المحاضرة الأولى

أهمية الخزن ومقدار الفقد في المحاصيل الزراعية

تقدر الخسارة الناتجة عن تلف الفواكه والخضراوات قبل وصولها الى المستهلك 10-25٪ بصورة عامة وتزداد هذه النسبة في البلدان ذات المناخ الحار، وتكون الخسارة أشد اذا تأخر شحن الحاصل الى المخزن أو السوق.

ان الزيادة في أعداد السكان يقابلها زيادة في الانتاج الزراعي لتوفير الغذاء، وان هذه الزيادة اما أن تكون افقية من خلال زيادة المساحة المزروعة أو عمودية من خلال زيادة انتاج الدونم الواحد عن طريق خدمة الأرض والعناية فيها وتوفير كل متطلبات الزراعة. كما يمكن زيادة الانتاج بمقدار 25-50٪ من خلال الحفاظ على المحصول من التلف عن طريق تحسين عمليات الجني والتعبئة والشحن والخزن والتسويق.

في الماضي كانت عوائد بيع الفواكه والخضراوات لا تسد تكاليف الشحن نتيجة التلف الحاصل لذلك يمتنع المزارع عن زراعتها أو يزرع مايسد حاجة السوق المحلية فقط لكن فيما بعد قل التلف نتيجة التطور في العناية والخزن ودراسة ظروف الخزن الملائمة لكل صنف من أصناف الفواكه والخضراوات وأصبح بالإمكان استيراد وتصدير كميات كبيرة منها وتوفيرها في مواسم عدم تواجدها باستخدام تقنيات خاصة منها التبريد في ظروف مسيطر عليها فضلا عن تحسين طرق التعبئة والنقل والتفريغ والتداول، كما تم الاهتمام بتطوير الشاحنات المبردة وعربات السكك الحديدية المبردة وحتى الطائرات في المناطق النائية وبأقل الخسائر أثناء النقل.

العناية care : يقصد بها الاهتمام بالمادة الغذائية أثناء التداول والنقل لحين ايصالها الى المستهلك سواء كانت هذه المادة طازجة أم مصنعة ويكون الاهتمام منصب على عمليات الفرز والتدريج والتعبئة والتغليف.

الخزن storage : يقصد به حفظ المادة الغذائية من التلف وخزنها تحت ظروف خاصة من درجة حرارة ورطوبة لأطول فترة ممكنة، ويكون الخزن على الأغلب في مخازن أو غرف مبردة مصممة بطريقة خاصة.

التبريد: يقصد به حفظ المادة الغذائية في درجة حرارة أعلى من درجة حرارة انجماد الماء وتتراوح من 5- 7°م تقريبا.

التجميد: يقصد به حفظ المادة الغذائية في درجة حرارة أقل من درجة حرارة الماء وتتراوح من -5 الى -18 °م تقريبا.

ان الذي يحدد درجة حرارة تبريد أو تجميد المادة الغذائية هو الماء؛ لأنه يشكل حوالي 75-95٪ من تركيب تلك المواد والباقي تعد مواد صلبة ذائبة. تساعد هذه النسبة العالية من الماء على نمو الأحياء المجهرية المسببة للتلف لأن لكل كائن حي مجهري فعالية أو نشاط مائي معين (water activity) ويرمز له aW ، فضلا عن تأثير pH ودرجة حرارة الوسط.

الفعالية أو النشاط المائي: هي الكمية من الماء التي تستطيع عندها الكائنات الحية المجهرية العيش أو النمو، وتتراوح هذه الكمية في البكتريا 90 وفي الأعفان 70 في الخمائر تصل الى 50.

أهداف الخزن المبرد

أ- أهداف اقتصادية وتشمل:

1- تنظيم تسويق المحاصيل والتغلب على تذبذب الأسعار.

2- اطالة فترة تواجد المواد الغذائية في السوق.

3- تخزين التقاوي لحين الزراعة في الموسم المقبل مثل البطاطا والبصل.

ب- أهداف سياسية وتشمل:

تحقيق الاكتفاء الذاتي أو التكامل الاقتصادي عن طريق توفير قوت الشعب من أرضه وعدم الاعتماد على ماتصدره الدول بحيث يحقق كل بلد الاكتفاء الذاتي.

أغراض الخزن بالتبريد بشكل عام

1- تقليل انتشار الأحياء المجهرية.

محاضرات خزن نظري-د. بسماء سعدالدين

2- تقليل أو منع فقدان الرطوبة من خلال عملية النتح التي يقوم بها النبات والذي يتسبب بفقدان الوزن.

3- تقليل التنفس أو الحرارة الحيوية الناتجة من المحصول أثناء الخزن والتي تؤدي الى استهلاك السكر وكما يلي:

$C_6 H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6H_2O + 6CO_2 +$ حرارة حيوية 674 كيلو سعرة

4- تقليل انبات البراعم والاستطالة الخضرية ومنع الاستجابة للجاذبية الأرضية.

5- منع تغيرات اللون كالاصفرار للخضراوات الورقية والاخضرار للدرنات.

فقدان أو تلف المحاصيل في البلدان النامية

ان نسبة الفقد في الخضراوات في البلدان النامية وخاصة المناطق الحارة يتراوح بين 25-75٪ ويكون السبب نتيجة اربع عوامل وهي:

1- التفسخ: يحصل نتيجة نمو الأحياء المجهرية المسببة للتفسخ وهي الأحياء المجهرية المحلله للسيليلوز مثل Alternaria .ويمكن السيطرة عليها من خلال:

أ- استخدام المبيدات الفطرية والبكتيرية.

ب- استخدام درجات حرارة ملائمة تمنع نمو الاحياء المجهرية.

ج- اجراء عمليات الفرز والتدريج والتعبئة واستبعاد الثمار المجروحة التي تكون أكثر عرضة للاصابة المرضية بالتفسخ.

2- الأضرار الميكانيكية : تحصل هذه الأضرار بسبب عدم الاهتمام بعمليات حصاد الثمار مما يؤدي الى كثرة الثمار المجروحة والتي تكون أكثر عرضة للتلف. ويمكن السيطرة على الأضرار من خلال:

أ- اتباع طريقة الحصاد المناسبة لكل محصول.

ب- اتباع الطرق الحديثة في الحصاد وفي الموعد المحدد.

ج- اختيار عبوات تساعد على تقليل الاحتكاكات والرضوض والجروح.

3- فقدان الرطوبة : يحصل عند ارتفاع درجة حرارة الخزن ويسبب:

أ- فقدان الوزن. ب- حدوث ظاهرة الذبول. ج- تقليل القيمة السعرية. د- تقليل القيمة الغذائية للمنتوج.

4- الأضرار الفسلجية: تحدث نتيجة عدم توفر الظروف الخزنية الملائمة من درجة حرارة وفترة حصاد وهذا النوع من الأضرار لايكون سببه الأحياء المجهرية، ومن هذه الأضرار:

أ- عبور مرحلة النضج كما يحصل عند ترك محصول الطماطة بدون حصاد.

غب- أضرار البرودة كما يحصل عند خزن الموز في ظروف أقل من 10°م اذ يتحول الى اللون الأسود. فضلا عن تحول نشا البطاطا المخزونة الى سكر الكلوكوز والفركتوز وهذا يؤدي الى حدوث تغير في اللون غير مرغوب.

ج- القلب البني: يحصل عند خزن التفاح في درجة حرارة عالية وتركيز عالي من غاز CO_2.

س/ ايهما أفضل استهلاك الغذاء الطازج أم المصنع؟

الجواب/ اذا توفر الغذاء الطازج أو الطبيعي فلا داعي لاستهلاك المصنع، فقد اثبتت الدراسات الحديثة أن استمرار تناول المواد الغذائية المصنعة والمحتوية على مضافات غذائية مثل مواد النكهة والصبغات الصناعية والمحليات السكرية مثل السكرين والسكلامايت والاسبارتام قد تسبب بعد فترة طويلة من استخدامها امراضا سرطانية نتيجة تراكم هذه المواد، فضلا عن حصول فقدان في القيمة الغذائية من خلال فقدان الفيتامينات A و C مع حدوث تغيرات في شكل المادة الغذائية المصنعة مقارنة بالطبيعية.

مراحل نمو الثمار

يكون نمو الثمار نتيجة انقسام الخلايا وزيادة حجمها، وتختلف مراحل الانقسام حسب نوع الثمرة فمثلا قد تصل في قرع الكوسة من 5–8 أيام، في حين تصل في التفاح والأجاص 3–4 أسابيع وفي البرتقال 4–9 أسابيع.

تقسيم الثمار حسب شكل منحنى نمو الثمرة:

المجموعة الأولى S–Shape Curve: يكون منحنى النمو على شكل حرف S وتشمل الثمار التفاحية والتمر والحمضيات والطماطة والبزاليا كما موضح في الشكل 1. ويتميز منحنى النمو بوجود ثلاثة مراحل وهي:

1– انقسام الخلايا Cell Division: ان الثمار ناتجة من عملية التلقيح والاخصاب للازهار تليها عملية انقسام وتزايد في أعداد الخلايا لتكوين أصل الثمرة، في هذه المرحلة يكون النمو بطيئا.

2– زيادة حجم الخلايا المكونة للثمارCell enlargment: ان النمو يكون سريعا في هذه المرحلة وفيها تنتقل المواد الغذائية من مصدر تكوينها في الأوراق الى الثمار، وتستمر الزيادة في حجم الخلايا الى حين اكتمال النمو.

3– البلوغ أو اكتمال النمو Maturation: في هذه المرحلة يتوقف نمو الثمرة وتسمى مرحلة النضج الفسلجي وهو اكتمال حجم الثمار مع حدوث تغيرات كيميائية وفسلجية فيها اذ تتكون طبقة فلينية أو شمعية على سطح الثمرة. ويختلف الوقت اللازم لاكتمال النضج حسب الأنواع ودرجات الحرارة ومدة الاضاءة وعوامل وراثية وبيئية أخرى.

المجموعة الثانية: يكون منحنى النمو في دورتين، وتشمل الثمار ذات النواة الحجرية مثل المشمش والخوخ والاجاص والكرز وكذلك تضم التين والزيتون والعنب. ويتكون منحنى النمو من اربع مراحل وهي:

1- مرحلة انقسام الخلايا وزيادة عددها: في هذه المرحلة يحدث انقسام للخلايا وزيادة عددها وزيادة حجمها نتيجة نمو النواة ولحم الثمرة ويستدل على انتهاء هذه المرحلة من بدء تصلب النواة ويمكن فحصها بقطعها بشفرة حلاقة ويكون ذلك صعبا.

2- مرحلة الخمول النسبي: اذ تتوقف الزيادة في وزن وحجم الثمرة، ويصبح منحنى النمو بشكل خط مستقيم. تتميز هذه المرحلة باكتمال تصلب النواة.

3- مرحلة النمو السريع: تتميز هذه المرحلة في زيادة وزن وحجم وقطر الثمرة بسبب زيادة حجم الخلايا، اذ يزداد قطر الخلايا بمقدار 50٪ ويزداد وزن وحجم الثمرة 85٪.

4- مرحلة اكتمال النمو أو البلوغ: اذ يتوقف نمو الثمرة وتبدأ بالنضج نتيجة حدوث تغيرات كيميائية وفسلجية ويقل محتواها من السكريات والأحماض العضوية وتتجمع المواد الايستيرية المسببة لنكهة الثمار.

5- مرحلة النضج النهائي: يستمر حدوث سلسلة من التغيرات الكيميائية للثمار مثل تغيرات اللون والطعم والنكهة والقوام لتجعلها قابلة للأكل. تحدث تغيرات اللون بسبب تحلل الكلوروفيل مما يساعد على ظهور الصبغات الأخرى، في حين ان تغيرات الطعم والنكهة سببها تغير في الحموضة والحلاوة والمواد الفينولية والمواد القابضة فضلا عن تغير في صلابة أو طراوة الثمار.

بعض المصطلحات المهمة :

Maturation: اكتمال النمو وهي العمليات التي بواسطتها تتطور الثمرة من حالة عدم اكتمال النمو الى حالة اكتماله وتشمل اكتمال انقسام الخلايا وتكوين البذور.

Ripening: النضج وهو تحول الثمرة المكتملة النمو من حالة غير ملائمة من حيث الصلابة والقوام والنكهة والرائحة الى حالة أكثر ملائمة للاستهلاك الطازج فهناك ثمار تنضج قبل القطف مثل العنب والتين والثمار ذات النواة الحجرية، في حين هناك ثمار يتم انضاجها صناعيا مثل التفاح والموز والافوكادو.

Over Ripe: زيادة النضج أو التدهور يحصل نتيجة ترك الثمار على الاشجار بدون قطف اذ تتدهور خواصها وتصبح غير صالحة للاستهلاك خاصة الثمار العصيرية مثل الطماطة والعنب والمشمش.

التركيب الكيميائي للثمار

تتركب معظم الفواكه والخضراوات من المركبات الأساسية التالية:

• الماء • الكربوهيدرات • الدهون • الأحماض العضوية • البروتينات • الأصباغ النباتية • مواد النكهة • الأملاح والمعادن • الفيتامينات • الأنزيمات • مواد أخرى.

أولا- الماء (الرطوبة): يشكل الماء نسبة كبيرة من وزن الثمرة اذ تتراوح نسبته 75-90٪ في بداية مرحلة النمو وتنخفض كلمل تقدمت الثمار في النضج. يحصل النبات على الماء من الجذور عن طريق خاصية الشد السطحي ويتوزع الى أجزاء النبات.

يتواجد الماء داخل تركيب الخلايا بانواع ثلاثة هي:

أ- ماء داخل الخلايا يسمى بالماء المرتبط Bound Water : هذا النوع من الماء لايمكن ازالته بالتجفيف لأن جزيئاته تكون مرتبطة بأواصر كيميائية مع مركبات أخرى داخل تركيب الخلية يصعب كسرها، وقد تتعرض المادة الغذائية للاحتراق قبل فصل أو ازالة الماء. من الأمثلة عليه الماء الموجود في السكر الصناعي وفي الحليب المجفف اذ تبلغ نسبته 0.05٪.

ب- ماء بين الخلايا ويسمى الماء المدمص Adsorption Water : وهو التصاق جزيئات الماء على الأسطح الخارجية لتركيب المادة الغذائية والقوى التي تربط هذا النوع من الماء ضعيفة قد تكون قوى فاندرفالز أو أواصر هيدروجينية يمكن ازالة هذا النوع من الماء بالتجفيف. من الأمثلة عليه قطرات الماء المتكونة على قطع الحلوى (الجيلاتين) والزبد خاصة عند الحفظ بالتبريد.

ج- ماء خارج الخلايا ويسمى الماء الحر Free Water : يمكن ملاحظة هذا النوع من الماء بالعين المجردة ويمكن فصله بكل سهولة لأنه يكون خارج الخلايا. من الأمثلة عليه الماء الموجود في مختلف أنواع العصائر (عصير الطماطة أو البرتقال) عند تركه في اناء لفترة معينة،

اذ يلاحظ انفصاله الى طبقتين العلوية تتمثل بالماء الحر والسفلية هي المواد الأخرى المذابة أو المترسبة مثل الألياف والأصباغ والبكتينات .....

من الضروري الاعتناء بالثمار عند خزنها لكي لاتفقد نسبة كبيرة من الماء والذي يفقد عادة عن طريق المسامات الموجودة على السطح الخارجي للثمرة (القشرة) بعملية النتح أو عن طريق التنفس وتزداد نسبة الفقد بالماء مع ارتفاع درجة الحرارة.

يؤدي انخفاض نسبة الماء (الرطوبة) في الثمار الى ظاهرتي الذبول وفقدان الوزن وهذا يؤدي بالتالي الى انخفاض القيمة السعرية والغذائية لتلك الثمار، ولعلاج هذه الحالة يتم رفع نسبة الماء (الرطوبة) والخزن تحت التبريد داخل أجواء المخازن وذلك لتقليل عمليات النتح والتنفس. قد تصل نسبة الرطوبة داخل المخزن 85٪ ويلاحظ أن النباتات الورقية تفقد رطوبتها بنسبة أكبر من الثمار الكروية الشكل وذلك لأن المساحة السطحية المعرضة للمحيط الخارجي للنباتات الورقية أكبر مما للخضراوات الكروية الشكل.

- **هناك بعض التحورات أو الاحتياطات التي يتخذها النبات لأجل التقليل أو منع فقدان الرطوبة منها:**

1- افراز طبقة شمعية على السطح الخارجي لبعض الثمار مثل التفاح والعنب ولأجاص، وهذه الشموع هي مشتقات للمواد الدهنية والتي هي عبارة عن شموع مع مواد تربينية وقد يصل عدد ذرات الكربون في تركيبها من 40-64 ذرة. والشموع هي استرات طويلة السلسلة متعددة الهيدروكسيل.

2- تحكم بعض الثمار بحجم الثغرات أو المسامات على السطح الخارجي اذ تحاول غلق هذه الثغور عند ارتفاع درجة الحرارة.

