تابع جدول (٣-٣).

القصر	الصبغات
الروبارب	Cyanidin 3-glucoside; cyanidin 3-rutinoside
اللفت الأحمر	cyanidin 3-glucoside; cyanidin 3,5-diglucoside; cyanidin 3-diglucoside-5-glucoside
اللفت القرمزى	pelargonidin 3-diglucoside-5-glucoside

جدول (٣-٤): المحتوى النسبى لكل من البيتاكاروتين β-carotene، والليكوبين lycopene والكلوروفيل chlorophyll فى ثمار بعض الخضر.

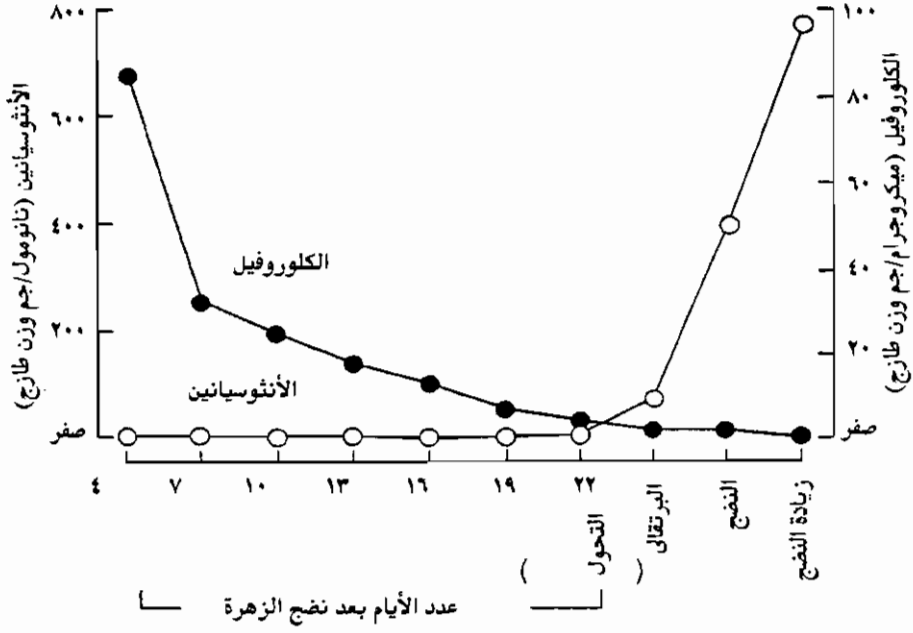
القصر	البيتا كاروتين	الليكوبين	الكلوروفيل
الأسبرجس الأخضر	+[a]	--	+++++
القاصوليا الخضراء	+	--	+++
فاصوليا الليما	+	--	+
البروكولى	++	--	++++
الجزر	+++	--	--
الخس الورقى الأخضر	++	--	+++++
الخس الكابوتشا (الآيس برج)	+	--	+++
الخس الرومين	+	--	+++
الفلفل الأخضر	+++	--	++++
الفلفل الأحمر	+++++	--	--
البطاطا (اللب)	++++	--	--
السبانخ	+++	--	+++++
الطماطم الحمراء الناضجة	+++	+++++	--

[a] - < 1 μg g^{-1} FW; + = 1-10 μg g^{-1} FW; ++ = 10-50 μg g^{-1} FW; +++ = 50-100 μg g^{-1} FW; ++++ = 100-200 μg g^{-1} FW; +++++ = > 200 μg g^{-1} FW.

