عناية وخزن

فسلجة ثمار بعد الحصاد

Post harvest physiology

اعداد

د. سعد عبد الواحد

محاضرة / 5

التركيب الكيمياوي للثمار والتغيرات التي تحدث اثناء النضج والخزن

The chemical composition of the fruits and the changes that occur during ripening and stotage

تحدث في محاصيل الفواكه والخضر تغيرات فيزياوية وكيمياوية عديدة تؤدي في النهاية الى وصول هذه المحاصيل الى الشكل والطعم النهائي المميز للصنف والنوع وان هذه التغيرات تحدث في الثمار اثناء نضجها قبل القطف او بعد القطف و تزداد سرعة التغيرات بزيادة سرعة النمو وبتقدم مراحل النضج .

ان التحكم بالتغيارت الكيمياوية بعد القطف يتم عن طريق السيطرة على الظروف المحيطة بالثمار فمثلا السيطرة على نسبة الرطوبة ودرجة الحرارة وتركيز الغازات المختلفة في هواء المخزن ووجود الاثيلين يجعلنا نتحكم بموعد نضج وطول مدة خزن المحاصيل . وفي ما يلي اهم التغيرات التي تحدث في الثمار اثناء النضج :

الماء :

ويمثل الجزء الاعظم من مكونات الثمرة اذ قد تصل نسبته الى 96% من الوزن الطري للثمرة . ان الثمار تختلف في احتوائها على الماء لعدة اسباب منها ماهو وراثي يتعلق بالصنف والنوع الاخر يعتمد على الظروف البيئية وعمليات الخدمة . بالاضافة الى ذلك فأن الخلايا تختلف في احتوائها على الماء حتى في النبات الواحد .

تفقد الثمار الماء عن طريق النتح سواء كانت على الاشجار او بعد الحصاد ولكن وجود الثمرة على النبات يساعدها على تعويض الماء المفقود الامتصاص بواسطة الجذور اما بعد الحصاد فتستمر عملية النتح ولكن بدون تعويض وهذا يؤدي الى ذبول المحاصيل المخزونة والى عدم صلاحيتها للتسويق لذا فان فقدان الماء من الحاصلات البستانية بعد الجني من اهم اسباب التلف التي يجب معالجتها .

الكاربوهيدرات:

تشمل المواد الكاربوهيدراتية النشأ starch والسكريات الاحادية Mono saccharides والسكريات المعقدة

Oligo saccharides . تختلف الثمار في احتوائها على الكاربوهيدرات بأختلاف الانواع النباتية و تخزن في الثمار بشكل نشأ او سكريات او مشتقاتهما ويتحول النشا الى سكريات بسيطة اثناء النضج . واهم المواد الكاربوهيدراتية هي :

1-النشأ : تعد جزيئات الكلوكوز المكون الرئيسي للنشا وهناك نوعين من النشا في الثمار هما الاميلوز Amylose والاميلوبكتين Amylo pectin .

2- السكريات : تدخل الكاربوهيدرات الى الثمار على شكل سكريات اثناء النمو ولكن السكر يتحول الى نشأ حال وصوله الى الثمرة . اما عند النضج فيتحول النشا الى سكر وعند الخزن نجد ان السكريات تبدأ بالانخفاض نتيجة استهلاكها في عملية التنفس لانتاج الطاقة الضرورية لبقاء الثمار.

ان خزن الثمار بدرجات حرارة معتدلة او مرتفعة نسبيا يؤدي الى فقدان السكريات بسبب استهلاكها في عملية التنفس التي تزداد بأرتفاع الحرارة وزيادة نشاط الانزيمات .

الاحماض العضوية :

توجد في ثمار الفواكه والخضر انواع عديدة من الاحماض العضوية التي يحدث فيها تغير اثناء النمو والنضج والخزن مثل حامض الاوكزاليك Oxalic acid وحامض التارتاريك Tartaric acid وحامض الماليك Malic acid وحامض الستريك Citric acid وحامض الايزوستريك Isocitric acid .

