باستخدام الأنفاق البلاستيكية لتغطية عبوات البندورة.



شكل 89: كيفية استخدام غرف التبريد العادية في عمليات التبريد السريع بدفع الهواء.

أمثلة عن أهمية عملة التبريد السريع:

مثال ١: التفاح والذي تم تبريده إلى صفر °م وتم وضعه في غرفة مشبعة وبذات درجة الحرارة، لن يفقد التفاح رطوبة تقريباً بسبب لأن ضغط بخار الماء للهواء داخل التفاح والهواء المحيط هما بنفس القيمة. في حين لو كان التفاح على درجة 20 °م بسبب عدم تبريده قبل وضعه في مخزن التبريد فإن الهواء داخل التفاح سوف يكون له ضغط بخار أعلى مقارنةً بهواء غرفة التبريد والذي سينتج عنه جفاف الثمار. إذا ما تم تبريد التفاح إلى صفر °م ولكن الرطوبة النسبية لهواء غرفة التبريد كان 70% فسيحدث تجفيف للمنتج بسبب أن ضغط بخار الماء لهواء غرفة التبريد أقل من ذلك المشبع تقريباً داخل التفاح. غير أن معدل الفقد في الرطوبة يكون أكبر حينما لا يكون التفاح مبرداً وقت تحميله داخل غرفة التبريد مقارنةً بأن يكون التفاح على درجة حرارة غرفة التبريد لكن هواء الغرفة غير مشبع. الفارق في ضغط بخار الماء بين الهواء داخل التفاح والهواء المحيط بغرفة التخزين المبردة يكون أعلى بتسعة أضعاف إذا لم يكن التفاح مبرداً عن لو كان مبرداً وتم وضعه في هواء تخزين غير مشبع. يتم خفض معدل الجفاف من خلال تقليل الفارق بين ضغط بخار الماء للهواء داخل المنتجات سريعة التلف والهواء المحيط بها عن طريق التحكم في كل من درجة حرارة المنتج ونسبة الرطوبة للهواء المحيط.

مثال ٢: عنب المائدة والذي تظهر عليه أعراض الذبول عند فقد 2 % من وزنه وإذا ما أريد الحفاظ على جودة العنق حتى مرحلة الاستهلاك فيجب عدم تعريض الثمار لأكثر من 0.5 % فقداً في الوزن، وذلك ما بين الحصاد وبداية التبريد، وبالرغم من أن العنب يمكن حفظه لأكثر من 8 ساعات على ٢٠ °C قبل التبريد، فعند درجة حرارة 30 °C يجب بدء التبريد في خلال 1.5 ساعة بعد الحصاد. بعض المزارعين يقومون بعملية الحصاد ليلاً وذلك لمنع تعريض الثمار لحرارة زائدة بعد الحصاد. تتم تلك الممارسات من خلال مرور العمالة الماهرة نهائياً لوضع أشرطة عاكسة للضوء على العناقيد الصالحة للقطف لتقوم العمالة الأقل مهارة بالنقاط تلك العناقيد ليلاً لسهولة التعرف عليها حيث يقومون بارتداء أقنعة رأسية مثبت بها بطاريات ضوئية.

معدل التبريد : Cooling rate

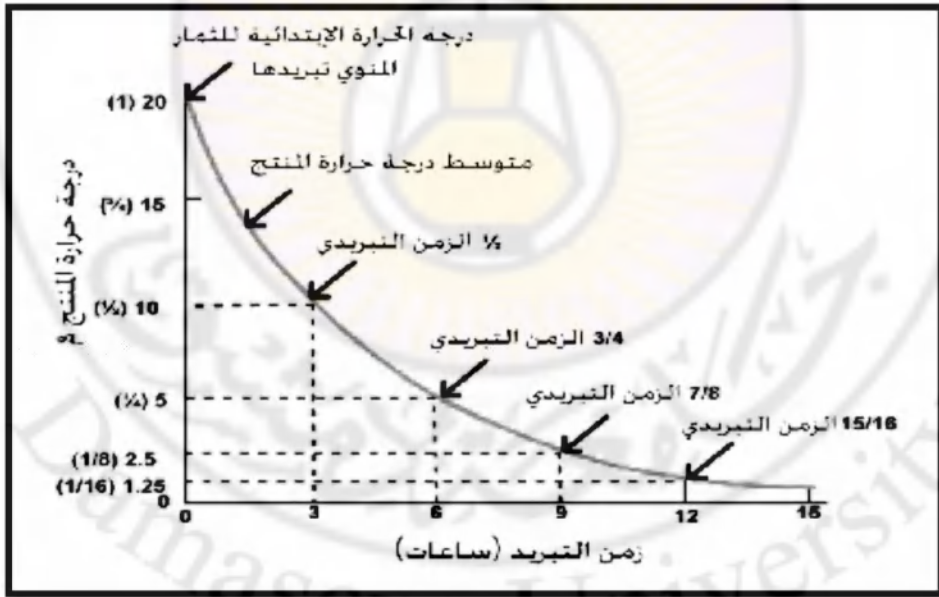
يُعبّر عن معدل التبريد أو كفاءة طرق التبريد المُستخدم بـ **زمن التبريد النصفى** (Half-cooling Time) وهو عبارة عن الزمن اللازم لخفض الفارق في درجة الحرارة بين المنتج ووسط التبريد إلى النصف، حيث تزداد كفاءة وسيلة التبريد المبدئي كلما قلّ نصف الزمن التبريدي. يعتمد معدل تبريد المنتج على خمسة عوامل هي :

☀ معدل النقل الحراري من المنتج إلى وسط التبريد والذي يعتمد بدوره على شكل وحجم المنتج المُخزن.

☀ الفرق بين درجات حرارة المحصول ووسط التبريد.

☀ قابلية توصيل وسط التبريد إلى المحصول.

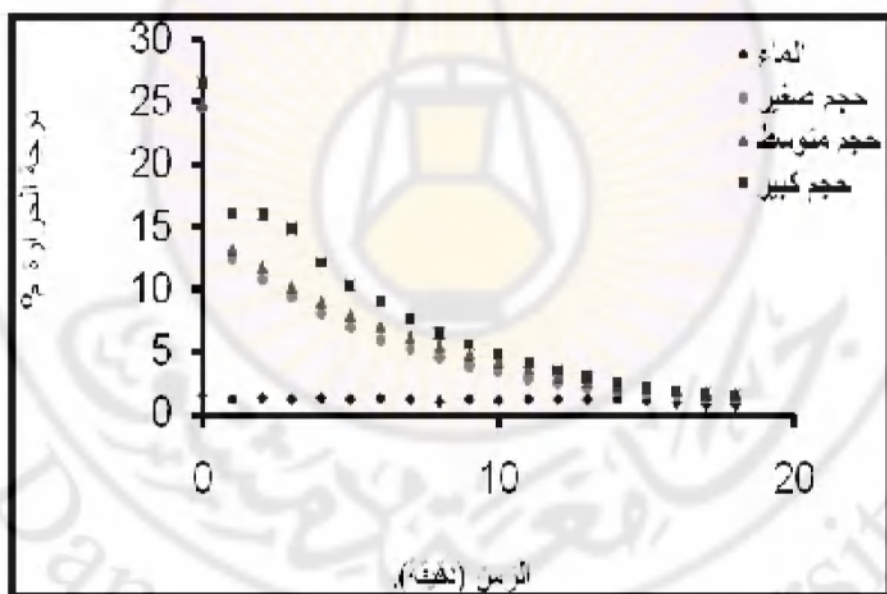
☀ سرعة وطبيعة وسط التبريد.



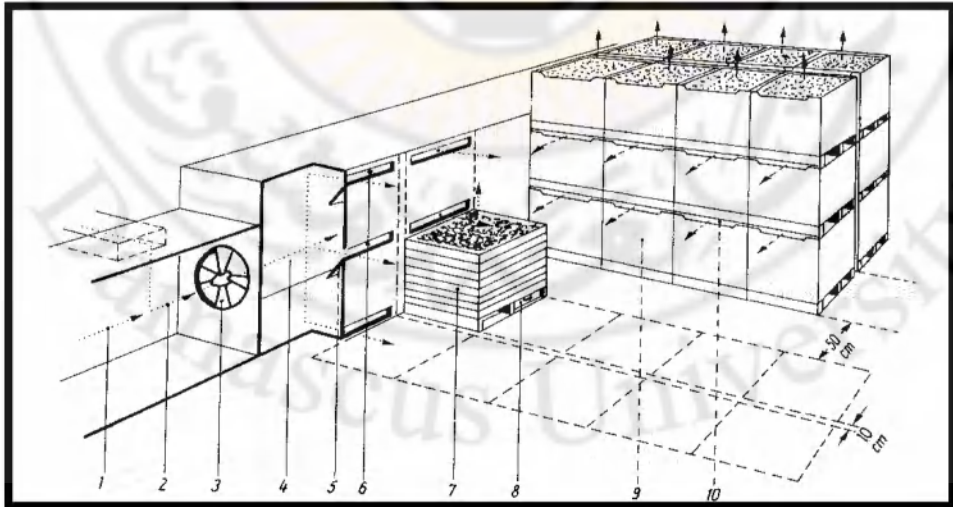
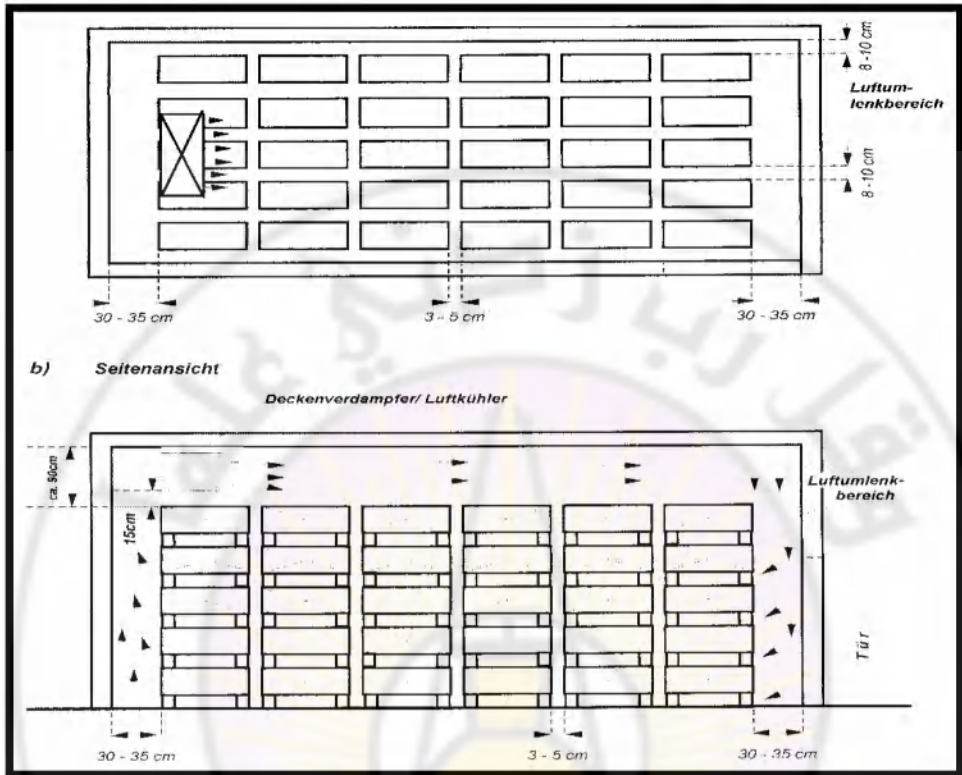
شكل 90: العلاقة النمطية بين درجة الحرارة والزمن لعمليات التبريد السريع المختلفة.

لتوضيح ما سبق بمثال وبالنظر لمنحنى عملية تبريد بالماء المثلج لثمار البلح ذي الأحجام المختلفة ، كانت الثمار ذات الحجم الكبير بدرجة حرارة ابتدائية 25 °C وكانت درجة حرارة

وسط التبريد (الماء المثلج) 1°C . نصف الزمن التبريدي هنا هو الزمن المقابل لخفض الفارق بين درجة الحرارة الابتدائية للثمار ودرجة حرارة ماء التبريد بمقدار النصف. يبلغ هذا الفارق 24°C . ومن ثمّ بخفض النصف من الدرجة الابتدائية يكون هو الزمن المقابل لدرجة حرارة 13°C أي ووفقا للمنحنى السابق يكون في حدود 4-5 دقائق. سبعة أثمان الفارق ما بين درجة الحرارة الابتدائية ودرجة حرارة ماء التبريد هي 21°C وبطرحها من درجة الحرارة الابتدائية تكون درجة الحرارة المقابلة لسبعة أثمان الزمن التبريدي هي 4°C . من المنحنى نجد أن سبعة أثمان الزمن التبريدي يستغرق 11 دقيقة في حين يستغرق الأمر 18 دقيقة للوصول لدرجة حرارة 1°C ، عادة ما يستخدم مصطلح أو تعبير "سبعة أثمان الزمن التبريدي" كمرجع عند التعبير عن زمن التبريد السريع النهائي.



شكل 91: علاقة درجة الحرارة وزمن التبريد المائي لثمار البلح.



شكل 92: توزيع العبوات داخل المخزن لضمان وصول الهواء البارد لكل أجزاء غرفة التبريد.

الرطوبة النسبية Air Humidity:

هي نسبة تركيز بخار الماء في الهواء عند درجة حرارة معينة إلى تركيز الإشباع لبخار الماء عند درجة الحرارة نفسها. ليس لرطوبة الهواء تأثير مباشر في مسار النضج عن طريق خفضه للشدة التنفسية للمادة المخزنة، لكنّه يؤدي أساسياً إلى الحفاظ على جودة الثمار المخزنة بجعل مظاهر الذبول والتجعد في حدها الأدنى.

وبالتالي فإن الرطوبة النسبية عامل متمم لدرجة الحرارة أثناء التخزين وتؤثر في:

- ١- عملية نتح الماء من الثمار المخزنة.
- ٢- الخصائص المذاقية والتسويقية لبعض الأصناف حيث قد تآثر النكهة بنسبة الرطوبة الجوية مثل بعض أصناف الإجاص.
- ٣- تؤثر على جودة الثمار في جعل مظاهر الذبول والتجعد في حدها الأدنى.
- ٤- تؤثر في انتشار الأمراض أثناء التخزين.

تعود أهمية وجود نسبة عالية من الرطوبة النسبية حول الثمار المخزنة إلى أنها إذا وضعت هذه الثمار في جو منخفض الرطوبة فسيفقد الماء من أنسجة الثمار إلى الجو المحيط، مما يؤدي بعد وصول نسبة الفقد إلى حد معين (في أغلب الأحيان أكثر من 5%) إلى ظهور علامات الكرمشة والذبول مما يفقدها الصلاحية للتسويق الطازج. كما أن هذه النسب من الفقد تمثل فقداً في الوزن القابل للتسويق وهذه خسارة اقتصادية.

يتوقف فقدان الثمار لمحتواها المائي على العجز في ضغط البخار VPD بين الثمار والجو المحيط به.

ينتقل بخار الماء من الثمار (منطقة ضغط بخار مرتفع) إلى الجو المحيط بها (منطقة ضغط بخار منخفض)، وكلما كان العجز كبيراً كلما زاد معدل فقد الماء وبالتالي زاد الفقد في وزن الثمار وجودتها.

و للحفاظ على جودة الثمار بعد حصادها يجب الحفاظ على العجز في ضغط البخار عند أقل مستوى له عن طريق رفع الرطوبة للجو المحيط بالثمار.

وبصفة عامة، تحتفظ معظم الفاكهة بجودتها العالية عند رطوبة نسبية في حدود من 85 إلى 95 % وفي الحدود عند 90 إلى 98 % للخضروات ما عدا البصل والثوم الجافين الذين يجب حفظهما عند رطوبة نسبية من 65 إلى 75 % . يفضل حفظ الخضروات الجذرية عند 90 % رطوبة نسبية.



شكل 91: نماذج مختلفة لأجهزة قياس درجة الحرارة والرطوبة النسبية.

وبصفة عامة لا بد من أن يكون تصميم غرف التخزين المبردة بما يضمن توافر رطوبة عالية ومناسبة، ففي الظروف العادية تكون ملفات المبخر (ملفات التبريد) التي تُنتج الهواء البارد تعمل على درجات حرارة تقل حوالي 6 درجات عن الحرارة المطلوبة داخل غرف التبريد، يؤدي ذلك إلى تكثيف كمية من الرطوبة على ملفات التبريد بما يحقق رطوبة نسبية حوالي 70-80 % للهواء غرفة التبريد.

تعريف العجز أو الفرق في ضغط بخار الماء (VPD) Vapor Pressure Deference:

وهو عبارة عن الفارق بين ضغط البخار داخل المنتج مطروحاً منه ضغط بخار الهواء المحيط. كلما زادت قيمة هذا الفارق كلما زادت قيمة الفقد في الماء ومن ثم الوزن ويفترض عادة أن ضغط بخار الماء داخل المنتج يكون مشبعاً أي 100 % رطوبة نسبية.

يتم حساب ضغط البخار من خلال العلاقة التالية:

$$V_p = \frac{w \times P_a}{0.622}$$

حيث **Vp** هي ضغط البخار بوحدة الباسكال، هي نسبة الرطوبة (كغ بخار ماء لكل كغ هواء جاف والمتحصل عليها من الخريطة السيكروميترية.

Pa . هو الضغط الجوي بوحدة الباسكال 0.662 وهو ناتج قسمة الوزن الجزيئي للماء على الوزن الجزيئي للهواء.

نسبة الرطوبة للهواء ترتبط مباشرة بدرجة حرارته. الهواء البارد له مقدرة محدودة على حمل الرطوبة (بخار الماء) مقارنة بالهواء الحار أو الساخن وبالتالي تكون قيمة ضغط البخار للهواء البارد منخفضة مقارنة بالهواء الحار والذي تكون قيمة ضغط البخار له أعلى.

إنَّ تعريض المنتج لأجواء حارة وجافة ولمدة ساعة واحدة فقط تؤدي لزيادة الفقد في كمية الماء وتقابل فترة أسبوعين من عمره التسويقي الممتاز في حال تخزينه على درجة حرارة ورطوبة ملائمتين.

مثال:

يتم تقدير الفقد في الوزن الممكن حدوثه عن طريق حساب الفارق في ضغط البخار بين المنتج والهواء المحيط ومن ثم ضرب تلك القيمة في معامل النتج للمنتج، والجزر كمثال على ذلك وفي حالة حفظه على درجة حرارة الصفر المئوي ورطوبة نسبية 90 % فإن الفارق في ضغط البخار يكون:

$$V_{carrot} = \frac{0.0038 \times 0.101}{0.622} = 0.000617 MPa$$

حيث 0.0038 هي نسبة الرطوبة للهواء عند الصفر المئوي ورطوبة نسبية مقدارها 100 %.

ضغط البخار للهواء:

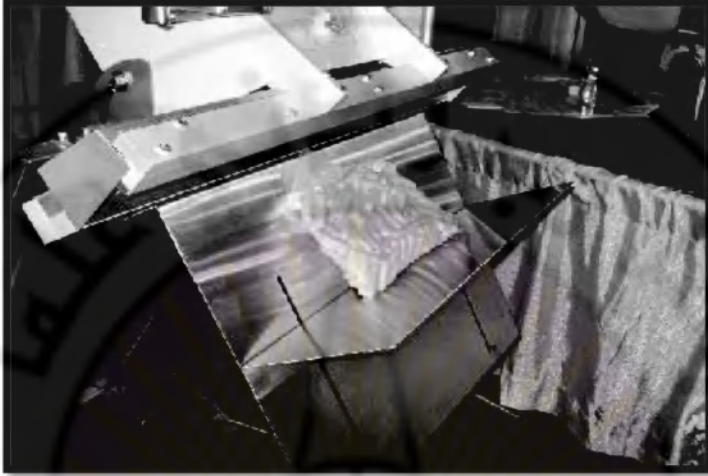
$$V_{carrot} = \frac{0.00340 \times 0.101}{0.622} = 0.000552 MPa$$

حيث 0.0034 هي نسبة الرطوبة للهواء عند الصفر المئوي و 90 % رطوبة نسبية. بناء عليه يكون الفقد في الماء كما يلي:

$$(0.000617 - 0.000552) MPa \times 1207 \text{ mg.kg}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot MPa^{-1} \\ = 0.0785 \text{ mg.kg}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1}$$

حيث 1207 ميلي غرام/كغ/ ثانية، هو معامل النتج للجزر المتحصل عليه من الجدول هذا الرقم يعني فقد 0.68% من الوزن يومياً حيث يحدث هذا الفقد للجزر غير المغلف، وفي حال

مرور الهواء البارد عليه. في غالبية الأحوال يتم حماية الجزر عن طريق تغليفه ، ومن ثم تحدث زيادة في نسبة رطوبة الهواء المحيطة بالثمار ليتم الحد من فقد الماء.



