الفصل الثالث عشر

تداول المنتجات العضوية بعد الحصاد

مبادئ عامة

تجب المحافظة على سلامة وتمامية المنتج العضوى خلال جميع مراحل تداوله بعد الحصاد باتباع تقنيات خاصة لهذا الغرض، علمًا بأن تعريض المنتجات العضوية للإشعاع غير مسموح به سواء أكان ذلك لغرض مكافحة الآفات، أم الحفظ، أم لقتل مسببات الأمراض.

وتتم مكافحة الأمراض والآفات بعد الحصاد بتطبيق مبدأ المنع أولاً لتجنب وصول الآفة إلى مكان التداول من الأساس. أما إذا ما وصلت الآفة فإنه يجب الاعتماد فى مكافحتها على الوسائل الميكانيكية الفيزيائية والبيولوجية، ولا يُلجأ إلى الوسائل الكيميائية إلا إذا كانت من بين تلك المصرح باستخدامها فى محطات التعبئة ووسائل النقل بصورة عامة، وألا يُسمح بملامستها للمنتجات العضوية.

ومن بين وسائل مكافحة الآفات المصرح بها الموانع الفيزيائية والصوت والموجات فوق الصوتية والضوء والأشعة فوق البنفسجية والمصائد العادية والمصائد الفيرمونية والتحكم الحرارى والجو المتحكم فى مكوناته والتربة الدياتومية.

ويجب اختيار مواد التعبئة من بين تلك التى يمكن أن تتحلل بيولوجيًا ويمكن تدويرها.

ويجب ألاّ تختلط أبدًا المنتجات العضوية مع غيرها من المنتجات العادية أثناء الشحن والتخزين، وألاّ يتلامسا معًا، أو أن تتلامس المنتجات العضوية مع مواد لا يُسمح باستخدامها فى الإنتاج العضوى. كما يجب استعمال المواد المصرح بها مع المنتجات العضوية فقط فى تطهير مخازن ووسائل نقل المنتجات العضوية (CAC ٢٠٠١).

المطهرات المسموح باستعمالها مع منتجات الزراعات العضوية

من بين المنظفات ومواد التطهير المسموح بها فى معاملات بعد الحصاد للمنتجات العضوية ما يلى:

١- حامض الخليك:

يُسمح باستعمال حامض الخليك كمنظف أو مطهر، ويجب أن يكون الخل المستعمل من مصدر عضوى.

٢- الكحول الإثيلى:

يُسمح باستعمال الكحول الإثيلى كمعقم، ويجب أن يُحصل عليه من مصادر عضوية.

٣- كحول الأيزوبروبيل:

يُسمح باستعمال كحول الأيزوبروبيل isopropyl alcohol بصورة مقيدة فى بعض الظروف.

٤- مطهرات الأمونيوم:

من أبرز مطهرات الأمونيوم أملاح رباعى الأمونيوم quaternary ammonium salts، ويسمح باستعمالها مع الأسطح التى تلامس الأغذية وليس مع الأغذية ذاتها، ومع الأجهزة التى تُحدث بها المطهرات الأخرى تآكلاً شديدًا. ويجب أن يتبع التطهير بمركبات الأمونيوم الغسيل بالمنظفات ثم الشطف بالماء. ويجب ألا تظهر عمليات المتابعة أى أثر للأمونيوم قبل بدء تداول المنتجات سابقة التجهيز.

٥- الهيبوكلوريت:

يسمح باستعمال هيبوكلوريت الصوديوم وهيبوكلوريت الكالسيوم وثانى أكسيد الكربون فى تطهير المنتجات العضوية شريطة ألا يزيد تركيز الكلورين عن ٤-١٠ أجزاء فى المليون حسب الجهة المعتمدة.

٦- المنظفات:

يُسمح باستخدام المنظفات للأجهزة، ويدخل ضمنها - كذلك - الناشرات surfactants والمواد المبللة wetting agents.

٧- فوق أكسيد الأيدروجين:

يُسمح باستعمال فوق أكسيد الأيدروجين hydrogen peroxide كمعقم للماء ومعقم للأسطح، وذلك بتركيز لا يزيد عن ٠,٥٪ (Bachmann & Earles ٢٠٠٠).