التغيرات المصاحبة لنضج الثمار

إن من أهم التغيرات المصاحبة للنضج فى الثمار (سواء أكانت ثمار خضر أم فاكهة) ما يلى:

١– التغيرات اللونية، والتى تبدأ بتحلل الكلوروفيل (فيما عدا فى ثمار قليلة مثل الأفوكادو والكيوى وصنف التفاح Granny Smith)، بسبب تغيرات الـ pH ونظم الأكسدة وإنزيمات الـ chlorophyllases. وتنتهى التغيرات اللونية بتكوين مختلف الصبغات المميزة للثمار، وهى التى تكون غالبًا صبغات كاروتينية خاصة بالألوان الصفراء والبرتقالية والحمراء (والأخيرة يكون مردها إلى صبغة الليكوبين)، وأخرى أنثوسيانينية (وهى فينولات جلوكوسيدية قابلة للذوبان فى الماء) خاصة بالألوان الحمراء والقرمزية (شكل ٣–١).



شكل (٣–١): التغيرات فى صبغتى الكلوروفيل (●) والأنثوسيانين (O) فى ثمار الفراولة أثناء تكوينها ونضجها (عن Srivastava ٢٠٠٢).

ويستعرض Jones (٢٠٠٧) تأثير الظروف التى تتعرض لها الخضر والفاكهة الطازجة بعد الحصاد على محتواها من كل من الأنثوسيانين، والليكوبين، والجلوكوسينولات،

ومدى تيسر تلك المركبات، وجميعها من المركبات الكيميائية النباتية ذات الأهمية الكبيرة بالنسبة لصحة الإنسان.

٢- التغيرات فى المواد الكربوهيدراتية:

إن من أهم التغيرات المصاحبة للنضج تحلل المركبات الكربوهيدراتية البوليمرية – وخاصة النشا – إلى سكريات، الأمر الذى يؤثر فى كل من طعم المنتج وقوامه.

كذلك فإن تحلل المواد البكتينية والنصف سيليلوز يضعف الجدر الخلوية والقوى اللاصقة التى تلحم الخلايا معًا. يؤدى ذلك فى نهاية الأمر إلى جعل الأنسجة أكثر استساغة عند أكلها، ولكن استمرار التغيرات يؤدى إلى تحلل التراكيب النباتية. ويعد البروتوبكتين protopectin هو الصورة الأساسية غير القابلة للذوبان للمواد البكتينية، وهى بوليمر كبير يرتبط بسلاسل بوليمرية عبر روابط من عنصر الكالسيوم، كما يلتحم بسكريات أخرى ومشتقات سكرية ليكون بوليمر كبير للغاية. يتحلل البروتوبكتين تدريجيًا أثناء نضج الثمار إلى جزيئات أصغر فى وزنها الجزيئى تكون قابلة للذوبان فى الماء، وتكون العلاقة طردية مباشرة بين معدل تحلل البروتوبكتين ومعدل طراوة الثمار (Wills وآخرون ١٩٩٨).

ويبين جدول (٣-٥): تأثيرات بعض معاملات بعد الحصاد على محتوى بعض الخضر من كل من الجلوكوز والفراكتوز والسكروز (عن Maness & Perkins-Veazie ٢٠٠٣).

٣- الأحماض العضوية:

ينخفض تركيز الأحماض العضوية – عادة – أثناء النضج إما من خلال استهلاكها فى التنفس، وإما بتحولها إلى سكريات. ويمكن اعتبار تلك الأحماض مخزونًا للطاقة فى الثمار يمكن أن تستنفذ جزئيًا أثناء نضجها.

٤- المركبات النيتروجينية:

تعد البروتينات والأحماض الأمينية من المكونات الثانوية بالثمار، والتى لا يكون لها

جدول (٣–٥): تأثيرات بعض معاملات بعد الحصاد علي محتوى بعض الخضر من كل من الجلوكوز والفراكتوز والسكروز.

