الفصل السابع

الحصاد والتداول والتخزين

مراحل تكوين ونضج الثمار

تمر ثمار الطماطم حتى نضجها بالأطوار التالية:

١- الثمار الخضراء غير المكتملة التكوين Immature Green:

من أهم مواصفات الثمار الخضراء غير المكتملة التكوين أن المادة شبه الجيلاتينية لا تكون قد ظهرت فى أى من مساكن الثمرة. كما لا تكون البذور قد اكتمل تكوينها. وإذا قطعت الثمرة بسكين حاد فإن البذور تقطع ولا تنزلق. وتلزم مدة تزيد عن ١٠ أيام، فى حرارة ٢٠°م، وهى على النبات لوصول هذه الثمار إلى طور بداية التلوين Breaker Stage. أما إذا قطفت وهى فى هذا الطور، فإنها لا تتلون.

٢- طور الثمار الخضراء المكتملة التكوين جزئيًا Partially Mature Green:

تتميز الثمار فى هذا الطور بتكوّن المادة شبه الجيلاتينية فى مسكن واحد على الأقل، دون أن تظهر فى كل مساكن الثمرة، وتكون البذور مكتملة التكوين. وتحتاج هذه الثمار إلى ٥-١٠ أيام — فى حرارة ٢٠°م — حتى تصل إلى طور بداية التلوين وهى على النبات، وإذا قطفت الثمار — وهى فى هذا الطور — فإنها لا تتلون بصورة جيدة، وتصبح صلبة وجلدية عند إنضاجها صناعيًا.

٣- طور الثمار الخضراء مكتملة التكوين Typical Mature Green:

تتميز الثمرة فى هذا الطور باكتمال نموها وتظهر عليها ندبة فلينية بنية فى موضع اتصالها بالعنق، كما يتغير لون الطرف الزهرى فيها من الأخضر الفاتح إلى الأخضر الباهت، أو الأخضر الضارب إلى الأصفر قليلاً، وتكون الثمرة لامعة فى هذه المنطقة. تكون البذور مكتملة التكوين، ومحاطة جيدًا بالمادة شبه الجيلاتينية فى جميع المساكن،

فتنزلق عند محاولة مسكها بين الأصابع، كما تنزلق البذور ولا تقطع عند قطع الثمرة بسكين حاد. تحتاج هذه الثمار إلى ١-٥ أيام — فى حرارة ٢٠°م — حتى تصل إلى طور بداية التلوين، سواء أكان ذلك قبل الحصاد أم بعده.

٤- طور الثمار الخضراء مكتملة التكوين المتقدم Advanced Mature Green:

تتشابه الثمار فى هذا الطور مع الثمار الخضراء فى طور اكتمال التكوين، فيما عدا ظهور بعض التلون الأحمر الداخلى. وتحتاج هذه الثمار إلى يوم واحد — فى حرارة ٢٠°م — لكى تصل إلى طور بداية التلوين (Grierson & Kader ١٩٨٦).

٥- طور بداية التلوين Breaker:

تظهر بداية التلوين بوضوح فى هذا الطور، فيتغير لون الطرف الزهرى من الأخضر إلى الأصفر المخضر أو الوردى، أو الأحمر، ولا تزيد مساحة الجزء المتلون عن ١٠٪ من مساحة الثمرة.

٦- طور التحول Turning:

تسمى الثمار فى هذا الطور فى مصر بـ "المخوصة". يظهر على الثمار فى هذا الطور تحول واضح إلى اللون الأصفر المخضر أو الوردى، أو الأحمر، أو خليط من هذه الألوان فى مساحة ١٠٪ - ٣٠٪ من سطح الثمرة، ويكون التلون أكثر اكتمالاً وتركيزًا فى الطرف الزهرى، بينما يظل باقى الثمرة باللون الأخضر الفاتح.

٧- الطور الوردى Pink:

يتحول فيه من ٣٠٪ إلى ٦٠٪ من سطح الثمرة إلى اللون الوردى أو الأحمر.

٨- طور النضج الأحمر الفاتح Light Red:

تصل فيه المساحة الملونة باللون الأحمر الوردى، أو الوردى إلى ٦٠٪ -٩٠٪ من سطح الثمرة.

٩- طور النضج الأحمر Red أو التام:

تتراوح فيه المساحة الملونة باللون الأحمر من ٩٠٪ -١٠٠٪ من سطح الثمرة.

١٠- طور النضج الزائد Over Ripe:

يبدأ هذا الطور بعد انتهاء تلوين الثمرة، وأهم ما يميزه بداية فقد الثمار لصلابتها.

هذا.. وعادة ما تصل الثمار إلى طور اكتمال التكوين الأخضر بعد نحو ٣٥-٤٥ يومًا من التلقيح بينما يستغرق وصولها إلى طور النضج الأحمر ٤٥-٦٠ يومًا من التلقيح (Lorenz & Marnard ١٩٨٠)، حيث تزداد المدة مع انخفاض درجة الحرارة، وتكون المدة الطويلة فى الجو المائل للبرودة. أما فى الجو البارد، فإن نضج الثمار يستغرق فترات أطول من ذلك، بينما يتوقف النضج تمامًا فى الجو شديد البرودة.

ولدرجة الحرارة شديدة الارتفاع تأثير سلبى على تلون ثمار الطماطم، مثلما للحرارة شديدة الانخفاض.

فيمكن لثمار الطماطم الخضراء التى تعرضت لحرارة ٤٠°م لمدة لا تزيد عن يوم واحد، أو لحرارة ٣٥°م لمدة لا تزيد عن يومين أن تتلون بصورة طبيعية إذا تعرضت بعد ذلك - مباشرة - لحرارة ٢٥°م، ولكنها تبقى خضراء اللون إذا ظلت فى الحرارة العالية (٣٥° أو ٤٠°م)، أو إذا نقلت بعد معاملة الحرارة العالية إلى ٣٠°م (Inaba & Chachin ١٩٩٨).

