وتفقد الثمار أثناء تبريدها أوليًّا بطريقة الدفع الجبرى للهواء جزءًا صغيرًا من وزنها خلال عملية التبريد.

ويعطى Tator & Elansari (١٩٩٨) جداول مفصلة توضح سعة التبريد Refrigeration Capacity التى تلزم لخفض حرارة القاوون إلى ٢، أو ٥، أو ١٠°م بواسطة الهواء البارد المدفوع جبريًّا، خلال فترة تبريد تتراوح بين ساعتين، وأربع ساعات، عندما تتراوح درجة حرارة الثمار الابتدائية بين ٢٠، و ٣٥°م، وكذلك سعة التبريد التى تلزم لخفض حرارة الثمار إلى نصف حرارتها الابتدائية باستعمال الماء المثلج خلال فترة تبريد قدرها ٢٠، أو ٣٠ دقيقة.

فسيولوجيا القاوون بعد الحصاد

التنفس وإنتاج الإثيلين

يزداد معدل تنفس ثمار القاوون بارتفاع درجة حرارة التخزين، كما يلى:

معدل التنفس (مجم CO_2/كجم/ساعة) فى طراز

الحرارة (°م)	القاوون الشبكى	شهد العسل
صفر (لا يوصى بها)	٣-٢	—
٥	٥-٤	٥-٣
١٠	٨-٧	٩-٧
١٥	٢٠-١٧	١٦-١٢
٢٠	٣٣-٢٣	٢٧-٢٠
٢٥	٧١-٦٥	٣٥-٢٠

ولحساب كمية الحرارة المنطلقة من الثمار بالتنفس يضرب معدل إنتاج CO_2/كجم فى الساعة فى ٤٤٠ للحصول على كمية الطاقة بالوحدات الحرارية البريطانية (Btu/طن/يوم، أو فى ١٢٢ للحصول على كمية الطاقة بالكيلو كالورى/طن مترى فى اليوم (Suslow وآخرون ١٩٩٨أ، و ١٩٩٨ب).

ويتراوح إنتاج ثمار القاوون الشبكى من الإثيلين بين ٧ و ١٠ ميكروليتر/كجم فى الساعة فى حرارة ٥°م، وما بين ٤٠ و ٨٠ ميكروليتر/كجم فى الساعة فى حرارة ٢٠°م. أما شهد العسل فيكون إنتاج ثماره من الإثيلين فى حرارة ٢٠°م ٠,٨، و ٥,٢، و ٢٧,١، و ٢٩,٤ ميكروليتر/كجم فى الساعة فى مراحل: اكتمال التكوين، وبداية النضج، والنضج، وزيادة النضج، على التوالى.

ويؤدى تعرض ثمار القاوون الشبكى إلى مصدر خارجى للإثيلين إلى سرعة نضجها وطراوة أنسجتها.

ويتباين إنتاج ثمار الهنى ديو من الإثيلين (بالميكروليتر/كجم فى الساعة) حسبما إذا كانت الثمار كاملة، أم مجهزة للمستهلك، وحسب فئة اكتمال التكوين، كما يلى (عن Suslow وآخرين ٢٠٠٧).

الثمار	فئة اكتمال التكوين	معدل إنتاج الإثيلين	الحرارة (°م)
الكاملة	مكتملة التكوين وغير ناضجة	١,٠-٠,٥	٢٠
	مكتملة التكوين وتنضج	٧,٥-١,٠	٢٠
	ناضجة	١٠-٧,٥	٢٠
المجهزة للمستهلك	مكتملة التكوين وتنضج	١٧-١٤	٥
	ناضجة	٢٥-٢١	٥

الكلايمكترك والتغيرات المصاحبة للشيخوخة

يحدث كلايمكترك تنفسى فى ثمار القاوون الشبكى عند بلوغها مرحلة النضج، أو قبل ذلك بقليل، بينما قد يستمر الكلايمكترك لعدة أيام فى ثمار القاوون الأملس، أو قد لا يحدث فيها أى كلايمكترك. ويرتبط الكلايمكترك التنفسى بتمثيل الإثيلين.

وقد أظهرت ثمار الصنف Galia 5 ارتفاعًا فى مستوى الإثيلين بين اليوم الثامن والثلاثين واليوم الأربعين من تفتح الزهرة، وتوافق ذلك مع ظهور اصفرار سريع فى جلد الثمرة. وقد تناقصت صلابة الثمرة أثناء تكوينها. ووصل محتوى الثمار من المواد الصلبة

الذائبة الكلية فى الصنف Galia 5 إلى ٨٪ بعد ٣٢ يومًا من تفتح الزهرة، وإلى ١٠٪ بعد ٣٧–٣٩ يومًا من تفتح الزهرة، بينما حدث ذلك فى الصنف دورال Doral – وهو من طراز جاليا كذلك – بعد ٣٠–٣٢ يومًا، و ٣٦–٣٧ يومًا على التوالى (Moelich وآخرون ١٩٩٦).