٨- الأوزون:

يعد الأزوزن آمن الاستخدام للتعقيم السطحى للمنتجات والأجهزة، وقد بدأ منتجى الخضر والفاكهة فى استعماله فى تانكات تفريغ حمولة المنتج (dump tanks) والتى يمكن أن تكون كفاءته فيها آلاف أضعاف كفاءة الكلورين. يعمل الأوزون على التخلص من جميع الكائنات الدقيقة سواء أكانت مسببات مرضية للإنسان أو للمنتج.

ويعد الأوزون مطهرًا مناسبًا بعد الحصاد، وهو مركب مؤكسد قوى فعال ضد الميكروبات المقاومة للكلورين، وأسرع فاعلية من التركيزات المسموح بها من الكلورين. ولذا .. فإن المعاملة بالأوزون تعد مناسبة — خاصة — لمعاملات التبريد أو الغسيل التى لا تدوم لفترة طويلة. كذلك فإن تفاعلات الأكسدة التى يدخل فيها الأوزون ينتج عنها عددًا أقل من نواتج التفاعلات عما ينتج فى حالة الكلورة.

يجب أن يولَّد الأوزون فى موقع العمل وقت الاستعمال، مع توفير وسيلة لمراقبة تركيزه، علمًا بأنه لا يبقى ثابتًا فى الماء الصافى لأكثر من ٢٠ دقيقة.

٩- حامض بيروكسى الخليك:

يعد حامض بيروكسى الخليك peroxyacetic acid معقمًا للماء ومعقمًا سطحيًا للخضر والفاكهة (Suslow ٢٠٠٠).

ولقد أمكن خفض العدّ الميكروبى فى الكرنب الطازج المجهز fresh-cut بمقدار ٢,٣ لوغاريتم، و ١,٧ لوغاريتم وحدة مكونة للمستعمرات (cfu) لكل جرام بالمعاملة بتركيز ٢ جزء فى المليون من ثانى أكسيد الكلورين الغازى، أو بتركيز ٨٠ جزءًا فى المليون من peroxyacetic acid على التوالى (Vandekinderen وآخرون ٢٠٠٧).

ونلقى – فيما يلى – مزيدًا من الضوء على استخدام الكلورين مع المنتجات العضوية

إن كل صور الكلورين (مثلاً .. هيبوكلوريت الصوديوم، وهيبوكلوريت الكالسيوم المحبب، وثانى أكسيد الكورين) هى مواد يفيد استعمالها مع منتجات الزراعة العضوية، ويجب ألا يزيد تركيز الكلورين المستخدم عما فى ماء الشرب العادى الآمن، وهو ٤ أجزاء فى المليون من Cl_2 للماء الخارج من عملية الغسيل. ولكن لأسباب تتعلق بالصحة العامة فإن بعض الجهات التى تضع قوانين الإنتاج العضوى سمحت بزيادة التركيز إلى ١٠ أجزاء فى المليون من الكلورين للماء الخارج من عملية التنظيف.

ولأجل أمثل نشاط مضاد للميكروبات مع أقل تركيز من الهيبوكلوريت، فإن pH الماء المستعمل يجب أن يتراوح بين ٦,٥، و ٧,٥. ففى هذا المدى – يتواجد معظم الكلورين على صورة حامض هيبوكلوريس hypochlorous acid (أى HOCl) الذى يعطى أفضل النتائج بالنسبة لقتل الميكروبات فى الوقت الذى يحد فيه من انطلاق غاز الكلورين الخطر والمسبب للالتهابات. ويزيد مستوى غاز الكلورين عن الحدود الآمنة إذا كان المحلول شديد الحامضية.

ويجب أن يستخدم فى تعديل pH الماء مواد طبيعية مثل حامض الستريك، وبيكربونات الصوديوم، والخل.

هذا .. وللحصول على تركيز قدره ١٠٠ جزء فى المليون من الكلورين يضاف ١٦٠ مل (سم^3) من الكلوراكس التجارى لكل ١٠٠ لتر ماء.

وإذا ما استعمل هيبوكلوريت الكالسيوم فإن ذلك يفيد فى تجنب أضرار الصوديوم للمحاصيل الحساسة له (مثل بعض أصناف التفاح)، كما تتوفر أدلة محدودة على أن الطماطم والفلفل الحلو يستفيدان من امتصاصهما للكالسيوم (Suslow ٢٠٠٠).