شكل 92: تغليف الجزر المبرد للحد من الفقد أثناء التخزين.

مصادر الرطوبة الجوية في المخزن : تنفس الثمار - هواء التهوية - مصادر صناعية .

قياس الرطوبة: تقاس الرطوبة النسبية بجهاز الهيجروميتر ، وحالياً توجد مقاييس حساسة مرتبطة بجهاز تحكم مركزي تقوم بالتحكم بالظروف المناخية في غرف التخزين.

كيفية الحصول على رطوبة مرتفعة داخل مخازن تبريد الخضار والفاكهة:

✕ إحكام عزل غرف التبريد والتأكد من إحكام غلق أبوابها لمنع تسرب الهواء الساخن من الخارج والذي يعمل على خفض قيم الرطوبة النسبية. الطريقة الأسرع لاختبار ما سبق هو غلق الغرفة وإطفاء مصابيح الإضاءة الداخلية والقيام بفحص أي نتوءات ينفذ منها الضوء الخارجي سواء من الأبواب، الجدران، أو الأركان الأربعة ومن ثم اتخاذ ما يلزم لإصلاحها.

✗ الحد من تسرب الحرارة الخارجية لغرف التبريد أو تسرب الهواء البارد للخارج من خلال تركيب شرائح ستائر بلاستيكية بتداخل فيما بينها لا يقل عن نسبة 20 %. يمكن أيضاً تركيب أبواب بلاستيكية لكنها أقل فاعلية.

✗ ينصح بتركيب الحساسات الإلكترونية لقياس درجة الحرارة، لأن حساسات درجة الحرارة الميكانيكية أقل دقة من الإلكترونية وللحصول على نسب رطوبة عالية لا بدّ من الانتباه إلى العلاقة بين الحرارة والرطوبة.

✗ ترطيب الأرضيات بصورة دائمة يساهم في زيادة الرطوبة داخل مستودعات التبريد بشرط مراعاة الإجراءات الصحية اللازمة لمنع تراكم الفطريات والبكتيريا.

✗ تركيب مرطبات من النوع الملائم وفي المكان الأمثل وهو في تيار الهواء الخارج من المبخر وقبل وصوله للمنتج. ويجب الحرص عند تشغيل تلك المرطبات وأن يتم تنقية ومعالجة الماء المغذي لها منعاً لانسداد أجهزة البخار أو التبريد بها.

✗ ترطيب هواء التهوية ويجب عدم استخدام سرعات زائدة لدفع الهواء وتدويره في غرف التبريد حيث ينصح باستخدام متحكمات السرعة Speed controller أو ما يعرف بمغير تردد المحرك (Variable frequency drive) بغرض تغيير السرعة وفقاً لنوع المنتج ومتطلباته.

✗ المحافظة على أقل فارق بين درجة حرارة مبخرات التبريد ودرجة حرارة الهواء المار بها.

✗ تغليف الثمار بالورق الملائم أو بالأفلام البلاستيكية الرقيقة أو عن طريق تبطين العبوات عند تعبئة الثمار.



شكل 93: أبواب بلاستيكية إضافية للحد من اختراق الهواء الخارجي لغرف التبريد.



شكل 94: تركيب المرطب أمام المبخر مكان خروج الهواء.

← يتم التخلص من الرطوبة الزائدة بعملية التهوية وفق زمن ودورية محسوبة سابقاً.

من طرق تقليل الفقد المائي من الثمار:

- السرعة في تبريد الثمار والوصول بها لدرجة حرارة التخزين المطلوبة.
- وعدم تعريض الثمار لحرارة مرتفعة أو أشعة شمس مباشرة أو تيارات هوائية قوية.
- العناية بعمليات القطاف والتداول.
- تشميع الثمار.
- استعمال العبوات وطريقة التعبئة المناسبة بحيث يكون حجم الفراغات الهوائية بين الثمار يسمح بالتهوية اللازمة لها وبنفس الوقت لا يسمح بزيادة فقد الرطوبة من الثمار عن الحد المسموح به.

مثال : مقدار الفقد المسموح به في ثمار التفاح المخزنة في مخازن مبردة بين 0.3-0.6 شهرياً أو 3% خلال مدة التخزين.

أضرار زيادة الرطوبة :

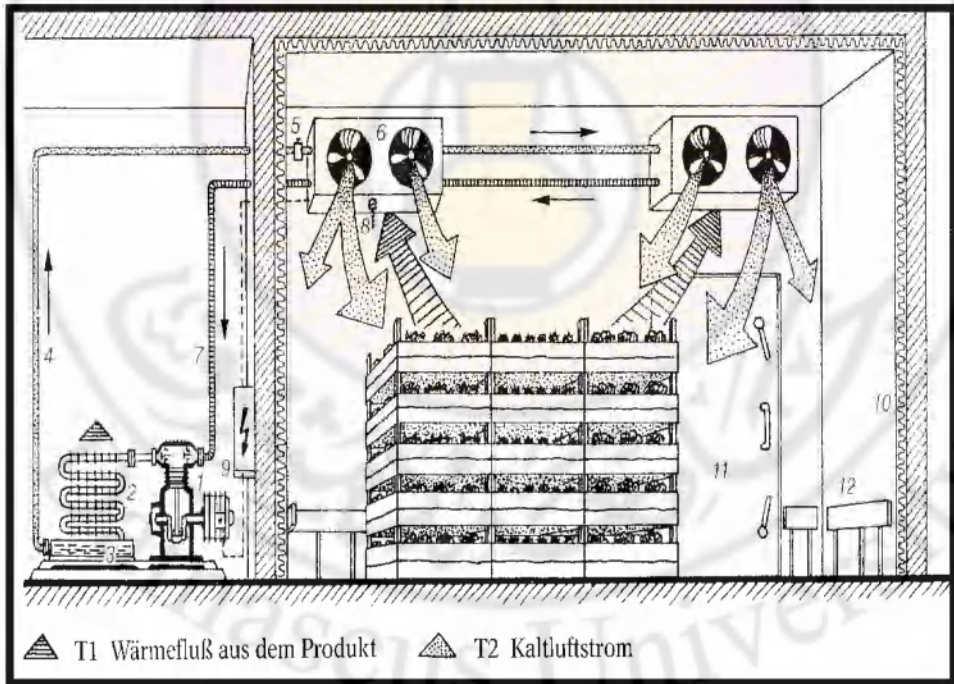
- تزيد نسبة الإصابة بالفطريات.
- تزيد من الأضرار الفيزيولوجية.
- تؤثر سلباً في نكهة وطعم الثمار كما في الصنفين Cox Orange & Golden Delicious .

التهوية :Air Movement

تهدف عملية التهوية في غرف التخزين إلى : التخلص من الحرارة الناتجة عن تنفس الثمار + التخلص من الرطوبة الجوية الزائدة + توزيع متجانس للهواء البارد في المخزن تجنباً لتراكم الحرارة في أجزاء معينة من المخزن + منع تجمع نواتج التنفس غير المرغوبة وغاز الأثيلين في الجو المحيط بالثمار.

يجب مراعاة ما يلي أثناء عملية التهوية :

- ⊕ أن يتم توزيع الهواء ضمن الغرفة المبردة أفقياً وعمودياً (في كافة الاتجاهات) بشكل منتظم في كافة أجزاء الغرفة ويخلل ضمن صناديق الثمار.
- ⊕ H ن تتم عملية التهوية بشكل دوري.
- ⊕ العمل على ترطيب هواء التهوية خاصة إذا كانت سرعة حركة الهواء مرتفعة.
- ⊕ أن تكون سرعة حركة الهواء مرتفعة في مرحلة التبريد عند إدخال المحصول للمخزن وأن تخفّض في مرحلة معينة أثناء التخزين لتخفيض عملية النتج، مع الانتباه لتزويد الهواء بالرطوبة المطلوبة للتقليل من الفقد.
- ⊕ تتحسن عملية تهوية منشآت التخزين إذا كانت فتحات التهوية موجودة عند قاعدة المبنى بينما توجد فتحات التهوية لخروج الهواء أعلى المبنى.



شكل 95: حركة الهواء داخل غرفة التبريد.

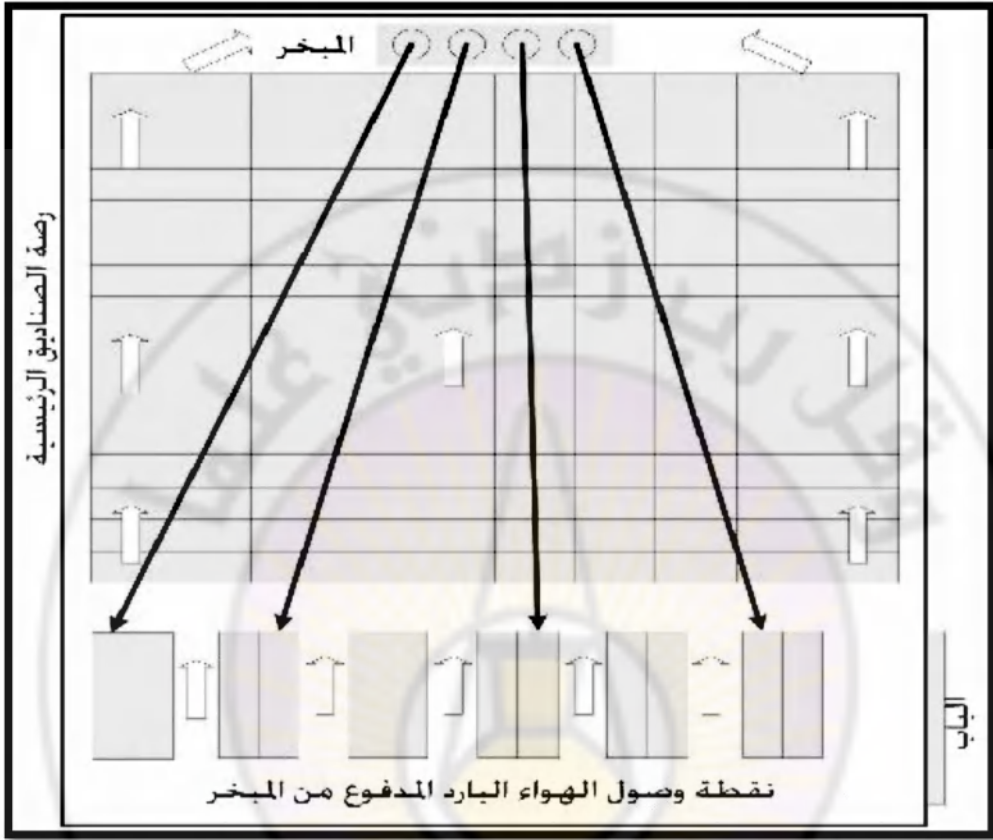
طرق تهوية المخزن:

- **التهوية الطبيعية:** تحدث عملية تجديد الهواء داخل مخازن التبريد بصورة طبيعية نتيجة عمليات فتح وغلق الأبواب بصورة مستمرة وبفعل اختراق الهواء الخارجي وتسريه لداخل حيز التبريد حيث إن مخازن الخضروات والفاكهة ليست بطبيعتها محكمة العزل . لكن ولبعض المنتجات مثل البطاطا لا تكفي عملية التهوية تلك للتخلص من ثاني أكسيد الكربون المتراكم والذي في حال لم يتم التخلص منه بصورة دورية تكون له آثار جانبية غير مرغوبة.
- **التهوية الصناعية:** تؤمن التهوية السريعة بواسطة مراوح تدفع الهواء إلى داخل المخزن. وتسمح التهوية بالضغط من خلال فتحتين مساحة كل منها 0.2 م^2 بتأمين تهوية غرف بحجم (20) م^3 وamar 2600 م^3 من الهواء يومياً.

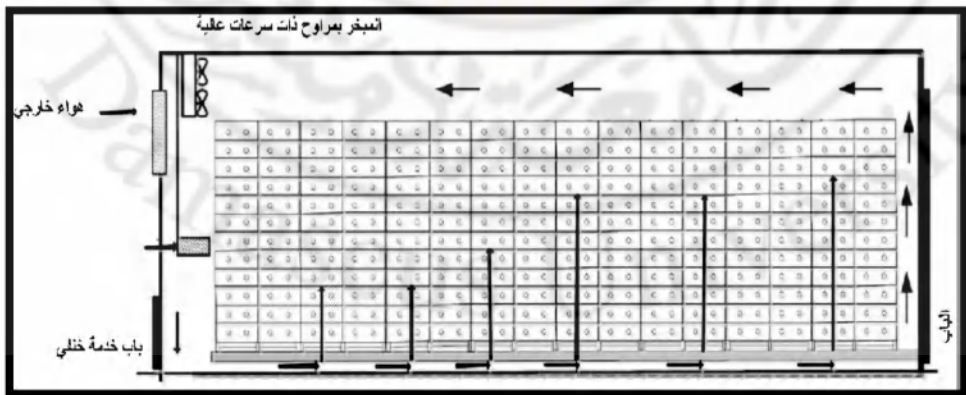
لا بدّ من تقليب الهواء ضمن المخزن بشكل مستمر وتحريكه بمعدل عشر مرات يومياً وخاصة في غرف التبريد الكبيرة الحجم من أجل تجنب اختلاف توزيع درجات الحرارة، وذلك بهدف الإبقاء على فروق في درجة الحرارة في كل متر من ارتفاع غرفة التخزين أقل من 0.1 درجة كالفن.

بناء على ما سبق يجب تصميم النظام بحيث يسمح بتدوير الهواء بصورة متجانسة فوق جميع عتبات المنتج ولإزاحة الهواء الذي نسبة ثاني أكسيد الكربون فيه عالية للخارج.

عمليات التدوير الجيد للهواء تقلل من تذبذب درجة الحرارة داخل مخازن التبريد. غالبية مخازن التبريد تصمم لتوفير معدلات تدفق هواء بقيمة $0.052 \text{ م}^3/\text{ثانية}/\text{طن مري من المنتج}$ ، وذلك على أساس الكمية القصوى الممكن تخزينها في الحيز المبرد. يُعدّ هذا مطلوباً لتبريد المنتج لدرجة حرارة التخزين وربما يكون أيضاً مطلوباً إذا ما كان للمنتج معدلات تنفس عالية، ولأنّ هذا التدفق العالي من الهواء قد يسبب فقداً زائداً من وزن المنتج خاصة تلك الكميات القريبة من المبخّر.



الشكل 96: الفجوات ما بين الصناديق الأخيرة تسمح بعودة الهواء ليتخلل ضمن الصف الرئيسي للصناديق.



الشكل 97: نظام دفع الهواء الأرضي بمستودعات البطاط المبردة.

التركيب الغازي لهواء المخزن Composition of Gases In The Storage

Atmosphere: من المعلوم أن مكونات الهواء الغازية:

$$N_2=78.08\% - O_2=20.95\% - CO_2= 0.03\% - Ar =0.93\% \\ = 0.01\%$$

وخلال تنفس الثمار داخل غرف التخزين تتراكم كميات من غاز الـ CO_2 وتتناقص كميات غاز الـ O_2 ونوجز آثار ارتفاع أو انخفاض كلا الغازين على الثمار المُخزنة بما يلي:

التأثير الإيجابي لزيادة غاز ثاني أوكسيد الكربون في هواء المخزن :

- إبطاء عملية التنفس.
- إطالة مدة التخزين.
- تأخير حدوث النضج والتأخير في هدم اليخضور وفي انخفاض الصلابة.
- إعاقة تطوّر حدوث الأمراض الطفيلية.
- إمكانية بقاء الثمار في حالة جيدة بعد التخزين.
- إعاقة تأثير غاز الإيثيلين بحيث لا تستجيب الأنسجة لوجوده.

التأثير السلبي لزيادة غاز CO_2 :

- زيادة حساسية أنسجة الثمار للبرودة.
- إمكانية حدوث حرق على سطوح الثمار.
- ظهور تبقعات بنية اللون وظهور تجاويف وفراغات هوائية في اللب.

التأثير الإيجابي لانخفاض تركيز غاز الأوكسجين O_2 في هواء المخزن:

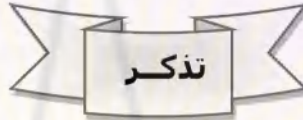
- إبطاء الشدة التنفسية وخفض الطاقة التنفسية.
- بطء في تفكك اليخضور والمواد البكتينية والسكريات والاحماض العضوية.
- خفض تكوين غاز الإيثيلين ومجموعة المركبات الطيارة الأخرى وإعاقة تأثير الإيثيلين كهرمون مشجع للنضج.

• تقليل فقد فيتامين C في كل من البازلاء الخضراء والسبانخ والبروكلي وملفوف بروكسل.

• خفض أو منع حدوث مرض عفن القلب البني الناتج عن هرم الأنسجة.

التأثير السلبي لانخفاض تركيز الأكسجين أقل من الحدود المسموح بها:

- تغيير في طعم الثمار نتيجة بداية حدوث ظواهر التخمر.
- تشجيع ظهور مرض اسمرار القشرة (الحرق السطحي).
- ارتفاع الحساسية لأضرار الحرارة المنخفضة وأضرار التركيزات المرتفعة من CO_2 .



✓ يجب فهم كافة العوامل التي تؤثر على جودة الحاصلات البستانية والخضروات أثناء عمليات التداول المختلفة وذلك بغرض تطبيق التقنيات الملائمة لفترة ما بعد الحصاد للحد من تأثيراتها السلبية على جودتها وعلى عمرها التسويقي وبالتالي زيادة الكميات المتاحة منها وزيادة العائد من كل الاستثمارات المخصصة للإنتاج. يجب تطبيق مفهوم سلسلة التبريد بكل حلقاتها بغرض الحفاظ على درجة الحرارة الملائمة والظروف البيئية الأخرى لخفض فقد في الماء والوزن وللحد من عملية التنفس والتي تعتبر درجة الحرارة هي العامل الأكثر تأثيرا على معدلاتها.

✓ عدم التعميم بأن كل المحاصيل يجب خفض درجة حرارتها مباشرة بعد الجمع حيث توجد مجموعة من الثمار يتم رفع درجة حرارتها بعد الجمع بهدف العلاج التجفيفي ومنها البطاطا -البصل- الثوم.

✓ عدم التعميم بأن كل المحاصيل يجب أن توضع في رطوبة نسبية مرتفعة حيث إن معها مثل البصل والثوم يجب تخزينها في رطوبة نسبية منخفضة نسبيا لمنع العفن والتزريع (مع مراعاة الحرارة المنخفضة).

- ✓ يجب توضيح أن خاصية احتواء محاصيل الخضار والفاكهة على نسبة عالية من الماء يؤدي إلى سهولة تعرضها للأضرار الميكانيكية كالكدمات والخدوش والجروح بمستوياتها.
- ✓ تتأثر نسبة الرطوبة بنوع المحصول المُخزّن وسماكة الطبقة الشمعية وسماكة قشرة الثمار وحركة هواء المخزن.
- ✓ المنتجات المخزنة في الأجواء الخارجية غير المبردة تفقد رطوبتها بسرعة أكثر من مائة ضعف مقارنة بتلك التي يتم حفظها مباشرة بعد الحصاد وفقاً لسلسلة التبريد الخاصة بها.
- ✓ المنتجات المخزنة في مخازن مبردة والتي تم الحفاظ على سلسلة التبريد لها تفقد أيضاً جزءاً من رطوبتها حتى لو كانت قيمة الرطوبة النسبية في الأجواء المحيطة هي 100 %.
- ✓ يمكن للمنتجات الطازجة المخزنة في غرف التبريد العادية أن تستغرق ثمانية أيام للوصول لدرجة حرارة الغرفة المخزنة عليها لكن عادة ما تأخذ من حوالي 2-3 أيام وهذا يعتمد على درجة حرارة الهواء.
- ✓ المنتجات المخزنة بغرف التبريد تواصل فقد رطوبتها:
 - عند صفر °C ورطوبة نسبية 100 % تفقد جزءاً ضئيلاً جداً من رطوبتها.
 - عند صفر °C ورطوبة نسبية 90 % فإن سرعة الفقد تكون أكثر بست مرات.
 - عند صفر °C ورطوبة نسبية 80% فإن سرعة الفقد تكون أكثر بإثنتي عشرة مرة.

أساسيات تبريد الحاصلات البستانية

سنتناول هنا شرح الأسس الخاصة بعملية تبريد الحاصلات البستانية الطازجة وآلية انتقال الحرارة منها وإليها والعوامل الحاكمة لتلك الظاهرة وبعض التعريفات الأساسية ذات الصلة.