وتنتج ثمار الكنتالوب الشبكى – وهى كلايمكتيرية – حوالى ١٠ إلى ١٠٠ ميكروليتر من الإثيلين لكل كيلوجرام فى الساعة من اليوم الرابع السابق لبدء انفصال العنق إلى اليوم العاشر بعد الحصاد. ويؤدى تعرض الثمار للإثيلين بعد الحصاد من مصادر خارجية إلى تقصير فترة الصلاحية للتخزين؛ وقد تصبح زائدة النضج، ويجب تجنب حدوث ذلك. هذا .. علمًا بأن معاملة الثمار غير المكتملة التكوين – بعد حصادها – بالإثيلين لا يؤثر فى نضجها، ولا فى تدهور خصائصها بعد الحصاد (Shellie & Lester ٢٠٠٤، و Suslow وآخرون ٢٠٠٧).

ويبدأ الكلايمكتريك فى طراز الشارانتيه والأوجن قبل اكتمال النضج المناسب للحصاد بوقت طويل؛ الأمر الذى يفسر السبب فى ضعف القدرة التخزينية لهذه الثمار فى درجات الحرارة العادية.

وبينما يظهر الكلايكتيريك التنفسى وكلايمكتيريك إنتاج الإثيلين بوضوح فى ثمار الكنتالوب التى تكمل نضجها بعد الحصاد، فإن معدل تنفسها يبقى ثابتًا تقريبًا إذا ما تركت لتنضج وهى متصلة بالنبات. وبينما يرتفع معدل إنتاج الثمار للإثيلين حال نضجها وهى متصلة بالنبات، فإن الزيادة فى معدل تنفسها تكون أقل من نظيراتها التى تنضج بعد الحصاد. ويبدو أن بقاء الثمرة متصلة بالنبات يثبط تأثيرات الإثيلين على تنفسها (Bower وآخرون ٢٠٠٢).

ويستدل من الدراسات التى أجريت على كل من أصناف الكنتالوب الكلايمكتيرك وغير الكلايمكتيرك أن كثيرًا من مسارات النضج ينظمها الإثيلين (مثل تمثيل المركبات المتطايرة المسئولة عن النكهة، والكلايمكتيريك التنفسى، وفقد جلد الثمرة للونه

الأخضر)، بينما لا يتحكم الإثيلين فى مسارات أخرى (مثل بدء الكلايمكتيريك، وتراكم السكر، وفقد الحموضة، وتلون لُب الثمرة) أما فقدان اللُب لصلابته فإنه يتضمن خطوات تتأثر بالإثيلين وأخرى مستقلة عنه، وهو يرتبط بالجينات التى تتحكم فى تحلل الجدر الخلوية (Peach وآخرون ٢٠٠٨).

ويبدو مما يتجمع سنويًا من دراسات عديدة ومتنوعة على خطوات ومسارات النضج فى ثمار الكنتالوب أنه ربما يصبح – عما قريب – "موديل" نباتى – مثله فى ذلك مثل الـ Arabidopsis والطماطم – وذلك فيما يتعلق بنضج الثمار (Ezura & Owino ٢٠٠٨).

وتتباين ثمار أصناف القاوون كثيرًا فى مدى تبكيرها فى زيادة نشاط إنزيم ACC oxidase الذى يلزم لتمثيل الإثيلين، وقد وجد – على سبيل المثال – أن الصنف سيريو Sirio كان أكثرها تأخرًا فى ظهور نشاط هذا الإنزيم، مقارنة بستة أصناف أخرى، ووجد ارتباط بين التأخر فى ظهور نشاط الإنزيم والتأخر فى فقد الثمار لصلابتها أثناء نضجها (Aggelis وآخرون ١٩٩٧).

وتتميز بعض أصناف الكنتالوب (مثل Nicolás) بأن ثمارها غير كلايمكتيرية، وتلك تختلف اختلافًا بينًا فى بروفيل المركبات العطرية التى تنتجها مقارنة ببروفيل المركبات العطرية التى تنتجها ثمار الأصناف الكلايمكتيرية (Obando-Ulloa وآخرون ٢٠٠٨).

وترجع الرائحة القوية لثمار الشارانتيه إلى ما تنتجه من إسترات أليفاتية ومتفرعة (عن Flores وآخرين ٢٠٠٢).

هذا .. وتحدث أكثر التغيرات فى ثمار شهد العسل قبل اليوم الأربعين من تفتح الزهرة. وقد عُرِّف اكتمال تكوين الثمار بحدوث تغيرات رئيسية فى مكونات الثمرة المسئولة عن الجودة، وهى: الجلوكوز، والفراكتوز، والسكروز، والمحتوى الرطوبى، والصلابة، والكتلة، والحجم، ونشاط إنزيم H^+ -ATPase الخاص بالغشاء البلازمى فى نسيج تحت البشرة والميزوكارب (وهو لُب الثمرة). ويحدث النضج قبل اليوم الخمسين من تفتح الزهرة، ويتحدد بحدوث تغيرات إضافية فى الصفات التى أسلفنا بيانها،

وبانفصال الثمرة فى اليوم الخمسين من تفتح الزهرة. وتبدأ شيخوخة الثمرة بنقص فى كل مكونات الجودة تقريبًا، ونشاط الإنزيم H^- -ATPase، والمحتوى البروتينى، وزيادة كبيرة فى نسبة الاستيرولات الحرة الكلية إلى الفسفوليبيدات، وفى نشاط إنزيم lipoxygenase فى نسيجى تحت البشرة والميزوكارب (Lester ١٩٩٨).

