مـن المبيـدات الفطريـة: iprodione، أو metameclan، أو captafol أدى إلى إحـداث نقص جوهرى فى إصابة الثمار بـالفطر *B. cinerea* – مـسبب مـرض العفـن الرمـادى – خلال فترة تخزين امتدت لمدة ١٠ أيام بعد الحصاد على ٢°م، ثم الحفظ لمدة يومين على حرارة ٢٠°م – فى محاكاة لظروف الشحن البحرى – ثـم العـرض للبيـع (Aharoni & Barkai-Golan ١٩٨٧).

فسيولوجيا ما بعد الحصاد

نتناول بالشرح موضوع فسيولوجيا ما بعد الحصاد – قبل دراسة موضوع الحصاد ذاته وعمليات التداول التالية للحصاد حتى وصول المنتج إلى المستهلك – وذلـك لكـى نـتمكن من فهم الأسباب التى تدعونا إلى إعطاء أهمية قصوى لكل ما سيأتى بيانه عـن الحـصاد وعمليات التداول، حتى يحتفظ المنتج بجودته العالية لأطول فترة ممكنة.

التغيرات التى تطرأ على الثمار بعد الحصاد

إن من أهم التغيرات التى تلى الحصاد، والتى تؤثر فى جودة ثمار الفراولة، ما يلى:

اكتمال النضج وتأثره بالحرارة والضوء

يمكن لثمار الفراولة التى تحصد قبل تمام نضجها أن تكمل نضجها بعـد الحـصاد – وفى غياب الضوء – ولكن ذلك يعتمد على درجة الحرارة. ويمكن للضوء أن يزيـد قلـيلاً من سرعة النضج ودرجة التلوين على ٢٤°م. هذا .. إلا أن محتوى السكر بالثمار لا يطرأ عليه أى تحسن بعد الحصاد.

فعندما قطفت ثمـار الفراولـة مـن صـنف كنـت Kent، وهـى فـى مراحـل التلـوين بالأحمر، وبالوردى، وبـالأبيض وخزنـت علـى حـرارة ١٥°م فـى الـضوء، وقـيم فيهـا التلون السطحى وتكوين المركبات المتطايرة على مدى ١٠ أيام .. وصل إنتاج المركبـات المتطايرة فى الثمار الحمراء والوردية إلى قمته بعد أربعة أيام من التخزين، وكان أقصى إنتاج لهذه المركبات فى الثمار الحمراء ٨ أمثال أقصى إنتـاج لهـا فـى الثمـار الورديـة و ٢٥ مثل أعلى إنتاج لها فى الثمار الخضراء. هذا ولم يبدأ إنتـاج المركبـات المتطـايرة

فى الثمار الخضراء إلا بعد مرور ٤ أيام من الحصاد، ثم استمر إنتاجها بعد ذلك. وقد تواكبت التغيرات فى التلون السطحى للثمار بعد الحصاد مع التغيرات التى حدثت فى إنتاج المركبات المتطايرة.

ولدى مقارنة التخزين فى الضوء مع التخزين فى الظلام، وفى حرارة ١٠°م مقارنة بحرارة ٢٠°م .. وجد أن تكوين المركبات المتطايرة والصبغات الأنثوسيانينية — فى الثمار التى قطفت وهى وردية اللون — تأثر بكل من الضوء ودرجة الحرارة (Miszczak وآخرون ١٩٩٥).

فقدان الرطوبة

يشكل الماء حوالى ٩٠٪–٩٥٪ من ثمار الفراولة، ويؤدى فقد الماء عن طريقى النتح والتنفس إلى حدوث فقد فى الوزن، وكرمشة، وقتامة فى اللون. وفضلاً عن ارتفاع معدل تنفس ثمار الفراولة، فإن معدل النتح يزداد فيها — كذلك — بسبب ارتفاع نسبة سطحها إلى حجمها، ولأن طبقة الأديم cuticle التى تغطيها رقيقة للغاية.

كذلك يؤدى الفقد الرطوبى إلى ذبول أوراق الكأس وجفافها.

وتجدر الإشارة إلى أن فقد الرطوبة يزداد فى ثمار الفراولة الصغيرة الحجم عما فى الثمار الكبيرة بسبب زيادة مساحة السطح الخارجى لكل وحدة وزن من الثمرة فى الثمار الصغيرة عما فى الكبيرة.