3- تطلى الثمار في بعض الأحيان بطبقة شمعية صناعية من مشتقات البارافين وتسمى العملية بالتشميع waxing وذلك لاعطائها مظهر خارجي جميل ومنع فقدان الرطوبة مثل ursolic acid.

المحاضرة الثانية

مراحل نمو الثمار

يكون نمو الثمار نتيجة انقسام الخلايا وزيادة حجمها، وتختلف مراحل الانقسام حسب نوع الثمرة فمثلا قد تصل في قرع الكوسة من 5–8 أيام، في حين تصل في التفاح والأجاص 3–4 أسابيع وفي البرتقال 4–9 أسابيع.

تقسيم الثمار حسب شكل منحنى نمو الثمرة:

المجموعة الأولى :S–Shape Curveيكون منحنى النمو على شكل حرف Sوتشمل الثمار التفاحية والتمر والحمضيات والطماطة والبزاليا كما موضح في الشكل 1. ويتميز منحنى النمو بوجود ثلاثة مراحل وهي:

1– انقسام الخلايا : Cell Divisionان الثمار ناتجة من عملية التلقيح والاخصاب للازهار تليها عملية انقسام وتزايد في أعداد الخلايا لتكوين أصل الثمرة، في هذه المرحلة يكون النمو بطيئا.

2– زيادة حجم الخلايا المكونة للثمار :Cell enlargement ان النمو يكون سريعا في هذه المرحلة وفيها تنتقل المواد الغذائية من مصدر تكوينها في الأوراق الى الثمار، وتستمر الزيادة في حجم الخلايا الى حين اكتمال النمو.

3– **البلوغ أو اكتمال النمو** :Maturationفي هذه المرحلة يتوقف نمو الثمرة وتسمى مرحلة النضج الفسلجي وهو اكتمال حجم الثمار مع حدوث تغيرات كيميائية وفسلجية فيها اذ تتكون طبقة فلينية أو شمعية على سطح الثمرة. ويختلف الوقت اللازم لاكتمال النضج حسب الأنواع ودرجات الحرارة ومدة الاضاءة وعوامل وراثية وبيئية أخرى.

المجموعة الثانية: يكون منحنى النمو في دورتين، وتشمل الثمار ذات النواة الحجرية مثل المشمش والخوخ والاجاص والكرز وكذلك تضم التين والزيتون والعنب. ويتكون منحنى النمو من اربع مراحل وهي:

1– مرحلة انقسام الخلايا وزيادة عددها: في هذه المرحلة يحدث انقسام للخلايا وزيادة عددها وزيادة حجمها نتيجة نمو النواة ولحم الثمرة ويستدل على انتهاء هذه المرحلة من بدء تصلب النواة ويمكن فحصها بقطعها بشفرة حلاقة ويكون ذلك صعبا.

2– مرحلة الخمول النسبي: اذ تتوقف الزيادة في وزن وحجم الثمرة، ويصبح منحنى النمو بشكل خط مستقيم. تتميز هذه المرحلة باكتمال تصلب النواة.

3– مرحلة النمو السريع: تتميز هذه المرحلة في زيادة وزن وحجم وقطر الثمرة بسبب زيادة حجم الخلايا، اذ يزداد قطر الخلايا بمقدار 50٪ ويزداد وزن وحجم الثمرة 85٪.

4- مرحلة اكتمال النمو أو البلوغ: اذ يتوقف نمو الثمرة وتبدأ بالنضج نتيجة حدوث تغيرات كيميائية وفسلجية ويقل محتواها من السكريات والأحماض العضوية وتتجمع المواد الايستيرية المسببة لنكهة الثمار.

5- مرحلة النضج النهائي: يستمر حدوث سلسلة من التغيرات الكيميائية للثمار مثل تغيرات اللون والطعم والنكهة والقوام لتجعلها قابلة للأكل. تحدث تغيرات اللون بسبب تحلل الكلوروفيل مما يساعد على ظهور الصبغات الأخرى، في حين ان تغيرات الطعم والنكهة سببها تغير في الحموضة والحلاوة والمواد الفينولية والمواد القابضة فضلا عن تغير في صلابة أو طراوة الثمار.

بعض المصطلحات المهمة:

Ripeningالنضج: وهو تحول الثمرة المكتملة النمو من حالة غير ملائمة من حيث الصلابة والقوام والنكهة والرائحة الى حالة أكثر ملائمة للاستهلاك الطازج فهناك ثمار تنضج قبل القطف مثل العنب والتين والثمار ذات النواة الحجرية، في حين هناك ثمار يتم انضاجها صناعيا مثل التفاح والموز والافوكادو.

Maturationاكتمال النمو: وهي العمليات التي بواسطتها تتطور الثمرة من حالة عدم اكتمال النمو الى حالة اكتماله وتشمل اكتمال انقسام الخلايا وتكوين البذور.

Over Ripe:زيادة النضج أو التدهور يحصل نتيجة ترك الثمار على الاشجار بدون قطف اذ تتدهور خواصها وتصبح غير صالحة للاستهلاك خاصة الثمار العصيرية مثل الطماطة والعنب والمشمش.

التركيب الكيميائي للثمار

تتركب معظم الفواكه والخضراوات من المركبات الأساسية التالية:

• الماء • الكربوهيدرات • الدهون • الأحماض العضوية • البروتينات • الأصباغ النباتية • مواد النكهة • الأملاح والمعادن • الفيتامينات • الأنزيمات • مواد أخرى.

أولا- الماء (الرطوبة): يشكل الماء نسبة كبيرة من وزن الثمرة اذ تتراوح نسبته 75-90٪ في بداية مرحلة النمو وتنخفض كلما تقدمت الثمار في النضج. يحصل النبات على الماء من الجذور عن طريق خاصية الشد السطحي ويتوزع الى أجزاء النبات.

يتواجد الماء داخل تركيب الخلايا بانواع ثلاثة هي:

أ- ماء داخل الخلايا يسمى بالماء المرتبط Bound Water:هذا النوع من الماء لايمكن ازالته بالتجفيف لأن جزيئاته تكون مرتبطة بأواصر كيميائية مع مركبات أخرى داخل تركيب الخلية يصعب كسرها، وقد تتعرض المادة الغذائية للاحتراق قبل فصل أو ازالة الماء.

ب- ماء بين الخلايا ويسمى الماء المدمص : Adsorption Waterوهو التصاق جزيئات الماء على الأسطح الخارجية لتركيب المادة الغذائية والقوى التي تربط هذا النوع من الماء ضعيفة قد تكون قوى فاندرفالز أو أواصر

هيدروجينية يمكن ازالة هذا النوع من الماء بالتجفيف. من الأمثلة عليه قطرات الماء المتكونة على قطع الحلوى (الجيلاتين) والزبد خاصة عند الحفظ بالتبريد.

ج- ماء خارج الخلايا ويسمى الماء الحر : Free Waterيمكن ملاحظة هذا النوع من الماء بالعين المجردة ويمكن فصله بكل سهولة لأنه يكون خارج الخلايا. من الأمثلة عليه الماء الموجود في مختلف أنواع العصائر (عصير الطماطة أو البرتقال) عند تركه في اناء لفترة معينة، اذ يلاحظ انفصاله الى طبقتين العلوية تتمثل بالماء الحر والسفلية هي المواد الأخرى المذابة أو المترسبة مثل الألياف والأصباغ والبكتينات .....

من الضروري الاعتناء بالثمار عند خزنها لكي لاتفقد نسبة كبيرة من الماء والذي يفقد عادة عن طريق المسامات الموجودة على السطح الخارجي للثمرة (القشرة) بعملية النتح أو عن طريق التنفس وتزداد نسبة الفقد بالماء مع ارتفاع درجة الحرارة.

يؤدي انخفاض نسبة الماء (الرطوبة) في الثمار الى ظاهرتي الذبول وفقدان الوزن وهذا يؤدي بالتالي الى انخفاض القيمة السعرية والغذائية لتلك الثمار، ولعلاج هذه الحالة يتم رفع نسبة الماء (الرطوبة) والخزن تحت التبريد داخل أجواء المخازن وذلك لتقليل عمليات النتح والتنفس. قد تصل نسبة الرطوبة داخل المخزن 85٪ ويلاحظ أن النباتات الورقية تفقد رطوبتها بنسبة أكبر من الثمار الكروية الشكل وذلك لأن المساحة السطحية المعرضة للمحيط الخارجي للنباتات الورقية أكبر مما للخضراوات الكروية الشكل.

• هناك بعض التحويرات أو الاحتياطات التي يتخذها النبات لأجل التقليل أو منع فقدان الرطوبة منها:

1- افراز طبقة شمعية على السطح الخارجي لبعض الثمار مثل التفاح والعنب ولأجاص، وهذه الشموع هي مشتقات للمواد الدهنية والتي هي عبارة عن شموع مع مواد تربينية وقد يصل عدد ذرات الكربون في تركيبها من 40-64 ذرة. والشموع هي استرات طويلة السلسلة متعددة الهيدروكسيل.

2- تحكم بعض الثمار بحجم الثغرات أو المسامات على السطح الخارجي اذ تحاول غلق هذه الثغور عند ارتفاع درجة الحرارة.

3- تطلى الثمار في بعض الأحيان بطبقة شمعية صناعية من مشتقات البارافين وتسمى العملية بالتشميع waxingوذلك لاعطائها مظهر خارجي جميل ومنع فقدان الرطوبة مثل .ursolic acid

المحاضرة الثالثة

تكلمنا عن الماء الذي هو من مكونات الفاكهة والخضراوات ، والمكون الثاني الكربوهيدرات

ثانياً- الكربوهيدرات CHO: من اهم الكربوهيدرات الموجودة في الثمار هي السكريات الاحادية مثل الكلوكوز اذ تتراوح بين 2٪ من الوزن الطري للخضراوات القرعية كالخيار والقرع والرقي، واكثر من 30٪ في الخضراوات النشوية كالبطاطا. فضلا عن احتواء ثمار اخرى على سكريات ثنائية مثل الفركتوز والسكروز وايضا تحتوي على السكريات المتعددة كالنشا. في حين ان مكونات جدار الخلايا هي السيليلوز والهيميسيليلوز ومواد بكتينية.

تعرف الكربوهيدرات بأنها مركبات عضوية تتكون من الكربون والهيدروجين والاوكسجين في تركيبها. وان نسبة تواجد الهيدروجين الى الاوكسجين كنسبتها في الماء لذلك فان الكربوهيدرات تاخذ الصيغة $Cn(H_2O)n$، اذ أن n = عدد ذرات الكربون. ان ابسط انواع السكريات هي المكونة من خمس ذرات كربون وأكثرها شيوعا المكونة من ست ذرات كربون والتي تسمى بالسكريات السداسية.

وظائف وجود السكريات في الثمار:

* تعطي صفة الحلاوة للثمار مثل التمر والعنب.
* تكون على هيئة عناصر خزن مثل النشا كما في البطاطا والتفاح والموز .....وغيرها.

تصنيف السكريات حسب عدة معايير الى:

1-على اساس عدد ذرات الكربون

أ- سكريات خماسية: مؤلفة من خمسة ذرات كربون مثل Ribose الموجودة في تركيب الحامض النووي RNA و . DNA.

ب- سكريات سداسية : مؤلفة من ستة ذرات كربون وهي الاكثر شيوعا مثل سكر الكلوكوز glucoseأو سكر الدم، والفركتوز fructoseأو سكر الفاكهة أو الكالاكتوز galactose.

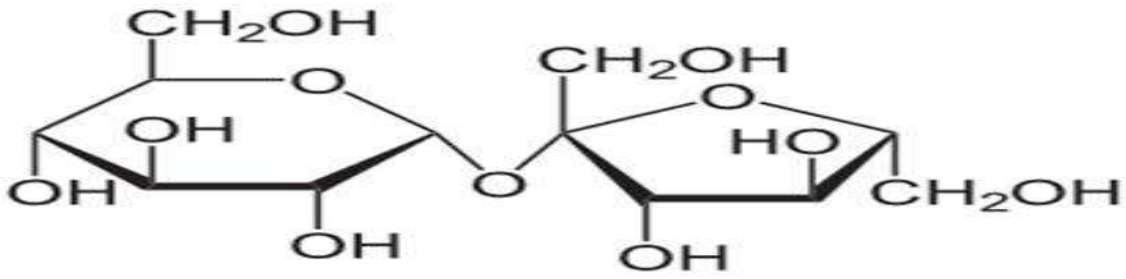
2- على أساس عدد الوحدات البنائية

أ- سكريات أحادية Monosaccharide: وهي المؤلفة من وحدة بنائية واحدة مثل glucose و fructose و galactose

تكمن الأهمية الفسلجية لسكر الفركتوز بانه يتحول داخل جسم الانسان بعملية التمثيل الغذائي الى كلوكوز ومن ثم الى كلايكوجين داخل الكبد والذي يتحلل الى كلوكوز مرة أخرى عند الحاجة اليه.

ب- سكريات قليلة العدد :Oligosaccharide مثل السكروز (كلوكوز وفركتوز) واللاكتوز (كلوكوز وكالاكتوز) والمالتوز (كلوكوز وكلوكوز)، والثلاثية مثل الرافينوز (الكالاكتوز والكلوكوز والفركتوز) والرباعية مثل التريهالوز... وهي المؤلفة من 2-10 وحدات بنائية وتقسم الى ثنائية التي تكون مؤلفة من وحدتين.

الرافينوز



السكروز

فركتوز (سكر كيتوني) كلوكوز (سكر الديهايدي)

الارتباط C2–C5 الارتباط C1–C5

ج- السكريات المتعددة Polysaccharide: وهي المؤلفة من أكثر من 10 وحدات بنائية، وقد يصل عدد الوحدات البنائية الى الاف الوحدات مثل النشا.

• اذا تكونت الوحدة البنائية من نوع واحد من السكر سميت بالسكريات المتعددة المتجانسة.

• اذا تكونت الوحدة البنائية من أكثر من نوع واحد من السكر سميت بالسكريات المتعددة غير المتجانسة.

قياس درجة حلاوة السكريات: اعطي السكروز (سكر القصب أو البنجر) درجة حلاوة 100 درجة، في حين درجة حلاوة سكر الفركتوز 173 درجة وسكر الكلوكوز 74 درجة، اي عند تحلل سكر السكروز الى كلوكوز وفركتوز يعطي درجة حلاوة أعلى من السكروز ذاته.

* تخزن الثمار النشا مثل ثمار البطاطا خلال موسم النمو، اذ ان الكلوكوز والفركتوز يتحولان الى نشا وهذا التفاعل عكسي خلال فترة النضج الا أنه عند النضج فان التفاعل يسير باتجاه تكوين النشا والعكس بالنسبة للثمار حلوة المذاق.

Glucose + fructose ⟶ Starch

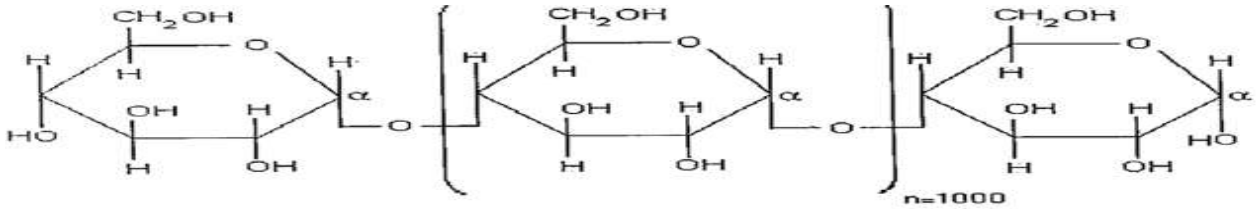
قياس درجة حلاوة السكريات: اعطي السكروز (سكر القصب أو البنجر) درجة حلاوة 100 درجة، في حين درجة حلاوة سكر الفركتوز 173 درجة وسكر الكلوكوز 74 درجة، اي عند تحلل سكر السكروز الى كلوكوز وفركتوز يعطي درجة حلاوة أعلى من السكروز ذاته.

* تخزن الثمار النشا مثل ثمار البطاطا خلال موسم النمو، اذ ان الكلوكوز والفركتوز يتحولان الى نشا وهذا التفاعل عكسي خلال فترة النضج الا أنه عند النضج فان التفاعل يسير باتجاه تكوين النشا والعكس بالنسبة للثمار حلوة المذاق.

من الضروري الاهتمام بدرجة حرارة خزن ثمار البطاطا، فعند تخزين ثمار البطاطا في درجة حرارة أقل من 10°م فان النشا يتحلل الى كلوكوز وفركتوز ويستفاد من هذه الخاصية لغرض صناعة جبس البطاطا، وهذا التحلل لايحصل عند خزنها في درجة حرارة أعلى من 10°م.