تختلف الثمار في احتوائها على نوع الاحماض ففي الحمضيات نجد ان الحامض السائد هو حامض الستريك وفي التفاح والكمثرى حامض الماليك وفي العنب حامض التارتاريك وفي السبانخ حامض الاوكزاليك .

ان الاحماض العضوية تكون عرضة للتغير اكثر من اي مركب من المركبات الاخرى حيث تكون نسبتها عالية اثناء النمو وعند وصول الثمرة البلوغ تبدأ بالتناقص فمثلا في العنب نجد ان تركيز الاحماض يقل الى الخمس 1/5 اثناء النضج . ان سبب الانخفاض في تركيز الاحماض العضوية يرجع بالدرجة الاولى الى استهلاكها في عملية التنفس لانتاج الطاقة او قد تدخل في تكوين مركبات اخرى لبناء الخلية .

المواد البكتينية :

المواد البكتينية عبارة عن مواد غروية ذات وزن جزيئي مرتفع وتتكون من وحدات بناء مكونة من حامض الكلكترونيك Galacturonic acid . كما يدخل في تركيبها مواد اخرى مثل الكلاكتوز والارابينوز والزايلوز وغيرها .

تدخل المواد البكتينية في تركيب جدار الخلية والصفيحة الوسطى Middle lamella التي تعد مادة رابطة بين الخلايا .

كذلك تدخل المواد البكتينية في تركيب الجدار الاولي والثانوي للخلايا . وفيما يلي اهم المركبات الموجودة في جدران الخلايا :

1-حامض البكتيك Pectic acid

2- حامض البكتنيك Pectinic acid

3- البكتين Pectin

4- البكتين الاولي Proto pectin

ان تحلل المواد البكتينية يتم بوساطة انزيمات رئيسة هي :

1-انزيم البروتوبكتنيز Proto pectinase

ويعمل على تحلل البروتوبكتين proto pectin الى حامض البكتنيك pectinic acid

2- انزيم بكتين مثيل استريز Pectin methyl esterase

ويساعد على تحلل حامض البكتنيك حيث يعمل على كسر آصرة المثيل استر كذلك يساعد على تحلل البروتوبكتين .

3- انزيم بوليكلاكتورنيز poly galacturonase

يساعد على تحلل الاواصر الكليكوسايدية من نوع (4-1) بين جزيئات حامض الكلاكترونيك .

البروتينات والاحماض الامينية :

تعد خلايا الثمار من الخلايا الخازنة لذا فأن معظم حجمها عبارة عن فجوات لخزن المواد الغذائية . اما الجزء الاخر من الخلية فهو البروتوبلازم الذي يشغل حيزا صغيرا من حجم الخلية لذا نتوقع ان تكون الثمار فقيرة من البروتينات التي تعد اهم مكونات البروتوبلازوم .

يعد النيتروجين البروتيني والاميني هو المقياس العام الذي يبين محتوى الثمار من البروتينات . وان المتغير الرئيسي في البروتينات والاحماض الامينية يكون على شكل توازن بين النايتروجين البروتيني والنيتروجين الاميني اثناء النضج . ان الزيادة التي تحصل في كمية البروتين اثناء النضج تكون على حساب الاحماض الامينية الحرة في الثمرة والتي يقل تركيزها عند زيادة تركيز البروتين . تختلف الثمار في محتواها من الاحماض الامينية كما يختلف نوع الحامض الاميني السائد في الثمار بأختلاف الانواع ومرحلة النضج فمثلا نجد ان حامض الاسبارتك Aspartic acid والكلوتاميك Glutamic acid و الاسبرجين Asparagine يقل تركيزها في ثمار المشمش اثناء النضج بينما يزداد حامض السيرين Serine acid وحامض الفالين Valine acid في نفس النوع اثناء النضج .