تصنف أنظمة التبريد وفقاً لعوامل عديدة غير أن التصنيف الأهم في مجال تبريد الخضروات والفاكهة هو نظام التمدد المباشر ونظام الماء البارد أو التبريد الثانوي (Chilled water system) . ومن التصنيفات الهامة التي سيتم التعرض لها هي التبريد الصناعي والتبريد

التجاري حيث تصنف عمليات التبريد السريع كأحد عمليات التبريد الصناعي نظراً لمتطلباتها الخاصة سواء من حيث السعات التبريدية الكبيرة أو من ناحية أجهزة التحكم.

✕ الحرارة وتدفقها:

الحرارة صورة من صور الطاقة ويتم قياسها عالمياً بالجول، وتؤثر على حركة الجزيئات وأحياناً على شكل تلك الجزيئات؛ حيث إن أي مادة تتكون من جزيئات دقيقة سريعة الحركة، فمثلاً إذا ما تم تسخين الماء فإن جزيئاتها تزداد نشاطاً وباستمرار عملية التسخين يغلي الماء. تسري الحرارة من الأجسام الساخنة ذات درجة الحرارة المرتفعة للأجسام الباردة ذات درجة الحرارة الأقل سخونة. في حال تلاصق أو تواصل تلك الأجسام فإن الحرارة تنتقل بالتوصيل (Conduction). في حال غرف التبريد حيث يتم تدوير الهواء البارد حول عبوات الثمار) أو خلال الثمار الفردية في حال التبريد السريع فإن انتقال الحرارة يكون بتيارات الحمل الطبيعية (Free convention).

✕ درجة الحرارة:

درجة الحرارة تعبر عن مدى كثافة وتركيز حرارة جسم معين. درجة الحرارة بمفردها لا تعطي قيمة لكمية الحرارة في المادة لكنها فقط توضح مدى سخونة الجسم. توضح "درجة الحرارة" مدى حركة الجزيئات في حين "الحرارة" هي حاصل ضرب حركة كل جزيء في العدد الكلي للجزيئات أو الكتلة المؤثرة.

✕ البرودة:

البرودة تعبير نسبي يستخدم لوصف درجات الحرارة المنخفضة حيث ينتج التبريد "Refrigeration" برودة من خلال إزالة الحرارة من داخل حيز التبريد ومن ثم يتم طردها للهواء الخارجي من خلال دورة مغلقة يتم إجراؤها على وسيط التبريد "Refrigerant".

✗ تأثير الحرارة والضغط:

كلّ الموائع (الغازات والسوائل) تتأثر بالضغط ودرجة الحرارة فالماء على سبيل المثال يكون في الحالة السائلة ما بين درجتي حرارة صفر و 100 °م عند مستوى البحر وفي ظروف الضغط الجوي العادي. في حال انخفضت درجة حرارة الماء لأقل من صفر °م فإن الماء يتجمد ويتحول إلى الحالة الصلبة، في حين لو تم تسخينه إلى 100 °م فإنه يغلي ويتحول إلى الحالة الغازية. في حال انخفاض الضغط الواقع على الماء فإن درجة الغليان تقل عن 100 °م ويزيادة الضغط فإن درجة الغليان ترتفع عن تلك القيمة.

✗ الحرارة الكامنة (Latent heat):

في حال ما غيرت المادة من شكلها (من الصلب إلى السائل أو العكس وكذلك من السائل إلى الغاز أو العكس) فإنها إما تمتص حرارة أو تطلق حرارة وتكون درجة الحرارة للمادة ثابتة أثناء تلك العملية. للماء مثلاً وبعد تسخينه إلى درجة الغليان يجب إضافة كمية من الحرارة قبل تحول الماء للبخار (الحالة الغازية) عند نفس درجة الحرارة. الحرارة المطلوبة لتغيير شكل المادة من الحالة السائلة للحالة الغازية أو البخارية تسمى الحرارة الكامنة للتبخير في حين أن الحرارة اللازمة لتحويل الثلج من الحالة الصلبة للحالة السائلة تسمى الحرارة الكامنة للانصهار. في عملية التبريد يقوم وسيط التبريد بامتصاص الحرارة من حيز التبريد، ومن ثمّ يتحوّل من الحالة السائلة للحالة البخارية بفعل تلك الحرارة والعكس يحدث في المكثف فيتحول وسيط التبريد والذي يكون في صورة غاز من الحالة البخارية للحالة السائلة طارداً الحرارة إلى الهواء الخارجي لكون الهواء الخارجي أبرد منه.

✗ الحرارة المحسوسة (Sensible heat):

الحرارة المحسوسة هي كمية الحرارة التي تضاف أو تحرر من المادة وتكون مصحوبة بتغير في درجة حرارتها مع بقاء شكلها ثابتاً وتعتبر هي الأساس لحساب الحمل الحراري للمنتجات المطلوب تبريدها حيث بمعرفة فارق درجات الحرارة المطلوب إزالته (الفارق بين درجة الحرارة الابتدائية للمنتج ودرجة الحرارة المرغوب الوصول لها) الزمن المطلوب لإنجاز تلك

العملية، وأخيراً الحرارة النوعية للمنتج يمكن تقدير الحرارة الكلية المطلوب إزالتها لتبريد ذلك الحمل من المنتج في الزمن المحدد.

✕ السعة التبريدية (Cooling capacity):

يتم تصنيف معظم أنظمة التبريد التجاري والصناعي في العالم من خلال ما يعرف بالطن التبريدي، ويستخدم مصطلح آخر على نطاق واسع في أجزاء أخرى من العالم وهو الكيلو وات (ك.وات). جذور مصطلح الطن التبريدي هو صناعة الثلج؛ حيث أرادت الشركات المصنعة للثلج استحداث طريقة بسيطة وسهلة لفهم حجم نظام التبريد من حيث إنتاج الثلج. الطن التبريدي هو كمية الحرارة اللازم سحبها من 1000 كجم من الماء على درجة حرارة الصفر المئوي في زمن قدرة 24 ساعة بغرض تجميده. كميته الحرارة تلك هي 3.517 ك.وات. ولتقريب هذا المفهوم فإن غالبية مكيفات الهواء المنزلية تتراوح من 1 إلى 5 طن تبريدي أي من 3.5 إلى 17.5 ك.وات. في حين تبلغ السعات التبريدية الكبيرة لنظم التبريد 800 طن تبريدي أي 2800 كيلو وات.

✕ وسيط التبريد:

تستخدم العديد من الموائع كوسائط تبريد أشهرها هو R22، 134A ، البرويان، الأمونيا وثنائي أكسيد الكربون . غالبية تلك الوسائط عديم اللون وتكون في حالة سائلة عند درجات الحرارة الأدنى من درجة الغليان لها فمثلاً درجة الغليان ل R22 هي - 40.76 °م. غالبية تلك الوسائط غير سامة أو قابلة للاشتعال باستثناء الأمونيا عند تركيزات عالية. أيضاً غالبيتها غير مسبب للانفجار باستثناء البرويان والأمونيا طالما تجاوزت حدود التركيزات الآمنة.

دارة التبريد الميكانيكية بالتمدد المباشر:

غالبية نظم تبريد الحاصلات البستانية في الوطن العربي وكذلك في الكثير من دول العالم تعمل بنظام التمدد المباشر. نظام التمدد المباشر هو نفس النظام المستخدم مع عربات

النقل المبرد وحاويات الشحن البحري. يعتمد النظام على تمدد وسيط التبريد بصورة مباشرة ليتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية في مبادل حراري داخل حيز التبريد حيث يتبادل الحرارة مع الهواء المار خلاله والذي يتم سحبه) بعد تمريره على المنتج ومن ثم يكون الهواء ساخناً (ومن ثم طرده من خلال مراوح مثبتة على سطح المبخر، وذلك بعد سحب الحرارة منه. الحرارة التي سحبت من الهواء تنتقل لوسيط التبريد وتسبب غليانه ليتحول من السائل إلى الغاز. أيضا هذا هو النظام التي تعمل به كل نظم العرض المبرد في محلات بيع الخضروات والفاكهة (الهيبر والسوبر ماركت).

نظم التمدد المباشر تعتمد على نوعية من الضواغط والمعدات التي تنتج بكميات هائلة على مستوى كثيف ومن ثم تكون رخيصة الثمن ومتاحة بأسماء تجارية مختلفة غير أن نظرية التبريد وآلية إنجاز سحب الحرارة من المنتجات المبردة تعتبر واحدة بصرف النظر عن التصنيفات المختلفة. فيما يلي سيتم شرح آلية عملية التبريد التي تتم للخضروات والفاكهة بصورة عملية ومختصرة:

١- درجة حرارة الهواء داخل غرفة أو مستودع التبريد تكون أقل من درجة حرارة حمولة المستودع من المنتجات الطازجة، وبالتالي فإن الحرارة تنتقل من عبوات الفاكهة (أو الثمار الفردية في حال التبريد السريع) إلى الهواء المحيط بفعل الفارق في درجة الحرارة. تتم عملية انتقال الحرارة بطريقة الحمل (Convention). يتم سحب الحرارة عن طريق حركة طبقات الهواء البارد واحتكاكه بسطح الثمار من الخارج لنتسبب في نقل الحرارة من المناطق الدافئة (الثمار) للمناطق الباردة (الهواء). يكون الحمل الحراري هنا طبيعياً حيث يحدث بسبب التغير في كثافة طبقات الهواء.

٢- خلال عملية التبريد يحدث تدرج في درجة الحرارة داخل الثمار، وكلما زادت سرعة عملية التبريد يزداد هذا التدرج حيث يعتبر خاصية من خصائص المنتج ويعتمد على الكثير من العوامل. كلما زاد حجم الثمرة وكثافتها الداخلية كلما كان هذا التدرج بطيئاً مثل القارون (الكانتلوب) وتستغرق عملية التبريد زمناً طويلاً على عكس الفراولة ذات الكثافة الأقل

والحجم الأصغر والمساحة السطحية الكبيرة مقارنة بوزنها. أيضاً عمليات التغليف الخارجية والعبوات المتعددة تعمل على مقاومة هذا التدرج وتبطئ منه.

٣- المبخر في غرفة التبريد يحتوي على وسيط التبريد (الفريون في حال أنظمة التمدد المباشر) والذي يكون له ضغط ودرجة حرارة منخفضة وفي صورة خليط معظمة سائل. حينما يمر الهواء على المبخر بعد مروره على المنتج واحتكاكه به يسبب ارتفاعاً في درجة حرارة الهواء، يقوم الهواء وبفعل مروره على سطح المبخر البارد بنقل الحرارة مباشرة لوسيط التبريد بداخل مواسير المبخر ومن ثم تمتص الكثير من تلك الحرارة ليتحول وسيط التبريد بفعل تلك الحرارة من الحالة السائلة إلى الحالة البخارية (بفعل غليانه) ومن ثم يتم دفع الهواء من جديد لمحيط الغرفة بارداً بعد إزالة الحرارة منه. يعمل المبخر هنا كمبادل حراري بين وسيط التبريد وهواء الغرفة.

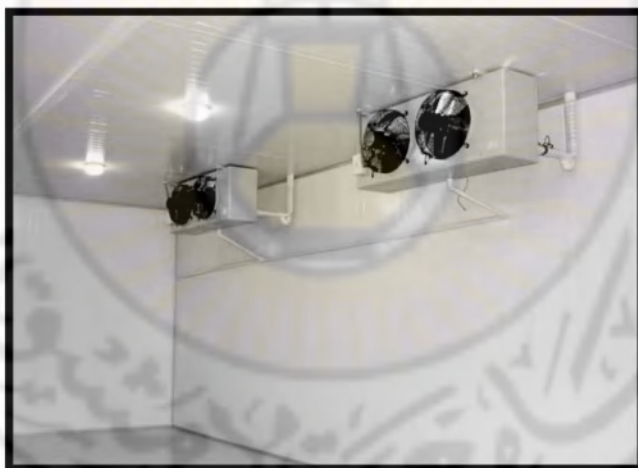
٤- يتدفق وسيط التبريد (مثل غاز الفريون) داخل المبخر، فإنه يجعل سطح ومواسير وزعانف المبخر أكثر برودة من الهواء المدفوع والراجع خلالها دائماً بفعل شفط أو سحب المراوح المثبتة على المبخر والتي تقوم بتدوير الهواء خلال محيط الغرفة، وبالتالي فإن عملية إزالة الحرارة من المنتج تستمر.

٥- بمرور الوقت يزداد الانخفاض في درجة حرارة المنتج بفعل الانتقال المستمر للحرارة إلى وسيط التبريد.

٦- يتحول وسيط التبريد بفعل الحرارة الممتصة إلى الحالة البخارية (بخار محمص أي درجة حرارته أعلى من 100°C) حيث يتحول من الضغط المنخفض وبفعل الضاغط إلى الضغط المرتفع. ترتفع درجة حرارة غاز وسيط التبريد المضغوط ويزيد محتواه الحراري بفعل الضغط بالإضافة للحرارة التي حملها من حيز التبريد.



الشكل 98 : الضواغط في وحدة تخزين مبرد.



الشكل 99: المبخر داخل غرف التخزين.

٧- يتجه البخار المحمص لوسيط التبريد ذو الضغط المرتفع ودرجة الحرارة العالية إلى المكثف ليتم تكثيفه من خلال الهواء الجوي حيث أن درجة حرارته تكون أعلى من درجة حرارة الهواء الجوي بما لا يقل عن 5°C وتتغير حالته من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة عن طريق نقل الحرارة المكتسبة من حيز التبريد والحرارة المكتسبة من الضاغط إلى الهواء

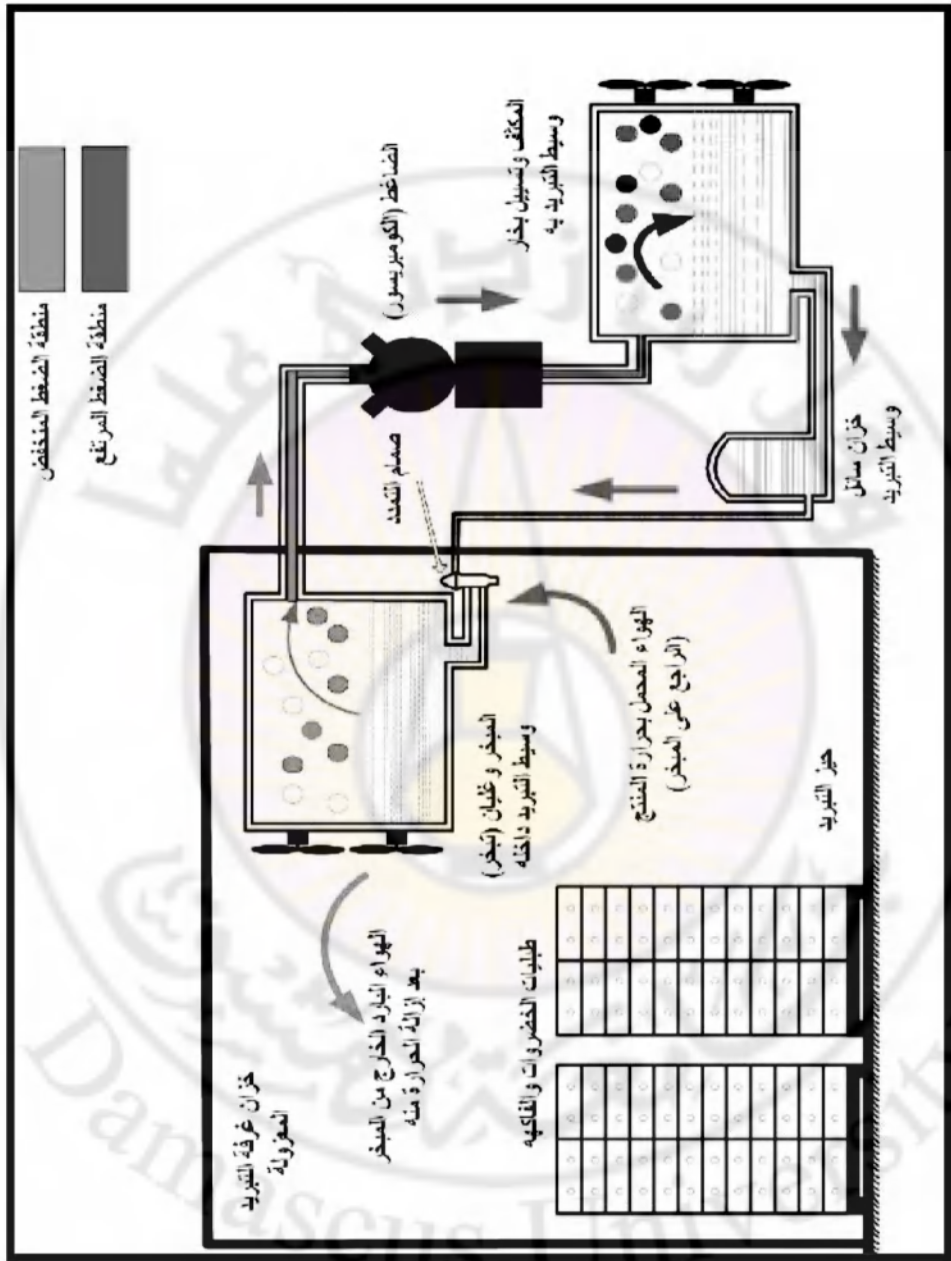
الجوي. تلك العملية تعتبر عكس ما يحدث في المبخر. يمكن لعملية التكثيف أن تتم بالعديد من الطرق ومنها التبريد بالهواء أو التبريد المائي من خلال المكثفات التبخيرية أو الأبراج المائية. حتى الأيام ذات درجات الحرارة العالية (45°C) فإنه يمكن استخدام الهواء الخارجي في عملية التكثيف بشرط أن تكون المساحة السطحية للمكثف كبيرة.

٨- يتم تخزين وسيط التبريد عقب خروجه من المكثف في خزان يتحمل الضغط العالي الذي يكون عليه سائل وسيط التبريد. تتم تغذية المبخر بكميات محددة من وسيط التبريد في حال الحاجة إليه حيث يوجد صمام تمدد (Expansion valve) في أنظمة التمدد المباشر وظيفته استشعار مدى الحاجة لكميات من وسيط التبريد لتغذية المبخر بها وذلك وفقاً لكمية البخار المحمص ودرجة حرارته عند خروجه من المبخر ومن ثم يقوم بإمداد المبخر وتعويضه بالكمية الملائمة.

٩- الدورة السابقة للمراحل المختلفة التي يمر بها سيط التبريد تعتبر دورة مغلقة ونقطة البدء بها هي نقطة الانتهاء حيث بتكرار الدورة السابقة يتم الوصول لدرجة الحرارة المرغوبة للمنتجات المخزنة ويتم إنجاز عملية التبريد.

١٠- يستمر عمل دورة التبريد للتخلص من أي أحمال حرارة إضافية في الغرفة (بغرض الحفاظ على درجة الحرارة المرغوبة) مثل حرارة التنفس، وحمل الإضاءة، والهواء الساخن المتسرب بفعل فتح الأبواب، وغيرها من المصادر الحرارية الأخرى.

١١- تشمل الدورة السابقة على العديد من الأجهزة الإضافية والتي تقوم بحماية المعدات وبالتحكم في عملية التبريد وفقاً للمتطلبات التصميمية لها، وكذلك لإتاحة الفرصة لمعرفة أداء دورة التبريد أو أي أعطال ربما تظهر بها وتؤثر على أدائها؛ مثل تلوث وسيط التبريد بالماء أو الهواء فضلاً عن تسربه.



الشكل 100: تفاصيل دائرة التبريد بالتمدد المباشر. منطقة الضغط العالي تشتمل على الضواغط، المكثف،

وخزان السائل. منطقة الضغط المنخفض تشتمل على صمام التمدد والمبخر.



⇐ دائرة التبريد الميكانيكية التي تعمل بالانضغاط هي الأكثر استخداماً لتبريد الحاصلات البستانية بالإضافة لمجال النقل المبرد سواء البحري أو البري. وتتضمن العناصر الرئيسية لدورة التبريد الضاغط، والمكثف، والمبخر وجهاز التحكم في عملية تغذية وسيط التبريد. لكل عنصر وظيفة رئيسية وأسس في عملية الاختيار وخاصة لتبريد الخضروات والفاكهة.