النشا Starch: سكر متعدد متجانس، الوحدة التركيبية له هي الكلوكوز. يتكون النشا من المركبين الأساسيين التاليين:

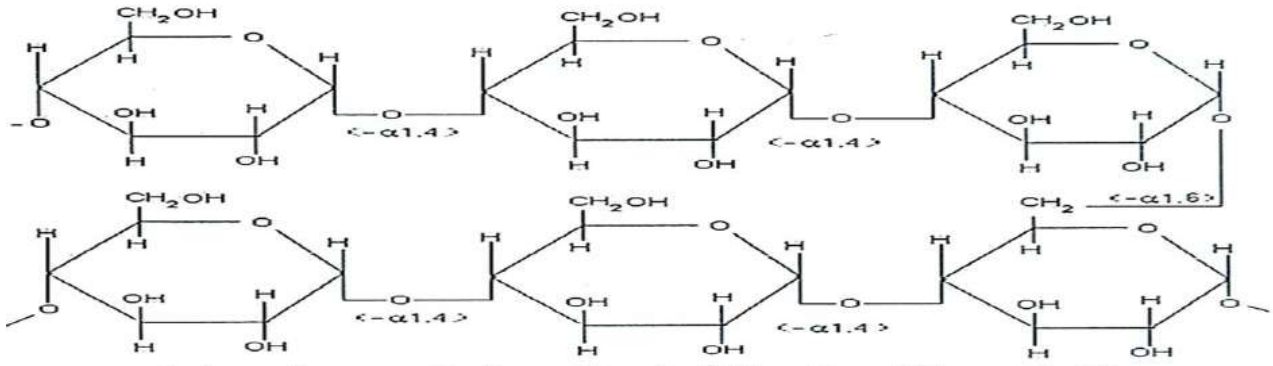
أ- الأميلوز: عبارة عن سلاسل مستقيمة من وحدات الكلوكوز المرتبطة مع بعضها بآصرة من نوع α 1-4 والآصرة كلايكوسيدية، تبلغ نسبته في النشا من 1-30٪ ويكون قابل للذوبان في الماء، عدد وحداته تقريباً من 200-1000 وحدة لهذا فان الوزن الجزيئي يكون قليل.



α-أميلوز

التركيب الكيميائي للأميلوز (Amylose).

ب- الأميلوبكتين: عبارة عن سلاسل مستقيمة من وحدات الكلوكوز المرتبطة مع بعضها بآصرة α 1-4 مع وجود مناطق للتفرع على ذرة الكربون السادسة لتكون نوع آخر من الأواصر α 1-6 ، تبلغ نسبته في النشا من 70-99٪، وقابليته للذوبان في الماء أقل، عدد وحداته تقريباً 200-200000 وحدة لهذا فان الوزن الجزيئي له أكبر.

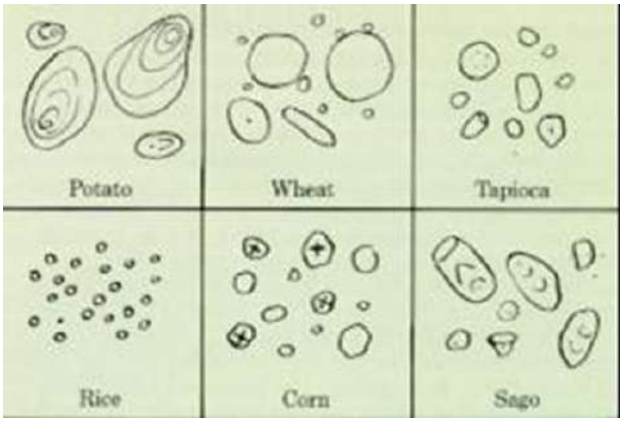


التركيب الكيميائي للأميلوبكتين (Amylopectin)

هناك خاصية موجودة في النشا تدعى **بالجلتنة Gelatinization:** وهي تحول المحلول المعلق الحاوي على النشا والماء عند التسخين الى درجة حرارة معينة الى كتلة هلامية لزجة تتصلب بالتبريد وتختلف هذه الدرجة الحرارية باختلاف مصدر النشا فهي تبدأ من 57-67°م على حسب المصدر والأصل، وأساس العملية هو أن الحبيبات النشوية تتشرب بالماء وتنتفخ وتنفجر عند وصولها درجة الجلتنة ويخرج الأميلوز الذي كلما زادت نسبته في المحلول ازدادت اللزوجة ومن ثم الصلابة عند التبريد. يستفاد من هذه الخاصية في التصنيع الغذائي في صناعة الحلويات (الكاسترد، الدونت هو أحد أنواع المعجنات).

أشكال النشا

يتواجد النشا بشكل حبيبات تم ملاحظتها تحت المجهر وأمكن تمييز مصدر النشا من شكل الحبيبات وهي كما يلي:



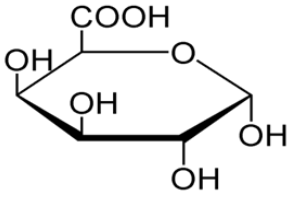
الذرة

البطاطس

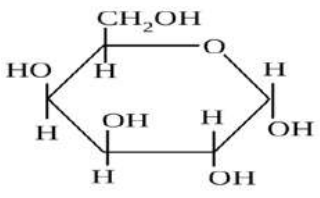
يتحلل النشا عن طريق أنزيم الأميليز Amylase الموجود في اللعاب وفي العصارات الهاضمة، فضلا عن تحلله بالحامض ويكون مايسمى بالدكسترينات وسكر المالتوز والكلوكوز. تبلغ نسبة النشا في مصادره المختلفة كما يلي:

الذرة 60- 78٪ ، الرز 50-69٪ ، البطاطا 8-29٪ ، الحنطة 72٪.

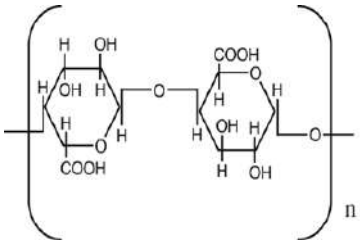
كذلك يحتوي التفاح غير الناضج والموز والباذنجان على نسبة لابأس بها من النشا.



D-galactouronic acid



D- galactose



Polygalactouronic acid

ويسمى حامض البكتيك

وظيفة البكتينات

1- اعطاء صفة الصلابة لجدران الثمار الخارجية.

2- تعمل على امتصاص الماء بدرجة كبيرة من التربة (الجذور) ونقله مباشرة الى الثمار بسبب تواجد البكتينات في الصفيحة الوسطى في مراحل النمو الأولى، وهذه الحالة أحسن من خاصية النفاذية أو الخاصية الشعرية وأسرع منها.

يستفاد من قابلية البكتينات على التشرب بالماء في صناعة أنواع عديدة من المربيات، اذ تعطي المواد البكتينية القوام المناسب لهذه المنتجات.

تتواجد البكتينات في طبقة الألبيدو احدى طبقات قشور الفواكه وعلى الأغلب الحمضيات اذ تبلغ نسبتها في الحمضيات 30٪ والليمون 35٪ والتفاح 7٪، فضلاً عن احتواء قشور البرتقال على نسبة لابأس بها من عنصر الكالسيوم 8.9٪ الذي له القابلية على الارتباط بالبكتينات واعطاء صفة الصلابة بسبب تكوين مركبات غير ذائبة في الماء تدعى بكتات الكالسيوم.

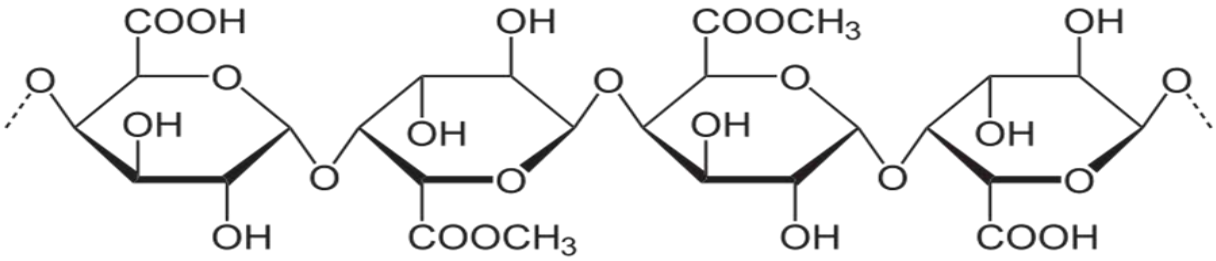
تتواجد البكتينات بصورة بكتين غير ذائب خلال موسم النمو، ويكون تركيزه عالي وبتقدم النمو والنضج يزداد تركيز البكتين الذائب؛ وذلك نتيجة تحلل حامض galactouronic acid الى حامض كالاكتيورونيك حر ذائب في الماء بسبب تحلله بالانزيمات.

أهم المركبات البكتينية الموجودة في جدران خلايا الثمار

1- حامض البكتيك Pectic acid: يتواجد في الجدار الخلوي الوسطي، يتكون من وحدات متكررة (سلسلة غير متفرعة) من حامض الكالاكتيورونيك، له قابلية الذوبان في الماء لكن تكون بعض املاحه غير ذائبة في الماء مثل بكتات الكالسيوم والمغنيسيوم لذا تعد هذه الطريقة احدى طرق الفصل على ورق الترشيح.

2- حامض البكتينيك (البكتين) Pectinic acid: يتكون من وحدات متكررة من حامض الكالاكتيورونيك المؤستر جزئياً بمجموعة المثيل ($O-CH_3$بدلاً من مجموعة الهيدروكسيل ((OHعلى ذرة الكربون السادسة. يتميز بكبر حجم جزيئاته عند مقارنته بحامض البكتيك وهو سهل الذوبان بالماء الحار.

3- البروتوبكتين Protopectin: هو مركب وسطي بين حامض البكتيك والبكتين يتكون خلال فترة النضج، يعطي صفة الصلابة، يتكون من سلاسل Polygalactouronic acid المرتبطة مع بعضها بواسطة الكالسيوم والمغنيسيوم ومركبات أخرى أو أواصر هيدروجينية بين مجاميع الهيدروكسيل أو جسور مجاميع المثيل لهذا يكون غير قابل للذوبان في الماء، ويتحول البروتوبكتين عند نضج الثمار الى بكتين ذائب في الماء ولهذا تقل صلابة الثمار.



حامض البكتينيك Pectinic (بكتين)

المحاضرة الرابعة

رابعاً: مواد النكهة والمواد الطيارة

النكهة Flaver: هو الاحساس المشترك لحاستي الشم والذوق لبعض المركبات التي تحتويها المادة الغذائية، اذ تحفز هذه المركبات حاسة الذوق في الانسان عند تناولها فمثلا السكريات مسؤولة عن الطعم الحلو، والحوامض العضوية مسؤولة عن الطعم الحامضي، والطعم المر موجود في قشور بعض الفواكه مثل النارجين Naringine الموجود في النارنج بسبب وجود بعض المركبات الفلافونية، والليمونين Limmonin الذي هو من التربينات الثلاثية ويتواجد في الحمضيات والاوليوروبين Oleoropineفي الزيتون و Amegdaline في اللوز.

يتواجد في الطبيعة عدد كبير من المواد المسؤولة عن النكهة قد يصل عددها في مادة غذائية واحدة الى 400 مادة مثل القهوة. وتختلف كمية ونوعية هذه المواد باختلاف أنواع الأغذية فهناك مواد مسؤولة عن الرائحة وأغلبها زيوت طيارة مثل تلك الموجودة في قشور الحمضيات والبهارات والقهوة والشاي. هذه المركبات الطيارة تصنف ضمن المواد الفينولية أو كلايكوسيدات.

خامساً: الفيتامينات

تعد الفيتامينات مركبات يحتاج اليها الجسم بكميات قليلة لكن نقصها يسبب مشاكل صحية وأمراض.

تصنيف الفيتامينات اعتمادا على ذوابانيتها

1- فيتامينات ذائبة في الماء

أ- فيتامين C: أو مايعرف بحامض الأسكوربيك: وتأتي أهميته من كونه ضروري جداً لصحة الجسم والأسنان واللثة ويحمي من نزلات البرد، نقصه يسبب مرض الاسقربوط وهو نزيف اللثة وتخلخل الأسنان وتشقق الشفاه.

من أهم مصادره أنواع الفواكه والخضراوات وموجود بصورة رئيسية في الحمضيات، وهو من الفيتامينات سريعة التلف اذ يتأكسد بالاوكسجين ويتلف بالضوء.

ب- مجموعة فيتامين B: وتشمل فيتامين B1 و B2 و B6 وB12، تأتي أهمية هذه المجموعة من كونها ضرورية لتكوين صبغة الدم وصحة الجلد ونمو الخلايا العصبية ونقل الايعاز العصبي، نقصها يسبب كثير من الأمراض منها فقر الدم والتهاب الأعصاب وتقشر الجلد. من أهم مصادر هذه المجموعة قشور الحبوب.

2- فيتامينات ذائبة بالدهن

وهي أربعة فيتامينات E و D و A و K تؤدي كل واحدة منها وظيفة معينة، مصادرها الزيوت النباتية ومنتجات الألبان على اختلاف أنواعها.

فيتامين E مانع أكسدة قوي، يعتقد ان نقصه يسبب العقم.

فيتامين D ضروري لصحة العظام، نقصه يسبب الهشاشة أو لين العظام.

فيتامين A ضروري للنظر، نقصه يسبب العشو الليلي.

فيتامين K ضروري لتخثر الدم، نقصه يسبب نزف الدم الوراثي.

سادساً: الأملاح المعدنية

تتميز الفواكه والخضراوات باحتوائها على كمية لابأس بها من المعادن التي أصلها التربة، وتختلف الكمية الموجودة منها حسب نوع التربة التي تزرع فيها النباتات وعمليات خدمة المحصول كالتسميد ونوع النبات. تحتوي أكثر أنواع النباتات على عنصر البوتاسيوم K، فضلاً عن احتوائها على الكبريت والمغنيسيوم والكالسيوم والحديد والنتروجين.

يؤثر نقص الأملاح المعدنية في نوعية الفواكه والخضراوات اذ يسبب ضعف نمو النبات وقلة الانتاج ورداءة النوعية. وتمثل محتويات الرماد بعد ترميد المادة الغذائية (في درجة حرارة 500-600°م ولمدة 6 ساعات لحين ثبات الوزن) كمية الأملاح المعدنية الكلية الموجودة في الفواكه والخضراوات.

سابعاً: الأصباغ الغذائية

يتواجد عدد كبير من الأصباغ ذات المصدر النباتي مثل الكلوروفيل والأنثوسيانين والكاروتين ...وغيرها، فضلاً عن الأصباغ ذات المصدر الحيواني مثل صبغتي الهيموكلوبين والمايوكلوبين الموجودتين في اللحوم الحمراء بنسبة أعلى من تواجدها في اللحوم البيضاء.

الكلوروفيل chlorophyll: هو أحد الصبغات النباتية الموجودة في جميع الأنسجة النباتية الخضراء وتلعب دوراً أساسياً في عملية التركيب الضوئي. وتتكون جزيئة الكلوروفيل من أربعة وحدات من البورفيرين porphyrinمع ذرة واحدة من المغنيسيوم وترتبط معها مجاميع من المثيل CH_3 والهيدروكسيل OH.

هناك نوعين من الكلوروفيل هما **كلوروفيل A وكلوروفيل B** الاختلاف بينهما هو في مواقع مجاميع المثيل والهيدروكسيل المرتبطة حول حلقات البورفرين نسبة تواجد الأول (كلوروفيل A) الى الثاني (كلوروفيل B) 1 :2.5، تكون نسبة الكلوروفيل عالية في بداية موسم النمو في النباتات وتنخفض كلما تقدم النبات أو الثمرة باتجاه النضج اذ تتحول الصبغة الى صبغات أو الوان اخرى نتيجة تحلل الكلوروفيل بمساعدة انزيمات خاصة مثل انزيم الكلوروفيليز chlorophyllase الى الكاروتين الأصفر أو الانثوسيانيين الاحمر المزرق.

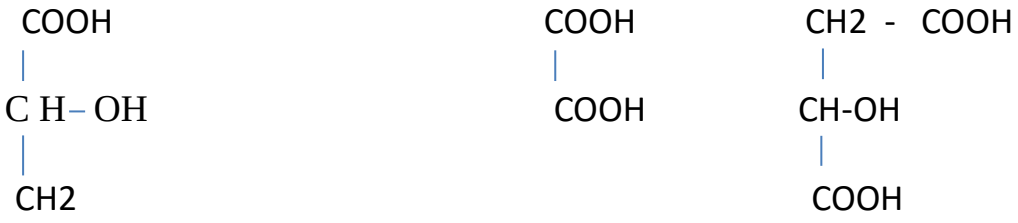
يتحول الكلوروفيل في الخضراوات الورقية المسلوقة في وسط حامضي الى مركب ذو لون أخضر زيتوني يسمى الفيوفايتين phyophtin.

chlorophyle ⟶ phyophytin

ثامناً: الأحماض العضوية

تعد الأحماض العضوية مركبات عضوية محتوية على مجموعة كربوكسيل، تتواجد بكثرة في ثمار الفاكهة والخضراوات نتيجة العمليات الحيوية المختلفة التي تحدث فيها أثناء تكوينها ونموها ونضجها. وان لكل نوع من الثمار حامض عضوي سائد يعطي الطعم المميز، على سبيل المثال:

في الحمضيات – حامض الستريك ، في الطماطة – حامض الأوكزاليك، في التفاح – حامض الماليك.