ويبين جدول (٧-١) عدد الأيام التى تلزم لتحول ثمار الصنف فى إف ١٤٥- بى - ٧٨٧٩ من أحد أطوار التكوين لأطوار أخرى أكثر تقدمًا.

هذا.. إلا أن تلك التغيرات الطبيعية لا تحدث فى طفرات الطماطم rin، و Nr، وnor كما يتبين من جدول (٧-٢).

جدول (٧-١): عدد الأيام اللازمة لتحول ثمار الصنف ف إف ١٤٥- بى- ٧٨٧٩ من أحد أطوار التكوين لأطوار أخرى أكثر تقدمًا.

طور التكوين والنضج	عدد الأيام لحين وصول الثمار إلى طور النضج الوردى	عدد الأيام لحين وصول الثمار إلى طور النضج الأحمر
ثمار خضراء ناضجة جزئيًا	١١	١٨
طور النضج الأخضر التام	٧	١٤
طور النضج الوردى	-	٧

جدول (٧-٢): خصائص النضج فى ثمار طفرات الطماطم rin، وNr، و nor مقارنة بالنضج فى الثمار العادية (عن Wills ١٩٩٨).

الطفرة	خصائص النضج
Ripening inhibitor (rin)	نمو طبيعى – تتحول بطيئًا إلى اللون الأصفر الشاحب – يقل إنتاجها كثيرًا من الإثيلين – لا تفقد صلابتها بصورة تذكر – يقل فيها كثيرًا نشاط الإنزيم بولى جالاكتيرونيز – لا تنضج بعد معاملتها بالإثيلين – يؤدى تعريضها لتركيز عال من الأكسجين إلى تلونها بالوردى
Never Ripe (Nr)	نمو طبيعى – تتحول بطيئًا إلى اللون الأحمر البرتقالى – لا تفقد صلابتها إلاّ بصورة محدودة – يقل إنتاجها للإثيلين – يقل فيها نشاط البولى جالاكتيرونيز – يقل فيها تمثيل الليكوبين.
Non ripening (nor)	أكثر انحرافًا عن النضج الطبيعى عن rin لونها النهائى أصفر قاتم – إنتاجها من الإثيلين منخفض جدًا – يقل فيها نشاط البولى جالاكتيرونيز عن ١٪ من نشاطه فى الثمار غير الطفرية – يؤدى تعرض النباتات للوحة عالية إلى إسراع نضج الثمار وإلى ظهور لون برتقالى قاتم مع بعض الفقد فى الصلابة.

التغيرات المصاحبة لنضج الثمار

يصاحب نضج ثمار الطماطم، وانتقالها من مرحلة اكتمال النمو وهى خضراء إلى طور النضج الأحمر حدوث تغيرات فى مكونات الثمار تؤثر فى خصائصها، وفى صفات الجودة بها، وتكون بصورة تدريجية، وهى كما يلى:

١- فقد الكلوروفيل.

٢- زيادة محتوى الثمار من الصبغات، مثل الليكوبين، والبيتاكاروتين.

٣- تحلل النشا، وتكوين الجلوكوز والفراكتوز، وزيادة نسبة السكريات، ولكن مع انخفاض فى تركيز كل من الجالاكتوز galactose والأرابينوز arabinose (Gross & Wallner ١٨٧٩).

٤- زيادة معدل التنفس حتى مرحلة النضج الوردى — التى تتوافق مع الكلايمكترك Climacteric — ثم انخفاضه قليلاً بعد ذلك. وقد كان يُعتقد أن ثمار الطماطم المقطوفة — فقط — هى التى تظهر بها الزيادة الحادة فى معدل التنفس التى تصاحب مرحلة الكلايمكترك؛ الأمر الذى حدا بالبعض إلى القول بأن ثمار الطماطم ليست كلايمكتيرية، إلا أن Andrews (١٩٩٥) وجد أن معدل تنفس ثمار الطماطم يزداد أثناء نضجها بمقدار ١٠٠٪ سواء أكانت الثمار مفصولة عن النبات، أم متصلة به.

٥- زيادة إنتاج الثمار من غاز الإثيلين.

٦- انخفاض pH الثمار إلى أدنى مستوى له (حوالى ٤,١) فى طور بداية التلون، ثم ارتفاعه إلى أن يصل إلى أعلى مستوى له (حوالى ٤,٥) فى طور النضج الأحمر.

٧- نقص صلابة الثمار.

٨- زيادة محتوى الثمار من البكتينات الذائبة soluble pectins.

٩- زيادة نشاط إنزيم البولى جالاكتيورونيز Polygalacturonase، وهو الإنزيم الرئيسى المسئول عن طراوة الثمار أثناء نضجها.

١٠- زيادة تركيز حامض الجلوتامك glutamic acid.

١١- إنتاج المركبات المسئولة عن النكهة المميزة للطماطم.

١٢- ارتفاع محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك (فيتامين ج) ابتداءً من طور النضج الوردى.

١٣- زيادة نسبة حامض الستريك إلى حامض الماليك.

١٤- زيادة محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية.

١٥- تحلل المادة القلوية السامة ألفاتوماتين ∝-tomatine.

ويبين جدول (٧-٢) التغيرات التى تحدث فى محتوى ثمار الطماطم — من مختلف المركبات — أثناء نضجها.

