تأثير حالة الثمار وطريقة تداولها عند الحصاد وبعده على نوعيتها

تتأثر نوعية ثمار الطماطم بعد الحصاد بالعوامل التالية:

١ – مدى اكتمال نمو الثمار عند الحصاد:

لا يمكن أن تتلون الثمار التى تقطف قبل اكتمال تكوينها بصورة جيدة حتى لو أعطيت معاملات الإنضاج الصناعى.

٢ – سرعة التخلص من حرارة الحقل field heat بعملية التبريد الأوَّلى:

تؤدى هذه العملية إلى وقف تدهور الثمار سريعًا بعد الحصاد، وتظل محتفظة بجودتها لفترة أطول.

هذا .. إلا أن إجراء التبريد الأوَّلى بالماء البارد، أو قلب حمولة الثمار فى أحواض تحتوى على ماء تقل حرارته عن حرارة الثمار – بهدف تقليل الأضرار الميكانيكية التى يمكن أن تحدث للثمار عند قلبها – يمكن – كما أسلفنا – أن يزيد كثيرًا من إصابة ثمار الطماطم بالأعفان. ويستدل على ذلك من دراسات Showalter (١٩٩٣) التى توصل منها إلى أن ثمار الطماطم تحتوى على فراغات هوائية كثيرة بين الخلايا، ويؤدى قلبها فى ماء تنخفض درجة حرارته عن حرارة الثمار ذاتها إلى انكماش هذه الفراغات الهوائية؛ مما يؤدى إلى اندفاع الماء – مع ما يحمله من كائنات مسببه للأعفان – إلى داخل الثمار من خلال موضع اتصالها السابق بالعنق؛ ذلك لأن جلد الثمار يكون مغطى بطبقة سميكة من الكيوتين، كما أن بشرتها تخلو من الثغور. وقد أدت تدفئة الماء الذى تقلب فيه الثمار إلى الحد من مشكلة الأعفان.

٣ – مدى إصابة الثمار بالأضرار Physical Injuries:

يمكن ان تحدث الأضرار فى أية مرحلة من مراحل تداول الثمار فيما بين الحصاد، ووصولها إلى المستهلك. وتوجد عدة أنواع من هذه الأضرار، منها: القطوع cuts، واختراق أعناق الثمار للثمار المجاورة لها punctures، والخدوش scuffs، والجروح abrasions الناتجة عن الاحتكاكات. تشوه هذه الأضرار مظهر الثمار، وتزيد فقدها للماء، وقابليتها

للإصابة بالأعفان، ومن تنفس الثمار. وإنتاج غاز الإثيلين. وقد تفشل المناطق المصابة فى التلون باللون الأحمر الطبيعى.

وتظهر على ثمار الطماطم الخضراء مكتملة النمو أنسجة شبه فلينية تنشأ نتيجة لاحتكاك الثمار ببعضها، أو مع الأسطح الخشبية. وتتحول هذه الأنسجة إلى اللون البنى عند نضج الثمار، وتكثر الجروح بالثمار مع زيادة الاهتزازات أثناء نقل الثمار.

من المظاهر الخارجية للخدوش والجروح: فقد الثمار لصلابتها، وظهور أنسجة مبتلة water soaked. أما الأعراض الداخلية، فإنها لا تلاحظ غالبًا إلا بعد قطع الثمار، وتكون على شكل أنسجة مبتلة فى المشيمة والأنسجة الداخلية، وظهور المادة شبه الجيلاتينية بلون ضارب إلى البياض، أو إلى الأخضر، كما تكون منكمشة.

وتؤدى الأضرار الداخلية بالثمار التى تحدث نتيجة لسوء التداول وخشونة المعاملة إلى إحداث تغيرات كبيرة فى إنتاج مختلف الأنسجة من مختلف المركبات المتطايرة المسئولة عن النكهة المميزة، مقارنة بثمار الكنترول التى لا تتعرض لتلك المعاملات.