المعاملات الحرارية

إن الاستجابة للصدمة الحرارية تظهر فى معظم الكائنات الحية على صورة حث أو

زيادة تمثيل بروتينات خاصة تعرف باسم بروتينات الصدمة الحرارية heat shock proteins (اختصارًا: HSPs). ويعتقد بأن هذه البروتينات هى التى توفر القدرة على تحمل الحرارة العالية بحمايتها للبروتينات من الدنترة – التى لا عودة فيها – والتحلل. ولقد تأكد ذلك فى عديد من الأعضاء النباتية بما فى ذلك الثمار. كما وجد أن تعرض النباتات ذاتها لتلك الصدمة الحرارية يؤدى إلى زيادة تمثيل هذه البروتينات فى الثمار، فضلاً عن زيادتها فى الثمار التى تتعرض للصدمة الحرارية بعد الحصاد (Ferguson وآخرون ٢٠٠٠).

ومن المعروف أن المعاملة الحرارية تثبط النضج فى الثمار الكلايمكتيرية مثل الطماطم، على الرغم من أنها تسرع النضج فى المانجو (Schirra وآخرون ٢٠٠٠).

تؤدى المعاملة الحرارية بعد الحصاد إلى تحوير فى التعبير الجينى، كما قد يتأخر – أحيانًا –نضج الثمار أو يصبح أكثر تبكيرًا. ويتوقف مدى التحور فى سرعة نضج الثمار على كل من حرارة التعرض ومدتها، ومدى سرعة تبريد المنتج بعد التعرض للحرارة العالية. ومن بين أكثر مكونات التغيرات المصاحبة للنضج التى يتم قياسها طراوة الثمار، والتغيرات فى الأغشية الخلوية، وفى المذاق، ومعدل التنفس، وإنتاج الإثيلين، وإنتاج المركبات المتطايرة. وأكثر ما يتعطل أو حتى يتوقف إنتاجه جراء المعاملة الحرارية أو يتعطل ظهورها إنزيمات تحليل الجدر الخلوية وإنتاج الإثيلين. أما العمليات الأخرى المرتبطة بالنضج فإنها لا تتأثر كثيرًا بالمعاملة الحرارية، أو أنها سريعًا ما تعود إلى حالتها الطبيعية بعد المعاملة.

وتتأثر حساسية الثمار لمعاملة الصدمة الحرارية بكل من الظروف البيئية التى كانت سائدة قبل الحصاد، والصنف، ومعدل الارتفاع فى درجة الحرارة، وظروف التخزين التالية. ويتوقف مدى الحساسية أو التحمل للشدِّ الحرارى على مستوى تواجد البروتينات الحامية من الحرارة عند الحصاد، وعلى إنتاج تلك البروتينات بالمعاملة الحرارية بعد الحصاد.

ويعرف نوعان من الاستجابة للصدمات الحرارية، هما:

١- استجابة خلوية طبيعية للحرارة الأقل من ٤٢°م تقود إلى تقليل الحساسية للبرودة، وتأخير النضج أو إبطاءه وإحداث تغيرات فى الجودة.

٢- تحدث الاستجابة الثانية قريبًا من الدرجة التى يحدث عندها الضرر — وهى التى تزيد عن ٤٥°م — وتتحور بالظروف البيئية السابقة للتعرض لحالة الشدّ، وتتمثل فى فقد الأغشية الخلوية لخصائصها (Paull & Chen ٢٠٠٠).

المعاملات الحرارية التجارية لأجل التخلص من الحشرات الحية

تجرى أكثر المعاملات الحرارية التجارية باستعمال البخار الساخن أو الدفع الجبرى للهواء الساخن بغرض التخلص من التواجد الحشرى بالمنتج insect disinfestation، وتتوفر معاملات خاصة لكل منتج ولكل حشرة (جدول ١٣-١).