جدول (٧-٢): التغيرات الكمية التى تحدث فى محتوى ثمار الطماطم من مختلف المركبات الكيميائية أثناء نضجها[أ] (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

المحتوى [ب]	مرحلة نمو وتضج الثمرة				
	الأخضر المكتمل النمو	بداية التلون	الوردى	الأحمر	الأحمر التام
المادة الجافة (٪)	٦,٤٠	٦,٢٠	٥,٨١	٥,٨٠	٦,٢٠
الحموضة المعايرة (٪)	٠,٢٨٥	٠,٣١٠	٠,٢٩٥	٠,٢٧٠	٠,٢٨٥
الأحماض العضوية (٪)	٠,٠٥٨	٠,١٢٧	٠,١٤٤	٠,١٦٦	٠,١٩٤
حامض الأسكوربيك (مجم ٪)	١٤,٥	١٧,٠	٢١,٠	٢٣,٠	٢٢,٠
الكلوروفيل (مجم ٪)	٤٥,٠	٢٥,٠	٩,٠	صفر	صفر
بيتاكاروتين (مجم٪)	٥٠,٠	٢٤٢,٠	٤٤٣,٠	—	—
الليكوبين (مجم٪)	٨,٠	١٢٤,٠	٢٣٠,٠	٣٧٤,٠	٤١٢,٠
السكريات المختزلة (٪)	٢,٤٠	٢,٩٠	٣,١٠	٣,٤٥	٣,٦٥
البكتينات (٪)	٢,٣٤	٢,٢٠	١,٩٠	١,٧٤	١,٦٢
النشا (٪)	٠,٦١	٠,١٤	٠,١٤	٠,١٨	٠,٠٧
المركبات المتطايرة (جزء فى البليون)	١٧,٠	١٧,٩	٢٢,٣	٢٤,٦	٣١,٢
المركبات المختزلة القابلة للتطاير (جزء فى البليون)	٢٤٨,٠	٢٩٠,٠	٢٥١,٠	٢٧٨,٠	٤٠٠,٠
الأحماض الأمينية (مول٪)	—	٢٣٥٨,٠	٣٢٥٩,٠	٢٩٤١,٠	٢٧٢٣,٠
النيتروجين البروتينى (مجم نيتروجين لكل جم وزن جاف)	٩,٤٤	١٠,٠٠	١٠,٢٧	١٠,٢٧	٦,٩٤

(أ) أخذت جميع القياسات على الصنف فيربول Fireball، فيما عدا تقدير محتوى الأحماض الأمينية الذى سُجّل على الصنف موسكو Moscow.

(ب) كانت جميع التقديرات على أساس الوزن الطازج إلا فى الحالات المحددة بغير ذلك.

تعد نسبة محتوى ثمرة الطماطم من المواد الصلبة إلى حموضتها المعايرة، أو أى من هذين المحتويين خصائص مهمة فى تحديد مذاق الطماطم. والسكريات الرئيسية هى الجلوكوز والسكروز بكميات متساوية تقريبًا، بينما حامضى الستريك والماليك هما الحامضان العضويان الرئيسيان، مع سيادة حامض الستريك. ولقد أمكن التعرف على أكثر من ٤٠٠ مركب متطاير فى ثمار الطماطم كان لنحو ١٦ مركبًا منها رائحة تدل على أنها يمكن أن تُسهم فى إضفاء النكهة المميزة للطماطم، ولكن دون أن ينفرد أى منها بإضفاء صفة النكهة.

ويمكن إيجاز أهم التغيرات التى تطرأ على محتوى ثمار الطماطم من مختلف المواد الكربوهيدراتية والإنزيمات التى تنظم تلك التغيرات – أثناء نضج الثمار – فيما يلى:

١– اختفاء النشا كلية – تقريبًا – فى مرحلة النضج.

٢– ازدياد محتوى الثمار من السكريات الكلية والمختزلة بمقدار خمسة أضعاف، وذلك من مرحلة قبل النضج إلى مرحلة النضج.

٣– انخفاض محتوى الثمار من السكريات غير المختزلة أثناء النضج.

٤– انخفاض نشاط الإنزيم sucrose synthase بشدة وبصورة متوازية مع الانخفاض فى مستوى النشا فى الثمار خلال مراحل نموها.

٥– لا يحدث تغير فى نشاط الإنفرتيز invertase (يسمى حاليًا: (beta)-fructoturanosidase).

٦– ينخفض محتوى الـ hemicellulose الكلى كثيرًا من ١٦٪ إلى ٥,٥٪ أثناء النضج، بينما لا يحدث تغير واضح فى محتوى عديدات التسكر الأخرى بالجدر الخلوية.

٧– يزداد نشاط الـ polygalacturonase بمقدار خمسة أضعاف أثناء النضج.

٨– يبقى نشاط الـ cellulose ثابتًا أثناء النضج (Singh وآخرون ٢٠٠٠).

تأثير مرحلة تكوين ونضج الثمار عند الحصاد على المحصول وصفات الجودة

إن الطماطم التى تقطف قبل اكتمال نضجها، ثم تكمل نضجها بعد الحصاد على ٢٠°م لا تكون بنفس جودة الثمار التى تقطف وهى حمراء مكتملة النضج، حيث تكون أقل منها حلاوة، وأكثر حموضة، ولا يظهر بها "طعم الطماطم" بنفس قوة ظهوره فى الطماطم التى تقطف حمراء، كما يظهر طعم غير عادى غير مرغوب فيه (Kader وآخرون ١٩٧٧).

كذلك كانت ثمار عدد من أصناف الطماطم الشيرى أعلى فى كل من الـ pH ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية، والجلوكوز، والفراكتوز، والسكروز عندما تركت لتنضج على النبات عما لو كان حصادها فى طور التحول وتركت لتنضج فى المخزن (Yu وآخرون ١٩٩٧).