حامض الستريك (citric) حامض الاوكزاليك (oxalic) حامض الماليك(malic)

تختلف نسبة الأحماض العضوية خلال مرحلة النمو حسب موسم النمو ونوع الثمرة فخلال مرحلة النضج قد ترتفع هذه النسبة أو تنخفض ويحصل توازن بين الاحماض العضوية والسكريات، والمنحنى التالي يوضح تركيز السكريات والأحماض العضوية عند الحصاد.

خلال مراحل النمو قد تستهلك الأحماض العضوية في التنفس أو قد تتحول الى مركبات أخرى عضوية كالسكريات والدهون.

تاسعاً: البروتينات

تعد البروتينات مركبات عضوية تتكون من Cو Hو Oفضلاً عن Nومركبات اخرى مثل الكبريت والفسفور. الوحدة الأساسية لتركيب البروتينات هي الأحماض الأمينية وعددها 20–22 حامض أميني وهي كالتالي:

8 أحماض أمينية أساسية – 2 أحماض أمينية نصف أساسية – 12 أحماض أمينية غير أساسية. تتميز الفواكه والخضراوات بانخفاض محتواها من البروتينات باستثناء البقوليات التي تصل نسبة البروتينات فيها الى 8٪ وهو من البروتينات الناقصة جزئياً.

عاشراً: الدهون أو الزيوت

تعد الدهون مواد صلبة في درجة حرارة الغرفة fat ومصادرها حيوانية، في حين تكون الزيوت مواد سائلة في درجة حرارة الغرفة oil باستثناء زيت جوز الهند، ومصادرها نباتية مثل الذرة والقطن وزهرة عباد الشمس والزيتون والكتان وزيت النخيل. تمتاز الزيوت بارتفاع محتواها من الأحماض الدهنية غير المشبعة لذا تعطي صفة السيولة. تكون نسبة الزيت قليلة في بداية موسم نمو الثمار ثم تبدأ بالازدياد باتجاه النضج حتى تصل مايقارب 50٪ مثال على ذلك الزيتون والذرة، وتعد هذه الزيوت مصدر لطاقة النبات يستفاد منها للقيام بالفعاليات الحيوية.

قطف وفرز وتدريج وتعبئة الثمار

تعد عملية القطف من العمليات المهمة التي تجرى على الثمار خاصة الطرية منها في المحافظة على نوعيتها بحيث تكون في المرحلة المناسبة من النمو ومن دون خدوش أو جروح وان تأثيرات هذه الاضرار كبيرة لذلك يجب تحديد موعد قطف الثمار حسب نوع الثمرة، وتجرى عملية القطف باجراء التحضيرات اذ يتم تخمين حجم المنتوج النهائي لتحضير مستلزمات القطف.

مستلزمات القطف

1- الأيدي العاملة: يجب توفير العدد المناسب منهم وممن لديهم خبرة سابقة.

2- تهيئة أدوات القطف: مثل حاويات جمع الثمار (السلال والأوعية المناسبة لجمع الثمار التي قد تعلق حول العنق، فضلاً عن استخدام الصناديق) وتهيئة السلالم بطول مناسب مصنوعة من مادة متينة وتوفير المقاصيص لقطف عناقيد العنب أو الكرز.

الصفات التي يجب توفرها في حاويات قطف الثمار:

1- أن تكون سهلة الصنع اذ يمكن صنعها من مادة متينة كالقماش أو الجلد.

2- أن تكون خفيفة الوزن وتستوعب كمية مناسبة من الثمار(8-10 كغم).

3- أن تكون مصنوعة من مادة قوية لاتستهلك بسرعة.

4- أن لاتتسبب في جرح الثمار.

5- أن تكون عملية تفريغ الثمار سهلة ولاتسبب أي ضرر ملحوظ عليها وان تسمح بالعمل بكلتا اليدين دون اعاقة العامل.

العوامل التي تحدد موعد قطف الثمار الطرية

1- نوع الثمار وصنفها.

2- الظروف المناخية وعمليات الخدمة.

3- طريقة اختيار الثمار للتصنيع أو الاستهلاك الطازج.

4- طريقة تسويق الثمار ومسافات الشحن ونوع وسائل الشحن المتوفرة.

5- الرغبة في خزن الثمار والمدة المتوقعة لخزنها.

طرق قطف الثمار:

تعتمد الطرق المفضلة في قطف الثمار على عوامل عديدة أهمها مايلي:

1- نوع الثمار وصنفها. 2- تكاليف القطف 3- حجم الحاصل

4- مدى توفر وسائل ومستلزمات الطرق المختلفة للقطف.

5- طبيعة أرض البستان من حيث الاستواء والانحدار.

توجد طريقتان رئيسيتان لقطف الثمار المختلفة وهما:

1- الطريقة اليدوية: تعد من الطرق المكلفة بسبب الجهد الكبير للعمال بسبب تكرار عملية الصعود والنزول بهدف القطف، من مميزات هذه الطريقة أن القائم بعملية القطف يستطيع التمييز بين الثمار الناضجة وغير الناضجة.

2- الطريقة الميكانيكية: تتم العملية باستخدام منصات هيدروليكية تحتوي على أذرع تهز الأشجار وتقطف الثمار دفعة واحدة، من مميزات هذه الطريقة أنها سريعة لأنها زادت كفاءة العمل 30-50٪ واختصرت وقت الصعود والنزول من السلالم، فضلاً عن انخفاض كلفتها بسبب قطف الثمار دفعة واحدة.

عيوب هذه الطريقة: 1- ليس هناك اختيارية في القطف. 2- قد يتبقى جزء من الثمار على الأشجار.

3- قد تتضرر الأشجار من جراء الهز أو الضرب.

4- صعوبة التخلص من الاوراق واجزاء الأغصان من الثمار وخاصة التي تستخدم لاستخلاص الزيت مثل ثمار زيت الزيتون.

الفرز Sorting: تعني ازالة الثمار غير الجيدة أو غير الصالحة للاستهلاك من بين الثمار الناضجة، وتجرى عملية الفرز يدوياً من قبل عمال يقفون على شكل صف حول طرفي حزام ناقل. في الوقت الحاضر توجد مكائن حديثة أوتوماتيكية تقوم بعملية الفرز مستندة بذلك على لون الثمار ومع ذلك تعد طريقة الفرز اليدوية أفضل.

التدريج Grading: تدرج أو تصنف الثمار الصالحة للاستهلاك الى درجتين أو أكثر اعتماداً على امور كثيرة منها: الوزن – الحجم – اللون – شكل الثمار – العيوب الظاهرة.

أنواع التدريج:

1- التدريج اللوني: يكون باستخدام أجهزة اذ يتم التمييز بين الألوان عن طريق اطوال موجية معينة بحيث يمكن التمييز بين اللون الأحمر والأصفر والأخضر.

2- التدريج الوزني أو الحجمي: يكون باستخدام مناخل بفتحات ذات قطر معين اذ توضع الثمار على المناخل ويتم هزها فتسقط الثمار الصغيرة الحجم وتبقى كبيرة الحجم في المنخل.

التعبئة Packing: تعبأ الثمار لتسهيل عملية نقلها من الحقل ويجب أن تتوفر عدة شروط في مواد التعبئة وهي:

1- أن تكون قليلة الكلفة. 2- أن تكون خفيفة الوزن. 3- أن تسمح بمرور الهواء من خلالها. 4-أن تكون سهلة التداول باليد. 5- أن تكون مصنوعة من مادة متينة. 6- أن تمنع رض وتجريح الثمار اذا ماوضعت العبوات فوق بعضها البعض.

أنواع مواد التعبئة

يوجد عدد كبير جداً من مواد التعبئة نذكر منها:

1- الصناديق الخشبية. 2- الأقفاص الخشبية.
3- العبوات البلاستيكية باحجام مختلفة.
4- عبوات الكرتون بأنواع وأحجام مختلفة. 5- الأكياس البلاستيكية الشبكية.
6- أكياس النايلون. 7- صناديق الفلين. 8- سيارات الحمل ذات الحمولة الصغيرة .

1- الطريقة النظامية.

تشغل حيزاً كبيراً في الصندوق
غير قادرة على الحركة عند حركة الصندوق
توجد فتحات تهوية بين الثمار لذلك الضرر قليل

2- الطريقة اللانظامية.

تتسع لعدد كبير من الثمار
قادرة على الحركة عند تحريك الصندوق
ونسبة الضرر عالية بسبب الرض وقلة التهوية.

المحاضرة 5

طرق التبريد قبل الخزن

التبريد المبدئي Precooling: يقصد به الازالة السريعة لحرارة الحقل من الثمار بعد الحصاد مباشرة وبأسرع وقت ممكن قبل الشحن أو الخزن، وهو ضروري لجميع المحاصيل الزراعية السريعة التلف، لأن الحرارة المرتفعة تسبب انتشار أمراض التفسخ والاسراع في عمليات النضج والتدهور والشيخوخة، فضلاً عن زيادة سرعة التنفس. ان تأخر ازالة الحرارة يؤدي الى فقدان في وزن المحاصيل نتيجة فقدان الرطوبة.

العوامل المحددة لسرعة التبريد المبدئي بواسطة الماء والهواء هي:

1- درجة الحرارة الابتدائية والنهائية للثمار المراد تبريدها.

2- درجة حرارة وسط التبريد وكفاءته على امتصاص الحرارة.

3- مدى تلامس وسط التبريد مع الثمار المراد تبريدها.

4- حجم وشكل الثمار خاصة نسبة المساحة السطحية الى الحجم والوزن.

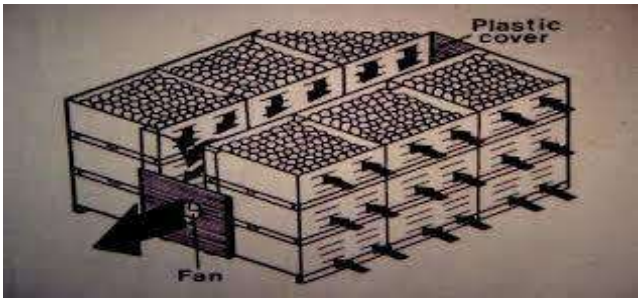
5- الحرارة النوعية للثمار ومقاومة سطحها لفقدان الحرارة أو اكتسابها.

6- حجم وسرعة وسط التبريد.

طرق التبريد المبدئي

1- استعمال غرف التبريد الثابتة: وهي غرف معزولة الجدران كما هو الحال في مخازن التبريد، وان وسط التبريد هو الهواء الذي تكون درجة حرارته 32ºف (صفرºم) ويكون التبريد بواسطة أجهزة التبريد الميكانيكي.

2- طريقة التبريد بالهواء المدفوع جبراً: يتم باحداث اختلاف في ضغط الهواء على جانبي صفوف من الصناديق أو العبوات المرصوصة بانتظام في غرفة الخزن. ويتم سحب الهواء الحار من بين الثمار في الصناديق باستعمال مفرغات هواء ذات قدرة عالية واستعمال مراوح ذات قوة طرد مركزية عالية، وهكذا يجبر الهواء البارد على الدخول الى العبوات الحاوية على الثمار بسرعة عالية فيمتص الحرارة ويتم سحبه واحلال هواء بارد محله.



2- طريقة التبريد المائي: يتم بإمرار الماء البارد حول الثمار بسرعة وبذلك يمتص الحرارة منها، ولكي يتم التبريد بكفاءة عالية يجب ان يكون الماء جاري بصورة منتظمة وأن يلامس المحلول بانتظام وهذه الطريقة اسرع من عملية التبريد بالهواء المدفوع جبراً ، فضلاً عن كونها أحسن وأرخص عمليات التبريد المبدئي لكنها لاتتناسب مع جميع محاصيل الفواكه والخضراوات لأن بعض الثمار تتضرر نتيجة التبريد المائي، ويتم هذا النوع من التبريد بواسطة أجهزة التبريد الميكانيكي أو اضافة الثلج المجروش الى الماء.

3- طريقة التبريد بالتفريغ: ويتم ذلك بتبخير الماء من الثمار في غرف محكمة الجدران ومانعة لتسرب الغازات، ويخفض الضغط داخل الغرف باستعمال أجهزة أو مضخات التفريغ ذات القدرة الكافية لإحداث التخلخل بالضغط خلال وقت قصير فضلاً عن الحاق هذه الغرف بوحدات تبريد ذات كفاءة مناسبة لتكثيف كميات بخار الماء المتولدة من تبخر الماء من الثمار. هذه الطريقة سريعة تستغرق 10 دقائق لإتمام التبريد.

4- طريقة التبريد بالثلج: يستخدم الثلج المجروش الذي ينشر على الثمار بعد الحصاد لازالة حرارة الحقل، اذ يمتص الثلج الحرارة. وهي طريقة رخيصة تستخدم لتبريد الخضراوات الورقية.

خزن ثمار الفواكه والخضراوات

أهم فوائد الخزن

1- تنظيم تسويق ثمار الفواكه والخضراوات والتغلب على اختلاف الاسعار وتقليل التلف نتيجة تكدسها في موسم الانتاج.

2- تسهيل شحن المحصول الى الأسواق البعيدة بالبواخر والشاحنات وعربات السكك الحديد المبردة وبذلك يقل التلف أثناء الشحن.

3- اطالة فترة ظهور المحصول في السوق بتخزين الفائض عن الحاجة في مخازن مبردة.

4- تخزين التقاوي الخاصة بالزراعة بحالة جيدة لحين زراعتها في الموسم القادم.

طرق الخزن

1- الخزن على الأشجار: يقصد به ترك الثمار على الأشجار بعد اكتمال نموها وقطف الكميات المخصصة للتسويق المباشر فقط مثل ثمار الحمضيات، اذ تخزن لمدة 2-3 أشهر لكن هذا يقلل من قيمتها النوعية والغذائية نتيجة تعرضها للظروف غير المناسبة.

2- الخزن في الحقل: هي عملية ترك الثمار في الحقل لحين التسويق، وتمتاز هذه الطريقة بكونها عديمة التكلفة لكن نسبة التلف تكون عالية جداً، أو قد تبقى الثمار في التربة مثل البطاطا والبصل لحين التسويق، أو قد يعمل ظل من

السعف أو أغصان الأشجار اذ يترك المحصول تحته لفترة قصيرة مع توفر التهوية الجيدة وهذه الطريقة مناسبة لثمار البطاطا والبصل والثوم والموز.

3- الخزن في غرف مهواة: وهي عملية تخزين الثمار في غرف كبيرة ذات تهوية جيدة تساعد على الاحتفاظ برطوبة مناسبة لمنع ذبول الثمار ومنع دخول الضوء المباشر لأنه يؤدي الى تلف الثمار وفقدان لونها الزاهي مع ارتفاع سرعة التنفس الذي يؤدي الى فقدان حلاوة الثمار وزوال نكهتها المميزة. ويمكن انشاء هذه الغرف فوق الأرض أو تحتها مع مراعاة وضع عدد كاف من المراوح لتحريك الهواء وترك فتحات تهوية تفتح ليلاً وتغلق نهاراً، هذه الطريقة مناسبة لخزن ثمار الرمان والتفاح والعرموط.

4- الخزن بالتبريد: وتعني خزن الثمار في درجات حرارية منخفضة للسيطرة على العمليات الفسلجية مثل النتح والتبخر والتنفس والنمو أو التزريع وغيرها، فضلاً عن السيطرة على نمو الأحياء المجهرية المسببة للأمراض الفطرية والبكتيرية، وهي من الطرق الرخيصة لخزن الثمار بحالة طازجة لفترة طويلة. وان جميع المعاملات مثل التشميع أو التعبئة في أكياس من البلاستيك غير ناجحة لوحدها بدون تبريد لكنها تحسن من عملية الخزن بالتبريد وتزيد من كفاءتها.

تشميع الثمار Waxing قبل الخزن بالتبريد

تغطى أسطح ثمار الفاكهة والخضراوات عدا الورقية منها بطبقة شمعية بسمك 0.03 ملم، ومادة التشميع هي مستحلبات مائية لشمع البارافين.

فوائد التشميع

1- تقليل فقدان أو تبخر الماء أثناء الخزن ومنع ذبول الثمار.

2- تغطية الجروح البسيطة فلا يصبح هناك مجال للتلوث أو الفساد للثمار المجاورة.

3- بالإمكان اضافة المبيدات الكيميائية مع الشمع لإطالة فترة الخزن.

4- تحسين شكل الثمار بإكسابها لمعان وبريق جميل.