⇐ إن استقرار درجات حرارة غرف التخزين في المدى الموصى به يعتمد على العديد من عوامل التصميم الهامة ومن أهمها السعة التبريدية للنظام والتي يجب أن تقابل أكبر حمل حراري متوقع يمكن أن تملأ به الغرفة في مرة واحدة وعند أعلى درجة حرارة ابتدائية متوقعة. يؤدي خفض السعات التبريدية عن القدر المطلوب إلى رفع درجات حرارة الهواء وزيادة ساعات تشغيل نظام التبريد أثناء فترات ذروة التحميل لكن في المقابل فإن زيادة السعات التبريدية عن الحد المطلوب تشكل عبئاً إضافياً للتكاليف الرأسمالية وتكاليف التشغيل وتعد من علامات التصميم السيئة. يجب أن يؤخذ في الاعتبار احتمالات التوسع اللاحق ويتم ضمان قدرته التبريدية المتوقعة مستقبلياً ضمن المعدات القائمة على أن تُفعل لاحقاً.

⇐ في الأنظمة غير المصممة للحاصلات البستانية فإن ملفات المبخر (والتي تنتج الهواء البارد) تعمل عند درجة حرارة حوالي 6 °C أدنى من الدرجة المرغوبة للهواء في الغرفة. يسبب هذا الفارق تكثف زائد للرطوبة على ملفات المبخر ليخفض الرطوبة داخل الغرفة لتكون 70-80%. المبخرات أو ملفات التبريد ذات المساحة السطحية الكبيرة ونظم التحكم الجيدة للمحافظة على أدنى فرق درجة حرارة ما بين المبخر والهواء المار على المنتج تحقق نفس السعات التبريدية مثل المبخرات الصغيرة غير أنها تعمل على درجات

حرارة أعلى لخفض كمية الرطوبة المُزالة من الهواء، ولذا يجب أن يكون المبخر كبيراً بدرجة كافية ليعمل على 3 °C أبرد من درجة حرارة هواء الغرفة.

← يستخدم الترطيب الميكانيكي من خلال الرذاذ الضبابي في بعض الأحيان لإضافة الرطوبة لغرف التخزين، وللحدّ من التأثير التجفيفي لملفات المبخر غير أنّ تلك الطريقة تتطلب إذابة متعدّدة للمبخرات. في حال عدم الاختيار الجيد لتلك المرطبات من حيث السعة وفي حال تركيبها في المكان الغير مناسب فيمكن أن تكون سبباً في الكثير من المشاكل. أيضاً في حال عدم إزالة الأملاح من الماء المغذى لها فإن فوهات المرشات تتغلّق بفعل الأملاح المتراكمة عليها، لهذا السبب يجب تحلية الماء المغذي لها وصيانتها بصورة مستمرة، وتوفير قطع الغيار اللازمة لها. تستخدم المرطبات الميكانيكية في الظروف التي يتمّ فيها تخزين المنتجات في درجات حرارة أعلى من درجات الجو الخارجي، مثال على ذلك الأماكن الشتوية الباردة والتي يجب إضافة الحرارة لها لمنع الإصابة بأضرار البرودة.

← يجب تعليق المبخر بحيث يكون ملاصقاً للسقف كلما أمكن ليسمح بتدوير كامل وجيد للهواء. إنّ وجود فراغ وحيز حرّ مناسب فوق عبوات المنتج يسمح بخلط الهواء القادم من المبخرات بهواء الغرفة وذلك قبل أن يمسّ المنتجات المخزنة.

المطلوب: التعرّف على كلّ ممّا يلي:

- ☒ غرفة التخزين المبرد.
- ☒ المبخر.
- ☒ المضغط.
- ☒ أجهزة الترطيب و وحدة تحلية الماء.
- ☒ حساسات درجة الحرارة والرطوبة النسبية.
- ☒ العودة إلى ملحق الجداول في نهاية الكتاب و فهم ودراسة متطلبات التخزين من درجة حرارة والرطوبة النسبية . وإمكانية تصنيف المحاصيل حسب متطلباتها البيئية التخزينية.

الفقد (التلف) بعد الحصاد

/أسبابه-أشكاله-العوامل المؤثرة فيه/

مقدمة: حسب إحصائيات منظمة الفاو فإن استعمال وسائل الزراعة المتطورة تؤدي إلى زيادة الإنتاج بنسبة 20% تقريباً (مع زيادة كبيرة في كلفة الإنتاج)، وإن مقدار الفقد في ثمار الخضار والفاكهة بعد الحصاد يصل لنسبة تتراوح بين 25-75%، وقد تصل إلى 100% للمحاصيل سريعة التلف في المناطق ذات المناخ الحار. فإذا ما تجنبنا أو منعنا قدر الإمكان حدوث الفقد في الثمار بعد الحصاد نكون قد حققنا زيادة في الحاصل العام من الثمار والتي تصل في النهاية إلى يد المستهلك بمقدار يتراوح بين 25-75%. لذلك سنتناول في هذه الوحدة أنواع الفقد وأسبابه والعوامل المؤثرة به بشيء من التفصيل مع أمثلة حسابية.

الأهداف: في نهاية الوحدة يكون الطالب قادراً على تقدير وحساب:

- نسبة الفقد الطبيعي والمطلق والتكنولوجي والفقد العام(الكلي).
- أسباب الفقد والعوامل المؤثرة به.

الوسائل المساعدة: عرض تقديمي.

- حلّ مسائل عن حساب نسب الفقد من ثلاثة مكررات لعينات مختلفة من الثمار مع تطبيق بعض المعاملات الخاصة ودراسة تأثيرها على نسبة الفقد كتعبئة الثمار بأكياس من البولي إيثيلين .

متطلبات الكفاءة والقدرة:

إعداد تقرير وحلّ المسائل بما تضمنته الجلسة العملية (عملي).

- **تعريف الفقد (التلف):** هو الخسارة الحاصلة في الثمار خلال عمليات الجني والتعبئة والشحن والتداول والخزن.

- **الهدف من دراسة نسبة الفقد:**

- ١- معرفة الجدوى الاقتصادية من عملية التخزين.
- ٢- تحديد مدى الانخفاض في مواصفات الثمار المخزنة سواء أكان ذلك في الظروف الإنتاجية أو في التجارب المخبرية، حيث إن نسبة الفقد المرتفعة دليل على أن ظروف التخزين غير جيدة.

- **أسباب الفقد:**

- ١- **أسباب فيزيولوجية:**

هو الفقد الناتج عن العمليات الحيوية في الثمار بعد الحصاد مثل: التنفس والنتح والتي تؤدي إلى فقد في المحتوى المائي والمواد العضوية، والكربوهيدرات، والأحماض العضوية . بالإضافة إلى أن التنفس يؤدي لإنتاج حرارة حيوية تزيد بدورها من سرعة التلف. كما تعدّ عملية التزريع أو نمو البراعم والجذور على الدرنات والأبصال من أشكال الفعاليات الحيوية المؤدية لسرعة تلف الثمار بالإضافة إلى التفاعلات الأنزيمية والتي ينتج عنها رائحة غير مرغوبة أو تلون غير مرغوب في الثمار، أو زيادة في طراوة أنسجة الثمار وفقد الصلابة.

- ٢- **أسباب بيولوجية:**

من أهمها مهاجمة الحشرات والقوارض والطيور لثمار الخضار والفاكهة، ممّا يؤدي لزيادة الفقد (التلف) العام، بالإضافة لفقدان القيمة النوعية والتسويقية للثمار نتيجة لما تصاب به من تشوّه وأضرار .

ومن أهمها البكتريا والفطريات، وتعدّ (أضرار طفيلية مرضية) وقد تكون مُعدية، وتعتبر الأضرار الميكانيكية عاملاً مشجعاً لانتقال وانتشار الإصابة، وهي مسببات مرضية قد تبدأ في الحقل عندما تكون الثمار متصلة بالنبات الأم وغير ناضجة ثم تظهر الإصابة وتتطور أثناء التخزين.

فالفطريات لها القدرة على إصابة الأجزاء الزهرية والثمار النامية السليمة، وقد تبقى هذه المسببات ساكنة بين البشرة والطبقة الشمعية في الثمار، لتستأنف نشاطها بعد الحصاد ثم أثناء التخزين مثال: الانثراكنوز.

والتعفن التاجي لثمار الموز. وقد تخترق الفطريات المتطفلة والبكتريا قشرة الثمرة عن طريق العدسيات أو الثغور أو التشققات الحاصلة نتيجة نمو الثمار أو الأضرار الناتجة عن القطاف ويظهر تطور الإصابة فيما بعد.

تتم السيطرة على هذه المسببات المرضية (قبل الحصاد) والمؤدية لتلف الثمار، عن طريق عمليات المكافحة المختلفة مع العلم أنّ تأثيرها قد يكون محدوداً بالمقارنة مع معاملة الثمار بالمواد المعقمة و المطهرة قبل التخزين مباشرة.

إنّ خطر الأحياء المجهرية على الصحة العامة يتركز في إفراز مواد سامة ضمن الثمار المصابة، تسمى هذه المواد مجموعة الميكوتوكسين، ومنها مادة الأفلاتوكسين التي تسبب سرطان الكبد وتنتج هذه المادة من عفن الأسبارجوس الذي ينمو على العديد من أنواع الثمار ومنها التفاح.

ويفرز عفن البنيسيليوم مادة الباتولين، وقد وُجدت هذه المادة في نواتج تصنيع ثمار التفاح والإجاص، مثل العصير المعلب، مما يدل على أنّ هذه المادة لا تتحلل عند التصنيع، لذلك يجب عدم استخدام الثمار المتعفنة في عمليات التصنيع الغذائي المختلفة، ويجب عزل الثمار المصابة تجنباً لانتشار الأمراض.

من جهة أخرى تفرز هذه الأحياء المجهرية أنواعاً من الأنزيمات تدعى بأنزيمات التحلل المقاومة للحرارة، ولا يزول تأثيرها عند التعليب، لذلك نجد أنّ المعلبات المصنوعة من ثمار مصابة بالأحياء المجهرية تتلف و تتحلّ بسرعة بعد التعليب حيث إن حرارة التعقيم غير قادرة على قتل هذه الأنزيمات.

إنّ معظم الفطريات تنتج غاز الإيثيلين الذي يسبب زيادة معدل السرعة نضج و تدهور الثمار .

٤- أضرار لا طفيلية:

هي الفقد الناتج عن أضرار لا طفيلية غالباً، تكون بسبب ظروف التخزين غير الجيدة وتكون ناتجة عن اضطرابات في الاستقلاب الحيوي للثمار، وتعتبر نشاطاً حيوياً غير طبيعي يؤدي لتعطّم الأنسجة النباتية، فتتخفّض القدرة التخزينية للثمار وقد ينتهي الأمر بعدم صلاحية الثمار للاستهلاك.

إنّ تعرّض الثمار لحرارة مرتفعة أو لنقص في العناصر المغذية مثل البورون والكالسيوم قبل التخزين أو تعرّض الثمار لأضرار البرودة والتجمد أو خلل في نسبة CO_2 و O_2 أو ظهور منتجات ذاتية ضارة بالثمار أثناء التخزين تعتبر من أهمّ مسببات الفقد اللاحيوي.

• أشكال الفقد [التلف]:

يأخذ الفقد صوراً عديدة أهمها: ١- الفقد الطبيعي (بالوزن / بالكتلة). ٢- الفقد المطلق. ٣- الفقد التكنولوجي.

✓ الفقد الطبيعي (بالوزن ،الكتلة) Weight Loss:

ينتج هذا الفقد عن فقد المواد الغذائية من الثمرة عن طريق استهلاكها في عملية التنفس وعن فقد الماء **water loss** من الثمرة بسبب التبخر (بشرط أن تكون الثمار سليمة)، وينخفض حجم هذا الفقد عند التخزين في ظروف تخزين مثالية. ويتمّ تقدير الفقد بالوزن كالتالي:

(١) توزن عدّة مكررات من الثمار السليمة والنموذجية في بداية التخزين، وزن كلّ منها 5/10 كغ/ ويختلف وزن وعدد المكررات حسب كمية الثمار المخزنة وطرق

التخزين، وذلك ضمن عبوات شبكية بلاستيكية، ثم توضع المكررات السابقة في عدّة أماكن وعلى ارتفاعات مختلفة ضمن المخزن، بحيث تُمثل تلك الأماكن الظروف التخزينية المحيطة بالثمار المخزنة.

٢) توزن العينات في نهاية التخزين وبمعرفة الفرق بالوزن قبل وبعد التخزين منسوبة للوزن الأولي للعينة ثم أخذ المتوسط الحسابي لهذه الأوزان ينتج النسبة المئوية للفقد ويمكن نقل النتائج إلى جداول ..

رقم العينة	وزن العينة		نسبة الفقد بالوزن %
	بداية التخزين	نهاية التخزين	$\frac{A-B}{A} \times 100$
	A	B	

❖ يمكن معرفة كمية الفقد الناتج عن تبخّر الماء من الثمار وكمية الفقد الناتج بسبب استهلاك المادة الجافة بواسطة التنفس إذا علم الفقد بالوزن، وتغيرات المادة الجافة خلال التخزين.
مثال:

في أحد تجارب على تخزين الملفوف كان الفقد بالوزن (6%) وانخفضت نسبة المادة الجافة من 8.8 % عند بداية التخزين إلى 8% في نهاية مدة التخزين.
هنا يجري الحساب على أساس (100كغ) من الملفوف كالتالي:
☒ عند بداية التخزين وزن الملفوف = 100كغ وكمية المادة الجافة في 100 كغ ملفوف = 8.8 % .

☒ إذا انخفض وزن الملفوف في نهاية التخزين إلى 94 كغ (6 كغ فقد في الوزن).

☒ فإنّ كمّيّة المادة الجافة في نهاية التخزين هي (8% من 94 كغ) و تساوي

$$100/8 \times (6 - 100) = 7.52 \text{ كغ.}$$

✗ و تكون كمية المادة الجافة المفقودة خلال التخزين = 8.8 - 7.25 = 1.28 كغ.

✗ ونستنتج كمية الماء المفقود خلال التخزين = 6 - 1.28 = 4.72 كغ.

✗ ونسبة المادة الجافة % من الفقد العام = $1.28 \times 100 / 6 = 21.3\%$

✗ و نسبة الماء المفقود خلال التخزين = $100 - 21.3 = 78.7\%$.

وبيّن الجدول التالي معدّلات الفقد بالوزن بالنسبة لبعض أنواع الفاكهة والخضار والتي تختلف تبعاً لظروف ومدة التخزين .

جدول (22) معدل الفقد الطبيعي بالوزن (%) عند تخزين بعض ثمار الفاكهة والخضار:

نوع الفاكهة و الخضار	أشهر التخزين									
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
بطاطا	1.4	1.2	0.8	0.6	0.5	0.5	0.5	0.9	1.1	1.8
جزر	2.5	2.3	1.3	0.8	0.7	0.8	1	1.2	2.4	-
ملفوف	-	3	2.1	0.8	1	1.2	1.3	1.5	-	-
بصل	2	1.3	1.1	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	1.7	-
تفاح خريفي	2.5	1.8	1.5	1.3	1	-	-	-	-	-
تفاح شتوي	2.2	1.2	0.9	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	-

✓ الفقد المطلق Spoilage loss:

هو الثمار غير الصالحة للاستعمال الغذائي أو التصنيع والمصابة كلياً بأمراض أو أي خلل فيزيولوجي أو التزريع كما في البطاطا و البصل أو نمو البراعم في الخضار الجذرية، أو الأوراق الخارجية لرؤوس الملفوف غير الصالحة لاستهلاك والتي تستبعد قبل التسويق.

وخلافا للفقد بالوزن الذي يعبر عنه كنسبة مئوية من الوزن الأولي للثمار، يعبر عن الفقد المطلق كنسبة مئوية من الوزن النهائي للثمار .

مثال: إذا كان الفقد بالوزن عند تخزين (300 طن) بطاطا = (6 %) والفقد المطلق = (4.5 %) فيحسب الفقد العام وفق ما يلي :

الفقد بالوزن = $300 \times 6 / 100 = 18$ طن.

فيكون الوزن النهائي = 18 طن يحسب على أساسه الفقد المطلق كالتالي:
(300 - 18 = 282 طن)

$282 \times 4.5 / 100 = 12.7$ طن.

✓ الفقد الناتج عن العيوب التكنولوجية:

وتشمل الثمار ذات المواصفات المنخفضة الجودة نتيجة الإصابة الجزئية بالأمراض والحشرات أو الخلل الفيزيولوجي أو التجمد أثناء التخزين، ومثل هذه الثمار يمكن أن تصلح لبعض الاستعمالات كعلف للحيوانات بعد تحضيرها بشكل مناسب، وبالرغم من انخفاض قيمتها لا بدّ من أخذها بعين الاعتبار عند الحسابات الاقتصادية، ويقدر الفقد الناتج عن هذه العيوب كنسبة مئوية من الوزن النهائي.

وتجدر الإشارة إلى أنه في بعض الحالات عند التخزين لا يحدث فقد في الثمار فقط بل يمكن أن تكتسب مواصفات جديدة؛ فمثلاً عند تخزين القرنبيط أو رؤوس الملفوف غير مكتملة النمو يلاحظ زيادة في حجمها ووزنها بسبب انتقال المواد الغذائية إليها من الأوراق، وكذلك الحال عند حفظ الخضار في مستودعات التجميد، فإنّ وزنها غالباً ما يبقى ثابتاً بدون تغير بل يمكن أن يرتفع قليلاً وكذلك أثناء التخزين تتحسن جودة بعض أنواع الثمار من حيث الطعم والنكهة أو اللون وغيرها..

ويُقدر **الفقد العام** وفق المعادلة التالية:

$$= 100 - (100 - \text{الفقد المطلق}) \times (100 - \text{الفقد بالوزن}) / 100$$

• أضرار الفقد بالوزن بعد الحصاد:

١- الذبول : إن فقدان الوزن بعد الحصاد يؤدي إلى ذبول الحاصلات البستانية أو كرمشة الثمار . وعند تقدّم مراحل الذبول فإنّ قشرة الثمار تتجعدّ وتصبح غير صالحة للتسويق والاستهلاك، ويمكن تلخيص مراحل الفقد بالوزن كما يلي :

ثمار طازجة ← ثمار ذابلة قليلاً ← ذابلة كثيراً ← مجمدة

كما أنّ لون الثمار يصبح معتماً غير جذاب، وقوام الثمار يصبح إسفنجياً أو جليدياً غير صالح للتسويق.

٢- الخسارة الاقتصادية: فمثلاً إذا كانت سعة المخزن المكون من 6 قاعات هي 6000 طن بطاطا ووصلت نسبة الفقد بالوزن إلى 10% فهذا يعني فقدان 600 طن من البطاطا .

٣- انخفاض القيمة الغذائية للمحصول المخزن: لقد وجد أنّ الذبول يؤدي إلى فقدان في كمية فيتامين C و انخفاض في نسبة الكاروتينات، كما أنّ الذبول يترافق مع زيادة معدل التنفس في ثمار التفاح والفريز مما يقلّل من محتوى الثمار من السكريات .

٤- زيادة حساسية الثمار للأمراض الفطرية والبكتيرية: حيث إنّ الذبول يؤدي لخفض مقاومة أنسجة الثمار لنمو وانتشار الأحياء الدقيقة المسببة للأمراض .

٥- زيادة حساسية الثمار للأضرار الفيزيولوجية: إنّ فقدان الوزن يؤدي إل اصفرار الخضر الورقية نتيجة تحلل الكلوروفيل، وإن فقدان الرطوبة يؤدي إلى زيادة سرعة النضج، فقد وجد أنّ تخزين التفاح بدرجة 5 ورطوبة 65% أدّت لنضج الثمار بشكل أسرع من التفاح المخزن عند رطوبة 80 % أو 98% و بنفس درجة الحرارة.

• العوامل التي تؤثر على سرعة الفقد :

ترتبط سرعة الفقد بالوزن بنوع المحصول و الظروف المحيطة بالمحصول بعد الحصاد.

أولاً: نوع المحصول:

تختلف ثمار الفاكهة والخضر عن بعضها في سرعة النتج أو سرعة فقدان الرطوبة تحت نفس ظروف التخزين. وإنّ التباين والاختلاف في سرعة الفقد بين الأنواع يعود إلى العديد من الاختلافات ومنها:

١- حجم الثمار : يؤثر الحجم من خلال نسبة المساحة السطحية إلى الوزن. فكلما زاد حجم الثمار قلت نسبة المساحة السطحية إلى الوزن، وبما أنّ النتج ظاهرة تعتمد على تبخر الماء من السطح الخارجي لذا نجد أن مقدار الفقد يزداد بزيادة المساحة السطحية، فالثمار الصغيرة تفقد وزناً أكثر من الثمار الكبيرة الحجم لزيادة نسبة المساحة السطحية إلى الوزن، كما أنّ التبادل الغازي وحركة بخار الماء في الثمار الصغيرة يكون أسرع، فمثلاً نجد أنّ مقدار الفقد في ثمار الكرز أو الخوخ أكثر مما هو عليه في ثمار التفاح تحت نفس الظروف.