ومن الأمثلة على ذلك معاملات ثمار المانجو المكسيكية التى قد تكون مصابة بذباب الفاكهة ويتواجد بها يرقات الذباب وبيضه. وتجرى المعاملة الحرارية إما بطريقة الدفع الجبرى للهواء الساخن، وإما بالغمر فى الماء الساخن قبل التخزين والشحن. يستمر تعريض الثمار للهواء الساخن حتى يصل مركزها إلى حرارة ٤٨°م. أما معاملة الغمر فى الماء الساخن فتتوقف مدتها على حجم الثمار وتتراوح بين ٤٥، و ٩٠ دقيقة، حيث تصل حرارة مركز الثمرة إلى ٤٦,١°م.

وتختلف معاملة التعريض للبخار الساخن عن التعريض للهواء الساخن المدفوع جبريًّا فى أن الرطوبة تتجمع على سطح الثمرة عند اتباع الطريقة الأولى، مع نقل قطرات الماء للحرارة بكفاءة أعلى عما ينقلها الهواء؛ بما يسمح بتسخين الثمار بسرعة أكبر، ولكن تلك المعاملة قد تحدث أضرارًا فيزيائية بالثمار. وفى هاواى تعامل ثمار الباباظ بالبخار الساخن قبل تصديرها إلى اليابان.

ويمكن تطهير ثمار الموالح بالغمر فى الماء الساخن على ٤٤°م لمدة ١٠٠ دقيقة يسبقها نحو ٩٠ دقيقة أخرى لكى ترتفع حرارة الماء إلى ٤٤°م. هذا .. إلاّ أن تطهير ثمار الموالح

يتم عادة بتعريضها لحرارة صفر إلى ٢,٢°م لمدة ١٠–١٦ يومًا قبل رفع الحرارة إلى حرارة التخزين العادية التى تتراوح بين ٦، و ١١°م حسب الصنف. ونظرًا لحساسية الموالح لأضرار البرودة، فإن الثمار تحفظ – عادة – على حرارة ٢٠°م أو ١٦°م لمدة ٣ إلى ٥ أيام قبل تعريضها للحرارة المنخفضة. تؤدى المعاملة الأخيرة إلى تقليل قابلية الثمار للإصابة بأضرار البرودة لدى تعريضها بعد ذلك لمعاملة التطهير بالحرارة المنخفضة.

هذا .. وتوجه أكثر من ٥٠٪ من معاملات التطهير من الإصابات الحشرية نحو تخليصها من بيض ويرقات ذبابة الفاكهة (Lurie & Klein ٢٠٠٤).

جدول (١٣–١): المعاملات الحرارية للتخلص من الحشرات فى ثمار الخضر والفاكهة.

الحشرات	الاسم العلمى	المحصول	المعاملة	الحرارة (°م)/الوقت
ذباب الفاكهة				
Caribbean fruit fly	*Anastrepha suspense*	جريب فروت	المعاملة بالهواء الساخن	51.5°/125 min
		المانجو	المعاملة بالهواء الساخن	51.5°/125 min
		برتقال	المعاملة بالهواء الساخن	51.5°/125 min
Mediterranean fruit fly	*Ceratitis capitata*	زبدية	المعاملة بالهواء الساخن	40°/24 h
		مانجو	حرارة عالية جدًا	47°/15 min
		باباظ	المعاملة بالهواء الساخن	47.2° at pulp for 3.5 h
Melon fruit fly	*Dacus cucurbitae*	زبدية	المعاملة بالهواء الساخن	40°/ 24 h
	Bactrocera cucurbitae		المعاملة بالهواء الساخن	
		خيار	المعاملة بالهواء الساخن ثم بالماء الساخن	32.5°/24 h then 45-46°/50-60 min
		باباظ	المعاملة بالهواء الساخن	47.2° at pulp for 3.5 h
		كوسة	حرارة عالية جدًا	

تابع جدول (١٣-١).