طرق التشميع

أ- التشميع بالغمر: يستعمل للثمار الحاوية على منخفضات حول عنقها مثل التفاح والطماطة والجزر والفلفل الأخضر، اذ توضع الثمار في سلال مشبكة تغمر في حمامات حاوية على مستحلبات شمعية وترفع منها وتنشر في مكان مظلل.

ب- التشميع بالرش: ترش الثمار برذاذ المستحلب الشمعي الذي يجفف بسرعة.

ج- التشميع بالفرشاة: تمرر الثمار على فرشاة خاصة مطلية بالشمع بآلة خاصة.

التلميع: تتم بعد التشميع للثمار ذات السطح الأملس كالتفاح والفلفل الأخضر والطماطة، اذ تمرر الثمار على فرشاة لولبية دوارة تعمل على نشر الشمع الموجود على السطح بشكل منتظم بنفس الوقت فتعطي اللمعان المطلوب، والتلميع هي خطوة مكملة للتشميع.

ختم الثمار: تستعمل للثمار التي تتحمل الضغط مثل البرتقال والموز والتفاح ويمكن الاستغناء عن ختم الثمار بختم ورق اللف وعادة تختم الثمار للدلالة على جودتها وحجمها الجيد.

لف الثمار قبل الخزن: تلف الثمار بأنواع خاصة من الأوراق للمحافظة على نظارتها وتقليل الأمراض أثناء الشحن، ويستغنى عن لف الثمار في حال كون مسافة الشحن قريبة في حال استهلاك الثمار محلياً أو كانت من الدرجة الثالثة.

الأوراق المستعملة في اللف: أوراق السيلوفان – أوراق شفافة ملونة – أوراق البولي أثيلين – أوراق القصدير – البلايوفيلم– الصفائح الرقيقة جداً.

فوائد اللف بالورق

1– اكساب الثمار منظر جذاب. 2– تقليل تبخر الماء. 3– تقليل ضغط الثمار بسبب وضعها فوق بعض.

4– استعمال اللف للدعاية. 5– معاملة الأوراق بمواد مطهرة شرط أن لاتؤثر على رائحة الثمار.

6– منع الضرر الناتج عن احتكاك الثمار مع جدار الصندوق.

ملاحظة: لايتم تشميع الخضراوات الورقية، لان المساحة السطحية تكون كبيرة فتستهلك كميات كبيرة من الشمع، فضلاً عن صعوبة تجفيف الشمع.

تصميم مخازن التبريد

تصمم مخازن التبريد على هيئة بنايات تحوي على عدد من القاعات أو غرف التبريد موجودة على جانبي ممر بعرض 4–6 أمتار، وأبواب الغرف تفتح الى الخارج (لكي لاتأخذ حيزاً من الغرفة). في مدخل الغرفة يوجد مايسمى بالباب الوهمي أو الباب الهوائي ويقصد به تيارات من الهواء الصاعد من الأسفل الى الأعلى يمنع دخول الهواء وتياراته من الخارج.

تبنى الجدران والأرضية للمخزن المبرد من الإسمنت المسلح، ويجب أن تتحمل الأرضية أوزان ثقيلة تصل الى 1000 باوند/ قدم2، وتبطن الأرضية والجدران بمواد مانعة لتسرب أو امتصاص الرطوبة ومواد مانعة لتسرب الحرارة ترتب كما يلي:

1- الارضية 2- مواد مانعة لتسرب الحرارة 3- مواد مانعة لاكتساب الرطوبة

ويلاحظ أن الحرارة المتسربة من الأسقف والجدران أكبر من الحرارة المتسربة من الأرضية.

تبنى السقوف بتصميم يشبه الجملون لكي لاتتجمع مياه الأمطار في الشتاء ولكي لاتسقط أشعة الشمش بشكل مباشر، ويبنى المبنى من طابق واحد ليتم ادخال المواد المخزنة بواسطة الرافعات من سقف البناية.

مواد العزل

أن مواد العزل المستخدمة كثيرة من أهمها: الفلين – الألياف الزجاجية – Fiber glassوالصوف الصخري Rock wool واليورثين المتعدد Polyurithine والستايرين المتعدد Poltstyrine اذ أن الصوف الصخري والزجاجي والفلين مواد ذات نفاذية عالية للبخار وخاصة بخار الماء ويؤدي تكاثف الماء داخل مواد العزل الى سهولة تأكلها وتلفها لذلك استعيض عنها بالمواد الراتنجية الأخرى (الستايرين المتعدد واليورثين المتعدد) .

ان سمك الطبقة العازلة 4 انجات اذا كانت درجة حرارة مخزن التبريد من 30 - 32ºف]ºم= (ف-32)/ اي صفرºم، في حين أن المخازن التي تكون حرارتها أقل من ذلك فتكون معدة للتجميد لذلك فان السمك يكون 6 انج. قاعات الفرز والتدريج قريبة من المخازن المبردة وتضبط على حرارة 60-65ºف أي مايقارب 15ºم لكي يستطيع العامل القيام بعمله بشكل صحيح.

صفات مواد العزل المستخدمة

1- أن تكون غير مكلفة اقتصادياً.

2- لها خاصية العزل الحراري وعدم اكتساب الرطوبة وبخار الماء.

3- أن لاتسبب ظهور روائح غريبة في المواد الغذائية المخزنة داخلها.

4-أن تكون سهلة الاستعمال.

5- أن تكون خالية من المواد الطيارة أو السامة.

6- أن تكون غير قابلة للاحتراق بدرجة عالية.

حالياً تم تصنيع المخازن المبردة بهيئة بناء جاهز، اذ تكون الجدران والسقوف والأرضيات على هيئة قطع يتم ترتيبها حسب تصميم ذلك المخزن وحسب المواد الغذائية المخزنة.

أغراض أو فوائد الخزن بالتبريد

1- تقليل أو منع عملية النتح أوفقدان الرطوبة من المحاصيل المخزونة وذلك بتقليل الفرق في ضغط بخار الماء بين الثمار وهواء المخزن. وتعد الحرارة والرطوبة النسبية وضغط بخار الماء من أهم العوامل المؤثرة على النتح.

2- تقليل عملية التنفس وذلك بخزن الثمار في جو هواء معدل تقل نسبة الأوكسجين وتزيد نسبة ثاني أوكسيد الكربون، وان تهوية المخزن ضرورية لازالة حرارة التنفس.

3- منع التزريع والانبات وذلك بمنع نمو البراعم الساكنة التي تؤدي الى تدهور القيمة النوعية والغذائية للثمار بسرعة كما في البصل والثوم والبطاطا.

4- منع الاستطالة أثناء الخزن الناتجة عن نمو القمم النامية مثل الجزر والبنجر.

5- منع الاخضرار وخاصة عند تعريض درنات البطاطا الى الضوء أثناء الخزن وتكوين مادة سامة تسمى السولانين Solanine ولمنع تكوينها تخزن الثمار بالتبريد وتقليل الضوء.

6- منع استجابة الثمار المخزنة بصورة افقية للجاذبية الأرضية اذ تتجه قممها نحو الأعلى أو نحو الضوء اذ أن هذا يؤدي الى تشوه منظرها وتقليل قيمتها النوعية والتسويقية.

7 - تقليل انتشار الأحياء المجهرية المسببة للأمراض الفطرية والبكتيرية.

فوائد التبريد في مجال التصنيع الغذائي

هناك مجموعة كبيرة من الفوائد في مجال التصنيع الغذائي من خلال احداث بعض التغيرات المرغوبة ومن هذه الفوائد:

1- تسهيل تقطيع اللحم.

2- تسهيل تقشير ثمار الخوخ قبل التعليب.

3- انضاج الأجبان واللحوم .

4- تقليل الطعم المر في عصائر الحمضيات.

5- تسهيل ذوبان غاز CO_2 في صناعة المشروبات الغازية.

6- صناعة أنواع خاصة من الزيوت ذات نقاوة عالية تسمى زيوت السلطات من خلال اجراء خطوة التشتية Winterization وازالة الكليسيريدات ذات درجات الانصهار العالية من خلال التبريد المتكرر.

أضرار الخزن التبريد

تصاب بها بعض أنواع الثمار خاصة ذات المنشأ الاستوائي اذ تمتاز بالحساسية الشديدة لدرجات الحرارة المنخفضة، مثلاً يصاب الفلفل الأخضر بضرر التبريد اذا خزن في ظروف أقل من 7°م وهذه الأضرار تكون واضحة مثل اسمرار اللب والانسلاق اللين soft scaldوالتبقع المر، وتقاس نسبة الاصابة بهذه الأضرار عند الخزن في 10 أو 20°م قبل الخزن المبرد.

التبقع المر Bitter Pit: هو ظهور بقع على الثمار وهي على الأشجار أو عند الخزن المبرد وهذا يشير الى انخفاض مستوى الكالسيوم في الثمار.

الانسلاق اللين Soft Scald: وهو تلون بني سطحي غير منتظم على قشرة الثمرة ويمكن أن يمتد الى اللب.

الانهيار المائي Soggy break down: هي تكون حلقة بنية طرية ذات خلايا بنفسجية وغالباً ما يرتبط بظهور أعراض الانسلاق اللين أو بدونه.

ان آلية تطور أعراض الأمراض السابقة قد تعزى الى أكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة الموجودة في اللبيدات السطحية وتحولها الى الهيكسانول Hexanol مما يؤدي الى زيادة تركيزه، أو نتيجة حصول تنفس غير طبيعي كرد فعل على انخفاض درجات حرارة الخزن.

طبقت دراسة على ثمار التفاح الأمريكي صنف Hung Kreesby لغرض تأخير التبريد لمدة اسبوع وتحت درجة حرارة 10°م لكي تزيد من نسب الاصابة بهذه الأمراض لغرض عزل الثمار المصابة قبل الخزن، الا انه وجد انخفاض نسبة الاصابة بهذه الأمراض.

ان تأخير تبريد ثمار التفاح وتعريضها لدرجات خزن عالية غير مرغوب لأنه يسبب زيادة في طراوة الثمار وفقدان القيمة الغذائية والتسويقية لها، ويمتاز هذا الصنف بدرجة صلابة عالية ولفترات طويلة بالتبريد لذلك بالامكان تطبيق نتائج التجربة هذه على أصناف أخرى من التفاح أو ثمار اخرى استوائية.

المحاضرة السادسة

قابلية المحاصيل على التلف

تقسم المحاصيل حسب قابليتها على التلف عند الخزن الى الأقسام الاتية:

1- محاصيل سريعة التلف Highly Perishable: تشمل المحاصيل التي تمتاز بسرعة تلفها، اذ انها لاتتحمل التخزين الا لفترة قصيرة، فضلاً عن أنها لاتتحمل عمليات الاعداد والشحن وتشمل الشليك والمشمش والتين ومحاصيل الخضر الورقية والزهرية. بصورة عامة فان فترة الخزن تتراوح من 14-21 يوماً، وتمتاز الثمار السريعة والمتوسطة التلف باحتواءها على نسبة عالية من الرطوبة وانها تنضج وهي على النبات ولايمكن قطفها أو محاولة انضاجها صناعياً على عكس المحاصيل بطيئة التلف.

2- محاصيل متوسطة التلف Moderately Perishable: تشمل المحاصيل التي تمتاز بسرعة تلف متوسطة وتتحمل عمليات النقل والاعداد وتشمل محاصيل العنب والبطيخ والطماطة وبالامكان حفظ هذه المحاصيل لمدة 4-8 أسابيع تحت ظروف التخزين المثالية.

3- **محاصيل بطيئة التلف Low or Non Perishable:** تمتاز هذه المحاصيل بطول فترة تخزينها، اذ بالإمكان تخزينها لعدة شهور وتشمل التفاح والرمان وثمار النقل وكذلك البطاطا والبصل.

التنفس وعلاقته بالنضج والتخزين

ان عملية التنفس عبارة عن أكسدة المواد الغذائية المخزونة كالكربوهيدرات والبروتينات والدهون وغيرها الى مواد بسيطة وتحرير طاقة حرارية. وبعد قطف الثمار تبقى خلاياها حية اي تقوم بالعمليات الحيوية كالتنفس وتستمر في القيام بهذه العمليات الحيوية طالما هناك مواد غذائية مخزنة في داخلها.

وقد يكون التنفس هوائي بوجود اوكسجين الهواء اذ أنه يدخل الى داخل الثمار أو الأنسجة النباتية من خلال الفتحات الطبيعية وبذلك يذوب في محلول الخلية وبذلك يأخذ التفاعل مجراه الطبيعي، اذ تتحرر كمية عالية من الطاقة مقدارها 686 كيلو سعرة لكل جزيئ واحد من الكلوكوز وكما موضح في المعادلة التالية:

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{energy (686 K. Cal.)}$$

هذه العملية تسمى glycolysis التي يتحول فيها الكلوكوز بعد سلسلة من التفاعلات الى pyruvic acid والذي يتحول الى Acetyl -Co- A التي تدخل دورة كريبس وتجرى عدة تفاعلات تحتاج الى الاوكسجين وفي النهاية يتحرر من هذه الدورة غاز CO_2وطاقة وماء.

ويلاحظ أن هنالك تبادل مستمر بين الأوكسجين الذي يدخل الى داخل الخلية وغاز ثاني أوكسيد الكربون الذي يتحرر من الخلية، أما اذا لم يكن غاز O_2 متوفر فان عملية التنفس الهوائي لا تأخذ مجراها الطبيعي لذا فان حامض البيروفيك يدخل في تفاعل آخر في عملية التنفس اللاهوائي الذي يؤدي الى تكوين الكحول الأثيلي وكما موضح في المعادلة التالية:

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 6C_2H_5OH + 2CO_2 + \text{energy (24 K. Cal.)}$$

من هذه العملية يتحول حامض البيروفيك بعد سلسلة من التفاعلات الى Acetaldehyde وتحرير غاز CO_2 ويتحول الاسيتالديهايد الى كحول أثيلي، ولهذا السبب تظهر روائح غير مقبولة في الثمار واذا أصبح تركيز الكحول عالي داخل الخلايا فانه سيتسبب في قتلها وتلف الثمار. ولتفادي حصول التنفس اللاهوائي يستوجب توفير غاز الاوكسجين للثمار بعد الحصاد والذي تعتمد كميته على درجة الحرارة التي تؤثر على سرعة التفاعل لضمان حصول تنفس هوائي.

معامل التنفس: وهو عدد الأوزان الجزيئية (مول) من غاز CO_2 التي تتحرر نتيجة عملية التنفس مقسومة على الأوزان الجزيئية من غاز O_2 التي يحتاجها في عملية التنفس.

اذا كانت قيمة معامل التنفس 1 فهذا يعني أن المادة المستهلكة في التنفس هي مواد كربوهيدراتية، أما اذا كانت القيمة أقل من 1 فهذا يعني أن المواد المستهلكة اما مواد كحولية أو مواد دهنية مثل حامض اللينولينيك، أما اذا كان معامل التنفس أكثر من 1 فهذا يعني أن المواد المستهلكة أحماض عضوية أو قد توقف التنفس الهوائي وتحول الى لاهوائي.

ظاهرة الكلايمكتيريك وعلاقتها بنضج الثمار

وجد اختلافاً كبيراً في سرعة تنفس الثمار في المراحل الأولى من عمر الثمرة ومع تقدمها في النمو، اذ تكون سرعة التنفس عالية في المراحل الأولى لكنها تبدأ بالانخفاض وتستمر الى حين اكتمال نمو الثمار، لكن وجد بعد ذلك حصول ارتفاع مفاجئ في سرعة التنفس في مرحلة النضج حتى يصل الى أعلى ذروة ومن ثم تنخفض مرة أخرى وتستمر بالانخفاض لحين الوصول الى مرحلة الشيخوخة وسمي هذا الارتفاع المفاجئ في سرعة التنفس في مرحلة النضج نتيجة التغير في بروتوبلازم الخلايا بظاهرة الكلايمكتيريك Climacteric.

وتعد سرعة التنفس أفضل دليل على الفعالية الحيوية للثمار وهي التي تحدد مدة خزن الثمار. فعند قياس نسبة الاوكسجين المستهلك أو ثاني اوكسيد الكربون الناتج من عملية التنفس فان سرعة التنفس تكون أعلى مايمكن في فترة انقسام الخلايا الى أن تصل الى أقل قيمة عند اكتمال النمو فسيولوجياً. ان التغير في سرعة التنفس يختلف حسب نوع الثمار ففي التفاح مثلاً يحدث ارتفاع مفاجئ في التنفس عند دخول الثمار مرحلة النضج في حين تستمر سرعة التنفس بالانخفاض في أنواع أخرى من الثمار مثل الحمضيات، وكلما كانت سرعة التنفس عالية كانت فترة خزن الثمار قصيرة، وفيما يلي جدول يوضح سرعة تنفس مجموعة من الثمار:

المحصول	سرعة التنفس CO_2 مل/ كغم ثمار في ١٥°م
التفاح	٢٥
موز غير ناضج	٤٥
موز ناضج	٢٠٠
الخوخ	٥٠
الليمون	٢٠
العنب	١٦
البطاطا	٨
الخس	٢٠٠

اذن الغاية من خزن الثمار في درجة حرارة منخفضة جداً وقريبة من الصفر المئوي واستعمال هواء معدل أي يحوي على نسبة قليلة من الاوكسجين مع زيادة نسبة ثاني اوكسيد الكربون أو النتروجين هو اطالة الوقت الذي تصل فيه الثمار الى هذه المرحلة، فضلاً عن التقليل من ارتفاع ذروة الكلايمكتيريك وبالتالي اطالة عمر الثمار في المخزن. تفيد معرفة الثمار الكلايمكتيرية في عملية التصدير فقد تقطف ثمار الطماطة المعدة للتصدير وهي في مرحلة يكون اللون فيها أخضر أي أنها لم تصل الى مرحلة الكلايمكتيريك.