٢- سماكة و طبيعة طبقة الكيوتكل **Cuticle** : إنّ سماكة طبقة الكيوتكل ووجود الطبقة الشمعية على سطح الثمار يؤثر على سرعة النتج أو التبخر، فكلما زادت السماكة زاد تماسك هذه الطبقة وقلت سرعة النتج. إنّ المواد الشمعية على سطح الثمار تعتبر غير نفوذة للماء وبالتالي فهي تعيق التبخر. فنجد أنّ ثمار الإجاص تفقد وزناً أكثر من ثمار التفاح تحت نفس الظروف، كما أنّ ثمار الفريز تفقد من وزنها في يومين ما يعادل مقدار الفقد في الإجاص خلال 60 يوماً تحت نفس الظروف حيث إنّ الطبقة الشمعية في التفاح أسمك مما هي في ثمار الأجاص، أمّا الفريز فلا توجد طبقة شمعية على سطح الثمرة. إضافة لكونها ثماراً صغيرة الحجم مما يزيد نسبة المساحة السطحية إلى الوزن. إنّ المحاصيل الجذرية مثل الجزر تكون نسبة الفقد أكثر من المحاصيل الثمرية لعدم وجود الطبقة الشمعية .

هناك ثمار تكون محاطة بطبقة جلدية غير نفوذة مثل ثمار البندورة مما يقلل الفقد بالوزن، فقد وجد أنّ 60% من مجموع الفقد بالوزن يتم عن طريق ندبة الساق (مكان اتصال الثمرة بالنبات). وهناك محاصيل أخرى تكون محاطة بطبقة فليينية مانعة لفقدان الماء مثل درنات

البطاطا. وإن أي احتكاك أو جروح أو أضرار ميكانيكية أخرى تقلل من سماكة طبقة الكيوتكل وتزيد من الفقد بالوزن.

٣- عدد وحجم الثغور Stomata والعديسات Lenticles: الثغور هي الفتحات الطبيعية التي يتم عن طريقها التبادل الغازي وتبخر أو فقدان الماء. لذا فإن سرعة النتح تتوقف على عدد وسعة الثغور في مساحة معينة من سطح الثمرة، لذلك نجد أن الخضار الورقية تذبل بسرعة لزيادة عدد الثغور عما هو عليه في الثمار. كما أن غلق وفتح الثغور له علاقة بالحرارة والرطوبة والضوء.

أما العديسات فهي عبارة عن فتحات طبيعية ليست للنبات سيطرة على فتحها أو غلقها. وتزداد سرعة الفقد بالوزن بزيادة عددها. فنجد أن الفقد بالوزن في درنات البطاطا يتم بالدرجة الرئيسية عن طريق العديسات.

٤- مرحلة النمو: إن الثمار البالغة (مرحلة اكتمال النمو) لها القابلية على إفراز وتكوين طبقة شمعية على قشرة الثمار ويستمر إفراز أو تكوين الطبقة الشمعية حتى بعد الحصاد وأثناء التخزين، أما الثمار غير البالغة Immature فليس لها القابلية على إفراز الطبقة الشمعية على القشرة، مما يزيد من سرعة تبخر الماء بعد الحصاد. لذا نجد أن الثمار غير البالغة بعد الحصاد لا تكون صالحة للتخزين. مثل الفليفلة والتفاح والإجاص التي يتم حصاده قبل البلوغ . Maturation

٥- وجود الشعيرات: إن وجود الشعيرات على قشرة الثمار تقلل من سرعة النتح أو التبخر لكونها تقلل من سرعة حركة الهواء فتساعد على وجود طبقة من الهواء مشبعة ببخار الماء حول الثغور والعديسات مما يقلل من سرعة التبخر. كما هو الحال في ثمار الدراق الزغبى والسفرجل.

٦- التركيب الكيميائي للثمار: فوجود المواد الصلبة الذائبة في الماء تقلل من قابلية الماء على التبخر، لأنها تقلل من ضغط بخار الماء، وإن ضغط الماء النقي أكثر من ضغط بخار عصير الثمار لوجود المواد الصلبة الذائبة في عصير الثمار. فكلما زادت نسبة المواد

الصلابة الذائبة في عصير الثمار قلّ الفقد بالوزن، كما أن المحتوى المائي للثمار له علاقة بسرعة فقدان الماء فزيادة نسبة الرطوبة يزداد بزيادة مقدار الفقد.

٧- التركيب المورفولوجي للثمار: إنّ أهم أسباب الاختلاف بين أنواع الثمار يعود إلى الاختلاف في التركيب المورفولوجي، حيث إنّ المحاصيل البستانية تشمل الجذور كالجزر والأوراق كالخس والأزهار كالقربيط والسوق كالبطاطا والثمار كالتفاح. فمثلاً نجد أنّ الفقد في الخضار الجذرية أسرع مما هو عليه في الخضار الثمرية، ونجد أن ثمار التفاح تذبل وتصبح غير صالحة للتسويق عند نسبة فقد تصل 5-8 % من وزنها. في حين أن ثمار الكرز والعنب تذبل بعد فقدان 5-6 % من وزنها.

إنّ الفروقات بين أنواع الفاكهة والخضار في سرعة النتج تمت دراستها واستنباط علاقة للتعبير عن قابلية المحصول على فقدان الماء وقد أطلق على هذه العلاقة :

بمعامل النتج **Transpiration Coefficient** وهي عبارة عن مقياس لسرعة فقدان الماء من وحدة الوزن لكل وحدة من الفرق في ضغط بخار الماء (vapor pressure difference) و بدأ يمكن التعبير عن الفقد بالوزن بـ ملغ ماء / كغ محصول / الساعة / ملم زئبق (mg/kg-hr-mmHg).

فمثلاً إنّ معامل النتج يتراوح بين 20-80 بالنسبة لدرنات البطاطا التي لم يجري لها علاج تجفيفي يتراوح بين 15-30 للدرنات التي تمّ علاجها قبل التخزين.

☒ و يجدر بالذكر إن الثمار تفقد محتواها المائي بدرجة أسرع من محتواها من المواد الصلبة (نسبة المادة الجافة) أثناء التخزين. وتكون نسبة الفقد بالوزن عالية عند بداية التخزين، ثم تتخفض نسبة الفقد بعد فترة من التخزين تختلف حسب الأنواع المختلفة ، حيث تمر الثمار بمرحلة استقرار وتكون العمليات الحيوية بحدودها الدنيا، وغالباً ما يترافق ذلك مع دخول الثمار في طور سكون عند بعض الأنواع، ومع نهاية مدة التخزين والمترافقة بدخول الثمار بطور النضج تزداد نسبة الفقد وتصبح الثمار غير قادرة على الاحتفاظ برطوبتها وتزداد سرعة العمليات الحيوية لتنتهي هذه الفترة بدخول الثمار مرحلة الشيخوخة.

ثانياً: الظروف المحيطة بالثمار بعد الحصاد:

١- **تأثير درجة الحرارة:** تزداد نسبة الفقد والتلف مع ارتفاع درجة الحرارة، وإن طول مدة التخزين تتناسب عكساً مع درجة الحرارة، إن ارتفاع الحرارة يزيد من سرعة نمو الأحياء المجهرية وسرعة التفاعلات الحيوية الفعاليات الفيزيولوجية المسببة للتلف إضافة إلى سرعة تبخر الماء والذبول وبالتالي فإن هذه العوامل مجتمعة تؤدي لفقدان في القيمة النوعية والغذائية للثمار وزيادة سرعة التلف.

٢- **نسبة الرطوبة:** إن الانخفاض في نسبة الرطوبة في الجو المحيط بالثمار يؤدي لزيادة النتح وذبول الثمار وتزداد نسبة التلف نتيجة الجفاف، لذلك تخزن الثمار في جو ذي رطوبة نسبية مقاربة للرطوبة الموجودة فيها مع الأخذ بعين الاعتبار وجود محاصيل تتطلب رطوبة جوية منخفضة، مثل الثوم و البصل لمنع نمو الأحياء الدقيقة.

٣- **التعرض لأشعة الشمس:** إن تعرض الثمار لأشعة الشمس المباشرة بعد الحصاد يؤدي إلى رفع حرارة الثمار، فتزداد سرعة التنفس والفعاليات الحيوية المسببة للتلف، أو يمكن أن تتعرض الثمار بضرر لفحة الشمس Sun Scald وقد يحدث نتيجة لذلك موت قسم من الخلايا في الجهة المعرضة للشمس المباشرة. ويتوقف مقدار الضرر الناتج حسب نوع المحصول ومدة التعرض وموسم الحصاد، ويكون ضرر أشعة الشمس أشد ما يمكن عند وقت الظهيرة في جو خالٍ من الغيوم. فمثلاً تعرض الخضار الجذرية للضوء بعد الحصاد يؤدي إلى اخضرارها نتيجة تكون الكلوروفيل فتفقد قيمتها التسويقية والنوعية، وفي حال درنات البطاطا فتتشكل مادة السولانين وهي مادة سامة ذات طعم مرّ.

٤- **مكونات هواء المخزن:** فقد وجد أن خفض نسبة الأوكسجين في الهواء المخزن إلى 5% ورفع نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون أعلى من 5 وإزالة غاز الإيثيلين والغازات المتطايرة من هواء المخزن تساعد على مضاعفة عمر الثمار في المخزن، وتقليل نسبة الفقد إلى الحد الأدنى.

٥- **طول مدة التخزين :** كلما طالت مدة التخزين كلما زادت نسبة الفقد والتلف. وإن عملية التخزين تساعد على إطالة فترة التخزين ولو عدة أيام. فتعتبر عملية اقتصادية لأنها تنظم تسويق المحصول وتقلل من نسبة الفقد والتلف.

٦- **الأحياء المجهرية:** التي تكون موجودة على سطح الثمار أو في الجو المحيط بها فتتكاثر وتنتشر بسرعة على الثمار بعد الحصاد وتسبب التلف.

❖ **العوامل التي تقلل الفقد الناتج في الحاصلات البستانية بعد الحصاد:**

- ❑ العناية بعمليات الإنتاج للوصول إلى ثمار عالية الجودة.
- ❑ تخزين الثمار السليمة.
- ❑ تحديد أنسب موعد لقطف الثمار.
- ❑ تقليل المدة بين الحصاد والاستهلاك الطازج أو التصنيع.
- ❑ تجنب الأضرار الميكانيكية للحاصلات البستانية أثناء الجمع والإعداد والتعبئة والتدرج والنقل والتداول.
- ❑ استبعاد الثمار المصابة فوراً من المخزن.
- ❑ العناية بعمليات إعداد الثمار من غسيل وتشميع وتدرج وفرز وتعبئة.
- ❑ العمل على تعقيم المخزن و العبوات قبل استخدامها.
- ❑ اتباع طرق التبريد المبدئي للتخلص من حرارة الحقل بسرعة.
- ❑ استخدام التبريد أثناء شحن الحاصلات البستانية أو تخزينها.
- ❑ التحكم في درجة الحرارة والرطوبة النسبية والتهوية في المخازن كوسيلة أساسية للتحكم في معدل التنفس ومعدل فقد الماء، وإنتاج الغازات المتطايرة ومنع تراكم الغازات المختلفة حول الحاصلات البستانية أثناء التخزين.
- ❑ استخدام المعاملات الإضافية للتبريد مثل المطهرات الفطرية والحرارة العالية والتبخير بالغازات والتشعيع بأشعة جاما والأوزون والأشعة فوق البنفسجية بهدف تقليل أو منع الإصابة بالأمراض الفطرية.

استخدام الجوّ الهوائي المتحكم به كوسيلة للتحكم في معدّل التنفس وبالتالي تقليل سرعة تدهور بعض الثمار.

استخدام منظّمات النمو في المحافظة على جودة المحاصيل الورقية أو التحكم في درجة نضج الثمار.

استخدام التشعيع بأشعة جاما أو مثبطات النمو لمنع تزييع بعض محاصيل الخضر الدرنية والبصلية والجذرية.

المطلوب:

دراسة وحساب نسب الفقد الطبيعي % والفقد المطلق % على عينات مختلفة من ثمار الخضار والفاكهة مخزنة في غرفة التخزين المبرد ضمن ثلاثة مكررات مع تطبيق بعض معاملات الاضافية المدروسة سابقاً وتأثيرها على القدرة التخزينية للثمار ومدة التخزين.

دراسة أهم أمراض التخزين

المقدمة:

لتكون عملية تخزين الحاصلات البستانية ذات جدوى اقتصادية فلا بد من التعرف على أهم أمراض التخزين وأسبابها وطرق الوقاية منها. سنتناول في هذه الوحدة أهم الأمراض الطفيلية واللاطفيلية.

الأهداف: في نهاية الوحدة يكون الطالب قادراً على تمييز أعراض وطرق الوقاية والمكافحة لـ :

- أهم الأمراض الطفيلية التي تصاب بها الثمار في غرف التخزين وطرق الوقاية منها.
- أهم الأمراض اللاطفيلية التي تصاب بها الثمار في غرف التخزين وطرق الوقاية منها.
- أضرار البرودة والتجمد والحرارة المرتفعة .

الوسائل المساعدة:

- عرض تقديمي.
- التعرف على عينات من الثمار المصابة والتميز بينها.

متطلبات الكفاءة والقدرة:

دراسة الوحدة (نظري)، إعداد تقرير ويتضمن ما تعلمه الطالب (عملي).

إن أول خط دفاع ضد مشكلة الإصابات المرضية والحشرية أثناء تخزين ثمار الخضار والفاكهة هو اتباع إدارة جيدة أثناء مرحلة الانتاج. إن زراعة الأصناف المقاومة واستخدام طرق ري لا تؤدي الى بلل الأوراق والأزهار والثمار في النباتات، وتلافى المغلاة في التسميد النتروجيني، واتباع نظام تقليم لتقليل النمو الزائد للمجموع الخضري للنبات ، كل هذه الممارسات تساعد على تقليل فرص الإصابات المرضية قبل وبعد الحصاد.

أما خط الدفاع الثاني فهو الاهتمام بعمليات الحصاد وإعداد المحصول في الحقل للتسويق.

ثالثاً فإن فرز واستبعاد الأجزاء المصابة من المحصول والتي بها أضرار ستؤدي إلى تقليل فرص انتقال العدوى الى باقي المحصول. إلا أنه وحتى مع العناية الكاملة فنجد أحياناً أن المحصول لا بدّ من معاملته لمقاومة الحشرات والكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض. لذلك سنتناول هنا أهم أمراض وأضرار التخزين وطرق الوقاية منها.

أمراض التخزين الطفيلية:

هي أمراض مرضية تسببها الفطريات والبكتريا التي تصاب بها الثمار سواء أثناء تكونها على الشجرة الأم أو أثناء القطاف والتداول والتخزين.

مثال عن أهم أمراض المخزن الطفيلية التي تصيب التفاح :

- ١- عفن كلويوسبوريوم GLOEOSPORIUM ROT
- ٢- العفن الرمادي BOTRYTIS
- ٣- العفن البني BROWN ROT (MONILIA)
- ٤- عفن الترناريا ALTERNARIA SP.
- ٥- عفن الذبول FUSARIUM .SP.
- ٦- عفن اللفحة TRICHOTHECIUM .SP
- ٧-العفن الأخضر GREEN MOLD (PENICILIUM) .

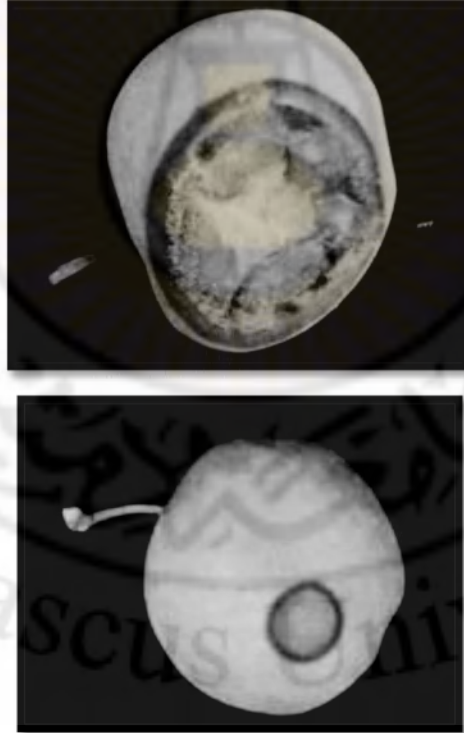
✕ عفن كلويوسبوريوم :GLOEOSPORIUM ROT

وصف المرض: تظهر على قشرة الثمرة بقع دائرية بلون غامق على الأطراف وفاتحة في الداخل، تتطور مع الرطوبة العالية.

سبب المرض: فطر *G.perennas* – *G.fruchtigenum* – *G.album*

تحدث العدوى أثناء مرحلة النمو الخضري ويبقى ساكناً حتى مرحلة التخزين. لا يتم انتقال المرض من الثمرة المصابة إلى الثمرة السليمة.

المكافحة: رش الأشجار بمبيد Benomyl في بداية النمو الخضري وقبل القطاف بفترة قصيرة. تقليم نظيف وحرق مخلفات التقليم.



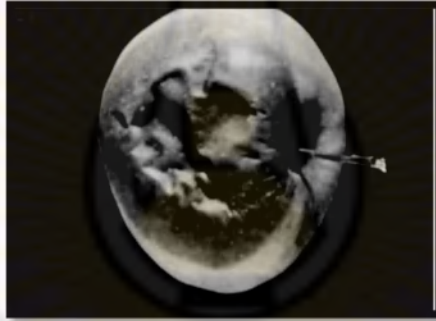
الشكل 101: GLOEOSPORIUM ROT.

✳ العفن الرمادي BOTRYTIS:

وصف المرض: بقع بنية داكنة تتطوّر عليها كتل عفنة، ينتقل المرض من الثمار المصابة إلى السليمة. يصيب التفاح والإجاص والخوخ والمشمش والتين والملفوف، يُصيب الثمار في الحقل أو أثناء التخزين عن طريق الجروح.

سبب المرض: فطر *B. cinerea* .

المكافحة: الرش بمبيدات فطرية (Benomyl 0,06%) - كابتان 0.02% - تعقيم المخزن وصناديق التعبئة بأبخرة الفورمالين (1كغ برمنغنات البوتاسيوم و2 ليتر فورمالين لكل 100 م³ من حجم المخزن).



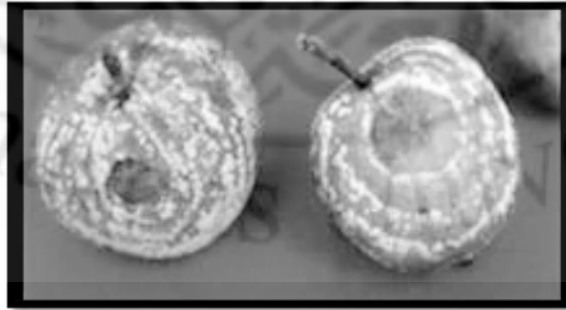
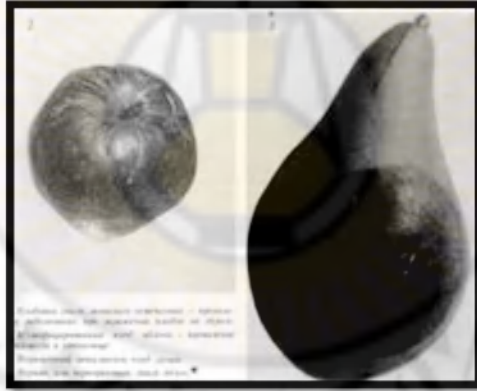
الشكل 102 : BOTRYTIS.

☒ العفن البني (BROWN ROT (MONILIA):

وصف المرض: - بقع بنية كبيرة مع أبواغ بيضاء. تتطوّر إلى بقعة سوداء كبيرة تتطور لتشمل كامل سطح الثمرة.

سبب المرض: فطر *M.Laxa* - *M.frugitigenum*. العدوى: تكون ناتجة عن الأفرع الخضرية والثمار المحنطة ويمكن ملاحظة الثمار المصابة قبل القطف، ويساعد على انتشار هذا المرض: الريح - الحشرات - ظروف التخزين (ظلمة - حرارة - رطوبة)، يظهر بعد 2-3 أشهر ولا ينتقل إلى الثمار السليمة.

المكافحة: - التخلص من مخلفات التقليم والثمار المحنطة. - رش الأشجار بالنحاس 0.3%- كابتان 0.2% أو بينوميل 0.06% .