وعلى الرغم من ذلك، فإن معظم مساحات الطماطم المخصصة للاستهلاك الطازج فى الولايات المتحدة تحصد بعد اكتمال نمو ثمارها وهى خضراء، أو وهى فى مرحلة التحول كحد أقصى. والهدف من ذلك أن تصل الثمار إلى المستهلك قبل أن تصبح زائدة النضج، وألا تتعرض للتهتك أثناء شحنها وتداولها. كذلك فإن حصاد الثمار وهى خضراء ناضجة يقلل عدد المرات التى تلزم لحصاد المحصول إلى مرتين أو ثلاث مرات فقط، مقارنة بنحو ٦–٨ مرات عند حصادها فى طور النضج الوردى.

ونظرًا لأنه لا يمكن التأكد من وصول الثمرة إلى مرحلة اكتمال النمو — وهى خضراء — إلا بعد قطعها بالسكين لرؤية المشيمة الجيلاتينية المحيطة بالبذور؛ لذا.. يوصى بالانتظار لحين وصول نسبة بسيطة من الثمار إلى مرحلة النضج الوردى، حيث تحصد — حينئذ — كل ثمار العنقود الأول — أو كل الثمار التى لا تقل عن حجم معين. ويترتب على ذلك أن نسبة من الثمار التى يتم حصادها على اعتبار أنها خضراء مكتملة التكوين تكون غير مكتملة النمو. ولا تتلون بصورة طبيعية بعد قطفها، أو تكون رديئة النوعية عند نضجها.

وقد وجد Davis & Gardner (١٩٩٤) أن حصاد ثمار الاستهلاك الطازج وهى خضراء مكتملة النمو يكون مصاحبًا بنقص معنوى فى المحصول. وفى متوسط وزن الثمرة، مقارنة بحصادها فى النضج الوردى. ولم يكن لمرحلة التكوين والنضج أية تأثيرات على معدلات الإصابة بمختلف العيوب الفسيولوجية باستثناء تشققات الثمار التى ازدادت نسبتها فى الثمار التى حصدت فى طور النضج الوردى، مقارنة بتلك التى حصدت وهى خضراء مكتملة النمو. وقد ترتب على ذلك تساوى مرحلتى النضج — عند الحصاد — فى كمية المحصول الخالى من التشققات. هذا.. إلا أن الحجم الأكبر للثمار التى تحصد وهى فى مرحلة النضج الوردى يعنى حصول المنتج على سعر أعلى فيها، مقارنة بسعر بيعه للثمار التى تحصد وهى خضراء مكتملة التكوين، والتى تكون أصغر حجمًا.

مراحل التكوين والنضج المناسبة للحصاد لكل من التصدير والاستهلاك المحلى والتصنيع

عند اختيار مرحلة النمو والنضج المناسبة للحصاد تجب مراعاة ما يلى:

١- الثمار الخضراء غير مكتملة التكوين: لا تصلح للقطف، ولا تتلون بعد الحصاد.

٢- الثمار الخضراء مكتملة التكوين جزئيًا: لا تصلح أيضًا، ولا تتلون بصورة جيدة بعد الحصاد، ولا تكتسب الخصائص الجيدة الصالحة للأكل، حتى لو أُنضجت صناعيًا.

٣- الثمار الخضراء مكتملة النمو: تتلون باللون الأحمر التام بعد قطفها بنحو ١٨ يومًا فى الجو الدافئ، وتكون خصائصها الصالحة للأكل جيدة عند اكتمال نضجها. تصلح للتصدير إلى مسافات بعيدة.

إن الحد الأدنى لمرحلة اكتمال التكوين الذى يمكن أن تقطف عنده ثمار الطماطم هو هذا الطور الذى يعرف أيضًا بالاسم Mature Green 2، وفيه يكون قد اكتمل تكوين البذور، ولا تقطع فيه البذور عند قطع الثمار بشفرة حادة، ويكون قد تقدم تكوين الجل فى مسكن واحد — على الأقل — من مساكن الثمرة، بينما يكون الجل فى طريقه للتكوين فى باقى المساكن (Suslow & Cantwell ٢٠٠٦).

وتحصد طماطم الاستهلاك الطازج – لأجل الشحن البحرى لفترات طويلة أو لأجل حمايتها من الإصابة بأضرار البرودة – بقطفها وهى خضراء ناضجة أو فى طور التحول، مع إنضاجها صناعيًّا بالمعاملة بغاز الإثيلين لمدة ١٢–١٨ ساعة على ٢٠°م. أما طماطم التصنيع فإن النباتات تُعامل – لإسراع نضجها – بالرش بالإثيفون حينما تكون ١٠٪ من ثمارها فى أى درجة من درجات التلوين.

٤– الثمار التى فى طور التحول: تصلح للتصدير إلى مسافات غير بعيدة.

٥– الثمار التى فى طور النضج الوردى: لا تزال تحتفظ بصلابتها، وتصلح للقطف بغرض التصدير للدول العربية، أو التسويق المحلى فى الجو الدافئ.

ويلاحظ أن الثمار ذات الصلاحية الممتدة للتخزين extended shelf-life (وهى الصفة التى تعود – غالبًا – إلى أحد الجينين rin أو nor) لا يجوز حصادها قبل وصولها إلى مرحلة النضج الوردى والتى يكون فيها ٣٠٪–٦٠٪ من سطح الثمار بلون وردى.

٦– الثمار التى فى طور النضج الأحمر: تصلح الثمار التى فى بداية هذا الطور للتسويق المحلى فى الجو البارد، بينما لا تصلح الثمار التى فى نهاية هذا الطور إلا للتصنيع فقط.