مراحل الكلايمكتيريك

1- مرحلة ماقبل الكلايمكتيريك .Pre-Climacteric Stage.

2- قمة الكلايمكتيريك Climacteric Peak.

3- مرحلة مابعد الكلايمكتيريك Post- Climacteric Stage: والشكل التالي يوضح معدل النمو وسرعة التنفس النسبي للثمار في مراحل تكوينها المختلفة.

على أساس هذه الظاهرة تقسم الثمار الى مجموعتين

أ- ثمار تحدث فيها ظاهرة الكلايمكتيريك مثل التفاح والمشمش والموز والافوكادو والعنب.

ب- ثمار لاتحدث فيها ظاهرة الكلايمكتيريك مثل الكرز والخيار والتين والليمون والكريب فروت.

العوامل التي تؤثر على سرعة التنفس

1- الحرارة: تتكون الثمار من مجموعة من الأنسجة الحية التي تعمل في حدود معينة من درجات الحرارة والتي تختلف حسب نوع المحصول وخارج هذه الحدود تحصل أضرار فسيولوجية، وهناك درجات حرارة عليا ودنيا للثمار المخزنة فمثلاً تكون درجة الحرارة الدنيا لخزن الموز هي أقل من11°م في حين يتحمل التفاح والكمثرى والبصل التخزين على درجة حرارة الصفر المئوي. من هذا يمكن القول أن سرعة التنفس تزداد زيادة طردية مع ارتفاع درجة الحرارة وخاصة بين درجتي حرارة 5-20°م بعدها تبدأ سرعة التنفس بالانخفاض.

2- تركيز غاز الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون: ان غاز O2ضروري لعملية التنفس الهوائي وهو يعمل على زيادة سرعة التنفس ونتيجة لعملية التنفس يتحرر غاز CO2الذي يخفض من سرعة التنفس وان تركيز هذين الغازين في الجو المحيط بالثمار وغرف التخزين يؤثران في سرعة التنفس.

3- غاز الأثيلين: تؤثر المعاملة بغاز الأثيلين على زيادة سرعة التنفس كما في ثمار البرتقال والليمون وبذلك يحدث ارتفاع كلايمكتيري فيها.

4- نوع المحصول أو الثمار: تختلف المحاصيل أو الثمار في سرعة تنفسها وهذا له علاقة بمدة التخزين، اذ كلما كانت سرعة تنفس الثمار عالية كلما قلت مدة التخزين وبالعكس. **على هذا الأساس تقسم المحاصيل الى 3 مجاميع:**

أ- **محاصيل ذات سرعة تنفس منخفضة:** مثل البطاطا والبصل والثوم والشلغم والتفاح.

ب- **محاصيل ذات سرعة تنفس متوسطة:** مثل الموز والحمضيات والكمثرى والطماطة والخيار والفلفل.

ج- **محاصيل ذات سرعة تنفس مرتفعة:** مثل البروكلي والبزاليا والشليك والافوكادو والخوخ.

5- درجة النضج: ان سرعة التنفس تختلف حسب مراحل النمو ومراحل النضج ، فيكون معدل سرعة تنفس الثمار غير مكتملة النمو أعلى من الثمار مكتملة النمو وان معدل سرعة تنفس الثمار وهي في مرحلة الكلايمكتيريك أعلى من قبل أو بعد تلك المرحلة.

6- الأضرار الميكانيكية: ان حصول أضرار في الثمار أثناء القطف والشحن والتخزين يؤدي الى زيادة سرعة التنفس وبالتالي تدهور الثمار.

7- تأثير منظمات النمو (مثل غاز الاثيلين): يتوقف تأثير منظمات النمو على نوع المحصول ونوع وتركيز وطريقة استخدام منظم النمو. هناك مواد مثبطة للنمو أو الانبات مثل ماليك هيدرازايد يؤدي الى وقف انبات البصل عند التخزين.

ميكانيكية النضج: هناك ثلاث معاملات تؤدي الى تحفيز حدوث النضج في الثمار وهي:

1- قطف الثمار: تبدأ عملية نضج ثمار الأفوكادو مباشرة بعد القطف ويمكن اسراع انضاج بعض أنواع ثمار التفاحيات بعد قطفها، من هذا يمكن القول أن عملية قطف الثمار تؤدي الى اسراع النضج. وان ميكانيكية النضج تتحدد بالفركتوز الموجود في سايتوبلازم الخلايا الذي يختفي منه مع الارتفاع الكلايمكتيري وزيادة سرعة التنفس.

2- تعريض الثمار لبعض الغازات: وجد أن المعاملة بالغازات الهيدروكربونية غير المشبعة مثل غاز الأثيلين تؤدي الى تحفيز عملية النضج خاصة وان غاز الأثيلين ينتج طبيعياً من الثمار عند النضج، ان معاملة ثمار الحمضيات بغاز الأثيلين يؤدي الى حصول ارتفاع كلايمكتيري (زيادة سرعة التنفس).

3- تزويد الثمار ببعض المواد التي تشترك في التفاعلات الحيوية: ان اضافة بعض المواد ضرورية لعملية التنفس فمثلاً اضافة مادة الكحول المثيلي الى ثمار الكاكي يؤدي الى تحفيز حدوث الكلايمكتيريك. ان هذه المواد الكيميائية تلعب دوراً مهماً في عملية النضج عن طريق اشتراكها في التغيرات الحيوية الداخلية.

قياس سرعة تنفس الثمار

تقاس سرعة تنفس الثمار اما بتقدير معدل استهلاك غاز O_2 أو معدل انتاج CO_2 والأخير هو المتبع لان الطرق الكيميائية والفيزيائية للتحليل أكثر سهولة.

طرق قياس كمية غاز CO_2 الناتج

1- الطريقة اللونية: يتم امرار تيار هواء خلال محلول بيكربونات الصوديوم الحاوي على دليل البروموثايمول بلو Bromothymol Blueوهي صبغة حساسة للتغير الحاصل في الـ pH. تقاس نسبة CO2من خلال قياس نسبة الضوء العابر من جهاز المطياف Spectrophotometerعلى طول موجي 615 نانوميتر ويتم مقارنة النتائج مع منحنى قياسي.

$$CO_2 \longrightarrow CO_2 + (H_2O) \longrightarrow H_2CO_3$$

$$H_2CO_3 \longrightarrow H^+ + HCO_3^-$$

حامض قلق

2- الطريقة الكمية: تعتمد على امتصاص غاز CO2الناتج من الثمار مباشرة بواسطة أحد القواعد مثل NaOHأو هيدروكسيد الباريوم Ba(OH)2، اذ توضع الثمار في حيز مغلق أو مفتوح مسيطر عليه بحيث يسمح لغاز CO2الناتج من تنفس الثمار بالمرور خلال هيدروكسيد الباريوم فيتكون راسب أبيض، يعادل السائل المتبقي مع حامض HCLودليل الفينولفثالين وتحسب الكمية.

3- الطريقة الكهربائية: وهي مشابهة للطريقة الكمية، اذ تقاس كمية غاز CO2الممتصة في المادة القاعدية باستخدام جهاز يقيس مقدار التوصيل الكهربائي للقاعدة قبل وبعد الامتصاص للغاز.

4- طريقة الفصل الكروماتوكرافي للغازات: تعتمد هذه الطريقة على فصل مخاليط الغازات، اذ عند تسخينها على درجة حرارة مرتفعة يفصل كل غاز استناداً وزنه الجزيئي ثم يقدر كل غاز على حدة لوحده مع عينات ثابتة لكل غاز وهي طريقة دقيقة. ومن عيوبها انها تقدر كمية الغازات في حيز مغلق بحيث يصعب قياس الغازات CO2 و O2على فترات متتالية أثناء التخزين.

5- طريقة التحليل بالأشعة تحت الحمراء (Infra-Red Analysis: الطول الموجي من 0.7-1000ميكروميتر): وهي طريقة حديثة لقياس غاز CO2، وتعتمد هذه الطريقة على أن امتصاص أي مركب للأشعة تحت الحمراء يعتمد على نوع الجزيئي ونوع الروابط بين الذرات الداخلة في تركيب هذا الجزيئي. فمثلاً يمكن قياس غاز CO2في مزيج من الغازات عن طريق قياس امتصاصه بواسطة مكثف كهربائي موجود في جهاز spectrophotometerعلى طول موجي 2-2.7 – 4.25-14 ميكروميتر.

المحاضرة السابعة

طرق قياس غاز O_2 المستهلك في عملية التنفس:

1- جهاز تحليل الغازات: يمكن قياس غاز الأوكسجين بجهاز هوالدن لتحليل الغازات في غرف التخزين باستخدام جهاز يحوي محلول مركب من جزء من مادة البيروكالول وجزء من هيدروكسيد الصوديوم وثلاثون جزء من الماء اذ يمتص غاز CO_2في محلول هيدروكسيد الصوديوم وتؤخذ القراءة ويمتص غاز O_2في محلول البيروكالول وتؤخذ القراءة أيضاً.

2- الطريقة البارامغناطيسية: اساس هذه الطريقة هو اعتمادها على انجذاب غاز O_2 في مجال ممغنط في حين معظم الغازات لاتمغنط وتسجل كمية الاوكسجين الممتصة في عملية التنفس وتحسب سرعة التنفس كالاتي:

سرعة التنفس مليلتر اوكسجين /كغم/ساعة= التغير في كمية الاوكسجين × معدل مرور الهواء (لتر/ساعة)

وزن الثمار (كغم)

3- الطريقة المانومترية: تستخدم لقياس غاز O_2المستهلك أو غاز CO_2الناتج من عملية التنفس بواسطة جهاز Warburgومن عيوب هذه الطريقة لاتستعمل لكامل الثمرة بل شرائح منها، واساس هذه الطريقة هو أنه تحت حرارة ثابتة وحجم معين يمكن تقدير النقصان في غاز O_2أو الزيادة في غاز CO_2وذلك عن طريق قياس التغيرات في الضغط على اساس العلاقة بين الحجم والضغط.

اساس عملية التبريد

ان أساس عملية التبريد هو استعمال سوائل أو غازات التبريد التي تعد سوائل تتبخر عند تقليل الضغط عليها مثل غاز الأمونيا والفريون. وتعتمد العملية على استخدام الحرارة الكامنة للسوائل المتبخرة التي تمتص جزء من حرارة هواء المخزن عند تبخرها، وتختلف كمية الحرارة الممتصة باختلاف الحرارة الكامنة لتلك السوائل ومن ثم يعاد تحويل الغازات المتبخرة الى سائل بتسليط ضغط عالي عليها والاستفادة منها مرة ثانية.

طرق التبريد أثناء الشحن

هناك العديد من طرق التبريد أثناء الشحن منها:

1- التبريد بالثلج. 2- التبريد بخليط الثلج والملح. 3- التبريد بالثلج الجاف.

4- التبريد بالغازات السائلة. 5- التبريد الميكانيكي.

التبريد بالثلج: يعد الثلج من وسائل تبريد الثمار أثناء الشحن ويضاف بشكل مجروش في أعلى حمولة الشاحنة وهذا يعرف بـ Top-icing.

مميزات هذه الطريقة: أن الباوند الواحد (453.663غم) من الثلج عند ذوبانه يمتص 144 سعرة حرارية، فضلاً عن رفع نسبة الرطوبة داخل الشاحنة مما يمنع ذبول المحاصيل.

عيوب هذه الطريقة

أ- انها لاتصلح للمناطق البعيدة جداً لأن الثلج يكون معرض للذوبان.

ب- ان كمية الثلج المضافة تساوي ربع حمولة الشاحنة مما يزيد من كلفة الشحن (الثلج يأخذ حيزاً كبيراً من الشاحنة).

التبريد بالثلج والملح: في هذه الطريقة يوضع خليط الثلج والملح في صناديق خاصة تسمح للهواء بالمرور من خلالها.

مميزات هذه الطريقة: ان الثلج لايذوب بسرعة لأن اضافة الملح تعمل على خفض درجة حرارة الانجماد وبذلك يقل الانجماد. وفيما يلي جدول يبين انخفاض درجة حرارة الخليط كلما زاد مقدار الملح في الخليط.

نسبة الملح في الخليط	درجة حرارة الخليط °ف
صفر	٣٢
٥	٢٧
١٠	٢٠
١٥	١١
٢٠	٥

عيوب هذه الطريقة

أ- كفاءتها قليلة.

ب- تحتاج الى أيدي عاملة لتحضير خليط الثلج مع الملح.

ج- تشغل الصناديق جزءاً من حمولة الشاحنة.

د- قد يؤدي وجود الملح والثلج الى تلف وتآكل هيكل الشاحنة.

التبريد باستعمال الغازات السائلة

يستعمل في هذه الطريقة غاز CO_2أو Nالسائل المعبأ في اسطوانات كبيرة تحت ضغط عالٍ، اذ يحصل التبريد بضخ الغاز السائل بهيئة نافورات موزعة بانتظام في سقف الشاحنة. ويجب أن تكون كمية الغازات التي تضخ معتدلة لكي لاتسبب ظهور نكهات غير مرغوبة في المحاصيل.

وجد أن ارتفاع تركيز غاز CO_2في داخل الشاحنة يمنع نمو الأحياء المجهرية وبالأخص الفطريات المسببة للتلف أو التفسخ أثناء الشحن. وتعد من الطرق الجيدة في التبريد لكنها لاتخلو من **مساوئ أو عيوب أهمها:**

أ- مكلفة بسبب كلفة الغاز المسال.

ب- تحتاج الى توفر مراوح داخل الشاحنة تنظم توزيع الغاز بشكل متساوي.

ج- تحتاج الى توفر عجلة اضافية تحوي قناني من الغازات السائلة تابعة للشاحنة.

التبريد باستعمال الثلج الجاف

ان الثلج الجاف هو ثاني أوكسيد الكربون الصلب المتسامي عند الذوبان. في هذه الطريقة ينثر الثلج الجاف في أرضية الشاحنة الذي يتحول الى غاز مباشرة عند ذوبانه فيمتص الحرارة المتولدة من تبخر الثمار وبذلك تبرد الثمار بسرعة فائقة؛ لأن درجة حرارة تبخر غاز CO_2هي −109 ºف.

عيوب التبريد بالثلج الجاف:

أ- ثقل وزن غاز CO_2الصلب الجاف.

ب- يتراكم الغاز البارد أسفل حمولة الشاحنة مما يؤدي الى انخفاض درجة الحرارة الى أقل من المطلوب مما يؤدي الى تجمد الطبقات السفلية. ويمكن معالجة هذه الحالة بتوفير مراوح لتوزيع الغاز.

ج- صعوبة السيطرة على درجات الحرارة المنخفضة لتقليل الأضرار الفسلجية التي يمكن أن تحصل.

التبريد الميكانيكي

تعد هذه الطريقة سهلة عند شحن الثمار التي تحتاج الى توفر وحدة التبريد الميكانيكي، اذ يستوجب توفير مولدات كهربائية كمصدر للطاقة اللازمة لتشغيل أجهزة التبريد وتكون ملحقة داخل الشاحنة مع الحمولة لغرض التبريد. ويجب عدم اطفاء المحرك حتى أثناء التوقفات الطويلة لأن ايقاف المحرك سيؤدي الى قطع التيار الكهربائي الذي يؤدي الى تلف المحاصيل خاصة عند ارتفاع درجات حرارة المحيط الخارجي. عند النقل بالبواخر هناك غرف مبردة لهذا الغرض ومولدات كهربائية ملحقة بالبواخر.

تلف الأغذية المحفوظة بالتبريد: تصيب الثمار والأغذية المحفوظة بالتبريد أنواع تلف مختلفة منها:

أولاً: التلف بالرطوبة والجفاف:

تعد من عوامل التلف المهمة فمثلاً زيادة الرطوبة النسبية في المخازن تؤدي الى تشجيع نمو الأحياء المجهرية وخصوصاً الأعفان، في حين أن انخفاض الرطوبة يؤدي الى الانكماش والذبول.