وتتضمن التغيرات المركبات التالية (Moretti وآخرون ٢٠٠٣):

النسيج	المركبات المتطايرة
البيريكارب pericarp	trans-2-hexenal
الغرف locules	1-penten-3-one, cis-3-hexenal, 6-methyl-5-hepten-2-one, cis-3-hexenol & 2-isobutylthiazole
المشيمة placenta	1-penten-3-one & β-ionone

٤ — التعرض لدرجات حرارة غير مناسبة:

أ — الحرارة المنخفضة:

لدرجة الحرارة علاقة كبيرة بنوعية الثمار. فتعرض ثمار الطماطم لدرجة حرارة أقل من درجة التجمد (حوالى −١ °م) يؤدى إلى ظهور أعراض التجمد freezing ijnury، وهى: المظهر المائى water soaked appearance، وطراوة الثمار، وجفاف المادة شبه

الجيلاتينية التى توجد فى المساكن. كذلك فإن لدرجات الحرارة الأعلى من ٣٠°م تأثيرات سلبية كبيرة على نضج وتلون الثمار، بينما تحدث أضرار البرودة chilling injury عندما تتعرض الثمار لدرجات حرارة منخفضة تقل عن ١٢,٥°م، وتزيد عن درجة التجمد لمدة يتوقف طولها على درجة الحرارة. فكلما زاد انخفاض درجة الحرارة، قصرت الفترة اللازمة لإحداث الأضرار، وتصبح الأضرار أكثر وضوحًا بعد إخراج الثمار من المخازن. وتعتبر الثمار الناضجة أقل حساسية لأضرار البرودة من الثمار الخضراء. ومن أهم أضرار البرودة: عدم تلون الثمار بصورة جيدة، أو تلونها بصورة غير منتظمة، وفقد الثمار لصلابتها، وظهور نقر سطحية بها، وتلون البذور باللون البنى، وزيادة قابليتها للإصابة بالعفن، خاصة بفطر الألترناريا *Alternaria*. كما تؤثر الحرارة المنخفضة تأثيرًا سيئًا على طعم الثمار، فتزيد الحموضة، وتفقد نكهتها المميزة قبل ظهور أية أعراض أخرى خارجية عليها.

ب — الحرارة المرتفعة:

وجد Hamauzu وآخرون (١٩٩٤) أن ثمار الطماطم الخضراء مكتملة النمو تغير لونها من الأخضر إلى الأحمر فى حرارة ٢٠°م، ولكن لونها أصبح خليطًا من الأحمر والبرتقالى، والأصفر فى حرارة ٣٠°م، بينما تغير لونها إلى الأصفر فى حرارة ٣٥°م. وقد كانت طبقة البشرة أكثر حساسية للحرارة العالية عن الجدر الثمرية، وأدت الحرارة العالية إلى تثبيط تراكم كلٍ من الفيتوين Phytoene واللكيوبين Lycopene بصورة معنوية، وكان تأثيرها المثبط على الفيتوين أكثر من تأثيرها على الليكوبين. وقد ازداد محتوى البيتا كاروتين فى كل من البشرة والجدر الثمرية وبدرجة أكبر فى البشرة فى حرارة ٣٠°م فى بداية الأمر، ولكن نقص محتوى البيتا كاروتين مع زيادة فترة التخزين فى حرارة ٣٠°م بعد حوالى ١٥ يومًا. كذلك انخفض محتوى الثمار من كل من حامض الأسكوربيك والألفا توكوفيرول α-tocopherol أثناء التخزين فى حرارة ٣٠°م أو ٣٥°م.

هذا .. ويُحدث التعرض للحرارة المرتفعة بعد الحصاد أضرارًا فسيولوجية لثمار الطماطم تتضمن انهيار الخلايا والأنسجة الثمرية. وقد وجد Inaba & Crandall (١٩٨٨) أن ترك

ثمار الطماطم معرضة للشمس بعد الحصاد أدى إلى رفع حرارتها الداخلية إلى ٥٥°م. وعندما قيس الضرر الذى تحدثه الحرارة المرتفعة – تحت ظروف المختبر – بوضع الثمار الخضراء مكتملة التكوين فى درجة حرارة تراوحت بين ٢٥°م و ٦٥°م لمدد تراوحت بين ٣٠ دقيقة و ١٨٠ دقيقة – وذلك بقياس درجة التسرب الأيونى من الثمار المعاملة – وجد أن فترات التعرض الحرجة – التى صاحبها ظهور الأضرار – كانت ١٦٦ دقيقة فى حرارة ٤٥°م، و ١٠٥ دقائق فى حرارة ٥٠°م، و ٣٤ دقيقة فى حرارة ٥٥°م.