٧– لا تصلح الثمار التى فقدت صلابتها ودخلت فى طور النضج الزائد للحصاد، حتى ولو بهدف التصنيع، وذلك لأنها تتفلق ويخرج منها العصير، وتسبب مشاكل كثيرة أثناء التداول، كما تتسبب فى زيادة التلوث الميكروبى، وما يستتبعه ذلك فى زيادة تكاليف التعقيم، وتدهور نوعية المنتجات المصنعة.

٨– تحصد أصناف الاستهلاك الطازج آليًّا عندما تبلغ الثمار التى تخطت طور اكتمال النمو وهى خضراء – وأصبحت فى أية درجة من درجات التلوين – نحو ٢٠٪ من الثمار بالعدد. وتقدر النسبة بتقليع عدة نباتات، وهزها جيدًا – كما تفعل آلة الحصاد – لإسقاط كل الثمار التى تسقط عادة من النموات الخضرية عند إجراء الحصاد

آليًا، ثم تعد الثمار التى تخطت طور اكتمال النمو الأخضر، وتحسب نسبتها من العدد الكلى. وقد يكون من الأفضل بدء الحصاد فى مرحلة مبكرة قليلاً — وعندما تبلغ نسبة الثمار الملونة ٥٪ –١٠٪ فقط — ذلك لأن طاقم العمل يكون بطيئًا فى البداية، ويستمر كذلك إلى أن تنتظم عملية الحصاد.

٩– تحصد ثمار الأصناف الكريزية منفردة — غالبًا — وهى فى مرحلة نصف تلوين، أو بعدما تصل إلى طور النضج الوردى، وهى عملية مكلفة. نظرًا للوقت الطويل الذى تستلزمه عملية الحصاد. كما يتطلب حصاد العناقيد العليا الوقوف على سلالم، لأن النباتات يسمح لها بالنمو الرأسى لارتفاع يصل إلى ٣–٣,٥ م قبل أن يتدلى نموها القمى إلى أسفل.

وقد وجد Kagan Zur & Mizrahi (١٩٩٣) أن الهجن العنقودية الخليطة فى الجين nor (والتى يكون تركيبها الوراثى +/nor) — مثل BR124 — يمكن حصادها بالعنقود (وليس بالثمار المفردة) بشرط توفر الظروف التالية:

أ– الاكتفاء بنحو ١١–١٢ ثمرة فى كل عنقود، لكى يمكن للثمار الأولى أن تحتفظ بجودتها لفترة مناسبة تصل إلى نحو ٢–٣ أسابيع من بداية تلوينها.

ب–إجراء الحصاد بعدما تتلون بالفعل الثمرة الأخيرة التى سيتم الاكتفاء بها (الثمرة رقم١٢).

ج– معاملة العناقيد بحرص لكى لا تنفرط الثمار من العناقيد أثناء تداولها هذا علمًا بأن الثمار الخضراء المتبقية على العنقود لا تنضج بشكلٍ مرضٍ.

وعمومًا.. فإن الطماطم العنقودية cluster tomato تُقطف — عادة — عندما يبدأ ظهور اللون الأحمر على أقل الثمار نضجًا. ومن الصفات الهامة فى الطماطم العنقودية تجانس لون الثمار، ونضارة العنق، وعدم سقوط الثمار من العنقود، ويكون تعبئتها — عادة — فى طبقة واحدة.

١٠– تحصد أصناف التصنيع آليًا عندما تبلغ نسبة الثمار التى تخطت طور اكتمال التكوين الأخضر — وأصبحت فى أية درجة من درجات التلوين — حوالى ٨٠٪ من

الثمار بالعدد. وتقدر هذه النسبة بنفس الطريقة السابقة. وتجدر الإشارة إلى أن نسبة الثمار الملونة تزيد بمعدل ٣٪ –٤٪ يوميًا، أى أن نسبة الثمار التى تخطت طور اكتمال التكوين الأخضر تصبح بنسبة ٩٥٪–١٠٠٪ خلال ٥ أيام من بداية الحصاد.

الحصـاد

يُجرى الحصاد اليدوى بإدارة الثمرة برفق فتنفصل عن النبات بسهولة ويكون قطف الثمار كل ٤ أيام فى الجو الحار، وكل ٧–١٠ أيام فى الجو البارد.

وإذا فصلت الثمرة عند المفصل joint – الأمر الذى يحدث غالبًا عندما يكون عنق الثمرة ذا مفصل jointed – فإنه يتعين إزالة الجزء المتبقى من عنق الثمار مع الكأس، لكى لا يخترق هذا الجزء الثمار التى تجاوزه أثناء عمليات التداول، وفى عبوات الشحن أو التخزين؛ الأمر الذى يؤدى إلى إصابة الثمار بالكائنات الدقيقة المسببة للأعفان، ويزيد من فاقد الثمار بعد الحصاد. أما فى أصناف الطماطم التى تكون أعناق ثمارها بدون مفصل jointless، فإن الثمار تنفصل بدون عنق؛ الأمر الذى يوفر حوالى ٢٥٪ من الوقت الذى تستغرقه عملية الحصاد اليدوى (Zahara & Scheuerman ١٩٨٨).

ويتعين عند حصاد ثمار طماطم الاستهلاك الطازج يدويًا مراعاة ما يلى:

١– غسيل الأيدى جيدًا.

٢– لا تُحصد إلاّ الثمار الجاهزة للحصاد، مع ترك الثمار غير المكتملة التكوين للقطفة الثانية، ومع الانتهاء من حصاد جميع ثمار النبات قبل الانتقال إلى النبات التالى.

٣– عدم الضغط على الثمار أو تجريحها أو اختراقها بالأظافر.

٤– عدم الاحتفاظ فى اليد بعدد من الثمار أكثر من الممكن؛ لأن ذلك يؤدى إلى سقوط بعضها، ومن ثم تجريحها وخفض كفاءة عملية الحصاد ذاتها.