فقدان الصلابة

تفقد ثمار الفراولة كثيرًا من صلابتها بين طورى النضج الأبيض والأحمر، وتستمر فى فقدها لصلابتها بعد الحصاد، حيث تنفصل الجدر الخلوية على امتداد الصفيحة الوسطى، مع تحرر بكتينات ذات وزن جزيئى كبير وهيميسيليوز. أما الثمار التى تقطف قبل اكتمال تكوينها فلا تحدث فيها تغيرات القوام الطبيعية (عن Mitchell وآخرين ١٩٩٦).

ويزداد معدل تدهور ثمار الفراولة وتزداد سرعة فقدها لصلابتها عند حصادها فى مرحلة اللون الأحمر عما يكون عليه الحال عند حصادها فى مرحلة القمة البيضاء، وعند تخزينها على ١٠°م عما فى حالة تخزينها على ٣°م.

التغيرات اللونية

تزداد دكنة اللونين الخارجى والداخلى لثمار الفراولة أثناء التخزين وتصبح حمراء قرمزية اللون، كما يختفى بريقها بسرعة كبيرة، وخاصة عندما يكون التخزين على ٥°م – أو أعلى من ذلك – مع رطوبة نسبية منخفضة. ويبدو أن التغير اللونى يكون مرده إلى تغير pH الثمرة من المجال الحامضى إلى المجال القلوى؛ مما يؤثر فى أيض الأنثوسيانين، أما فقد الثمرة لبريقها فيكون مردة إلى فقد الرطوبة الذى يؤدى إلى كرمشة الأديم.

هذا .. وتحتوى الثمار الحمراء عند الحصاد على الأنثوسيانينات بتركيزات تعادل خمسة أضعاف تلك التى تحتويها الثمار ذات القمة البيضاء ويقل هذا الفارق أثناء التخزين. وبالمقارنة .. فإن الثمار التى تُحصد فى مرحلة القمة البيضاء يزيد محتواها من الفلافونات والفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة عما فى الثمار التى تحصد فى مرحلة اللون الأحمر (Shin وآخرون ٢٠٠٨).

كذلك تختلف نوعية الأنثوسيانينات التى تتكون فى الثمار التى تنضج حقليًا وهى على النبات عن تلك التى تتكون أثناء التخزين، حيث يتكون بالأخيرة نسبة أعلى من الـ cyanidin-3-glucoside، وهى التى تكون أقتم لونا (Hancock ١٩٩٩).

التغيرات فى محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك

ينخفض محتوى حامض الأسكوربيك فى الثمار ذات القمة البيضاء عما فى الثمار الحمراء، ولكنه يزيد قليلاً فى الثمار الأولى بعد الحصاد، بينما يبقى ثابتًا فى الثمار الثانية على ١٠°م إلى أن يبدأ فى الانخفاض بعد ١٢ يومًا (Shin وآخرون ٢٠٠٨).

الإصابة بالأضرار الميكانيكية

تتكون الأضرار injuries التى تظهر بثمار الفراولة إما من القطوع cuts، وإما من الخدوش bruises التى تحدث أثناء الحصاد أو النقل. تؤدى هذه الأضرار إلى تقاطر العصير الخلوى من الثمار، كما أنها تشكل منفذًا لإصابتها بالكائنات المسببة للأعفان.

وتحدث الخدوش بالثمار عند إسقاطها من ارتفاع يزيد عن ٨ سم على سطح صلب، وخاصة عندما تكون الثمار باردة. كما تحدث عند كثرة الضغط عليها بين الأصابع أثناء الحصاد، وعند زيادة تعبئة البنتس عما ينبغى، وخاصة فى الثمار الدافئة؛ ولذا .. يفيد الحصاد أثناء انخفاض درجة الحرارة فى تقليل هذه النوعية الأخيرة من الأضرار.

الإصابة بالأعفان

يعتبر العفن الرمادى grey mold الذى يسببه الفطر *Botrytis cinerea* أكثر الأعفان انتشارًا وأهمية وأكثرها إحداثًا للخسائر بعد الحصاد فى حرارة التخزين المنخفضة، ناهيك عن أضراره الجسيمة فى حرارة التخزين المرتفعة.

وفى حرارة ١٠°م أو أعلى من ذلك يمكن أن تنتشر – كذلك – الإصابة بعفن ريزوبس Rhizopus الطرى فى خلال يوم واحد أو يومين.

