الفصل السادس عشر

مكافحة أمراض ما بعد الحصاد

بدائل الكلور المستخدمة فى التطهير السطحى

يُعد الكلور أكثر المطهرات استخدامًا فى صناعة المنتجات البستانية المجهزة جزئيًّا fresh-cut. هذا إلا أن ظهور حالات من التلوث الميكروبى ارتبطت باستهلاك الخضر المجهزة جزئيًّا المعاملة بالكلور أثار تساؤلات حول كفاءته فى توفير الأمان لاستخدام تلك المنتجات. كذلك توجد مخاطر بيئية وصحية لمعاملات الكلور، جعلت من الضرورى البحث عن مطهر آخر للاستخدام فى صناعة الخضر سابقة التجهيز، خاصة وقد ازدادت المطالبة بالحد من استهلاك المياه ومن مشاكل تصريفه فى الصناعات الغذائية. وقد وجد البديل للكلور فى كل من: ثانى أكسيد الكلورين chlorine dioxide، والأوزون، والأحماض العضوية، والـ peroxyacetic acid، وفوق أكسيد الأيدروجين، والـ electrolyzed oxidizing water (Olmez & Kretzchmar ٢٠٠٩).

لقد وجد أن الماء الحامضى المحلل كهربائيًا acidic electrolyzed water يُمثل بديلاً فعالاً وآمنًا لهيبوكلوريت الصوديوم للاستخدام فى التخلص من التلوث الميكروبى للغذاء؛ فهو يُعد قاتلاً لكل من البكتيريا والفيروسات، وبدرجة أقل للفطريات. بدأ استخدام هذه التقنية فى اليابان، ثم أُجريت عليها دراسات فى كل من الصين وكوريا وكندا وأوروبا، وهى طريقة مبشرة للاستخدام فى كل من الإنتاج الزراعى وعمليات التداول بعد الحصاد (Issa–Zacharia وآخرون ٢٠١٠).

المكافحة الحيوية

تُعرف مجموعة كبيرة من الكائنات الدقيقة التى تُستخدم فى المكافحة الحيوية لأمراض بعد الحصاد فى الخضر والفاكهة، وهى تعمل إما من خلال التضادية الحيوية وإما عن طريق التنافس على الغذاء والمكان (Wilson وآخرون ١٩٩١).

ومن مميزات المكافحة الحيوية لأمراض بعد الحصاد أن العوامل البيئية من حرارة ورطوبة يكون متحكم فيها؛ الأمر الذى يفيد فى انتظام نشاط الكائنات المستخدمة فى المكافحة. هذا .. إلاّ أن بدء المكافحة بعد الحصاد لا يفيد مع الإصابات التى تكون قد بدأت بالفعل قبل الحصاد، سواء أكانت تلك الإصابات نشطة أم فى حالة سكون، وكذلك عندما تكون المنتجات قد تعرضت للتجريح أثناء الحصاد. ولذا .. فإن المعاملات المبكرة بكائنات المكافحة البيولوجية قبل الحصاد قد تسمح بالاستعمار المبكر لتلك الكائنات لسطح الثمار؛ مما قد يوفر لها حماية من الإصابة، خاصة عند تعرضها للتجريح. ولتأمين نجاح استخدام كائنات المكافحة الحيوية قبل الحصاد، فإنها يجب أن تتحمل الأشعة فوق البنفسجية، والحرارة العالية، وظروف الجفاف. وقد نجح اللجوء إلى معاملات قبل الحصاد مع معاملات بعد الحصاد فى محاصيل مثل الفراولة والعنب والتفاح (Ippolito & Nigro ٢٠٠٠).

ينبغى أن يؤخذ فى الاعتبار عند الاعتماد على المكافحة الحيوية للأمراض بعد الحصاد أن تركيبة المنتج التجارى (formulation) وطريقة المعاملة به تلعبان دورًا أساسيًّا فى كفاءة المنتج ونجاحه فى المكافحة. ونظرًا لأن المبيدات الفطرية البيولوجية لا تكون غالبًا فى كفاءة المبيدات الكيميائية، فإن المكافحة الحيوية يجب أن تكون أحد مكونات المكافحة المتكاملة، وأن يكون الهدف هو تقليل الاعتماد على المبيدات قدر المستطاع (Spadaro & Gullino ٢٠٠٤).