٥ – طول الفترة بين الحصاد والاستهلاك:

يساعد تقصير هذه الفترة على تقليل فقد النكهة المميزة للثمار، وعدم ظهور أى طعم غير مرغوب فيها.

٦ – سرعة النضج:

تتأثر سرعة نضج الثمار بدرجة حرارة التخزين، وبمعاملات الإنضاج الصناعى.

٧ – العيوب الفسيولوجية Physiological Disorders:

إن من أهم العيوب الفسيولوجية التى تظهر بثمار الطماطم، ما يلى:

أ – النضج المتبقع:

تتميز ظاهرة النضج المتبقع blotchy ripening بظهور مناطق خضراء أو خضراء مصفرة على سطح الثمار، ويبدو أن لظهور تلك الظاهرة علاقة بنقص البوتاسيوم والنيتروجين غير العضوى فى التربة. هذا .. ويقل محتوى الأنسجة – التى يظهر بها النضج المتبقع – فى كل من الأحماض العضوية، ومحتوى المواد الصلبة الذائبة، والنشا.

ب – الجدر الرمادية graywall:

تظهر الجدر الرمادية كأنسجة وعائية متحللة فى النسيج الوسطى لجدار الثمرة، وهى تبدأ فى الظهور فى الثمار الخضراء، ويعتقد بأن لظهورها علاقة بالجو البارد، والإضاءة الضعيفة، ونقص التغذية، والتربة المشبعة بالرطوبة، وكذلك بالإصابة بفيرس موزايك التبغ، إلا أن السبب الحقيقى لم يستدل عليه بعد.

جـ – عدم انتظام النضج irregular ripening:

تظهر تلك الحالة على صورة عدم تجانس فى النضج، وفى تواجد نسيج أبيض داخلى، ويرتبط ظهورها بتغذية الذبابة البيضاء *Bemisia argentifolii*.

د – الكدمات الداخلية internal brusing:

تتميز الكدمات الداخلية بظهور جل أصفر إلى أخضر فى مساكن الثمار الناضجة، ويحدث ذلك عند ضعف النضج الطبيعى للجل نتيجة لحدوث ضغط فيزيائى على الثمار وهى خضراء أو وهى فىَ طور التحول. ومثل هذه الثمار ينخفض كثيرًا محتواها من حامض الأسكوربيك والحموضة المعايرة والكاروتينات الكلية، كما يسوء طعمها. وتزداد حساسية الثمار للإصابة بتلك الظاهرة وهى فى مرحلة التحول عما يحدث لها وهى فى مرحلة اكتمال التكوين وهى خضراء (Sargent & Moretti ١٩٩٤).

هـ – التفلقات:

يؤدى تفلق ثمار الطماطم إلى فقد الثمار لصلاحيتها للتسويق، سواء أحدث ذلك قبل الحصاد، أم بعده.

وقد وجد أن من بين العوامل التى تؤثر فى تفلق الثمار الخيرى بعد الحصاد ما يلى:

(١) أدى نقع الثمار فى ماء يحتوى على كالسيوم إلى نقص التفلق، بينما أدت إضافة المواد المخلبية إلى زيادته.

(٢) أدت معاملة النقع فى محاليل الكالسيوم إلى زيادة محتوى الثمار من الكالسيوم المرتبط، بينما خفضت إضافة المادة المخلبية CDTA من الكالسيوم الذائب.

(٣) ارتبط الفقد الرطوبى للثمار أثناء التخزين بالانخفاض فى قابلية الثمار للتفلق.

(٤) وعلى العكس من ذلك .. أدى نضج الثمار أثناء تخزينها إلى زيادة قابلية الثمار للتفلق.

(٥) كانت قابلية الثمار للتفلق أكبر عندما كان الحصاد فى الصباح عما كان عليه

الحال عندما كان الحصاد ظهرًا، وكان أقل ما يمكن عندما كان الحصاد ليلاً (Lichter وآخرون ٢٠٠٢).