التغيرات الأيضية فى الكنتالوب المحول وراثيًا بهدف زيادة قدرة الثمار التخزينية

تُحصد ثمار الشارنتيه الملساء قبل نضجها، ولكنها تصبح زائدة النضج فى خلال أيام قليلة. ويظهر ذلك على صورة طراوة زائدة واكتساب القشرة للون برتقالى ضارب للصفرة، وتدهور فى الطعم، وانخفاض فى محتوى السكر، وزيادة فى قابلية الإصابة بالأعفان. وقد أنتجت أصناف من هذا الطراز – محولة وراثيًا – ذات قدرة عالية على التخزين، ولكنها غير مرغوب فيها تسويقيًا لافتقادها إلى نكهة الشارنتيه. وعلى الرغم من ذلك فإن صفة القدرة التخزينية العالية تعد ضرورية لأن ثمار الشارنتيه لا تخزن أو تشحن فى حرارة تقل كثيرًا عن ١٠–١٢°م (الحرارة التى تسود فى حالات الشحن الجوى)؛ بسبب حساسيتها الشديدة لأضرار البرودة؛ وبذا لا يمكن اللجوء إلى الشحن البحرى دون توفر صفة القدرة التخزينية العالية (عن Rodov وآخرين ٢٠٠٢).

وقد أمكن تحقيق ذلك، وإنتاج كنتالوب ذات ثمار غير حساسة لأضرار البرودة بعد أن تمكن Ayub وآخرون (١٩٩٦) من إنتاج نباتات شارنتيه محولة وراثيًا تحتوى على المضاد الكودى antisense للجين ACC oxidase، وهو الجين المسئول عن تكوين المركب ACC (وهو: 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid)، الذى يتحول إنزيميًا – مباشرة – إلى إثيلين. وقد كان إنتاج ثمار هذه النباتات المحولة وراثيًا – من الإثيلين – أقل من ١٪ من إنتاج النباتات العادية، وتوقف نضجها سواء أكانت على النبات، أم بعد قطفها، ولكن أمكن إلغاء تأثير هذا التحول الوراثى بمعاملة الثمار بمصدر خارجى من غاز الإثيلين بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون. وقد أمكن تخزين الثمار المحولة وراثيًا

لفترة طويلة، ثم معاملتها بالإثيلين – لإنضاجها – قبل عرضها للاستهلاك بفترة وجيزة.

ولا تحدث فى الثمار المحولة وراثيًا تغيرات جوهرية – مقارنة بالثمار العادية – فيما يتعلق باللونين الخارجى والداخلى. وتتراكم المواد الصلبة الذائبة الكلية بمعدل واحد فى كل من الثمار المحولة وراثيًا والثمار غير المحولة حتى اليوم الثامن والثلاثين بعد التلقيح، حينما تنفصل الثمار غير المحولة وراثيًا عن أعناقها. وبالمقارنة فإن الثمار المحولة وراثيًا – التى لا تنتج الإثيلين – لا يتكون طبقة انفصال فى أعناقها، وتبقى متصلة بالنبات؛ ومن ثم يتراكم فيها كميات أكبر من السكريات، وخاصة السكروز. ولكن يؤدى تأخير حصاد الثمار المحولة وراثيًا إلى إنتاجها لكميات صغيرة – ولكن جوهرية – من الإثيلين، ويكون ذلك مُصاحبًا بليونة فى لُب الثمرة (Guis وآخرون ١٩٩٧).

وتحدث فى هذه الثمار المحولة وراثيًا عدة تغيرات أيضية أخرى، حيث يُثبط تحلل الكلوروفيل فى قشرة الثمرة كليًا، ويتأخر كثيرًا تدهور الأغشية الخلوية بها، ويبقى مستوى البولى أمينات وحامض الأبسيسيك فيها أعلى مما فى الثمار غير المحولة وراثيًا (Flores وآخرون ١٩٩٨).

معاملات خاصة يُعطاها الكنتالوب قبل التخزين والشحن

المعاملة بالماء الساخن

تعامل ثمار الكنتالوب بالماء الساخن؛ بهدف قتل الفطريات السطحية التى يمكن أن تؤدى إلى تعفن الثمار أثناء التخزين والشحن. وأفضل حرارة للمعاملة هى ٥٤°م لمدة دقيقتين، أو ٥٥°م لمدة ٣٠–٦٠ ثانية، أو ٥٦°م لمدة ٢٠ ثانية، أو ٦٠°م لمدة ١٢ ثانية فقط. وتعد ٦٠°م هى الحد الأقصى الحرارى الذى يمكن أن تتحمله ثمار القاوون الشبكى – مثل الجاليا والكنتالوب الأمريكى – عند معاملة الثمار بالماء الساخن غمرًا، أو رشًا.