مكافحة الأمراض الفطرية بالبكتيريا

أمكن مكافحة الفطر *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى بمعاملة ثمار الطماطم – بعد الحصاد – بالبكتيريا *Bacillus amyloliquefaciens* (Mari وآخرون ١٩٩٦).

كما أدى رش درنات البطاطس – أثناء مرورها على السيور قبل تخزينها – بمعلق للسلالة S 11: T: 07 من البكتيريا *Entrobacter cloacae* إلى إحداث مقاومة للفطر

Fusarium sambucinum مسبب مرض العفن الجاف الفيوزارى بدرجة تزيد بمقدار ٥٠٪ عن تلك التى يحققها استعمال المبيد الوحيد المصرح به للاستعمال مع البطاطس المخصصة للاستهلاك الآدمى، وهو thiabendazole (عن وزارة الزراعة الأمريكية – الإنترنت – ٢٠٠٧، و Schisler وآخرون ٢٠٠٠).

وكانت لمعاملة ثمار الطماطم بأى من عدد من الأنواع البكتيرية المتوسطة القدرة على تحمل الملوحة قدرة عالية على خفض الإصابة بالفطر *Botytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى. ومن بين الأنواع البكتيرية التى تم اختبارها وأعطت نتائج جيدة، ما يلى (Sadif-Zouaoui وآخرون ٢٠٠٨):

Bacillus spp. *(subtilis or licheniformis)*

Planococcus rifietoensis

Halomonas subglaciescola

Halobacillus lutorglis

Marinococcus litoralis

Salinococcous roseus

Halovibrio variabilis

Halobacillus halophilus

Halobacillus trueperi

ووجد أن معاملة ثمار الكنتالوب بعد الحصاد بالسلالة EXWB1 من البكتيريا *Bacillus subtilis* تحد من إصابتها بأمراض بعد الحصاد، ومنها الإصابة بالفطر *Alternaria alternata* التى انخفضت بنحو ٧٧,٢٪ جراء المعاملة، كما أنها تبطئ التغيرات الفسيولوجية التى تُحدثها تلك المسببات المرضية. تُفرز هذه السلالة مادة ناشرة بيولوجية تسمح للبكتيريا بالبقاء على سطح ثمرة الكنتالوب الطارد للماء hydrophobic، وتنتشر بسرعة ١٢٥ ميكروميتر/ ساعة على سطح الثمرة فى حرارة الغرفة والرطوبة العالية. تُؤدى المعاملة إلى تأخير تنفس الثمار، وذروة إنتاجها للإثيلين

بنحو يومين، وتخفضه بمقدار ٧٢,٣٪. كما تحتفظ الثمار المعاملة بمحتويات عالية من السكر وفيتامين C ومستويات منخفضة من الأحماض العضوية وتحافظ على محتواها المائى وامتلائها فى حرارة الغرفة (Wang وآخرون ٢٠١٠).

مكافحة الأمراض الفطرية بالخميرة والفطريات الأخرى

أدى رش نباتات الفراولة أثناء إزهارها بالخميرة *Cryptococcus albidus* (وهى التى كانت قد عُزلت – أصلاً – من ثمار فراولة ناضجة) إلى خفض معدل إصابة الثمار الناضجة بالفطر *Botrytis cinerea* – مسبب مرض العفن الرمادى بنسبة تراوحت بين ٢١٪، و٣٣٪ (Helbig ٢٠٠٢).

كما أدت المعاملة المختلطة بكل من الخميرة *Candida utilis* والشيتوسان chitosan إلى مكافحة عفن ثمار الطماطم الذى يسببه الفطرين *Alternaria alternata*، و *Geotrichum candidu*m (Neeta وآخرون ٢٠٠٦).