٥- عدم وضع أى مخلفات نباتية أو ثمار غير صالحة للتسويق مع الثمار الجيدة فى عبوات الحصاد.

٦- عدم القذف بالثمار فى عبوات الحقل.

٧- نقل الثمار بلطف ومن على ارتفاع منخفض من عبوات الحقل إلى عبوات نقل المحصول.

أما الحصاد الآلى فيجرى دفعة واحدة باستخدام آلات كبيرة تقوم بتقليع النباتات، ونقلها على "كاتينة" متحركة إلى داخل الآلة، حيث تتعرض لاهتزازات شديدة تؤدى إلى سقوط الثمار. وتنتقل الثمار بعد ذلك بواسطة سيور متحركة أمام عمال يقومون بفرزها، واستبعاد الثمار غير الناضجة، وزائدة النضج، والمصابة بالأمراض، والعيوب الفسيولوجية. ويستمر تحرك الثمار إلى أن تسقط فى عربة نقل تتحرك فى الحقل إلى جانب آلة الحصاد.

وللتفاصيل المتعلقة بعملية الحصاد الآلى فى كل من أصناف الاستهلاك والتصنيع ومشاكلها ووسائل التغلب عليها – يراجع حسن (٢٠١١).

مجمل عمليات تداول طماطم الاستهلاك الطازج بعد الحصاد

تمر طماطم الاستهلاك الطازج بعمليات التداول التالية:

١- الحصاد اليدوى فى دِلاء.

٢- النقل إلى أوعية أكبر فى الظل.

٣- النقل إلى محطة التعبئة.

٤- الغمر فى ماء مكلور تُفرغ فيه حمولة الشاحنات.

٥- الشطف فى ماء صالح للشرب.

٦- تحجيم أولى وفرز أولى للعيوب الواضحة.

٧- التشميع مع مبيد فطرى أو بدونه أو المعاملة بالمبيد الفطرى وحده.

٨- التقسيم حسب اللون وتوجيه الثمار الناضجة الملونة إلى خط تعبئة مستقل.

٩- التدريج حسب المقاييس المعمول بها.

١٠- التحجيم (التدريج إلى أحجام) باستعمال سيور متحركة ذات ثقوب تتناسب والأحجام.

١١- ملأ الكراتين بالوزن.

١٢- عمل بالتات وتخزينها، ثم توجيهها نحو أحد طريقين، كما يلى:

الطريق الأول:

أ- النقل إلى حجرات الإنضاج لأجل المعاملة بالإثيلين بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون على ٢٠°م.

ب-ثم التبريد أو التخزين المؤقت على ٧-١٣°م حسب مدى نضج الثمار.

ج- ثم التحميل والنقل إلى الأسواق، حيث قد تُعاد فيها التعبئة من جديد.

الطريق الثانى:

أ- التبريد أو التخزين المؤقت على ٧-١٣°م حسب درجة نضج الثمار.

ب- ثم التحميل والنقل.

ج- ثم النقل إلى حجرات الإنضاج فى الأسواق لأجل المعاملة بالإثيلين بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون على ٢٠°م، ثم إعادة التعبئة من جديد (عن Brecht ٢٠٠٣).

ويمكن الاطلاع على تفاصيل كثيرة تتعلق بجميع تلك المعاملات والعمليات فى حسن (٢٠١١)، وسنكتفى فى هذا المقام بالإشارة إلى بعضها فقط.

ومما تجدر الإشارة إليه أن تعريض ثمار الطماطم لرطوبة حرة غير متحكم فيها – بعد الحصاد – (كأن يكون تعريضها لماء غير مكلور) يؤدى إلى زيادة احتمالات إصابتها ببكتيريا العفن الطرى البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *Pectobacterium carotovorum*. وتحدث الإصابة غالبًا من خلال العدسات التى بالأنسجة التى تحيط بالانخفاض المحيط بعنق الثمرة (Bartz وآخرون ٢٠١٦).

التعبئة والتحجيم

الطماطم العادية

توضع الثمار فى العبوات إما بدون ترتيب معين in bulk، أو توضع فى أطباق بلاستيكية تحتوى على انخفاضات بحجم الثمار، ويتوقف عددها فى كل طبق على مساحة الصندوق، وحجم الثمار. ويحتوى كل صندوق عادة على ٢–٣ طبقات من الأطباق، وتتبع هذه الطريقة فى تعبئة محصول التصدير للأسواق التى تتطلب ثمارًا عالية الجودة.

وتعبأ الطماطم – غالبًا – فى كراتين سعة ١١,٤ كجم (٢٥ رطل) بأبعاد ٣٠ × ٤٠ × ٢٤ سم، حيث تصف بارتفاع ١٠ كراتين فى بالتات ١٠٠ × ١٢٠ سم.

هذا.. وتُحصد طماطم الزراعات المحمية (لأجل الاستهلاك الطازج بطبيعة الحال) فيما بين مرحلتى النضج الأحمر الفاتح والأحمر الكامل، وهى التى تعرف باسم vine-ripe؛ أى الناضجة على "عروشها"، ويكون حصاد الثمار التامة الاحمرار بمعدل مرتين أسبوعيًّا. وتعبأ هذه الثمار لأجل أسواق الجملة فى كراتين تتسع لنحو ١٥–٢٥ رطلاً من الثمار (٦,٨–١١,٤ كجم)، وتتحدد سعة الكرتونة بأحجام الثمار التى تعبأ فيها؛ فمثلاً كرتونة ٥ × ٥ تعنى وجود خمسة صفوف بكل منها خمس ثمار فى كل طبقة من الكرتونة.