المواد الدهنية :

تشمل المواد الدهنية الدهون Fats والزيوت oils والمواد الشمعية waxes وغيرها مثل الفوسفولبيد والكلايكولبيد . ان جميع هذه المواد تعد قابلة للذوبان في المذيبات العضوية وعديمة او قليلة الذوبان في الماء . ان المواد الدهنية في الخلية تعد كمواد احتياطية مخزونة لتوليد الطاقة عند الحاجة وكذلك تدخل في تركيب بعض اجزاء الخلية مثل الاغشية الخلوية تتكون الدهون من اتحاد الاحماض الدهنية مع الكليسرول . ويوجد نوعان من الدهون اما صلبة (مشبعة) او سائلة (غير مشبعة) وتسمى السائلة منها بالزيوت اما فيما يخص المواد الشمعية فقد وجد ان تركيز الدهون فيها تتضاعف ثلاث مرات عند الخزن وخاصة في ثمار التفاح . كما ان الثمار المقطوفة في مرحلة البلوغ لديها القابلية على افراز كمية كافية من الشمع اثناء الخزن فلا تتعرض للذبول بعكس الثمار المقطوفة قبل البلوغ .

المواد الفينولية والتاينينية :

ان المواد الفينولية من اعقد المركبات الكيميائية الموجودة في الثمار وتشمل المواد الفينولية والتاينينية مركبات عديدة مثل (الاحماض – العضوية – العطرية) وبعض المركبات المسئولة عن الطعم المميز لبعض الثمار . تختلف المواد الفينولية الموجودة في الثمار بأختلاف نوعية الثمار ففي التفاح والكمثرى نجد

ان حامض الكلوروجينيك Chlorogenice acid هو السائد ومن المعتقد ان سبب التلون البني عند رض الثمار يرجع الى اكسدة حامض الكلوروجينيك بفعل انزيم البولي فينول اوكسيديز .

تعد التاينينات مواد فينولية ولكن اكثر تعقيدا(Polyphenols) وذات وزن جزيئي كبير نتيجة اتحاد عدد من المواد الفينولية بعضها مع بعض وتوجد في معظم انواع الثمار وهي مسئولة عن الطعم القابض الموجود في الثمار غير البالغة وتقسم التاينينات الى مجموعتين رئيسيتين :

1-تاينينات قابلة للتحلل وتشمل الكالوتاينيات والالكاتينينات .

2- التاينينات غير الحرة . وتشمل الكاتكين والسياندين .

يكون تركيز التاينينات عاليا في مراحل النمو الاولى للثمار ويستمر بالزيادة حتى يصل الى اعلى نسبة قبل مرحلة البلوغ كما في ثمار الكاكي والتمر والتفاح . بعدها يقل تركيز التاينينات كلما تقدمت في النضج نتيجة تفككها وتحولها الى مكونات ليس لها طعم قابض مثل حامض البنزويك والسكريات .

الصبغات النباتية:

ان اختلاف الثمار في الوانها يرجع للاختلاف في الصبغات النباتية الاساسية التي تحتويها هذه الثمار . فمثلا الخضراء والخضر الورقية ترجع الى وجود صبغة الكلوروفيل Chlorophyll الخضراء والتي تكون سائدة على باقي الصبغات . بينما الثمار الصفراء تتغلب فيها صبغة الكاروتين Carotenoid على باقي الصبغات وهناك الثمار الوردية والتي تكون فيها صبغة الانثوسيانين Anthocyanins هي السائدة . اما الثمار الحمراء فتعزى الى صبغة اللايكوبين Lycopene كما في الطماطة ويمكن تقسيم الصبغات الرئيسة الى :

اولا: صبغات لا تذوب في الماء وانما تذوب في المذيبات العضوية مثل الاسيتون وتشمل :

1-الكلوروفيل / وهذه تشمل كلوروفيل أ و ب Chlorophyll a,b

2- الكاروتين / وتشمل الالفاكاروتين **α –carotene**

بيتاكاروتين **β-carotene**

كاماكاروتين ϒ-carotene

ثانيا: الصبغات التي تذوب في الماء وتشمل مجموعة الفلافونات Flavonoids والانثوسيانينات Anthocyanins ذات اللون الاحمر او الازرق الوردي .