وأدت معاملة ثمار الطماطم بعد الحصاد بالخميرة *Pichia guilliermondii* إلى حمايتها من الإصابة بكل من الفطريات *Alternaria solani*، و *Rhizopus stolonifer*، و *Botrytis cinerea* دون التأثير على صفات جودة الثمار (Zhao وآخرون ٢٠٠٨ أ).

وقد أظهرت الخميرة *P. guilliermondii* الحية (وليست مزارعها المقتولة بالأتوكليف أو راشح مزارعها) قدرة على الحد من إصابة ثمار الطماطم بالفطر *Rhizopus nigricans* أثناء التخزين إذا ما عوملت الثمار بالخميرة أولاً. هذا ولا تنتج الخميرة مركبات مضادة للفطر، وإنما هى تُعد منافسًا قويًّا له على كل من الغذاء والجروح التى ينفذ منها الفطر ليصيب الثمرة (Zhao وآخرون ٢٠٠٨ ب).

كما أدى رش نباتات الفراولة قبل الحصاد بالفطر *Hanseniaspora uvarum* إلى توفير حماية جوهرية للثمار من أعفان بعد الحصاد؛ فضلاً عن المحافظة على صفات الجودة فيها، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى بعض الإنزيمات ذات الصلة بالدفاع، مثل: الـ peroxidase، والـ superoxide dismutase، والـ catalase، والـ polyphenoloxidase،

والـ plenylalanine ammonia-lyase، والـ B-1,3-glucanase، والـ ascorbate peroxidase، مع انخفاض فى محتوى الـ melonidaldehyde (Cai وآخرون ٢٠١٥).

المعاملات الفيزيائية

الماء الساخن

وفرت معاملة ثمار كنتالوب الجاليا بالماء الساخن على ٥٩ ± ١°م لمدة ١٥ ثانية، مع التفريش (الحك بالفرش الدوارة) أفضل حماية لها من الإصابة بالأعفان بعد فترة طويلة من التخزين ثم التسويق، وقد استخدم فى المعاملة مُعِدَّة تجارية يمكنها معاملة ٣ أطنان من الثمار فى الساعة. وقد أوضح الفحص بالميكرسكوب الإليكترونى الماسح أن التفريش مع الماء الساخن أزال التربة والغبار وجراثيم الفطريات من سطح الثمار، كما لَحَمَ وأحكم إغلاق الفتحات الطبيعية ببشرة الثمرة جزئيًّا أو كليًّا (Fallik وآخرون ٢٠٠٠).

كما أدت معاملة ثمار الكنتالوب بالماء الساخن على ٥٥°م إلى تقليل إصابتها بعفن الثمار الذى يسببه الفطر *Fusarium* sp. أثناء التخزين، وذلك عندما أُجريت العدوى بالفطر الممرض ٢٤ ساعة بعد الغمر فى الماء الساخن. ولقد كان مرد الانخفاض الجزئى فى إصابة الثمار المقاومة المستحثة للعائل التى حدثت بفعل الصدمة الحرارية، والتى يُستدل عليها من زيادة نشاط إنزيم البيروكسيديز peroxidase. ومع ذلك، فإن التأثيرات القاتلة للماء الساخن، وكذلك للمعاملة باليود iodine على حرارة الغرفة، أو باليود فى الماء الساخن على ٥٥°م يُستدل منها على أن معظم الانخفاض فى الأعفان حدث عندما أُجريت تلك المعاملات بغمس الثمار بعد الحصاد. ولقد كان غمس الثمار فى اليود فى الماء الساخن على ٥٥°م بنفس فاعلية المعاملة بالمبيد التجارى guazatine بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون. وأدت المعاملة باليود فى الماء الساخن على ٥٥°م بتركيز ٣٠ جزءًا فى المليون إلى زيادة الفترة التخزينية للثمار مع المحافظة على صلابتها، كما حدث فى حالة المعاملة بالمبيد. لقد كانت