قد تبدو إصابات البوتريتس السابقة للحصاد كبقع ثمرية صغيرة، سريعًا ما تكبر فى الثمار الناضجة، لتنتشر فى كل أجزاء الثمرة والثمار المجاورة لها من العبوة بعد الحصاد.

ويمكن أن يصيب فطر البوتريتس الأزهار ويبقى ساكنًا بها إلى ما بعد عقد الثمار وحتى نضجها، حين يبدأ نشاطه المرضى، كما يمكن أن يصيب الفطر الثمار من خلال الجروح أثناء نضجها وتداولها. وينتشر الغزل الفطرى السطحى من الثمار المصابة إلى الثمار المجاورة لها مكونًا ما يعرف بـ "العش" nest، الذى يزداد اتساعًا باستمرار. ويمكن للفطر أن يستمر فى النمو على درجة الصفر المئوى، ولكن ببطء شديد مقارنة بنموه فى درجات الحرارة الأعلى من ذلك (عن Mitchell وآخرين ١٩٩٦).

وتفيد سرعة تبريد الثمار إلى الصفر المئوى – ثم المحافظة على سلسلة التبريد بعد ذلك – فى الحد من انتشار الإصابة بمختلف الأعفان أثناء التخزين المؤقت، والشحن، والعرض فى الأسواق.

معدل تنفس الثمار

تتميز ثمار الفراولة بمعدل تنفس عال للغاية وتقدر كمية الطاقة الحرارية التى تنتج عن تنفس طن واحد من ثمار الفراولة يومياً بحوالى ٣٣٠٠ وحدة حرارية بريطانية فى حرارة الصفر المئوى، ترتفع إلى ٤١٨٠٠ وحدة حرارية بريطانية فى حرارة ٢٧°م.

ويتباين معدل تنفس الفراولة حسب درجة الحرارة، كما يلى:

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة)
صفر	١٠-٦
١٠	٥٠-٢٥
٢٠	١٠٠-٥٠

هذا .. ولا تحدث ظاهرة الكلايمكتيرك فى ثمار الفراولة أثناء نضجها، فقد وجد أن معدل تنفس الثمار المقطوفة والموضوعة أعناقها فى الماء لمنع جفافها انخفضت أثناء نضجها على ٢٠°م من ٢٤٠ ملليلتر من ثانى أكسيد الكربون لكل كيلو جرام من الثمار الخضراء فى الساعة إلى ٢٠ فى الثمار الوردية، وإلى ٢٥ فى الثمار الحمراء. وبالمقارنة .. كان معدل تنفس الثمار المقطوفة فى درجات مختلفة من النضج هو ٤٥ مل/كجم فى الساعة فى الثمار الخضراء، مقارنة بنحو ٢٠ مل/كجم فى الساعة فى الثمار الوردية، و ٣٠ مل/كجم فى الساعة فى الثمار الحمراء القاتمة (عن Perkins-Veazie ١٩٩٥).

إنتاج الثمار من الإثيلين

يعتبر إنتاج ثمار الفراولة من الإثيلين شديد الانخفاض حيث يتراوح بين ١٥، و ٨٠

نانوليتر لكل كيلو جرام من الثمار فى الساعة فيما بين مرحلتى اللون الأخضر والأحمر القاتم، على التوالى (عن Perkins-Veazie ١٩٩٥).

كما لم تكن لمعاملة ثمار الفراولة بالإثيلين تأثيرًا يذكر على إنضاجها، وقد استعمل لهذا الغرض غاز الإثيلين حتى تركيز ٢٠٠ ميكروليتر/لتر، وغاز البروبلين حتى تركيز ٥٠٠٠ ميكروليتر/لتر، والإثيفون رشًا حتى تركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون (عن Perkins-Veazie ١٩٩٥). وبذا .. فإنه لا يمكن حصاد الثمار قبل اكتمال تكوينها على أمل إنضاجها بالمعاملة بالإثيلين بعد الحصاد. هذا بالإضافة إلى أن زيادة تركيز الإثيلين عن ١٠ أجزاء فى المليون تحفز الإصابة بالعفن الرمادى، كما قد تؤدى إلى التواء وانحناء أوراق كأس الثمرة (عن Mitchell وآخرين ١٩٩٦).