معاملة بعد الحصاد	المحصول	الظروف	التأثير على كل من		
			الجلوكوز	الفراكتوز	السكروز
الإشعاع	البطاطس	٠,٠٥–٣ كيلوجراى	--	--	يزداد ١٠ أضعاف مؤقتًا
	البطاطا	٠,٠٥–٢ كيلوجراى	--	--	يزداد ٢–٤ ضعف مؤقتًا
	البصل	٠,٠٥–٥,٠ كيلوجراى	لا يذكر	لا يذكر	لا يذكر
	الفلفل الحلو	٠,٣ كيلوجراى ^{60}Co	لا يتأثر	لا يتأثر	لا يتأثر
	الخيار	٠,٣ كيلوجراى ^{60}Co	لا يتأثر	لا يتأثر	لا يتأثر
	الجزر	٢ كيلوجراى ^{60}Co	—	—	ينخفض ٣٠٪
فترة التخزين	الأسبرجس	٧٢ ساعة على ١٦°م	ينخفض ٥٠٪	ينخفض ٢٧٪	ينخفض ٢٧٪
	البصل	شهرين على ١٠°م ثم ثلاثة شهور على ٤°م	يقل قليلاً	يتضاعف	يزداد قليلاً
	الفلفل الحلو	٢١ يومًا على ٧°م	ينخفض ٣٥–٥٠٪	ينخفض ٣٥–٥٠٪	لا يتأثر
	الذرة السكرية	٥ أيام على ٦°م	ينخفض ٩٪–٣٠٪	ينخفض ٩٪–٣٠٪	ينخفض ٩٪–٣٠٪
	الخيار	٢١ يومًا على ٧°م	لا يتأثر	لا يتأثر	لا يتأثر
	قرع الشتاء	٣ شهور	يتضاعف	—	يتضاعف
حرارة صفر– ١٠°م	البطاطس	٦ شهور على ٤°م	يزداد	يزداد	يزداد
	البصل	٢٠ أسبوع على صفر°م	ينخفض ٩٪–٣٨٪	يزداد ١٢٥٪	ينخفض ٩٪–٣٨٪
	البطيخ	١٤ يومًا على صفر°م	ينخفض ٢٠٪	ينخفض ٢٠٪	ينخفض ٢٠٪
	الطماطم	١٥ يومًا على ٥°م	يزداد ٦٪–١٠٠٪	يزداد ٦٪–١٠٠	يزداد ٦٪–١٠٠

تابع جدول (٣-٥).

معاملة بعد الحصاد	المحصول	الظروف	التأثير على كل من		
			الجلوكوز	الفراكتوز	السكروز
	اللفت	٤ أسابيع على صفر°م	يقل	يقل	يزداد
	البطاطا	٣ أسابيع على ٧°م	يزداد	يزداد	يزداد
حرارة ٢٠-٣٠°م	البطيخ	١٤ يومًا على ٢٣°م	ينخفض ٢٠٪	ينخفض ٢٠٪	ينخفض ٢٠٪
	البصل	٢٠ أسبوع على ٣٠°م	ينخفض ٢٥٪	ينخفض ٢٥٪	يزداد ٣٨٪
٥٪ O_2 + ١٠٪ CO_2	البامية	١٢ يومًا على ١١°م	—	يتضاعف	ينخفض ٥٠٪
	الأسبرجس	٤ أسابيع على ٢°م	ينخفض	ينخفض	ينخفض
٢,٥٪ O_2 + ٥٪ CO_2	الكرنب	٦ شهور	لا يتغير	لا يتغير	يزداد ٢٧٪
١٪ O_2 + صفر٪ CO_2	الكرنب الصينى	٥ شهور	ينخفض	ينخفض	--
التجهيز للمستهلك	البصل الحلو	قطع صغير و٢°م	ينخفض	ينخفض	يزداد
	الجزر	أجزاء صغيرة و ٩ أيام على ٢°م	--	--	ينخفض ٣٠٪

علاقة – غالبًا – بصفاتها الأكلية. ويحدث أثناء نضج الثمار نقصًا فى تركيز الأحماض الأمينية الحرة يقابله – غالبًا – زيادة فى تمثيل البروتينات. أما أثناء الشيخوخة فإن تركيز الأحماض الأمينية الحرة يزداد ثانية، الأمر الذى يعكس حدوث تحلل للإنزيمات ونقص فى النشاط الأيضى.