وتسبب الرطوبة العالية تغيرات اخرى في مظهر المادة الغذائية وتؤدي الى:

1- التكتل clumping: وفيها يتحول الغذاء الى كتلة واحدة.

2- التميؤ.hydration.

3- انخفاض اللزوجة.

ليس شرط أن تأتي الرطوبة الزائدة من الخارج وانما قد تأتي عن طريق التنفس والتبخر أو النتح ففي العبوات الحاوية على الفواكه أو الخضراوات وهذه العلب غير منفذة للرطوبة، إذ تتساقط الرطوبة على شكل قطرات على السطح العلوي للثمار وبالتالي تشجع نمو الأحياء المجهرية، أما في بعض الأغذية المصنعة مثل العسل أو عصير التمر(الدبس) الموضوعة في علب عند الخزن في درجات حرارة عالية فإنها تتبخر داخل العلبة وتتجمع الأبخرة في الفراغ الرأسي وعند انخفاض الحرارة تتكثف وتسقط على السطح العلوي وتقلل من تركيزها وبهذا تتوفر الامكانية لنمو الخمائر الملوثة للأغذية.

ثانياً: التلف بأيونات المعادن

قد يترسب الحديد الموجود في الأغذية المعلبة عند خزنها لفترات طويلة ويؤدي الى حدوث تغيرات في لون الغذاء، اذ يتحد الحديد مع المواد التانينية (الفينولية) مكوناً تانينات الحديد ذو اللون الأسمر الغامق، أو قد يتفاعل مع الكلوروفيل مكوناً مواد غامقة اللون، أو قد يتفاعل مع الأغذية الكبريتية ويكون كبريتيد الحديد ذو اللون الأسود. وقد يؤدي القصدير Sn المتسرب من مادة الطلاء الداخلي للعلبة الذي يعمل كمادة واقية الى فقدان الوان بعض الصبغات مثل الانثوسيانين.

رابعاً: التلف بالضوء

يساعد الضوء على بدء التفاعلات التأكسدية من خلال توفير الطاقة لهذه التفاعلات مثل تفاعلات أكسدة الدهون ومواد النكهة، فضلاً عن أنه يؤدي الى اتلاف بعض الفيتامينات منها Aو B1و C وتحدث هذه الحالة للحليب السائل المخزن اذ تتطور فيه النكهات نتيجة تعرضه للضوء. الجدول التالي يوضح تلف كثير من الثمار عند التبريد بدرجات حرارة تتراوح من الصفر المئوي الى درجة الحرارة المأمونة.

درجة الحرارة المأمونة: هي أقل درجة حرارية يمكن الحفظ عندها بالتبريد دون حدوث أي صفات للتلف وتختلف هذه الدرجة من ثمرة الى أخرى.

نوع الثمرة	أقل درجة حرارة مئوية يمكن الحفظ عندها (الحرارة المأمونة)	صفات التلف عند الخزن بين الصفر المئوي والحرارة المأمونة
الليمون الحلو	١٣-١٤°م	تغيرات لونية داخلية
الليمون الحلو	٧°م	تبقع
الرقي	٢°م	تبقع ونكهة غير مرغوبة
الباميا	٥°م	تغيرات لونية وتبقع وذبول
الموز	١٣°م	اللون المعتم البني
التفاح	١-٢°م	اسمرار داخلي وتشبع بالماء
الزيتون الناضج	٧°م	اسمرار داخلي
الطماطة الناضجة	٣°م	تحلل
الفلفل الحلو	٧°م	تبقع وتغير في اللون عند العنق

حرارة الحقل: وهي كمية الحرارة التي تنتقل من الحقل الى المخازن المبردة والتي اكتسبها المحصول من الشمس وتزول خلال الأيام الاولى من الخزن.

درجة الحرارة التي يجب أن تخزن عليها الثمار= درجة حرارة الحقل(للثمار) – درجة حرارة غرف التبريد

85°ف – 50°ف = 35°ف

تكون درجة حرارة المخزن متقلبة وغير ثابتة خلال الثلاث أيام الأولى من الخزن لكنها تثبت بعد هذه الفترة وبذلك يتم الحصول على درجة حرارة ثابتة وعندها تجرى حسابات حمولة التبريد.

الحرارة الابتدائية: هي الحرارة التي تكون عليها الثمار عندما تدخل المخزن.

الحرارة النهائية: هي الحرارة التي تكون عليها الثمار عندما تخرج من المخزن.

الحرارة الحيوية Biological heat: هي الحرارة الناتجة عن التنفس أو حرارة المواد العضوية بعملية التنفس. أو قد تعرف على أنها الحرارة الناتجة عن التنفس وتعد جزء مهم من حمولة التبريد التي يجب التخلص منها عن طريق أجهزة التبريد.

الحرارة الحيوية: هي عدد ملي غرامات من غاز CO_2 الناتجة من كغم واحد من المحصول خلال فترة زمنية أقلها ساعة واحدة لذلك وحدتها هي $CO_2mg/Kg/hr.$.

الحرارة الحيوية = سرعة التنفس × 220 معامل ثابت

معامل ثابت 220× 86.3 ناتجة من تحويل عدد السعرات الحرارية × 2.55

ناتجة من تحويل سرعة التنفس لكغم من المحصول الى وحدات الحرارة البريطانية الناتجة

من طن من المحصول الى حرارة مقدرة بعدد السعرات لكل كغم في الساعة أي انتاج CO_2 .

طرق قياس الحرارة الحيوية: تقاس الحرارة الحيوية بعدة طرق أهمها:

1- قياس كمية غاز Co_2 الناتجة عن التنفس.

2- قياس كمية غاز O_2 المستهلكة.

3- قياسها باستخدام المسعر الحراري من خلال قياس عدد الوحدات البريطانية التي ينتجها الطن الواحد من المحصول.

المحاضرة الثامنة

حسابات الأحمال الحرارية لعمليات التبريد السريع والتخزين المبرد

تعد حسابات أحمال التبريد لغرف التبريد ولعمليات التبريد السريع بنظام الهواء أكثر ملائمة، وشيوعا وتطبيقا للمنتجات المختلفة في الدول العربية. ويعد التبريد بالماء وسيلة من وسائل التبريد السريع الذي يتطلب نظام تبريد ميكانيكي أكبر حجما من نظم غرف التبريد أو بالهواء المدفوع مما يعني زيادة التكلفة لنظام التبريد بالماء بالمقارنة بالنظم الأخرى.

هنا سنعرض تفصيلياً حساب حجم معدات التبريد المطلوبة وكذلك قدرة المراوح اللازمة، والسعة التبريدية لغرف التبريد التي هي مجموع الأحمال الحرارية الواجب إزالتها من حيز التبريد للوصول الى درجة الحرارة النهائية المرغوبة للمنتج في زمن محدد ووفقا لظروف التعبئة الخاصة به.

للتبريد السريع يكون الحمل الحراري وبصورة أساسية عبارة عن:

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

من المهم أن يكون لحجم وسعة معدات التبريد القدرة على إزالة الأحمال الحرارية الكلية من النظام وليس فقط الحمل الحراري للمنتج. ولهذا فإن التبريد السريع بالهواء المضغوط أو المدفوع يتطلب قدرا أكبر من السعة التبريدية لإزالة حرارة المروحة والأحمال الاضافية. هذه السعة ليست متاحة لتبريد المنتج فعلى سبيل المثال فإنه ولنظام تبريد سريع ذو ضاغط وملف تبريد بسعة 50 كيلو واط فانه يوفر فقط 35 كيلو واط لتبريد المنتج فعلياً.

أن لزمن خفض درجة الحرارة تأثيرا مباشرا على القيمة التسويقية للثمار فمثلاً الفاكهة ذات النواة الحجرية فان مدة التبريد التي تستغرق ساعتين للوصول إلى 10°م يفقد المنتج 0,2من قيمته التسويقية في حين لو أستغرقت تلك الفترة 6 ساعات فإنها تفقده ثلاث أضعاف قيمته السابقة وهكذا لبقية خطوات التداول. في حال السيطرة على درجة الحرارة أثناء النقل لمحلات التجزئة) في عربات مبردة (فسيكون الفقد ضئيل جدا في القيمة التسويقية) من هنا تظهر أهمية عملية التبريد السريع بالمقارنة بتبريد الغرف العادية.

مكونات نظام التبريد السريع بدفع الهواء

يشتمل النظام على ما يلي:

1 –مروحة وملحقات دفع سريان الهواء. 2 –ستارة لتغطية نفق التبريد. 3 –نظام التبريد.

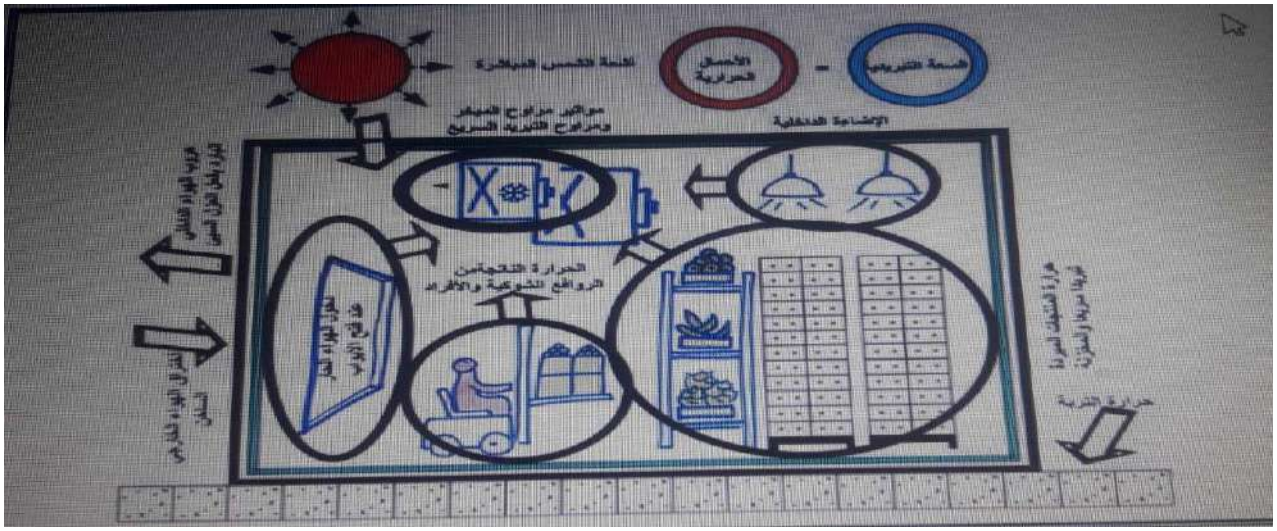
المصادر الحرارية

يوضح جدول (1) مصادر الحرارة المختلفة التي يجب أخذها في الاعتبار لتقدير الأحمال الحرارية الكلية سواء في غرف التبريد العادية أو لعمليات التبريد السريع. تشتمل تلك المصادر على حمل المنتج، الاضاءة، الماطورات، الروافع الشوكية، انتقال الحرارة عبر السقف والجدران والأرضية.

جدول(1): النسب المئوية لمكونات الحمل الحراري لغرف تبريد الحاصلات البستانية.

المصدر الحراري	٪ من الحمل الحراري الكلي
الحوائط	٣
الأرضية	١٥
السقف	١,٥
المنتج	٥٣
التنفس	١٣
إختراق الهواء الخارجي	١,٥
الحرارة الكامنه	٤
الماطورات	٢
الاضاءة	١,٥
العمالة	٠,٥
الروافع الشوكية	٥
الحمل الكلي	

يمثل حمل المنتج الحمل الأكبر اذ يوضح الجدول السابق توزيع الحمل الحراري في غرفة تبريد لحفظ الطماطة الخضراء على درجة حرارة 18°م وكانت درجة الحرارة الخارجية 35°م ولايوجد عزل بالأرضية، في حين كانت الجدران معزولة بسمك 10سم من مادة البوليوراثان. يتضح من الجدول أن الحمل الحراري للمنتج وفي حال غرف التبريد يمثل تقريبا 53% من الحمل الحراري الكلي، ويقدر من خلال تقدير السعة الكلية المرغوبة.



حساب الحمل الحراري للمنتج

في كل من التبريد بغرف التبريد العادية ومحطات التبريد السريع تكون حسابات الأحمال الحرارية واحدة والفارق هو زمن التبريد أو بمعنى آخر يكون الفارق هو الفترة الزمنية المرغوب الوصول خلالها لدرجة الحرارة النهائية للمنتج ومن ثم تنعكس على الحمل الحراري له. يتم تقدير الحمل الحراري للمنتج من خلال معرفة درجة حرارتة الابتدائية ودرجة حرارته النهائية المرغوب الوصول إليها في فترة زمنية معينة، فضلاً عن معرفة معدلات دخول كميات المنتج وخواصه الحرارية وتحديدا السعة الحرارية).

الحرارة النوعية: وهي خاصيه يمكن من خلالها تقدير كمية الحرارة اللازم سحبها من كغم واحد لخفض درجة حرارة المنتج درجة مئوية واحدة وتقاس كيلو جول/كغم/°م.

عند تحميل الغرفة بعبوات المنتج فإنها تنشر حرارتها في الغرفة، اذ ان المحتوى الرطوبي لغالبية الحاصلات البستانية عالي.

تكون خواص انتقال الحرارة للمنتجات سريعة التلف رديئة مما يبطئ من معدلات تبريدها، وتنتقل الحرارة من الحاويات المعدنية واليها بسرعة أكبر من بقية الانواع ومن ثم تنتقل لغرف التبريد العادية وهذا يستغرق أيام للوصول لدرجات الحرارة المرغوبة.

يعد الحمل الحراري للمنتج هو الحمل الرئيسي حيث يشكل أكثر من 50% يليه حمل المروحة. تستخدم العلاقة الاتية لتقدير الحمل الحراري للمنتج لعملية التبريد السريع:

الحمل الحراري للمنتج كيلو واط = CF×Cp×TD×W

CT ×7/8

فرق درجة الحرارة TD= هو الفرق بين درجة الحرارة الابتدائية ودرجة الحرارة النهائية المرغوب الوصول لها (°م)

W= وزن المنتج.(يعني كمية المنتج في كل دفعة لعملية التبريد السريع)كغم.

الحرارة النوعية (Cp) وتبلغ قيمتها 3,92،3,59،3,84 و3,80(كيلو جول/كغم/°م) لكل من الفراولة، العنب، المانجو والفاصوليا الخضراء على التوالي.

CT= (زمن التبريد بالساعة) هو الزمن اللازم للوصول إلى درجة حرارة تبريد المنتج الموصى بها.

CF= (معامل سريان حرارة التبريد).

حسابات الحمل الحراري للمروحة

يتطلب التبريد السريع معدلات سريان مرتفعة للهواء مما ينتج عنه ارتفاع مستوى استهلاك الطاقة. من الصعب دائما التنبؤ بالضاغط الكلي الاستاتيكي الذي يتعين على المروحة أن تبذل شغلاً معاكسا له. اذ يتأثر ضغط الهواء بالعديد من العوامل إلا أنه ولغالبية عمليات التبريد السريع يكون هذا الضاغط في حدود 375 باسكال.

يتم اختيار المروحة وفقا لكل من معدلات التدفق المطلوبة وفقا للضاغط وتكون في حدود 0,6 إلى 76 لتر/ثانية/كغم. ان زيادة معدلات تدفق الهواء يمكنها أن تخفض من زمن التبريد، لكن نسبة الخفض ليست خطية اذ يخشى أيضا مع زيادة معدلات الهواء المدفوع من الأثر التجفيفي على الثمار ولهذا

السبب يتم تركيب أجهزة تحكم في معدلات تدفق الهواء والتي تخفض من تلك المعدلات بطريقة تتناسب مع معدلات الخفض في درجة حرارة المنتج. يمكن تركيب تلك الاجهزة مع المراوح المركزية والعمودية والشائع استخدامها في عمليات التبريد السريع.

يتم تقدير الحمل الحراري للمروحة كما يلي:

$$\text{قدرة المروحة} = \frac{Q \times P}{\varepsilon \times 100}$$

قدرة المروحة المحسوبة هنا تكون بالكيلو واط، Q تعبر عن كمية الهواء المدفوع بوحدات م3/ثانية، p هي الضغط بوحدات الباسكال، ε هو كفاءة ماطور المروحة ويكون في حدود 0,4-0.7%.

تقدير الأحمال الحرارية الأخرى

تقدر الأحمال الحرارية الاخرى لعملية التبريد السريع بالهواء المدفوع بنسبة 20% من الحمل الحراري للمنتج بينما توجد توصية أخرى بإستخدام 25%، تشتمل تلك الأحمال الاخرى على العديد من المصادر والتي تعتبر ثانوية والتغير بها طفيف ولذا يمكن تقديرها كنسبة من حمل المنتج دون حدوث أخطاء جوهرية وهي تضمن ما يلي:

1 -الحمل الحراري الناتج من تسرب الهواء من السقف، الجدران، والأرضيات.