موسم الحصاد ودورات الإنتاج

على الرغم من أن إنتاج بعض المزارع الخاصة من بعض الأصناف الشديدة التبكير يمكن أن يبدأ فى أواخر شهر أكتوبر، إلا أن غالبية المزارع لا يبدأ إنتاجها من الفراولة قبل منتصف شهر نوفمبر. يكون الإنتاج شديد الانخفاض فى البداية، ولا يتعدى – غالبًا – ٣٠٠ كجم للفدان حتى آخر شهر نوفمبر، ثم يزداد معدل الإنتاج سريعًا إلى أن يصل إلى قمة الدورة الأولى من الإنتاج، ويكون ذلك ما بين ١٥ ديسمبر وآخر يناير حسب الصنف ومدى تبكيره فى الإنتاج. يعقب ذلك فترة ينخفض فيها معدل الإنتاج تدريجيًا إلى أن يصل إلى أقل معدل له لمدة تمتد حوالى أسبوعين خلال شهر فبراير. ومع بداية شهر مارس يزداد معدل الإنتاج بشدة مرة أخرى إلى أن يصل إلى أقصى معدل له – على امتداد الموسم كله – خلال النصف الثانى من شهر مارس، ويلى ذلك انخفاض الإنتاج مرة أخرى إلى أن يتوقف تمامًا – أو يصبح الحصاد غير اقتصادى – فى منتصف شهر مايو.

وجدير بالذكر أن أسعار الفراولة فى أسواق التصدير الأوروبية لا تكون مرتفعة قبل منتصف شهر نوفمبر، إلا أن البداية المبكرة للحصاد فى أواخر أكتوبر أو أوائل نوفمبر

يجعل المزرعة فى أوج إنتاجها حينما ترتفع أسعار التصدير خلال النصف الثانى من شهر نوفمبر.

ويعد الصنف سويت تشارلى – وهو من أكثر الأصناف المزروعة محليًا وتصديرًا – بثلاث دورات للإنتاج عند زراعته بالطريقة الفرش، كما يلى:

الدورة الأولى، وهى تمتد من حوالى منتصف نوفمبر إلى منتصف يناير، وتبلغ أوجها فى منتصف شهر ديسمبر.

الدورة الثانية، وهى تمتد من حوالى منتصف شهر يناير إلى منتصف فبراير، وتبلغ أوجها فى آخر يناير، وهى أقل الدورات فى كمية المحصول.

الدورة الثالثة، وهى تمتد من حوالى منتصف فبراير إلى آخر مارس، وتبلغ أوجها فى منتصف شهر مارس.

ويمكن أن يستمر الإنتاج بعد ذلك منخفضًا من أول أبريل حتى منتصف مايو.

ويكون توزيع إنتاج الصنف سويت تشارلى على مدى موسم الحصاد على النحو التالى:

الفترة	الإنتاج (% من المحصول الكلى)
النصف الثانى من نوفمبر	٨
النصف الأول من ديسمبر	١٦
النصف الثانى من ديسمبر	١٢
النصف الأول من يناير	١٠
النصف الثانى من يناير	٨
النصف الأول من فبراير	٨
النصف الثانى من فبراير	١٤
النصف الأول من مارس	١٦
النصف الثانى من مارس	٥

الفترة	الإنتاج (% من المحصول الكلى)
النصف الأول من أبريل	١
النصف الثانى من أبريل	١
النصف الأول من مايو	١

ويبين جدول (٧–٢): توزيع الإنتاج فى صنفين آخرين من الفراولة، وهما سلفا وهو محايد للفترة الضوئية، وشاندلر وهو قصير النهار ومتأخر، وذلك عند زراعتهما بالطريقتين: الفريجو والفرش (عن Picha ١٩٩٧).

جدول (٧–٢): مقارنة الإنتاج لصنفى الفراولة سلفا وشاندلر فى طريقتى الزراعة الفريجو والفرش (النسبة المئوية للإنتاج).

	سلفا		شاندلر	
الشهر	فريجو	فرش	فريجو	فرش
نوفمبر	–	٥	–	–
ديسمبر	–	١٠	–	٥
يناير	–	٢٠	–	١٠
فبراير	١٥	٢٠	٥	٢٥
مارس	٢٥	٢٥	٢٥	٣٠
أبريل	٣٥	٢٠	٣٥	٢٠
مايو	٢٠	–	٢٥	١٠
يونية	٥	–	١٠	–

الحصاد

الحصاد لأجل التسويق المحلى للثمار الطازجة

يكون الحصاد كل ٢–٥ أيام حسب درجة الحرارة، ويراعى أن يجرى فى الصباح