المواد المتطايرة volatiles :

تتكون المواد المتطايرة من التربينات terpenes بشكل اساسي اضافة الى المواد الاخرى الاسترات والكحولات والالديهايدات والكيتونات وبعض الاحماض العضوية مثل حامض الخليك Acetic acid والبروبونيك Propionic وبعض الاحماض الامينية الحاوية على الكبريت مثل حامض الالين Alliin الذي يعد السبب في ظهور رائحة البصل والثوم . تمتاز المواد المتطايرة بسرعة تساميها او تبخرها وخاصة عندما يزداد تركيزها في مرحلة النضج اما بعد ذلك فأنها تقل تدريجيا كلما تقدت الثمار نحو التدهور . تعد

المواد المتطايرة في الثمار احد مقاييس الجودة لانها تعد من عوامل النكهة في الثمار لكن تراكمها في المخزن يعتبر ضارا لانها تتفاعل او تختلط بعضها مع بعض وتتحول الى مواد ذات روائح غير مرغوب فيها مثل الغازات الهيدروكاربونية غير المشبعة مثل الاثيلين والاستيلين والبروبين التي تسبب تدهور وتلف الثمار اثناء الخزن .

الفيتامينات Vitamins :

ان الفواكه والخضر هي من اهم المصادر الطبيعية للفيتامينات خاصة فيتامين C . وتعرف الفيتامينات بأنها مواد عضوية توجد بتراكيز قليلة وتقوم بوظائف ضرورية وان نقصها يؤدي الى ظهور اعراض سوء التغذية او الامراض. اما اهم الفيتامينات التي توجد بكثرة في المحاصيل البستانية هي :

1-فيتامين A : تعد صبغة بيتا كاروتين **β- carotene** المصدر الاساسي لهذا الفيتامين ويختلف تركيز فيتامين A في الثمار باختلاف مراحل النضج وظروف الخزن وعموما فأن جميع الظروف التي تؤثر على صبغة البيتا كاروتين تؤثر على تركيز فيتامين A لانها مصدر هذا الفيتامين .

2- فيتامين C Ascorbic acid : تعد النباتات المصدر الوحيد لهذا الفيتامين الذي يعد ظروري لمقاومة بعض الامراض التي قد تصيب الانسان وهو من الفيتامينات الذائبة في الماء ويتكون في الخلية من سكر الكلوكوز او سكر اللاكتوز . تختلف الثمار في محتواها من فيتامين C تبعا للصنف والنوع ومرحلة النضج وظروف الخزن فمثلا تركيزه يتراوح بين 42 الى 55 ملغ لكل 100 سم3 من عصير الحمضيات .

يمكن اعتبار تركيز فيتامين C في الثمار كمقياس لكفاءة عملية الخزن لكونه شديد التأثر بدرجات الحرارة والضوء . فعند تعرض الثمار لدرجات حرارة مرتفعة فأن ذلك يؤدي الى اكسدة فيتامين C وكذلك الحال عند انخفاض درجة الحرارة لحد الضرر (اضرار البرودة) فانها ستؤدي الى فقدان فيتامين C . عموما فان الخزن المبرد يؤدي الى اكسدة فيتامين C وانه عند تعرض عصير الثمار الى الهواء الجوي يتحول هذا الفيتامين الى حامض الديهايدو اسكوربيك بفعل انزم الاوكسيديز Oxidase والفينوليز phenolase والاسكوربيز Ascorbase . لذا يجب اخذ الاحتياطات اللازمة عند قياس فيتامين C في عصير الثمار منعا لاكسدته .