2 -الحمل الحراري الناتج من الاضاءة ووسائل النقل.

3 -الحمل الحراري الحيوي (تنفس الثمار).

4 -الحرارة الناتجة من مواد التعبئة.

بناء على ما سبق يكون الحمل الحراري الكلي لعملية التبريد السريع كما يلي:

$$\text{الحمل الحراري الكلي} = [TD \times w \times CF \times Cp \times 1.2] \times 7/8 \times CT + p \times q / 100 \times \varepsilon$$

تختلف حمولة التبريد من مخزن الى آخر ومن قاعة الى أخرى لأنها تتأثر بعوامل عديدة منها:

1- الظروف الجوية: وهي الظروف الجوية المحيطة بجو المخزن وموجات الحر والبرد.

2- نوع المحصول وكميته. 3- نوع المادة العازلة. 4- طبيعة تصميم المخزن.

*بالنسبة لنوع المحصول وكميته مثلاً التفاح يخزن على 5°م، في حين يخزن الموز على 12°م.

*ان أي خطأ في حسابات حمولة التبريد يسبب خسارة اقتصادية سواء في استهلاك الطاقة أو في المنتوج نفسه.

* حركة المحاصيل داخل المخزن تدخل ضمن حسابات التبريد فمثلاً اذا تم وضع 20 طن من الثمار في اليوم الأول، ففي اليوم الثاني يجب سحب نصف الكمية من المحصول. أي 10 طن وتحويلها الى قاعات أخرى لأن الثمار سوف تتنفس وترفع درجة حرارة المخزن.

* عدد مرات فتح وغلق باب المخزن يجب الانتباه اليها لأنه كلما زادت تأثرت درجة حرارة المخزن. ويجب أن تكون درجة الحرارة ثابتة قدر الامكان ± 0.5 كذلك يجب زيادة كفاءة أجهزة التبريد اذا كانت المخازن مملوءة

* يتم حساب كفاءة التبريد قبل انشاء المخازن أو قد يتم حساب سعة المخازن أو كمية الثمار التي ستوضع في المخزن، كذلك فان أجهزة التبريد يجب أن تكون كفاءتها عالية (يؤخذ بنظر الاعتبار توسيع المخزن) واذا لم يكن هناك تفكير في توسيع المخزن فالكفاءة يجب أن تكون متناسبة مع سعة أو حجم المخزن.

مثال: احسب حمولة التبريد وحدة التبريد الازمة لتبريد 2 طن من البرتقال (2000كغم) بحيث يتم سحب طن واحد منه واستبداله بطن آخر من الثمار غير المبردة يومياً، اذا علمت أن حرارة المخزن 40ف وحرارة الجو 85 °ف، علماً أن عملية التبريد تحصل في مدة زمنية أمدها 6 ساعات، وان الحرارة النوعية للبرتقال 0.9 BTU/ باوند/ °ف، وحرارة تنفس الثمار 1500 BTU/طن/ يوم مع اعتبار اضافة 20٪ من مجموع الحرارة المتسربة كأحتياطي طوارئ، علماً أن كمية الحرارة المتسربة 5.51BTU/طن/ ساعة.

حمولة التبريد= مجموعة الحرارة الواجب التخلص منها في جو المخزن

حرارة الحقل تحسب من :

$$Q = w \frac{\text{الوزن} \times Sh \text{ الحرارة النوعية} \times (T_1 \text{ حرارة الجو} - T_2 \text{ حرارة المخزن})}{\text{ساعة}}$$

حرارة الحقل (ساعة) = $\frac{2000 \times 0.9 \times (85-40)}{6}$ = 13.5 BTU/h

حرارة التنفس من معطيات السؤال محسوبة باليوم يجب أن تحول الى ساعة.

حرارة التنفس أو الحيوية = $\frac{1500}{24}$ = 62.5 BTU/h

كمية الحرارة الواجب التخلص منها في الساعة الواحدة من غرفة التبريد = 13.5+ 5.510+ 62.5 = 81.510 BTU/h

واجب

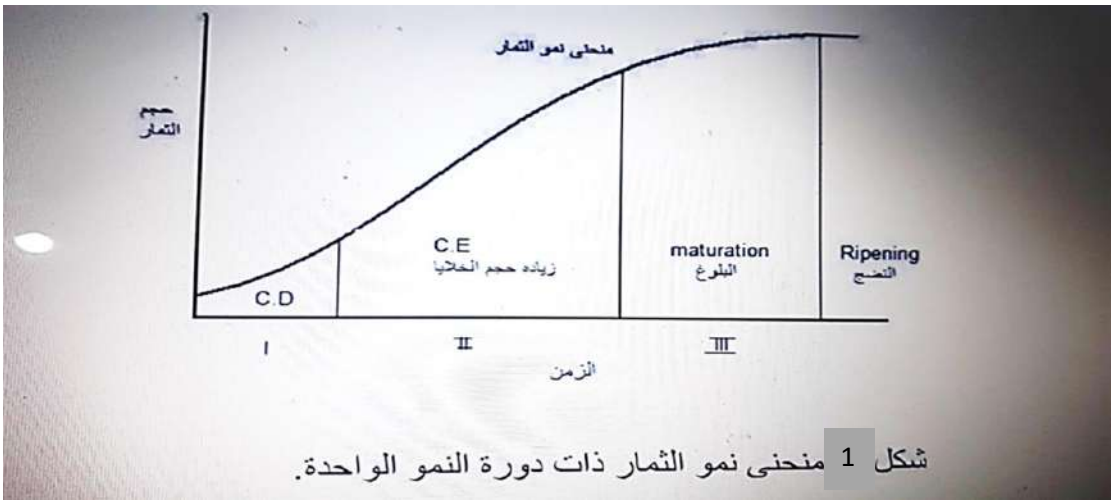
احسب الحرارة المنبعثة من المروحة، اذا علمت ان في المخزن مروحة تضخ الهواء بقوة 0,013م3/ثا وذلك لتدوير هواء المخزن والضغط هو 600 باسكال وكفاءة الماطور 0,7٪

المحاضرة 9

اقسام الثمار حسب نوع او شكل منحنى نمو الثمرة

أ- مجموعة الثمار ذو دورة النمو الواحدة

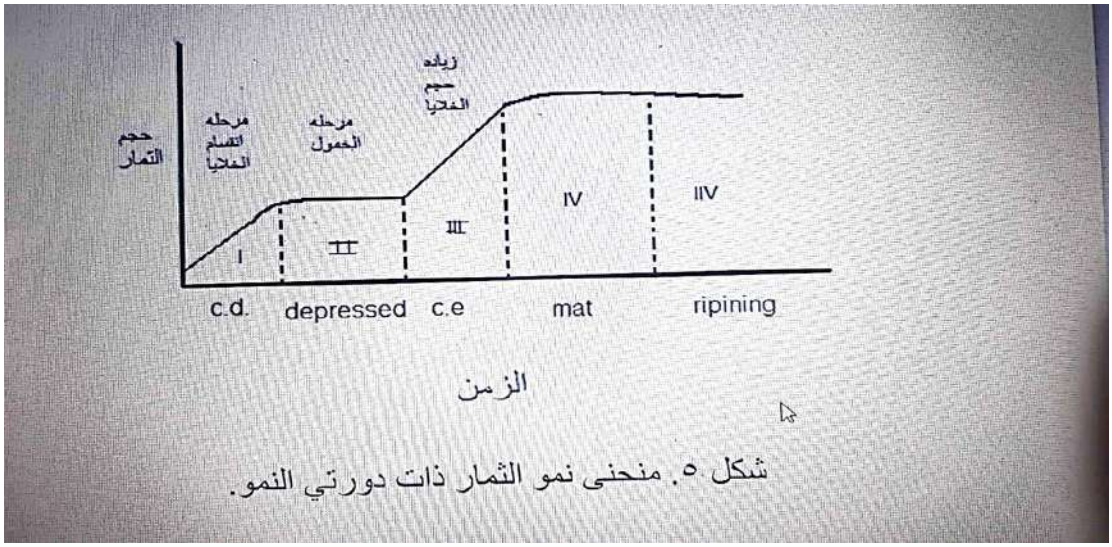
يكون فيها منحنى النمو ذو دوره واحده ويكون على شكل حرف S وتمثل التفاحيات والحمضيات والاناناس والطماطة والبزاليا وثمار العائلة القرعية ومعظم الخضروات ويتميز بوجود ثلاث مراحل هي مرحله انقسام الخلايا ومرحله الزيادة في حجم الخلايا ثم مرحله البلوغ (Maturation) والشكل (1) يبين وجود ثلاث مراحل وفترة انقسام الخلايا تختلف من محصول الى اخر.



شكل 1 منحنى نمو الثمار ذات دورة النمو الواحدة.

- التغير في لون لب الثمار او لحم الثمار: الذي يتغير بالوان مختلفة حسب نوع الثمار والصنف ويحدد اللون بحاسة النظر او الصور الملونة وغالبا ما يبدا التغير من الأخضر الغامق الى الأخضر الفاتح ثم الأصفر الممثل للصنف كما في الموز ومن الأخضر الى الأصفر في التفاح ومن الأخضر الى الأحمر كما في الطماطة.

ب- مجموعه الثمار ذوات دورة النمو المزدوجة وتشمل هذه المجموعة الثمار اللوزية كالمشمش والخوخ والاجاص والكرز والتين والزيتون والعنب والشليك ومنحنى نمو هذه الثمار يكون ذو دورتين من النمو ويتكون من اربعه مراحل تشمل فترتين من النمو مفصولة بفتره من الخمول اضافة الى مرحله البلوغ أو اكتمال النمو.



شكل ٥. منحنى نمو الثمار ذات دورتي النمو.

– وتمتاز المرحلة الاولى بنمو بطيء نسبيا ناتج عن انقسام الخلايا لذا تسمى مرحله انقسام الخلايا و تأخذ 30 يوم في المشمش و40 يوم في الخوخ وتبدأ من عقد الأزهار حتى المرحلة الثانية مرحله الخمول النسبي.

- ويستدل على بدأ مرحلة الخمول النسبي من توقف الزيادة في حجم و وزن الثمار ويصبح المنحنى على شكل خط مستقيم وتبدأ هذه المرحلة بتصلب طرف النواة الزهري وتمتاز هذه المرحلة باكتمال نمو الجنين ان السبب في عدم الزيادة في حجم الخلايا في هذه المرحلة يعود الى امتصاص الجنين لمعظم المواد الغذائية القادمة الى الثمرة ومحتويات الاندوسبيرم او نقص الاوكسينات الذي يسبب انعدام نمو الثمرة .

- اما المرحلة الثالثة هي الزيادة في الحجم)حجم الخلايا تسمى احيانا swell finalوتتميز هذه المرحلة بالزيادة في حجم ووزن وقطر الثمرة نتيجة تجمع الغذاء من باقي اجزاء النبات .

- وفي المرحلة الرابعة يكتمل النمو او البلوغ وفيها يتوقف نمو الثمرة وتبدأ بالنضج الفسلجي نتيجة تحولات كيميائية وفسلجية تؤدي بالنتيجة الى النضج النهائي كما تتكون طبقة شمعية على سطح الثمرة.

مقاييس نضج الثمار، تقسيم مقاييس النضج الى:

أ– مقاييس حسيه او مرئيه: indices visualوهي المقاييس التي تعتمد على الحواس البشرية كالنظر والذوق واللمس وتشمل:

1– التغير في لون قشرة الثمرة : color skinوهو انحلال اللون الأخضر المتمثل بصبغة الكلوروفيل وظهور اللون الأساس الذي يمثل لون الصنف المميز له وغالبا ما يكون لون اصفر او احمر.

2- التغير في لون لب الثمار او لحم الثمار : الذي يتغير بالوان مختلفة حسب نوع الثمار والصنف ويحدد اللون بحاسة النظر او الصور الملونة وغالبا ما يبدا التغير من الأخضر الغامق الى الأخضر الفاتح ثم الأصفر الممثل للصنف كما في الموز ومن الأخضر الى الأصفر في التفاح ومن الأخضر الى الأحمر كما في الطماطة.

3- التغير في طعم او نكهه الثمار: يتم تحديد الطعم عن طريق التذوق وهذا المقياس متغير حسب ذوق المستهلك.

4- التغير في رائحه الثمار: بعض الثمار تطلق رائحة عطرية مميزة عند النضج كما في ثمار البطيخ والبرتقال.

5- التغير في صلابة الثمار: يستدل على نضج الثمار عن طريق معرفة صلابة الثمار بالضغط عليها نتيجة الخبرة يميز المزارع الناضج منها كما في البطيخ. ويستعمل جهاز قياس الصلابة اليدوي ذو ثاقب مدبب يخترق لحم الثمرة الى الحد المؤشر ويجب ان تتجانس الثمار في درجة الحرارة والحجم فالثمار ذات الحجم الكبير صلابتها اقل من الثمار صغيرة الحجم وكلما ارتفعت درجة حرارة الثمار كلما انخفضت صلابتها ويفضل ان تكون درجة الحرارة 20م عند القياس.

ب- المقاييس الفيزيائيه او الطبيعية: هي المقاييس التي يمكن قياسها بأساليب فيزيائية مثل مقياس القوة والحجم و الكثافة و تشمل:

1- الكثافه النوعيه للثمار: تعد من مقاييس النضج لبعض المحاصيل مثل البطاطا وتحسب الكثافة النوعية للثمار من معرفة وزن وحجم الثمرة.

الكثافة النوعية للثمار = وزن الثمرة/ حجمها

2- حجم الثمار المميزة للصنف : حجم الثمار يزداد بعد العقد ويستمر بالزيادة الى قرب وصول الثمرة مرحة النضج ثم يتوقف عن الزيادة عند نضج الثمرة حسب حجم الصنف ويتم قياس حجم الثمرة باستعمال اسطوانة مدرجة تملئ بالماء ثم تغطس الثمرة فيها ويقاس حجم الماء المزاح من الأنبوبة المدرجة.

3- شكل الثمار المميزه للصنف عند البلوغ: يحدث تغيرات في شكل الثمرة عند النضج بعض الثمار يكون شكلها غير دائري منتظم او مظلعة ذات زوايا وعند بلوغها تزول الاضلاع تدريجيا ويتحول شكل الثمرة الى دائري تقريبا.

4- سهوله انفصال الثمار من النباتات : بعض الثمار عند وصولها الى مرحلة النضج تتطور فيها طبقة الانفصال، ثم تنفصل الثمرة من النبات الأم كما يحدث في بعض اصناف البطيخ وتسمى هذه الثمار . preharvest drop

5- صلابة الثمار: تعد صلابة الثمار من المقاييس المهمة والمستعملة بكثرة في تحديد نضج الثمار اذ تقل صلابة الثمار مع وصول الثمرة الى مرحلة النضج ويستعمل جهاز قياس الصلابة اليدوي في قياس صلابة الثمار بشكل دوري عند اقترابها من مرحلة النضج، وهذا الجهاز احيانا يعطي قراءات غير دقيقة في حالات التسميد النيتروجيني العالي الذي يسبب هشاشة في لب الثمرة وتقل صلابتها اما في حالة الجفاف فتزداد صلابة الثمار كما ان الثمار في الجزء الخارجي من الشجرة تكون صلابتها اعلى من الثمار المظللة في قلب الشجرة.

ج- المقاييس الكيميائية : Indices Chemicalهي المقاييس التي تعتمد على التغيرات الكيميائية في الثمار عند النضج ومنها :

1- نسبه السكريات في الثمار: تزداد نسبة السكريات في الثمار مع تقدم نضجها وتزداد حلاوتها وتعتبر دليل على وصول الثمرة مرحلة الجني التي تستند الى مقبولية المستهلك لها، في حالة انخفاض درجات الحرارة قبل نضج الثمار يلاحظ ارتفاع نسبة السكريات قبل وصول الثمرة الى مرحلة النضج الطبيعي.

2- نسبه المواد الصلبة الذائبة الكلية TSS : تزداد المواد الصلبة الذائبة في الثمار مع اقتراب موعد النضج ويستعمل جهاز الرفراكتوميتر اليدوي في قياس المواد الصلبة الذائبة الكلية في عصير الثمرة.

جهاز الرفراكتوميتر

تقدير الحموضة

3- نسبه الحموضه الكليه **:% Total acids** يعد هذا القياس افضل القياسات في تحديد النضج لقبولية المستهلك حيث تنخفض الحموضة عند نضج الثمار الى الحد الذي تكون فيه صالحة للاستهلاك. في بعض الثمار تعد زيادة الحموضة مؤشر جيد للجني كما في الليمون الحامض.

4- تركيز صبغه الكلوروفيل chlorophyll **او الكاروتين carotene او الانثوسيانين Anthocyanine** في قشره او عصير الثمار.

5- نسبه المواد الصلبة الذائبة الى نسبة الحموضة : acid\TSS هذا افضل مقياس لمعرفة درجة نضج ثمار الحمضيات وهو يمثل رغبة المستهلك في تحديد النضج.