و – البقع الغائمة:

يظهر على ثمار الطماطم – أحيانًا – ما يعرف باسم البقع الغائمة cloudy spots. وهى عبارة عن بقع بيضاء أو صفراء اللون غير منتظمة الشكل تتواجد تحت جلد الثمرة مباشرة، بسبب تغذية الخنفساء النتنة stink bug، وهى التى تفرز عند تغذيتها إنزيمًا يمنع التلون الطبيعى للثمرة فى موضع التغذية (جامعة بوردو Purdue – الإنترنت – ٢٠٠٧).

٨ – الأضرار المرضية Pathological Disorders:

تنشأ معظم الأضرار المرضية غالبًا قبل الحصاد، ولكنها تكون غير ملحوظة، ولا تبدأ فى الظهور إلا بعد أن تزداد شدة الإصابة، ويكون ذلك أثناء التداول والتخزين. تزداد حدة هذه الأمراض بزيادة الجروح، وتعرض الثمار لأضرار البرودة. وتعتبر الأمراض التالية أهمها وأكثرها خطورة وشيوعًا فى المخازن، وأثناء النقل والتسويق:

أ – العفن الأسود black mould:

يسببه الفطر *Alternaria alternata*، ولا يصيب إلا الثمار الحمراء التى أضيرت بفعل التجريح، أو البرودة، أو خزنت لفترة طويلة. ويمكن أن تتواجد جراثيم الفطر على سطح الثمار قبل الحصاد، ولكنها لا تنمو ولا تحدث الإصابة إلا بعد النضج. ويوجد طراز آخر من الفطر هو : *A. alternata* f. *lycopersici* يمكنه إصابة الثمار وهى خضراء. ويمكن خفض نسبة الإصابة بهذا المرض كثيرًا باستبعاد جميع الثمار التى تكون فيها جروح، أو شقوق، أو عيوب فسيولوجية يمكن أن تشكل منفذًا للإصابة، مثل تعفن الطرف الزهرى، وكذلك بتجنب أضرار البرودة.

وقد وفرت المعاملة بمعلق خلايا فطر الخميرة البازيدى البحرى *Rhodosporidium paludigenum* (عُزِلَ من جنوب بحر شرق الصين) مكافحة جيدة للفطر *Alternaria alternata*، بينما لم يتحقق ذلك باستعمال مزارع الفطر الخلوية المعقمة بالأوتوكليف.

وقد ازدادت فاعلية المعاملة عندما أجريت قبل الحقن بالفطر بفترة مناسبة، حيث لوحظ أن الفطر تزداد أعداد خلاياه فى جروح ثمار الطماطم بمقدار ٥٠ ضعف فى خلال ١٢ ساعة من المعاملة به على ٢٥°م (Wang وآخرون ٢٠٠٨).

ب – عفن فيثوفثورا:

يعرف المرض أيضًا باسم Buckeye. ويسببه الفطر *Phytophthora* spp.، ويظهر على شكل مناطق مائية water soaked ذات دوائر بنية مميزة. وتحدث الإصابة عادة فى الثمار التى تلامس الأرض، خاصة بعد الرى أو المطر. ويؤدى استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة إلى تقليل الإصابة.

جـ – العفن الرمادى grey mould:

يسببه الفطر *Botrytis cinerea*، ويظهر على الثمار الخضراء على شكل دوائر بيضاء تحيط بمركز أخضر (وهو ما يعرف باسم عين الشبح ghost spot). تصبح المناطق المصابة مائية المظهر، ثم تتحول إلى اللون الأخضر الضارب إلى الرمادى أو البنى. تحدث الإصابة بالفطر قبل الحصاد، وقد تظهر الأعراض فى الحقل أو بعد الحصاد. تفيد المعاملة ببعض المبيدات الفطرية، مثل بوتران Botran فى منع الإصابة بهذا المرض بعد الحصاد.