٥- النكهة:

ترجع النكهة المميزة للثمار إلى تمثيل مركبات عضوية قابلة للتطاير أثناء نضجها. ولا تزيد كمية الكربون المستهلكة فى عملية تمثيل المركبات المتطايرة عن ١٪ من تلك المستنفذة فى ثانى أكسيد الكربون المنطلق من عملية التنفس. ويعد الإثيلين أهم المركبات المتطايرة المنتجة، حيث يشكل (الكربون الموجود فيه) نحو ٥٠٪-٧٥٪ من إجمالى الكربون الموجود فى كل المركبات المتطايرة. هذا مع العلم بأن الإثيلين لا يُسهم فى إضفاء النكهة المميزة لأى ثمرة (Wills وآخرون ١٩٩٨).

٦- حامض الأسكوربيك:

تعد مرحلة النضج التى تصل إليها الثمار عند قطعها من أهم العوامل التى تؤثر فى محتواها من حامض الأسكوربيك كما يلى:

أ- يزداد محتوى ثمار الفلفل الحمراء من حامض الأسكوربيك الكلى بمقدار ٣٠٪ عن محتوى الثمار الخضراء.

ب- يكون محتوى حامض الأسكوربيك فى ثمار الطماطم التى تقطف فى مرحلة اكتمال التكوين وهى خضراء اللون وتترك لتنضج على ٢٠°م أقل مما فى الثمار التى تقطف وهى حمراء.

كذلك تحتوى ثمار الطماطم التى فى مرحلة التحول على ٦٩٪ من حامض الأسكوربيك الذى تحتويه الثمار التى يكتمل نضجها على النبات.

جـ- يزداد محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك أثناء نضجها على النبات فى كل من المشمش والخوخ والباباظ، ولكنه ينخفض فى التفاح والمانجو والكمثرى (Lee & Kader ٢٠٠٠).

هذا .. ولطريقة الحصاد وما يمكن أن تسببه من جروح وخدوش وأضرار بالمنتجات الطازجة تأثير كبير على محتواها من حامض الأسكوربيك، حيث يقل المحتوى بزيادة تلك الأضرار.

مقارنة لخصائص بعد الحصاد بين الخضر الثمرية غير المكتملة التكوين والخضر المكتملة التكوين

توجد فروقات أساسية فى خصائص بعد الحصاد بين الخضر الثمرية التى تقطف وهى غير مكتملة التكوين (مثل الفاصوليا الخضراء والخيار والباذنجان) وتلك التى تقطف وهى مكتملة التكوين (مثل الكنتالوب والطماطم والفراولة)، كما يلى:

أولاً: الخضر الثمرية التى تقطف وهى غير مكتملة التكوين:

من أهم خصائص هذه الخضر ما يلى:

١- هى من خضروات الجو الدافئ باستثناء البسلة والفول الرومى.

٢- تكون حساسة للبرودة باستثناء البسلة والفول الرومى والذرة السكرية.

٣- يكون معدل تنفسها عال.

٤- لا تكون كلايمكتيرية

٥- تكون التغيرات المورفولوجية فيها بعد الحصاد ضارة.

٦- يكون فقد الكلوروفيل فيها بعد الحصاد ضارًا.

ثانيًا: الخضر الثمرية التى تقطف وهى مكتملة التكوين:

من أهم خصائص هذه الخضر ما يلى:

١- جميعها من خضروات الجو الدافئ.

٢- جميعها حساسة للبرودة.

٣- جميعها ذات معدل تنفس عال.

٤- يكون بعضها كلايمكتيرى.

٥- قد تكون التغيرات المورفولوجية التى تحدث بها بعد الحصاد مرغوبة.

٦- قد يكون فقد الكلوروفيل وتمثيل الصبغات فيها أمرًا مرغوبًا.