شكل 103: BROWN ROT (MONILIA).

☒ عفن الثرناريا *ALTERNARIA SP.*:

وصف المرض: سقع بنية غامقة إلى سوداء عادة عند عنق الثمرة أو الطرف المقابل.

سبب المرض: *A. Tensiv NEES* يدخل المسبب إلى الثمرة عبر قمة الثمرة المفتوح والجروح في منطقة عنق الثمرة وتظهر آثاره في فترة التخزين، ومع زيادة النضج وزيادة مدة التخزين. يساعد على ظهوره زيادة نسبة الرطوبة في المخازن المبردة ووجود الماء على سطح الثمرة (البندورة والتفاحيات وذات النواة الحجرية).

المكافحة: برامج مكافحة العامة.

- تجنب جرح الثمار.



شكل 104: *ALTERNARIA SP.*

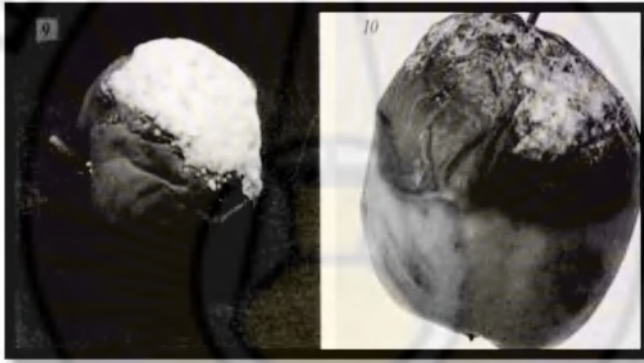
✕ عفن الذبول *FUSARIUM .SP*

وصف المرض: -كتل قطنية على القشرة الخارجية للثمرة وتتوضع تحتها الأبواغ الحمراء.

سبب المرض: *F.avenaceum* - *F.lateritum* - *F.culmorum*.

تحدث الإصابة للثمار في الحقل، حيث يدخل الفطر عن طريق العديسات أو عن طريق جرح أو شق في الثمرة ويزداد المرض انتشاراً في نهاية فترة التخزين.

المكافحة: -مكافحة مرض جرب التفاح والقطاف السليم للثمار.



شكل 105: *FUSARIUM*.

✕ عفن اللفحة *TRICHOTHECIUM .SP*

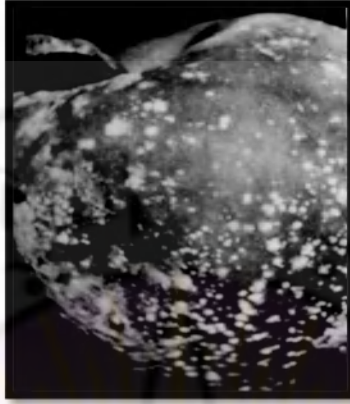
وصف المرض: بقعة بنية على قشرة الثمرة تتوسع وتعمق إلى لب الثمرة ، ومع زيادة الإصابة تظهر مشيجة الفطر بلون أبيض إلى وردي.

سبب المرض: *T.roseum* يصيب الثمار في نهاية فترة النمو الخضري لوجود شقوق أو

جروح في الثمار ولوجود العديسات أو إصابة الثمار بجرب التفاح، ويزداد المرض أثناء

التخزين.

المكافحة: تخزين ثمار سليمة من الجرب أو الجروح أو أية إصابة.



شكل 106 : SP .TRICHOTHECIUM.

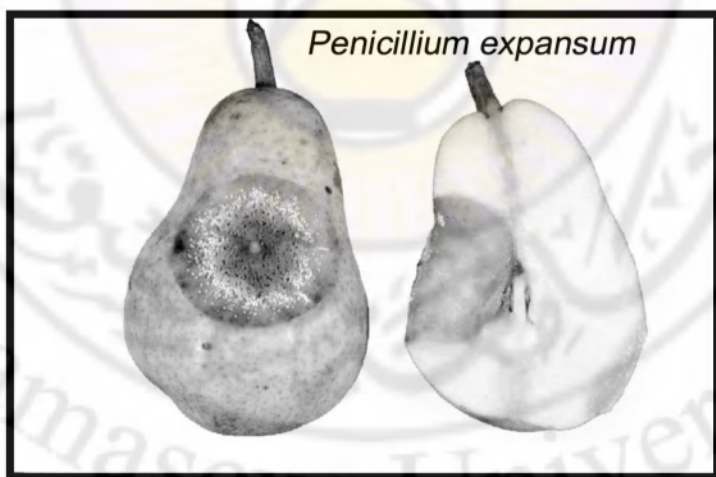
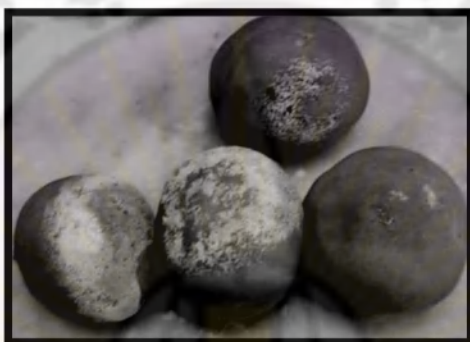
☒ العفن الأخضر (GREEN MOLD) (*PENICILIUM*):

وصف المرض: بقع بنية فاتحة اللون غارقة في اللب، متجعدة ولينة القوام وتظهر مشيجة الفطر في مرحلة متقدمة بيضاء في البداية ثم تتحول إلى لون أخضر مزرق.

سبب المرض: *P. Expansum* (LINK.) THOM – *P. Digitatum* (PERS.) SACC

حيث يدخل المسبب إلى الثمرة عن طريق جرح أو خدش .

المكافحة: العناية بقطف ونقل وتخزين الثمار (تقليل حدوث أي جرح في الثمرة).



شكل 107 : GREEN MOLD.

الأضرار الفيزيولوجية اللاطفيلية (الاحيوية):

هي أضرار لا يسببها كائن حي وتكون ناتجة عن تباين الظروف المحيطة بالثمار في الحقل أو بعد الحصاد وسوء التغذية والخدمات الزراعية أثناء النمو وتباين مكونات الجو الهوائي وزيادة الاثليلين حول الثمار وغيرها، مما يؤدي لاضطراب في الاستقلاب الحيوي ضمن الثمار وتعد نشاطاً حيوياً غير طبيعي قد يؤدي لتحطم الأنسجة النباتية وانهيارها الأمر الذي يسبب انخفاضاً في القدرة التخزينية ومدة التخزين.

من جهة أخرى تصبح الثمار أكثر عرضة للإصابة بالأمراض والأضرار الميكانيكية، وقد ينتهي الأمر بعدم صلاحيتها للاستهلاك، والسبب الرئيس في هذه الأضرار أثناء التخزين [ظروف التخزين السيئة].

➤ أهم أمراض التخزين اللاطفيلية (فيزيولوجية) في التفاح:

الحرق Scald.

البقع الفلينية المرة Bitter Bit.

تبقع العدسيات Lenticel Spot.

أضرار زيادة غاز CO_2 .

تبقع العدسيات الأحمر Red Lenticel Spot .

القلب البني Brown Heart.

القلب المائي Water Core .

حجرة البذور البني.

أضرار التجمد وأضرار البرودة .

أضرار الحرارة المرتفعة.

النضج الزائد وفقد الرطوبة.

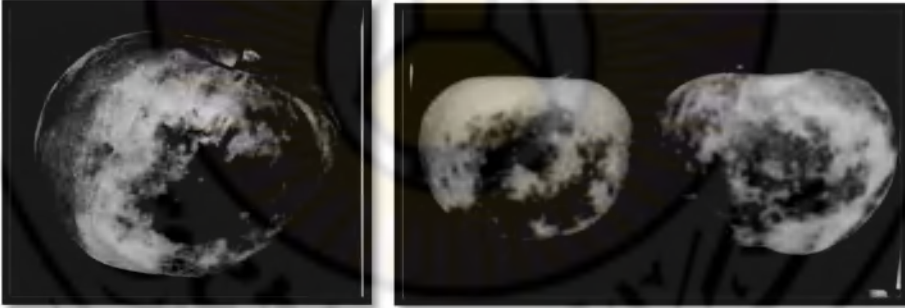
❖ الحرق SCALD:

وصف المرض: بقع بنية خفيفة التلون على القشرة - سطحية وتظهر في جانب الثمرة المعرض للظل.

سبب المرض: مواد ضارة ناتجة عن الثمرة نفسها تتوضع في منطقة القشرة محدثة تلوناً بنياً في القشرة (تأكسد مركب الفا فارنسين).

تتأثر الإصابة: بعوامل الطقس قبل القطاف ودرجة النضج وظروف التخزين.

إمكانية العلاج: استخدام مضادات الأكسدة مثل داي فنيل أمين، وعدم قطف الثمار بشكل مبكر مع وضع الثمار سريعاً في المخزن والسرعة في الوصول إلى الحرارة المطلوبة. وتجنب زيادة الرطوبة ضمن المخزن وعدم السماح بتذبذب كبير في درجة الحرارة، والعناية بالتهوية المطلوبة للثمار المخزنة، ويفيد التخزين في مخازن الغاز المعدل (2-3% أكسجين فعال للحد من المرض).



شكل 108: SCALD.

❖ البقع فلينية مرة BITTER BIT:

وصف المرض: بقع خضراء إلى بنية داكنة - غائرة في القشرة - بقع في لب الثمرة - مرة الطعم.

سبب المرض: -اضطراب في الاستقلاب الغذائي والنسبة بين $Mg+K$ فقلة النسبة تعني قلة Ca .

الإصابة بالمرض: قد تكون الإصابة بسبب عدم انتظام الريّ (تناوب الجفاف والرطوبة).
وتُظهر البقع نقصاً في Ca.

إمكانية المكافحة: - رش الأشجار 0.6% CaCl_2 أو نترات الكالسيوم 1.2% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
وذلك بعد سقوط التويجات ب 8-10 يوم و 6-10 مرات .
- تغطيس الثمار (ثمار التفاح) ب CaCl_2 تركيز 2% لدقيقتين.



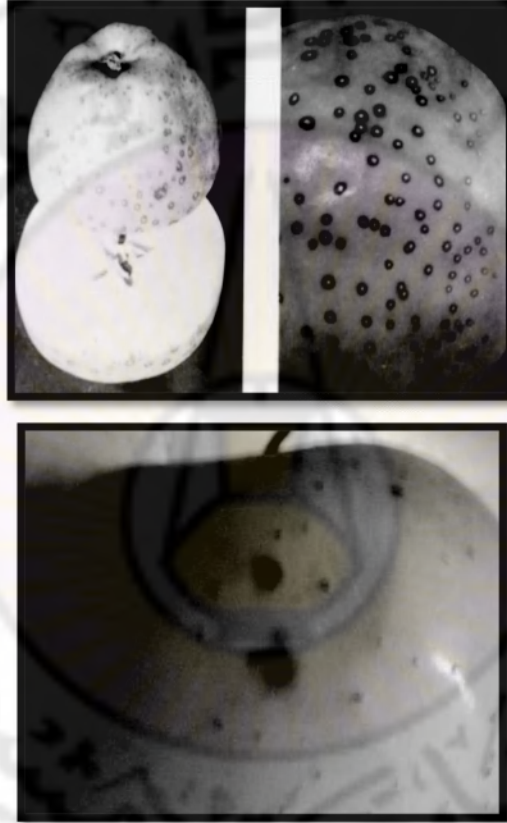
شكل 109: BITTER BIT.

❖ تبقع العديسات Lenticel spot:

وصف المرض: بقع صغيرة بنية غامقة اللون حول العديسات وتتلون العديسات باللون الأبيض.

سبب المرض: موت الخلايا الناتج عن اضطراب في التوازن الغذائي بين $Mg+K$ و Ca .

إمكانية مكافحة: الرش 6-10 مرة بكلوريد الكالسيوم 0.6% أو بمحلول نترات الكالسيوم 1.2%.



شكل 110: Lenticel spot.

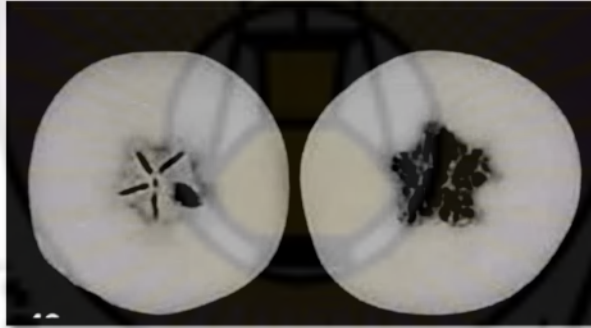
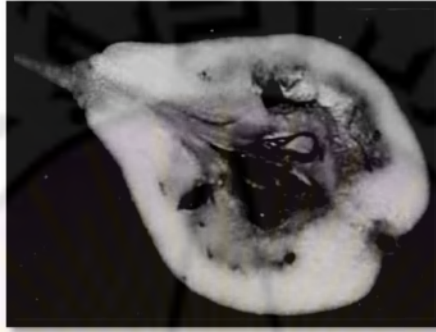
❖ أضرار زيادة تركيز CO_2 :

وصف المرض: بقع بنية غائرة في القشرة - فجوات هوائية في اللب خاصة قرب حجرة البذور .

سبب المرض: زيادة CO_2 (7-8%) + حرارة منخفضة ($0 \pm 1^\circ C$).

- يزداد مع طول مدة التخزين - الثمار الكبيرة - أشجار فتيّة مسمّدة بـ N.

امكانية التخفيف : ظروف مناسبة للتركيب الغازي حسب تحمل الصنف.



شكل 111: أضرار زيادة تركيز CO_2 .

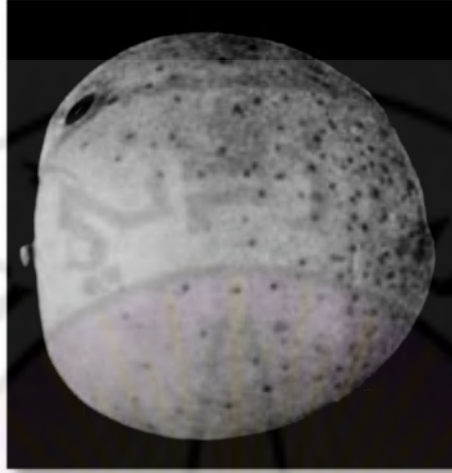
❖ تبقع العديسات الأحمر RED LENTICAL SPOT:

وصف المرض: عديسات مميّنة محاطة بدوائر حمراء تتحوّل إلى اللون بني.

سبب المرض: - ظروف مناخية سيئة وخاصة تذبذب الحرارة.

- حال الشجرة العام.

إمكانية التخفيف: تأمين ظروف نمو وتخزين جيدة.



شكل 112 : RED LENTICAL SPOT.

❖ القلب البني :Brown heart or Breakdown

وصف المرض: - بقع بنية رخوة الملمس قرب القشرة ثم تنتشر لكامل المقطع .

سبب المرض: - القلب البني البارد وهو ناتج عن انخفاض حرارة التخزين فينتج عن ذلك أسيد الدهيد في أنسجة الثمرة.

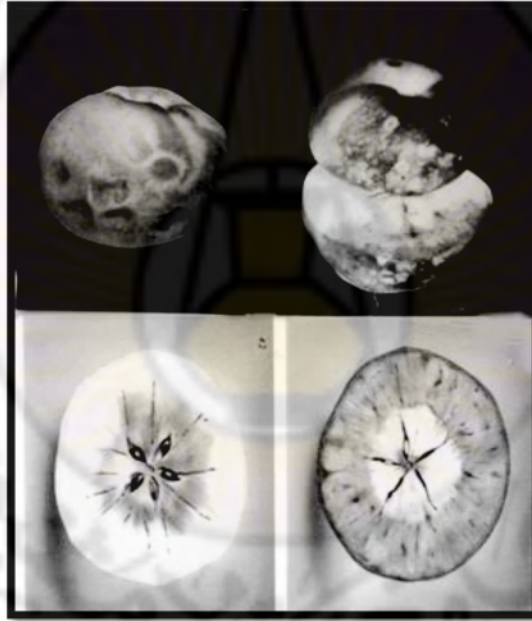
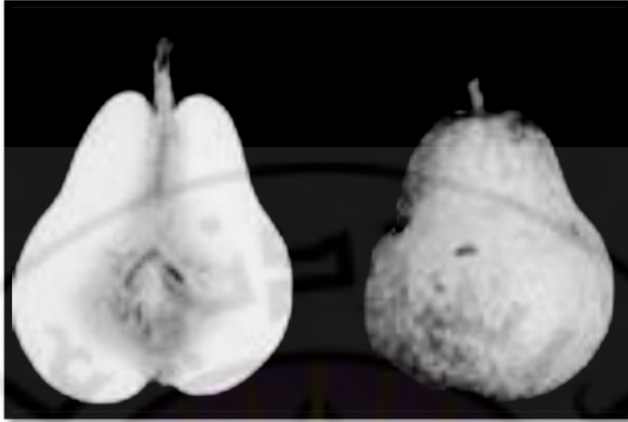
- زيادة رطوبة تشجع ظهور المرض.

القلب البني الهرم الناتج عن زيادة عمر الثمار ومدة التخزين. وما يساعد على انتشار المرض:

قطف الثمار من أشجار قليلة الحمل والمزروعة في أرض خفيفة - القطاف المتأخر - التأخر في وضع الثمار في المخزن.

إمكانية الحد منه: - ظروف تخزينية مثالية.

- قطف في الموعد المناسب.



شكل 113 : Brown heart.

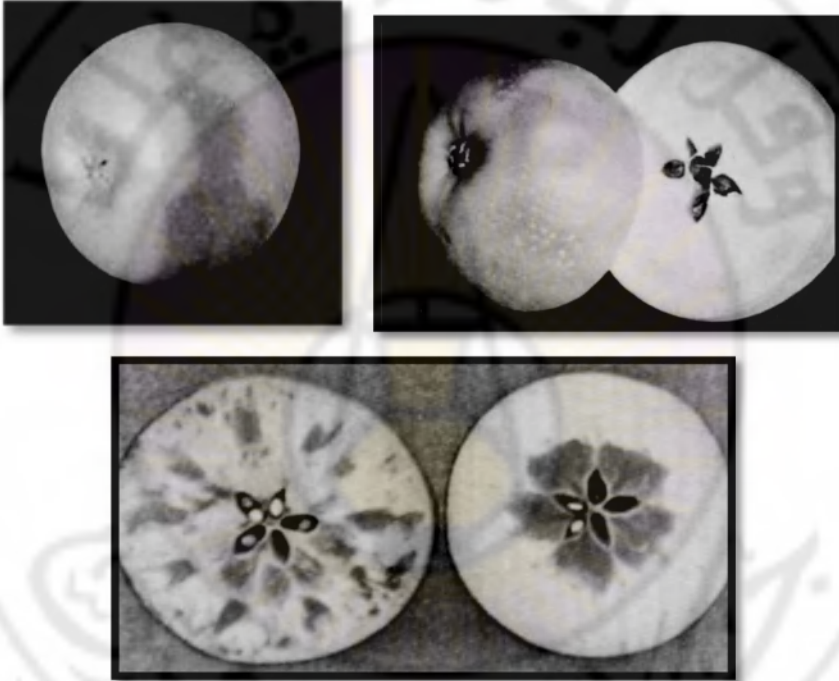
❖ القلب المائي WATER CORE:

وصف المرض: مظهر شفاف زجاجي في منطقة الحزم الناقلة، ثم يصبح بلون أخضر داكن زيتي يتحول لاحقاً الى اللون البني.

سبب المرض: زيادة مفاجئة بتركيز السكر في المنطقة المصابة وزيادة الضغط الأسموزي وذلك بسبب زيادة الإشعاع الشمسي بعد فترة باردة نوعاً ما.

عوامل مساعدة: الثمار كبيرة الحجم والمقطوفة من أشجاراً فتية قليلة الحمل.

الحد من المرض: فحص الثمار قبل تخزينها والعمل على استبعاد الثمار المصابة.



شكل 114 : WATER CORE.

❖ اسمرار حجرة البذور CORE PLUSH:

وصف المرض: تلون حجرة البذور بالبني مع قوام جاف ومتشقق ، ولا توجد آثار ظاهرية .

سبب المرض: - طول مدّة التخزين - انخفاض O_2 - تهوية سيئة .

امكانية الحد منه: التهوية الجيدة. - تجنب طول مدة التخزين للأصناف الحساسة.



شكل 115 : CORE PLUSH.