ومن بين ٣٠٠ عزلة حُصِل عليها من الخمائر، وجد أن ١٤ عزلة من النوعين *Rhodotorula rubra*، و *Candida pelliculosa* كانت شديدة الفاعلية ضد الفطر *Botrytis cinerea* فى البيئة الصناعية. وقد اختبرت فاعلية هذه العزلات فى مكافحة الفطر بعد الحصاد فى ثمار تم عدواها به صناعيًّا، وظهر أن إحدى عشرة عزلة منها (من كلا الفطرين) كانت فعَّالة فى مكافحة الفطر بمقدار ٦٠٪، ووفرت عزلة واحدة هى السلالة 231 من *R. rubra* حماية تامة من الإصابة (Dal Bello وآخرون ٢٠٠٨).

د – عفن ريزوبس rhizopus rot:

يسببه الفطر Rhizopus stolonifer، ولا يصيب إلا الثمار المجروحة أو المتشققة.

وتظهر الأعراض كبقع كبيرة يوجد فيها ميسيليوم رمادى اللون، تبدو فيه كتل من جراثيم الفطر بلون أبيض أو رمادى. ويكافح هذا الفطر جيدًا بالمعاملة بالبوتران.

هـ – عفن التربة soil rot:

يسببه الفطر *Rhizopus solani*، وتظهر الإصابة أولا على شكل بقع حمراء ضاربة إلى البنى على سطح الثمار التى تلامس التربة، ثم تأخذ البقع بعد ذلك لونًا بنيًّا داكنًا. وتكون غائرة. يفيد استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة، أو التربية الرأسية للطماطم فى خفض حالات الإصابة.

و – العفن البكتيرى الطرى bacterial soft rot والتحلل السريع rapid breakdown:

تسببه البكتيريا *Erwinia carotovora*، وتبدأ الإصابة على شكل بقع صغيرة مائية المظهر، وغائرة قليلا ثم تتسع البقع بسرعة لتشمل معظم الثمار، وتفقد الأنسجة المصابة صلابتها كلية وتصبح مائية. وقد تبدأ الإصابة فى الحقل، أو بعد الحصاد، وتنتقل الإصابة من الثمار المصابة إلى الثمار السليمة المجاور لها، وتناسبها الحرارة المرتفعة (عن Grierson & Kader ١٩٨٦).

ويحدث التحلل السريع لثمار الطماطم – عادة – نتيجة للإصابة بأحد مرضين أو كلاهما، وهما: بكتيريا العفن الطرى soft rot، وبكتيريا العفن الحامضى sour rot. وفى كلا المرضين تظهر مساحة فاقدة لصلابتها بعد نحو ١٢–١٨ ساعة من الحصاد تزداد تدريجيًّا سطحيًّا وفى العمق حتى بعد التعبئة وفى حجرة الإنضاج. تنتج هذه البقع كميات كبيرة من السوائل؛ لتظهر مساحات مبتلة تنضح على الكراتين ذاتها، ولينتشر العفن داخل الكرتونة.

ومن أهم خصائص الإصابة بالعفن الطرى البكتيرى ما يلى:

١ – تصاب الثمار فى أى مرحلة من النضج ومن خلال الجروح أو مع الماء من خلال ندبة العنق.

٢ – سريعًا من تتحلل الثمرة وتنتج – عادة – سائلاً غير صاف ورائحة غير مقبولة.

٣ – تكون بداية الإصابة كبقع مائية المظهر عند الـ ح فى خلال ١٢ ساعة أيًّا كانت مسببات الجروح.

٤ – قد يظهر على سطح الثمار المصابة نمو لأحد الخمائر الفطرية.

٥ – تنتشر الإصابة من ثمرة لأخرى عن طريق إفرازات الثمار المصابة.

٦ – تناسب الإصابة الرطوبة العالية وحرارة تتراوح بين ٢٥، و ٣٦°م.

ومن أهم حسائس الإصابة بالعفن الحامضى ما يلى:

١ – تسببه بعض أنواع الـ *Geotrichum* spp. بالإضافة إلى بكتيريا منتجة لحامض اللاكتيك.

٢ – لا تحدث الإصابة إلا من خلال الجروح، حيث تبدأ الأعراض الأولى بظهور بقع مائية المظهر حول الجروح التى حدثت من خلالها الإصابة.

٣ – لا تتسع مساحة البقع المصابة بنفس سرعة اتساع بقع العفن الطرى البكتيرى.

٤ – تكون إفرازات الثمرة فى موقع البقع شفافة وذات رائحة حامضية واضحة.