وتكون أحجام الثمار كما يلى:

الحجم	العبوة	أقل قطر للثمار (سم)	أكبر قطر للثمار (ب)
أكبر حجم	٤ × ٥	١٠,٥	أكبر من ذلك
كبيرة جدًا	٥ × ٥، و ٥ × ٦	٧,٢	١٠,٥
كبيرة	٦ × ٦	٦,٢	٧,٢
متوسطة	٦ × ٧	٥,٦	٦,٢
صغيرة	٧ × ٧	٥,٣	٥,٦
صغيرة جدًا	٧ × ٨	٤,٦	٥,٣

الطماطم الشيرى والعنقودية

تعرف الطماطم الشيرى التى تسوق على صورة عناقيد باسم cheery tomatoes on the vine، ومن أصنافها المفضلة Aranca. تكون عبواتها سعة ٣ كجم، وفى طبقة واحدة عادة، وتشحن عن طريق الجو فقط، وتبقى بحالة جيدة لمدة أسبوع. تكون النافذة التصديرية فى أوروبا من أوائل ديسمبر إلى أواخر مارس.

تعرف هذه الطماطم باللالئ الحمراء red pearls، وهى حلوة المذاق وحمراء داكنة اللون. يجب أن يتراوح قطر الثمرة بين ٣٠، و ٤٠ مم، مع تواجد ٧–٨ ثمار بكل عنقود. يفضل أن تتراوح نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بين ٧,٥٪ ، و٩٪.

أما الطماطم الشيرى السائبة، فمن أصنافها المفضلة Josphina، وتُعبأ ثمارها فى punnets ذات غطاء، تتسع كل منها لربع كيلوجرام، وتوضع كل تسع منها فى كرتونة.، تشحن عن طريق الجو، وتبقى بحالة جيدة لمدة ١٠ أيام. يجب ألا يقل محتواها من المواد الصلبة الذائبة عن ٦٪، ويفضل أن يتراوح بين ٧٪، و٨٪. تكون النافذة التصديرية خلال شهور الشتاء.

أما الطماطم العنقودية cluster tomato، فهى التى تكون متوسطة فى حجمها بين الطماطم العادية والطماطم الشيرى، وتسوق على صورة عناقيد صغيرة يحتوى كل منها على حوالى خمس ثمار.

التبريد الأولى

لا تحتاج ثمار الطماطم إلى معاملة التبريد الأولى إلا إذا كانت حرارتها أعلى من ٢٧°م، وكان من المرغوب فيه تأخير وصولها إلى مرحلة اكتمال النضج.

وقد تُبَّرد الطماطم أوليًّا بطريقة الدفع الجبرى للهواء بمجرد وصولها إلى محطة التعبئة لتأمين احتفاظها بجودتها.

ويمكن تبريد ثمار الطماطم الكريزية من ٣٢°م إلى ١٦°م فى خلال ٣–٥ دقائق بغمرها، أو رشها بماء تتراوح حرارته بين درجة واحدة وأربع درجات مئوية.

وغالبًا.. يكون تبريد الطماطم بعد تجهيزها فى بالتات إلى ٢٠°م للإنضاج أو إلى ١٢°م للتخزين. ويتم التبريد — فى الحجرات المبردة، ولكن التبريد بطريقة الدفع الجبرى للهواء يعطى نتائج أفضل. وإذا ما كانت حرارة اللب فى الطماطم المعبأة والمجهزة فى بالتات ٢٨°م، فإنها ترتفع بمقدار درجتين — مباشرة — بعد وضع النباتات فى حرارة ٢٠°م، ثم تُبرد تدريجيًّا إلى ٢٣°م فى خلال ٢٤ ساعة.

وبالمقارنة فإن تلك الطماطم يمكن تبريدها إلى ٢٠°م بطريقة الدفع الجبرى للهواء فى خلال ساعتين ونصف الساعة؛ وبذا.. يكون نضجها أكثر تجانسًا فى مختلف كراتين البالتة.

ويجب فى جميع الأحوال عدم تعريض الثمار لحرارة تقل عن ١٠°م لأكثر من ٢٤ ساعة، لكى لا تصاب بأضرار البرودة.

إنضاج الثمار الخضراء مكتملة التكوين

النضج الطبيعى

تحصد ثمار الاستهلاك الطازج — غالبًا — وهى خضراء مكتملة التكوين، وخاصة عندما تكون الأسواق بعيدة عن حقل الإنتاج، حيث تكتسب الثمار لونها الأحمر أثناء

الشحن لتصل إلى المستهلك وهى فى طور النضج الأحمر الفاتح أو الأحمر، وتتراوح الحرارة المناسبة للشحن من ١٣°م للثمار الخضراء مكتملة التكوين إلى ٢١°م للثمار التى فى طور النضج الأحمر الفاتح. ويكون التلوين بطيئًا ولا يتم بصورة جيدة فى الحرارة الأقل من ١٣°م. وتتعرض الثمار للإصابة بأضرار البرودة فى حرارة ٧°م أو أقل. وتؤدى الحرارة الأعلى من ٢١°م إلى إسراع نضج الثمار، لكن استمرار ارتفاع الحرارة حتى ٢٩°م يؤدى مرة أخرى إلى عدم تلون الثمار بصورة جيدة.

ويلزم توفر الظروف البيئية التالية حتى يكون التلون جيدًا:

١- درجة الحرارة المناسبة كما سبق بيانه.

٢- التهوية الجيدة، لأن الأكسجين ضرورى لتنفس الثمار، ولا يفيد تغليفها فى الورق، كما أن لتبطين العبوات بالبوليثيلين آثار ضارة.

٣- الرطوبة النسبية المرتفعة التى تتراوح من ٩٠٪ إلى ٩٥٪ لتقليل فقد الماء من الثمار.