❖ أضرار التجمد:

نقطة التجمد: هي درجة الحرارة التي تتكون عندها البلورات الثلجية ضمن الثمرة، وعادة تكون درجة حرارة التخزين المُبرّد المناسبة لمحصول ما أعلى قليلاً من درجة التجمّد الخاصة به.

تختلف نسبة الضرر الحاصل نتيجة الوصول لدرجة التجمد تبعاً لدرجة الحرارة ومدّة تعرض الثمار لحالة التجمد، ونوع المحصول حيث تختلف المحاصيل في تحملها ودرجة حساسيتها للتجمّد، وتسبب أضرار التجمد نسبةً فقد كبيرة جداً.

تتعرض الثمار لأضرار التجميد وبخاصة مكونات الخلايا عند انخفاض درجة الحرارة عن الصفر المؤي. مثال: تتجمّد الخضروات الورقية عند $-0.5^{\circ}C$ ، في حين تتجمد ثمار الفاكهة السكرية عند درجات حرارة تتراوح بين $-2^{\circ}C$ و $-5^{\circ}C$.

عند حدوث التجمّد لا بدّ في الأنواع المتحملة نوعاً ما لنقطة التجمد من رفع درجة الحرارة تدريجياً حتى 5 درجات مئوية وعدم تحريك الثمار والتسويق الفوري بعد زوال حالة التجمّد.

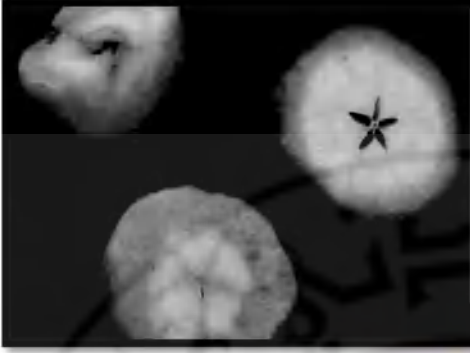
يلاحظ أن المنتجات غير الحساسة لدرجة الحرارة يجب تبريدها لقرب درجة تجميدها، فبالرغم من أن درجة تجمّد المياه هي الصفر إلا أنه ونظراً للمحتوى العالي من المواد الصلبة الذائبة للفاكهة والخضروات فإنّها تتجمّد عند درجات حرارة أقلّ من الصفر المئوي.

ويمكن إيجاز أضرار التجمد بما يلي:

١. تلف الأنسجة النباتية مع ظهور تبقّع مائي على الثمار وبالتالي تدهور المحصول.
٢. انخفاض طول مدة التخزين بدرجة واضحة.
٣. فقدان الثمار لصلابتها ولونها الطبيعي وذبولها بسرعة عند زوال حالة التجمد.
٤. فقدان الثمار المجمدة مقاومتها الطبيعية للأمراض إضافة لحساسيتها الجديدة للأضرار الميكانيكية أثناء النقل.

تختلف شدة الضرر حسب ما يلي:

- طول المدة التي تتعرض فيها الثمار للبرودة.
- النوع والصنف.
- درجة اكتمال نمو الثمار ونضجها عند القطف: فالثمار غير المكتملة النمو تكون أكثر حساسية لضرر البرودة من الثمار الناضجة.



شكل 113 : أضرار التجمد على ثمار التفاح وأضرار البرودة على درنات البطاطا.

❖ أضرار البرودة Chilling injuries:

تُعد أضرار درجات الحرارة المنخفضة الأكثر شيوعاً أثناء التخزين المبرد، ويتوقف مدى تأثير هذه الأضرار على حساسية المحصول للبرودة ودرجة الحرارة ومدة التعرض.

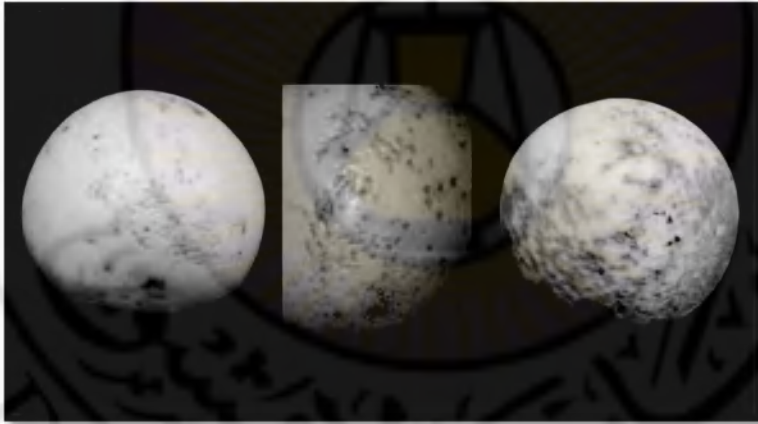
تعد المنتجات الاستوائية وشبه الاستوائية الأكثر عرضة لتلك الأضرار بفعل حساسيتها وذلك عند تعرض الثمار لدرجة حرارة منخفضة لكنها أعلى من درجة التجمد (حتى 13 °C) لمدة مناسبة حيث إن ضرر البرودة ذو أثر تراكمي، ويتسبب عنه فقد بكميات كبيرة. مثل البندورة، والفليفلة، والخيار، والمانجو، والموز، والباباي. ومن أعراض هذه الأضرار ظهور تنقر وبقع بنية اللون على ثمار الفاصولياء والبندورة والخيار والباذنجان وزيادة القابلية للإصابة بالأعفان. أحياناً تأخذ بعض أضرار التبريد وقتاً طويلاً حتى تظهر تأثيرها كما في الحمضيات. تؤدي درجات الحرارة المنخفضة أيضاً إلى وجود ظاهرة القلب الأسود في الأناناس وإلى تأخر عمليات الإنضاج لبعض الثمار مثل الموز.

لتجنب تعريض الحاصلات البستانية المختلفة لأضرار البرودة عادة ما يتم الاستعانة ببعض التجهيزات كحساسات لدرجة الحرارة، سواء في محطات التبريد السريع أو في مستودعات التخزين المبرد للخرن الطويل المدى.

أعراض أضرار البرودة:

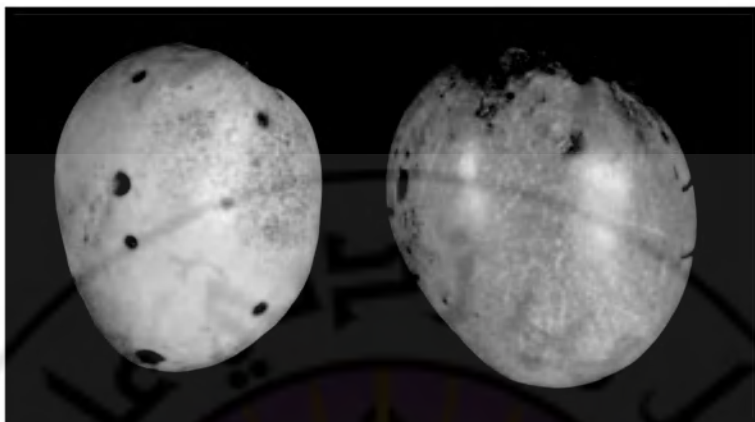
- تغيير لون سطح الثمار مثل: التلون البني نتيجة أكسدة مواد فينولية.

- تغير تحت سطحي في الخلايا البرانشيمية المحيطة بالقنوات الزيتية مما يؤدي لظهور حفر صغيرة منخفضة تكبر تدريجياً.
- عدم النضج: مثل الثمار التي تجمع قبل النضج كالموز والبندورة الخضراء فتصبح غير قادرة على التلون وإكمال النضج في حال انخفاض درجة الحرارة عن المطلوب نتيجة تثبيط نشاط بعض الأنزيمات وإعاقة تكون الإثيلين.
- الانهيار المائي: أنسجة مائية.
- تلون الأنسجة الداخلية البيضاء: مثل لون بني في الرمان وبني محمر في البطاطا، بسبب تراكم بعض المواد السامة في خلايا الثمرة (أست الدهيد - الكحول الإيثيلي)، أو تغير في طبيعة الغشاء الخلوي من قوام شبه مائي لصلب والتأثير في نشاط بعض الأنزيمات.

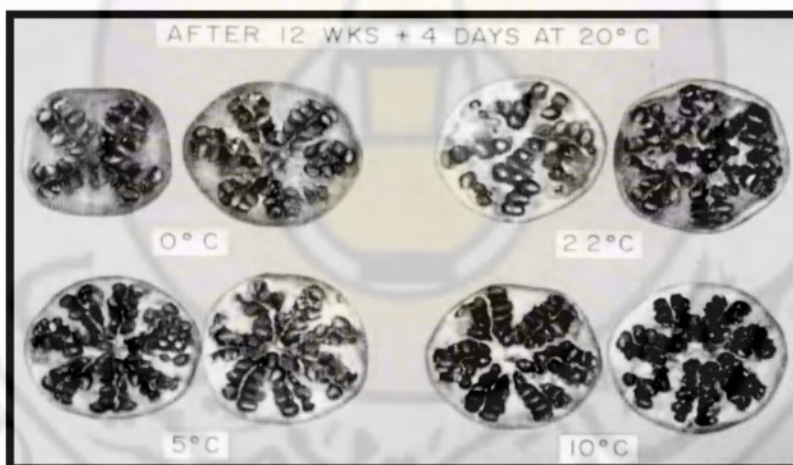


شكل 114: أضرار البرودة على ثمار الغريب فروت بعد التخزين لمدة 75 يوماً على درجة الصفر

+ 2 يوم على حرارة 20 °C



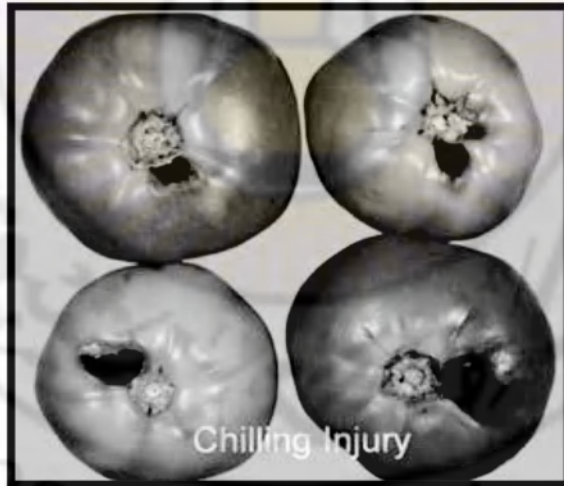
شكل 115 : أضرار البرودة على ثمار المانغو المخزنة على ١٢ °C مدة ١٨ يوماً.



شكل 116: أضرار البرودة على ثمار الرمان.



شكل 117 : أضرار البرودة على درنات البطاطا.



شكل 118 : أضرار البرودة على ثمار البندورة.

❖ التجعد أو الكرنشة:

إنَّ الجفاف أو فقد الماء من الثمار يؤدي إلى انكماش النسيج الخارجي للثمرة نتيجة نقص محتواها من الماء ولوجود خلل في ظروف التخزين وخاصة نسبة الرطوبة ودرجات الحرارة في جوَّ المخزن.



شكل 119 : تجعد الثمار نتيجة انخفاض نسبة الرطوبة في جو المخزن أدنى من 75%.

❖ أضرار الحرارة المرتفعة Heat injuries:

تؤدي درجة الحرارة المرتفعة الناتجة عادة من تعرّض الثمار إما لضوء شمس مباشر أو تيارات هواء حارة في الحقل أو بعد ذلك أو ملامسة سطح التربة الساخن (المحاصيل الجذرية والبطاطا)، تأثيراً سيئاً على سرعة تلف وتدهور المحاصيل البستانية بعد حصادها؛ فهي تؤثر بصفة مباشرة على معدلات التنفس، إنتاج غاز الإيثيلين C_2H_4 ، فقد الرطوبة، انتشار الفساد (التعفن)، وزيادة سرعة التدهور.

لا تحدث مثل هذه الأضرار عند التخزين المبرد للثمار بعد الحصاد، تزداد فرصة إصابة الثمار بأضرار الحرارة العالية إذا ما تركت بعد القطاف في الحقل معرضة لأشعة الشمس المباشرة وخاصة عند ارتفاع درجات الحرارة وسط النهار.

من التأثيرات الأخرى لدرجات الحرارة العالية هي التغيير في حالة بعض الإنزيمات الضرورية لحياة النبات والثمار. من هذه الأضرار فقد في لون الثمرة وظهور لون مائي نصف شفاف، ويطلق عليها أحياناً بثور (Boiled)، كما يحدث في البندورة والموز. والضرر الآخر سوء تلون الثمار كما في البندورة، وهذا يحدث نتيجة تعرض ثمار البندورة لفترات درجات حرارة عالية بسبب أشعة الشمس الحارة التي تسبب منع تكوين اللون الأحمر.

إن تنفس الثمار وما ينتج عنه من فقد للمياه والمخزون السكري بداخل الثمار يحدث في كل خلايا الثمرة سواء في الليل أو النهار وفي وجود الضوء أو عدمه.

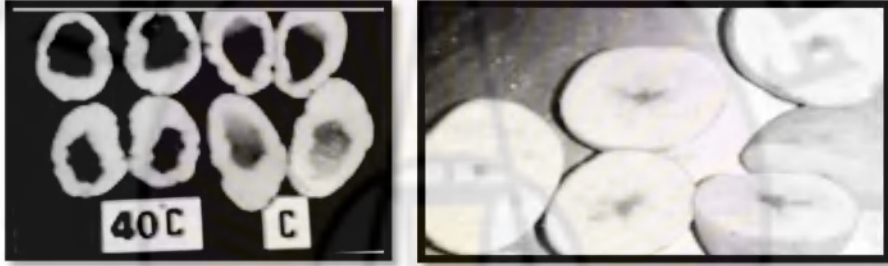
إن زيادة درجة الحرارة بمقدار 10°C م فوق درجة الحرارة المثلى ستتسبب في زيادة معدل التدهور إلى الضعفين أو ثلاثة أضعاف بسبب تسريعها لعملية التنفس، فالبروكلي وعند درجة حرارة 25.6°C يكون معدل التنفس أسرع بخمسة وثلاثين ضعفاً مقارنة بدرجة حرارة الصفر المئوي. وفي ثمار الفراولة فإن تأخير عملية التبريد السريع لها بساعتين يؤدي لفقدان 20 % من قيمتها، وخفض درجة حرارة الثمار يؤدي إلى إبطاء معدل عملية الأيض Metabolism وبالتالي إطالة العمر التسويقي للثمار.

أعراض أضرار التعرض لدرجات حرارة مرتفعة:

- الإصابة بلسعة الشمس وهو موت أو تجلد والتلون بلون أبيض أو أصفر بجزء من الثمرة الذي سبق وتعرض مباشرة لأشعة الشمس (42°C).
- سوء تلون الثمار Fruit discoloration.
- فشل النضج في الثمار Ripening failure ويحدث للثمار التي تحصد عند اكتمال نموها وتستمر بالنضج بعد الحصاد كالموز والكاكي والبندورة لغرض التصدير، إذا تعرضت هذا النوع من الثمار لحرارة مرتفعة أثناء الشحن والتخزين (25°C) يتوقف تماماً هدم الكلوروفيل وبناء الصبغات النباتية الأخرى.
- ذبول الثمار وكرمشتها لارتفاع نسبة الفاقد الرطوبي من الثمار نتيجة اتساع الفارق في عجز ضغط بخار الماء بين الثمار والجو المحيط.
- فقدان الثمار لصلابتها و سرعة تدهورها.
- ارتفاع معدل التنفس وما يصاحب ذلك من فقدان في نكهة الثمار وانخفاض جودتها الأكلية والمظهرية.

الوقاية من أضرار الحرارة المرتفعة:

- ✓ حصاد المحصول البستاني في أبرد أوقات النهار (الصباح الباكر) والتوقف عن القطاف عند ارتفاع درجة الحرارة.
- ✓ السرعة في نقل الثمار بعد القطاف مباشرة إلى أماكن ظليلة مخصصة في الحقل .
- ✓ التبريد المبدي للثمار وصولاً لدرجة الحرارة المناسبة ويفضل أن لا تزيد الفترة الزمنية ما بين الحصاد والتبريد المبدي عن ساعتين إلى ثلاث على الأكثر، في حال الرغبة بالتخزين لفترة أطول.
- ✓ استخدام الشاحنات المبردة في نقل الثمار من وإلى المخازن أو أماكن التسويق.



شكل 120: أضرار الحرارة المرتفعة على درنات البطاطا.

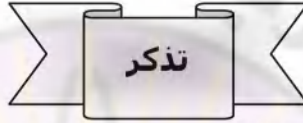


شكل 121 : أضرار الحرارة المرتفعة على ثمار البندورة.

❖ أضرار المركبات الكيميائية:

يسبب غاز الإثيلين اصفرار الثمار وسقوط الأوراق وعدم تفتح أزهار القرنفل.

وتسرب غاز الأمونيا كوسيط تبريد داخل غرفة التبريد بنسبة أقل من (0.5%) يؤدي لتلون الأنسجة باللون البني المسود.



- ✓ أن يتم الحصاد في الأوقات الباردة من النهار، ومبكراً عقب بزوغ أول ضوء، وأوقات الصباح عادة هي الأفضل . يوجد كذلك الحصاد الليلي كتجارب رائدة وخاصة لمحصول عنب المائدة حيث تمر عمالة ماهرة نهاراً وتضع علامات ضوئية عاكسة على العناقيد الجاهزة للحصاد ومن ثمّ يسهل حصادها ليلاً من قبل عمالة القطف.
- ✓ مراعاة عدم تعرض الثمار بعد حصادها لأشعة الشمس وسرعة نقلها إلى مكان ظليل في الحقل لحين وصولها إلى محطات الأخيرة.
- ✓ تغطية العربات المحملة أثناء نقل المنتجات لتقليل الإصابة بلفحة الشمس. تبريد المنتجات مبدئياً بأسرع ما يمكن وبراعى ألا تزيد الفترة الزمنية ما بين الحصاد والتبريد المبدئي عن ساعتين إلى ثلاث ساعات على الأكثر وذلك وفقاً لنوع المحصول.
- ✓ المحافظة على درجة الحرارة المثلى أثناء عمليات التخزين والنقل.
- ✓ الأضرار الفيزيولوجية لا يسببها كائن حي ولكنها ترجع للتغير في العوامل البيئية والتغذية وعمليات الخدمة الزراعية مثل الري.
- ✓ تعزى غالبية الأضرار الفيزيولوجية التي تصاب بها الحاصلات البستانية بعد الحصاد إلى درجة الحرارة والجو الهوائي المحيط بالثمار وغاز الإثيلين واستمرار الثمار بنموها بعد الحصاد.

✓ أضرار البرودة تحدث عند تعرض المحصول البستاني لدرجة حرارة منخفضة، ولكن أعلى من الصفر المئوي، أما أضرار التجمّد تحدث عند انخفاض حرارة المحصول تحت درجة الصفر.

✓ لا تظهر أعراض البرودة والتجمد ولا أعراض الإصابة بها إلا بعد الخروج من المخزن المبرد.

المطلوب: التعرف على أمراض التخزين والتعرف على أسبابها وكيفية الوقاية أو العلاج.

ملحق الجداول

هذه الجداول مقتبسة من المصدر الأصلي الذي أعدته جامعة كاليفورنيا - ديفز .

النشرة الإرشادية رقم 21560

(<http://postharvest.ucdavis.edu/produce/producefacts/fruit.html>).

جدول (22): تقسيم المحاصيل البستانية حسب معدل تنفسها.

المحاصيل	ملل CO ₂ / ساعة عند درجة حرارة 5 °C	معدل التنفس
ثمار النقل - البلح - الثمار والخضر الجافة	10-5	منخفض جداً
تفاح - حمضيات - عنب - كيوي - ثوم - بصل - بطاطا (غير مكتملة التكوين).	20-10	منخفض
مشم - موز - كرز - خوخ - نكتارين - أجاص - تين - جزر - خس - فلفل - بندورة - بطاطا (مكتملة التكوين)	40-20	متوسط
فريز - قرنبيط - فاصولياء اللب - أفوكادو	60-40	عالي
خرشوف - بصل أخضر - ملفوف - بروكسل - أزهار القطف.	أكثر من 60	عالي جداً
الهليون - البروكلي - عش الغراب - السبانخ - الذرة السكرية.		فائق الارتفاع

جدول (23): تقسيم الثمار البستانية حسب طبيعة تنفسها خلال عملية النضج.

ثمار ليس بها ذروة تنفس Non-Climacteric Fruits	ثمار بها ذروة تنفس Climacteric Fruits
كرز - عنب - غريب فروت - عنب - ليمون - بشملة - زيتون - برتقال - اناناس - فريز - خيار - باذنجان - فليفلة - كوسه صيفي.	تفاح - مشمش - أفوكادو - موز - تين - الجوافة - كيوي - مانغو - نكتارين - البابا - - خو - اجاص - كاكي - بندورة - بطيخ - كانتالوب.