٥ – تُغطى البقع بنمو ميسيليومى لأحد الخمائر فى خلال ٢٤ ساعة.

٦ – تناسب الإصابة حرارة ٣٠°م.

٧ – لا تصاب الثمار الخضراء المكتملة التكوين بالعفن الحامضى إلا إذا أُضعِفت أنسجتها بتعرضها لأضرار البرودة، ولكن الثمار الحمراء تكون قابلة للإصابة (J.A. Bartz وآخرون – Univ. Florida IFAS – الإنترنت – ٢٠٠٩).

وفى دراسة أجريت على أعفان ثمار الطماطم فى مصر (Omar & Mahmoud ١٩٩٤) أمكن عزل ستة أنواع فطرية من ١٠٠ عينة ثمرية، وكانت أكثر الأنواع الفطرية تواجدًا هى: *Alternaria alternata*، و *Aspergillus flavus*، و *A. niger*، وجاءت بعدها الأنواع *Aspergillus famarii*، و *Cochlibolus spicifer*، و *Penicillium citrinum*. وإلى جانب خطورة هذه الفطريات فى إحداث أعفان الثمار، فإن الفطر *A. alternata* أنتج أعدادًا كبيرة من السموم الفطرية فى الثمار، كما أنتج الفطر *A. flavus* الأفلاتوكسينات B_1، و B_2، وهى من السموم المحدثة للسرطان.

وللتفاصيل المتعلقة بأمراض الطماطم بعد الحصاد وطريقة مكافحتها .. يراجع Mahovic وآخرون (٢٠٠٧)

٩ – المعاملة بأشعة جاما:

لا تعتبر الطماطم من المنتجات البستانية التى يمكن إطالة فترة تخزينها بتعريضها لأشعة جاما أو أشعة X؛ ذلك لأنها تفقد صلابتها فى غضون بضع ساعات من تعرضها للإشعاع، حتى ولو كانت الثمار خضراء مكتملة التكوين عند معاملتها، ويرجع ذلك إلى الأضرار التى تحدثها معاملة الإشعاع بالأغشية الخلوية، وبعض إنزيمات الجدر الخلوية.

وقد وجد El Assi وآخرون (١٩٩٧) أن ثمار الطماطم الخضراء مكتملة النمو، والوردية الناضجة فقدت صلابتها بوضوح فى خلال ساعات من تعرضها لمعاملة إشعاع تراوحت بين ٠,٧ و ٢,٢ kGy من أشعة جاما أو أشعة إكس، وأن الاختلافات فى درجة الصلابة بين الثمار المعاملة وثمار الكنترول استمرت خلال فترة التخزين – التى أعقبت المعاملة – على حرارة ٢٠°م. وكان تأثير المعاملة واضحًا – خاصة – على نسيج الجدر الثمرية. وفى جميع الحالات .. أدت المعاملة إلى زيادة التسرب الأيونى. وعلى الرغم من فقد الثمار الخضراء مكتملة النمو المعاملة بالأشعة لصلابتها – خلال فترة الإنضاج فى حرارة ٢٠°م التى أعقبت المعاملة – إلا أنها شهدت انخفاضًا دائمًا فى نشاط إنزيم البولى جالاكترونيز الذى لم يتعد ١٠٪ من نشاطه الطبيعى الذى لوحظ فى ثمار الكنترول. وبالمقارنة .. كان تأثر نشاط إنزيم البولى جالاكتورنيز فى الثمار الوردية أقل مما فى الثمار الخضراء مكتملة النمو، ولكنه استمر منخفضا – كذلك – عما فى ثمار الشاهد، كما ازداد نشاط الإنزيمين: بكتين مثيل استريز Pectinmethylestrase، وبيتا جالاكتوسيديز β-galactosidase فى المراحل الأولى بعد المعاملة فى كُلٍّ من مرحلتى نضج الثمار، ولكن لوحظ انخفاضُ فى نشاط الإنزيمين بعد فترة طويلة من التخزين.

معاملات خاصة تعطاها الطماطم قبل التخزين والشحن

تُعطى ثمار الطماطم معاملات خاصة قبل تخزينها أو شحنها، وذلك بهدف إما إطالة