الإنضاج الصناعى

يعنى الإنضاج الصناعى أية محاولة لإسراع تلون الثمار، ووصولها إلى طور النضج الأحمر. تجرى هذه العملية — عادة — للثمار التى تحصد وهى خضراء مكتملة التكوين، ولكنها قد تجرى أيضًا على أية ثمار لم يكتمل تلونها بعد عند الرغبة فى الإسراع بتلونها، ويكون ذلك أمرًا مرغوبًا فيه فى الحالات التالية:

١- لكى تصل الثمار للمستهلك، وهى تامة التلون.

٢- عند ارتفاع الأسعار.

٣- عند بطء عملية التلون بسبب انخفاض درجة الحرارة.

إن نضج ثمار الطماطم يُستحث — طبيعيًّا — بالإثيلين الذى تنتجه، إلا إنه تجرى — على النطاق التجارى — معاملة ثمار الطماطم الخضراء الناضجة بالإثيلين لإسراع

نضجها؛ حيث تعرض للغاز بتركيز ١٠٠–١٥٠ جزءًا فى المليون لمدة ٢٤–٧٢ ساعة على حرارة ٢٠–٢٥°م، مع ٨٥٪–٩٥٪ رطوبة نسبية. يُطلق الإثيلين فى غرف محكمة الغلق لا يتسرب منها الهواء. هذا ولا تجرى هذه المعاملة مع أى ثمار بدأت – فعلاً – فى التلوين.

ويجب أن تتراوح الحرارة خلال فترة الإنضاج الصناعى ما بين ١٣°م للثمار التى بدأت فى التلون، و ٢١°م للثمار الخضراء الناضجة. وتؤدى المعاملة بالإثيلين إلى سرعة تحلل الكلوروفيل، وتكوين الليكوبين، وزيادة تجانس اللون، وإسراع مرحلة الكلايمكتريك، وزيادة محتوى الثمار من فيتامين ج.

التخزين

تتراوح الحرارة المناسبة لتخزين ثمار الطماطم بين ٧ درجات مئوية للثمار الحمراء إلى ١٥°م للثمار الخضراء مكتملة التكوين؛ فتنخفض درجة الحرارة المناسبة للتخزين تدريجيًّا مع ازدياد نضج الثمار. ويجب أن تكون الرطوبة النسبية عالية، وأن يُحتفظ بها فى حدود ٩٠٪–٩٥٪ لمنع فقد الماء من الثمار. يمكن فى هذه الظروف حفظ الثمار الحمراء بحالة جيدة لمدة ١٠ أيام، وتتلون الثمار الخضراء فى خلال ٣٠ يومًا وهى بحالة جيدة. وتنخفض مدة بقاء الثمار المخزونة بحالة جيدة فيما بين هذه الحدود حسب درجة نضجها عند بداية التخزين. وتزداد سرعة نضج ثمار الطماطم بارتفاع الحرارة حتى ٢١°م، بينما تتدهور بسرعة بارتفاع درجة الحرارة عن ذلك، ولا تتلون بصورة جيدة عند ارتفاع الحرارة إلى ٢٩°م، أو أعلى من ذلك.

تخزن الثمار الحمراء الناضجة بعد ذلك فى غرف باردة لا تقل حرارتها عن ١٠°م.

أما الثمار الخضراء المكتملة التكوين فإنها تُعامل بواحدة من أربع طرق – حسب الرغبة – كما يلى:

١– إنضاجها سريعًا بالمعاملة بالإثيلين فى غرف مغلقة لمدة ٢٤–٤٨ ساعة على ٢٠–٢٥°م قبل شحنها لتأمين سرعة وتجانس نضجها.

٢- إنضاجها سريعًا طبيعيًّا بحفظها على حرارة ١٨-٢١°م.

٣- إنضاجها ببطء على حرارة ١٤-١٦°م.

٤- تأخير إنضاجها لمدة أسبوعين بحفظها على حرارة ١٣°م قبل إنضاجها بعد ذلك على حرارة ١٨-٢١°م، علمًا بأن حفظها لأكثر من أسبوعين على حرارة ١٣°م يعرضها للإصابة بأضرار البرودة، وتزداد إصابتها بالأعفان، وتفشل فى تكوينها للون أحمر قانٍ (عن Strange وآخرين ٢٠٠٠).

لا يمكن تخزين الثمار الخضراء المكتملة التكوين بنجاح فى الحرارة التى تؤخر النضج، وإذا ما خزنت تلك الثمار لمدة أسبوعين أو أكثر على حرارة ١٣°م فإنها قد تتعرض للتحلل غير الطبيعى، وقد لا تتلون بشكل جيد. وتتراوح الحرارة المثلى لتخزين الثمار الخضراء المكتملة التكوين بين ١٨، و ٢١°م. كذلك فإن الطماطم لا تتلون بشكل جيد فى حرارة تزيد عن ٢٧°م. ويناسب المدى الحرارى ١٤-١٦°م إبطاء النضج دون أن يتكون تحلل غير طبيعى. وفى هذا المدى نجد أن الثمار الخضراء المكتملة التكوين يمكن أن تتلون بصورة مناسبة لتعبئتها للعرض بالأسواق فى خلال ٧-١٤ يومًا.

وتتعرض الثمار التى تحفظ فى حرارة تقل عن ١٠°م للإصابة بالألترناريا خلال فترة تلونها بعد التخزين، وتكون الإصابة بالألترناريا شديدة عند تعرض الثمار لمدة ٦ أيام وهى على حرارة الصفر المئوى، أو لمدة ٩ أيام على حرارة ٤°م. كذلك فإن نسبة كبيرة من الثمار التى تتعرض لحرارة تقل عن ١٠°م لمدة أسبوع قبل الحصاد قد تظهر بها إصابة الألترناريا بعد الحصاد حتى ولو خزنت فى حرارة مناسبة.