جدول (24): المحاصيل البستانية المنتجة للإثيلين والمحاصيل البستانية الحساسة له.

محاصيل حساسة لغاز الإثيلين	محاصيل منتجة لغاز الإثيلين
موز غير ناضج - بروكلي - ملفوف بروكسل - كرنب - جزر - قرنبيط - خيار - باذنجان - كيوي غير الناضج - محاصيل خضار ورقية - بامياء - بازلاء - فليفلة - كوسه - بطاطا - بطيخ - نباتات الزينة و ازهار القطف.	تفاح - مشمش - أفوكادو - موز خلال النضج - كانتلوب - تين - غوافة - كيوي - مانغو - نكتارين - بابا - خو - دراق - اجاص - كاكي - سفرجل - بندورة.

جدول (25): أنسب درجات الحرارة والرطوبة النسبية لنقل وتخزين لأهم محاصيل الفاكهة وكذلك أقل درجة حرارة يمكن أن يتحملها المحصول دون حدوث أضرار تبريد.

المحصول	درجة الحرارة C°	الرطوبة النسبية %	فترة التخزين / يوم	أقل درجة حرارة يتحملها المحصول دون حدوث ضرر تبريد	درجة التجمد C°
برتقال	5	90-85	65-21	3.3	0.8-
يوسفي	7	90-85	28-14	4.5	1.1-
غريب فروت	13	90-85	42-28	10	1.1-
الليمون البلدي	13	90-85	120-30	10-8	1.6-
رمان	5	95-90	56-21	-	3-
كاكي	10-0	95-90		84-35	2.2-
العنب	1-	95-90	120-30	-	2.2-
موز	14	90-85	28-7	14-12	0.8-
اجاص	1-	95-90	90-30	-	1.6-
دراق ونكتارين	1- , 0	95-90	24-7	-	0.9-
مشمش	0	95-90	14-7	-	1.1-
فريز	0	95-90	10-5	-	0.5-
تفاح	1±	95-90	210-30 حسب الصنف		1.7-
البلح الطازج	0	95-90	35-21	-	2.4-

جدول (26): أنسب درجات الحرارة والرطوبة النسبية لنقل وتخزين لأهم محاصيل الخضار الطازجة وكذلك أقل درجة حرارة يمكن أن يتحملها المحصول دون حدوث أضرار تبريد.

المحصول	درجة الحرارة C°	الرطوبة النسبية %	فترة التخزين / يوم	أقل درجة حرارة يتحملها المحصول دون حدوث ضرر تبريد	درجة التجمد C°
بندورة بدء تلون	13-12	90-85	30-21	4.4	0.5-
بندورة ناضجة	8	90-85	14-7	10	0.5-
فليفلة	10	90-85	18-12	8-6	0.7-
بطاطا (ماندة)	7	95-90	120-45	10	0.8-
ثوم	0	70-65	180-90	-	0.8-
بصل	0	70-65	300-180	-	0.8-
جزر (دون عروش)	0	95-90	150-28	-	1.4-
كانتالوب	5	90-85	14-10	10-5	1.2-
بطيخ	10	90-85	21-14	4.4	0.4-
فاصولياء	7	95-90	14-7	7.2	0.7-
الملفوف والقرنبيط	0	95-90	90-30	-	0.9-
خس	0	95-90	14-7	-	0.2-
بقدونس	0	95-90	35-14	-	1.1-

جدول (27): الحد الأقصى لفقد الماء من بعض المحاصيل البستانية
(قبل اعتبارها غير صالحة للاستخدام).

المحصول	الحد الأقصى المسموح به في الفقد (%)
تفاح	5
بقوليات	5-6
ملفوف	7-8
جزر	8
خيار	7
خس (أصناف)	3-5
بصل	10
برتقال	5
بطاطا	7
بندورة	7
فريز	6
فليفلة	7
بازلاء	5
ذرة سكرية	7

جدول (28): تقسيم الحاصلات البستانية وفقاً لأضرار التبريد.

محاصيل حساسة لأضرار التبريد	محاصيل غير حساسة لأضرار التبريد
Chilling sensitive Commodities	Non-Chilling sensitive Commodities
أفوكادو، موز، حمضيات، جوافة، عناب، مانغو، زيتون، باباظ، اناناس، رمان.	تفاح، مشمش، كرز، تين، عنب، كيوي، نكتارين، دراق، اجاص، كاكى، خوخ، فريز.
خيار، بامياء، بادنجان، بامياء، فليفلة، بطاطا، كوسة، بندورة، بطيخ.	خرشوف، هليون، بروكلي، ملفوف، جزر، قرنبيط، ثوم، بصل، خس، فاصولياء، سبانخ، لفت.

جدول (29): إنتاج المحاصيل البستانية لروائح خاصة، والمحاصيل والمنتجات الأخرى التي تمتص هذه الروائح.

المحاصيل التي تمتص الروائح	المحاصيل التي تنتج الروائح
الملفوف، الجزر، الكرفس، التين، البصل، اللحوم، البض، منتجات الألبان.	التفاح
أناناس	أفوكادو
اللحوم ، البيض، منتجات الألبان.	الحمضيات
كل محاصيل الخضار والفاكهة	العنب المعامل بثاني أكسيد الكبريت
تين، عنب، عيش الغراب، ذروة سكرية	البصل الجاف
تفاح، اجاص	بطاطا
الحمضيات	الخضار ذات الروائح الواضحة(النفادة)
أناناس	الفليفلة الخضراء
تين، عنب	الكرات
كرفس	جزر

جدول (30): تقسيم محاصيل الخضار والفاكهة الطازجة حسب إمكانية خلطها أثناء النقل والتخزين بناءً على متطلباتها من حيث درجة الحرارة والرطوبة النسبية ومعدل إنتاجها من غاز الإيثيلين ومدى حساسيتها لهذا الغاز.

رقم المجموعة	درجة الحرارة C°	الرطوبة النسبية %	أنواع الخضار والفاكهة التابعة للمجموعة
1	1-0	95-90	تفاح، أجاص، مشم، دراق، نكتارين، خوخ، فريز، تين، بلح، عنب (غير معاملة SO ₄)
2	1-0	95-90	جزر، خرشوف، شوندر، فجل، بصل أخضر، خس، بازلاء، سبانخ، بقدونس، كرات، قرنبيط، فول أخضر.
3	1-0	70-65	بصل جاف، ثوم جاف.
4	8-5	90-85	برتقال، يوسفى، رمان، زيتون، كانتلوب.
5	10-7	95-90	فاصولياء، لوبياء، خيار، بطاطا، كوسة
6	12-10	95-90	بندورة مكتملة النضج، فليفلة، باذنجان، بطيخ، بامياء، شمام، أفوكادو، جوافة.
7	14-12	85-80	موز، غريب فروت، ليمون، بندورة خضراء مكتملة التكون، مانغو، باباظ.
8	14-12	90-85	بطاطا، قلقاس.































































































جدول (40): خلط المحاصيل البستانية الطازجة لمدة 7 أيام في الشحن أو التخزين بشرط أن يكون الاثيلين في جو التخزين أقل من (1 ppm).

مجموعة 1	مجموعة 2	مجموعة 3
صفر – 2 C°	7-10 C°	13-18 C°
95-90%	95-85%	95-85%
تفاح، مشمش، أفوكادو ناضج، كانتلوب، كرز، جوز هند، بلح، تين، عنب، كيوي، نكتارين، دراق، اجاص، كاكي، رمان، خوخ، سفرجل، فريز.	افوكادو غير ناضج، قشطة، غريب فروت، ليمون، يوسفي، زيتون، برتقال، بطيخ، اناناس.	موز، قرع عسلي، مانغو، باباظ.
خرشوف، فاصولياء اللبما، شوندرا، ملفوف، بروكسل، جزر، قرنبيط، ثوم، بصل أخضر، فجل، سبانخ، بقدونس، بازلاء.	فاصولياء خضراء، لوبياء، خيار، باذنجان، فليفلة، قرع بامياء.	بطاطا، قرع شتوي، قلقاس، بنندورة مكتملة النمو خضراء.

جدول (41): طرق التبريد الموصى بها للخضروات والفاكهة المختلفة Thompson, 2002

ملاحظة	حجم العملية		نوع المنتج
	صغيرة	كبيرة	
	غرف تبريد	غرف تبريد، دفع الهواء	الحمضيات
لا يمكن تبريد المشمش مانيا	دفع الهواء	تبريد مائي، دفع الهواء	الفاكهة ذات النواة الحجرية
	غرف تبريد	تبريد مائي، دفع الهواء، غرف تبريد	التفاحيات
	دفع الهواء	دفع الهواء، غرف تبريد	الفاكهة شبه الاستوائية
	دفع الهواء	دفع الهواء	الكيوي
	دفع الهواء	دفع الهواء	العنب
	غرف التبريد	التبريد المائي	البطاطا
	دفع الهواء	التبريد المائي، دفع الهواء	الفاصوليا
يجب تعديلها للتجفيف العلاجي	غرف التبريد، دفع الهواء	غرف التبريد	البصل الجاف
		غرف التبريد	الثوم
حساسية لأمراض البرودة لكن عند درجات حرارة مختلفة		غرف التبريد، دفع الهواء، دفع الهواء التبخيري	البندورة
	دفع الهواء، دفع الهواء التبخيري	غرف التبريد، دفع الهواء، دفع الهواء التبخيري	الخيار والباذنجان والفليفلة والقاوون
	بدفع الهواء، غرف التبريد	دفع الهواء، التبريد المائي	البطيخ
	دفع الهواء، غرف التبريد	دفع الهواء، غرف التبريد	زهور القطف

جدول (42) بمواعيد تصدير الخضار والفاكهة السورية.

Mon Matter	كانون Des	تشرين Nov	تشرين Oct	أيلول Sep	آب Aug	تموز Jul	حزيران Jun	آيار May	نيسان Apr	آذار Mar	شباط Feb	كانون Jan	الشهر الذي يأتي
Potatoes													بطاطا
Onion													بصل
Dry Garlic													ثوم
Meat													لحوم
Water melon													بطيخ
Sweet me													شمام
Tomatoes													بندورة
Citrus													حمضيات
Squach													كوسا
carrot													جزر
cabbage													ملفوف
Bean													فاصوليا
Cauliflower													زلفرة
Green Peper													فليفلة
Apples													تفاح
Aoricot													شمش
Cherry													كرز
Peer													إجاص
Green plum													جائرك
Plum													خوخ
Grapes													عنب

المراجع العلمية (References)

- أبو حسون، عادل . 2009. إعداد وتعبئة الحاصلات البستانية. منشورات جامعة البعث. 421 صفحة.
- الأنصاري، عاطف عبد المنعم؛ الهادي يحيى كازوز . 2012. تطبيقات سلسلة التبريد للأغذية سريعة التلف. منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة. المكتب الإقليمي للشرق الأدنى. مصر القاهرة. 222 صفحة.
- الخياط، غسان حمادة؛ محمد محمد . 1992. كيمياء مكونات الأغذية. منشورات جامعة دمشق. 281 صفحة.
- اليتيم، صلاح الدين محمود. 2000. فسيولوجيا ما بعد القطف. المكتب الجامعي الحديث. الإسكندرية. مصر. 200 صفحة.
- السامرائي، عبد الحميد؛ محمد قاسم الجبوري . 1988. فزيولوجيا ما بعد الحصاد(مدخل إلى فلسجة وتداول ثمار الفواكه والخضروات). وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة بغداد. 261 صفحة.
- حامد، فيصل؛ عماد العيسى . 1999. الفاكهة(انتاجها وتخزينها). منشورات جامعة دمشق. 432 صفحة.
- حداد، سهيل؛ رولا بايرلي . 2010. فزيولوجيا الفاكهة (النظري والعملي). منشورات جامعة دمشق. 528 صفحة.
- حداد، سهيل؛ حسان عبيد . 2009. الأمراض البيئية والفزيولوجية للمحاصيل البستانية (الجزء النظري). منشورات جامعة دمشق. 464 صفحة.
- حمد، ابتسام؛ عصام حسن آغا؛ عماد القاضي؛ عماد سوسان . 2015. علم النيات (الجزء العملي). منشورات جامعة دمشق. 369 صفحة.
- حمد ، محمد نزار . 1992. تقانة تصنيع الأغذية و حفظها . مكتبة دمشق . 838 صفحة.

- دسوقي، ابراهيم محمد؛ أحمد محمود الجيزاوي؛ مرضي عبد العظيم؛ أحمد سيد منتصر. 2004. تكنولوجيا تخزين وتصدير الحاصلات البستانية. كلية الزراعة. جامعة عين شمس. 276 صفحة.
- عامر، الشيماء عبد الرحمن ؛ إبراهيم، إيناس عبد العزيز . (2004). النواحي العملية للتخزين والتعبئة . إدارة الخدمات الاستشارية الخاصة لسكرتارية دول الكومنولث (مترجم). إدارة الترجمة بقطاع الاتفاقيات التجارية، وحدة الشراكة الأوربية www.Tas.gov.eg/NR/rdonlyres; WWW Hortsci.ashspublication.org
- عبد الله، حسين . 1991. تعبئة وتخزين الفاكهة والخضار (الجزء العملي). منشورات جامعة دمشق. 196 صفحة.
- عبد الله، حسين؛ علي علي . 2010. تعبئة وتخزين ثمار الفاكهة والخضار. منشورات جامعة تشرين. 153 صفحة.
- عودة، كرم؛ غياث سمينة. 1998. كيمياء تحليل أغذية.(مترجم). المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، والمركز العربي للتعبئة والترجمة والتأليف والنشر بدمشق.
- محمد إبراهيم الطمزيني، الهادي معاوية يحيى، صلاح الدين اليتيم، علي عبد الفتاح السعيد. 2008 . دليل تدريبي لمعاملات ما بعد الحصاد وتسويق المحاصيل البستانية. منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، المكتب الإقليمي، القاهرة، مصر.
- موصلي، حسين علي . 1999. توضيب وتعبئة الأغذية الطازجة لغرض التصدير. الناشر د. حسين موصلي . 202 صفحة.
- هلال، محمد رفعت . 1999. إنتاج وتربية القرعيات. كلية الزراعة. جامعة عين شمس. المكتبة الأكاديمية. 283 صفحة.
- يونس، أحمد حسين . 1993. تعبئة وتخزين الثمار (الجزء النظري). منشورات جامعة حلب. كلية الزراعة. 284 صفحة.

- Adaskaveg, J.E., H. Forster, and N.F. Sommer. 2002. Principles of postharvest pathology and management of decays of edible horticultural crops. p. 196-195, in: A.A. Kader (ed). Postharvest technology of horticultural crops, third edition . University of California, ANR Publication 3311.
- ASHRAE. 2010. ASHRAE Refrigeration Handbook (SI). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta .ASHRAE .2010.hand book-Refrigeration.
- Barkai-Golan, R. and Phillips, D.J. 1991. Postharvest treatments of fresh fruits and vegetables for decay control. Plant Disease 75:1085-1089.
- BÖTTCHER, H. 1996. Frischhaltung und Lagerung Von Gemüse. Handbuch der lebensmittel-Technologie. ULMER, Germany. P:238.
- C.S. James. 1998. Analytical Chemistry of Food. Maryland, U.S.A.
- Dohlen, G. V. 2011. Refrigeration Implications of High-Rise Automated Warehouses. Technical Paper #8. 2011 Industrial Refrigeration Conference & Heavy Equipment Show Caribe Royale. Orlando, Florida.
- FAO. 1989. Prevention of Postharvest Food Losses: Fruits, Vegetables and Root Crops. A Training Manual. Rome: UNFAO. 157 pp.
- Kader, A.A. 1999. Fruit maturity, ripening and quality. Relationships. Acta Hort. 485: 203-208.
- Kitinoja, Lisa; Adel A. Kader. 2003. Small-Scale Postharvest Handling Practices: A Manual for Horticultural Crops (4th Edition). Postharvest Horticulture Series No. 8A. Postharvest Technology Research and Information Center. University of California.
- Maria Cecilia do Nascimento Nunes. 2008. Color Atlas of Postharvest Quality of Fruits and Vegetables. John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 978-0-813-81752-1.
- McGregor, B. 1989. Tropical Products Transport Handbook. USDA, Office of Transportation, Agricultural Handbook Number 668.

- Smilanick, J. 2002 (personal communication) Research Plant Pathologist, USDA ARS San Joaquin Valley Agricultural Sciences Center.
- Suzanne S, Nielsen .2010. Food Analysis Laboratory Manual. Springer Science+Business Media. (الدليل المخبري في تحليل الأغذية، ٢٠١١، ترجمة: د. ليلى صبح محمد القسيم شام سليمان، المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر بدمشق)
- Thompson, J. F, Bishop, C. F. H. and Brecht, P.E. (2004). Air Transport of Perishable Products, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, CA, USA.
- Thompson, J. F. 2002. Cooling Horticulture commodities. In: Postharvest Technology of Horticultural Crops Kader, A. A. (editor), Postharvest Technology of Horticultural Crops.: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources Publication, 3311, Oakland, USA.
- Thompson, J.F. 1994. Ripening facilities. Perishables Handling Newsletter, Nov.1994, Special Issue No. 80: 5-8.
- Thompson, J.F. et al. 2002. Preparation for Fresh Market. pp. 67-79 IN: Kader, A.A. Postharvest Technology of Horticultural Crops (3rd Edition). UC Publication 3311, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources.
- Toussaint, V., Ouimet, A., Carisse, O., DeEll, J. and Clément, V. (1999). Hygiene Measures in Fruit and Vegetable Storage Warehouses. Agriculture and Agri-Food Canada. Bulletin number A42-84/1999E-IN.
- Vigneault, C., Raghavan, V.G.S., and Prange, R. 1994. Techniques for controlled atmosphere storage of fruits and vegetables. Research Branch, Agriculture and Agri-Food. Canada, Technical Bulletin 1993-18E.
- Walker, D.J. (Ed) 1992. World Food Programmer Food Storage Manual. Chatham, UK: Natural Resources Institute.
- Wills, R.B.H; Mc Glasson, W.B; Graham, D ; Lee, T.H and Hall, E.G. 1989. Postharvest .BSP. Professional Book Oxford. P:174.

- Yahia, Elhadi M. 2011. The postharvest use of chlorine and ozone on fresh produce. Scientists Speak. World Foods Logistics Organization, New Orleans, USA, pp. 11-17.
- Yahia, Elhadi M. (Editor). 2011. Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Volume 2. Acai to citrus. Woodhead Publishing, England. 532 pages.
- Yahia, Elhadi M. (Editor). 2011. Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Volume 4. Mangosteen to sapote. Woodhead Publishing, England, 501 pages.
- Yahia, Elhadi M. and Adel A. Kader. (2011). Date (*Phoenix dactylifera* L.). In: Yahia, Elhadi M. (Editor). Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Volume 3. Cocona to mango. Woodhead Publishing, England. pp. 41-79.
- Yahia, Elhadi M., Catherine Barry-Ryan, and Ramdane Dris. 2004. Treatments and techniques to minimize the postharvest losses of perishable food crops. In: R. Dris and S. M. Jain (Eds.). Production practices and quality assessment of food crops. Vol. 4. Postharvest treatment and technology. Kluwer Academic Publisher, p. 95-133.
- Yahia, Elhadi M., J de Jesús Ornelas-Paz and Atef Elansari. 2011. Postharvest technologies to maintain the quality of tropical and subtropical fruits. In: Yahia, Elhadi M. (Editor). 2011. Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Volume 1. Fundamental issues, 142-193, Woodhead Publishing, England.
- Yahia, Elhadi M., Robert Jones and D.B. Thomas. 2011. Quarantine pests of tropical and subtropical fruits and their control. In: Yahia, Elhadi M. (Editor). 2011. Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Volume 1. Fundamental issues, p. 224-287, Woodhead Publishing, England.
- Yahia, E.M. (2010). Cold chain development and challenges in the developing world. *Acta Horticulturae* (ISHS) 877:127-132
http://www.actahort.org/books/877/877_9.htm
- <http://www.aphis.usda.gov/ppq/manuals/online-manuals.html>.
- <http://postharvest.ucdavis.edu/produce/producefacts/fruit.html>.
- <http://www.gcsar.gov.sv/sy/gcsar/AR/spip.php>.

لجنة الإشراف العلمي

**الأستاذ الدكتور فيصل حامد
الأستاذ الدكتور خليل المعري
الأستاذ الدكتور عماد العيسى**

المدقق اللغوي

الدكتور نسيم عبيد

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات الجامعية