الحشرات	الاسم العلمي	المحصول	المعاملة	الحرارة (°م)/الوقت
Mexican fruit fly	*Anastrepha ludens*	جريب فروت	المعاملة بالهواء الساخن	44°/2 h in 1% O_2
	Bactrocera cucumis		وجو متحكم فيه	
		كوسة	حرارة عالية جدًا	45°/ 30 min
Oriental fruit fly	*Dacus dorsalis*	خيار	المعاملة بالهواء الساخن	32.5°/24 h then 45-46°/ 50-60 min
	Bactrocera dorsalis		المعاملة بالماء الساخن	
		باباظ	المعاملة بالهواء الساخن	47.2° at pulp for 3.5 h
Papaya fruit fly	*Bactrocera papayae*	مانجو	حرارة عالية جدًا	47°/ 15 min
Queensland fruit fly	*Bactrocera tyroni*	مانجو	حرارة عالية جدًا	46.5°/ 10 min
			المعاملة بالماء الساخن ثم	53°C/ 15 min then
			حرارة عالية جدًا	47°C/ 15 min
حشرات أخرى				
Coddling moth	*Cydia pomonella*	تفاح	المعاملة بالهواء الساخن	44°/120 min then
			أو حرارة عالية جدًا	0°/4 weeks
		كريز	المعاملة بالهواء الساخن	47°/44 min in 1% O_2; 15% CO_2
			وجو متحكم فيه	
		كمثرى	المعاملة بالهواء الساخن	44°/120 min then
			أو حرارة عالية جدًا	0°/4 weeks
			المعاملة بالهواء الساخن	30°/ 30 h in 0.3% O_2
			وجو متحكم فيه	
Fuller's rose beetle	*Asynonychus godmani*	ليمون أضاليا	المعاملة بالماء الساخن	52°/8 min
Leafroller	*Cnephasia jactatana*	تفاح	المعاملة بالهواء الساخن	40°/10 h in 0.4% O_2
			وجو متحكم فيه	45°/5 h in 0.4% O_2
	Ctenopseustis obliquana	الكيوى	المعاملة بالهواء الساخن	40°/5-7 h in 0.4% O_2

تابع جدول (١٣-١).

الحشرات	الاسم العلمي	المحصول	المعاملة	الحرارة (°م)/الوقت
			جو متحكم فيه	40°/6 h in 2% O_2; 5% CO_2
Light brown apple moth	*Epiphyas postvittana*	تفاح	المعاملة بالهواء الساخن	40°//17-20 h in 1.2% O_2; 1% CO_2
			جو متحكم فيه	
		كيوى	المعاملة بالماء الساخن 50% وإيثانول	45°/13 min in 50% ethanol
			المعاملة بالهواء الساخن	
			وجو متحكم فيه	
		كمثرى	المعاملة بالهواء الساخن	30°/30 h in 0.3% O_2
			وجو متحكم فيه	
Longtailed mealybug	*Pseudococcus longispinus*	كاكى	المعاملة بالماء الساخن أو أو	48°/26 min or 50°/22 min
			المعاملة بالهواء الساخن	
New Zealand flower thrips	*Thrips obscuratus*	مشمش	المعاملة بالماء الساخن	48°/3 min then 50°/2 min
		نكتارين		
		خوخ		
Obscure mealybug	*Pseudococcus affinis*	تفاح	المعامل بالهواء الساخن	40°/10 h in 0.4% O_2
			وجو متحكم فيه	
				45°/5 h in 0.4% O_2
Oriental fruit moth	*Grapholita molesta*	كمثرى	المعامل بالهواء الساخن	30°/30 h in 0.3% O_2
			وجو متحكم فيه	
Two spotted spider mite	*Tetranychus urticae*	تفاح	المعاملة بالماء الساخن 50% وإيثانول	45°/13 min in 50% ethanol
		كيوى	المعامل بالهواء الساخن	44°/211 min
			وجو متحكم فيه	

تابع جدول (١٣-١).

الحشرات	الاسم العلمي	المحصول	المعاملة	الحرارة (°م)/الوقت
White peach scale	باباظ *Pseudaulacaspis pentagona*	كاكى	المعاملة بالماء الساخن	47°/67 min
			حرارة عالية جدًا	47.2°/4 h

المعاملات الحرارية التى تجرى بهدف مكافحة الإصابات المرضية

تعد المعاملة الحرارية لمنتجات الخضر والفاكهة بعد الحصاد وسيلة مناسبة لمكافحة الأعفان أثناء الشحن التخزين. ويمكن إجراء تلك المعاملة بالغمس فى الماء الحار، أو بالتعريض لحرارة البخار أو للهواء الساخن، أو للشطف بالماء الساخن مع التفريش brushing لفترة قصيرة (جدول ١٣-٢).

جدول (١٣-٢): المعاملات الحرارية للتخلص من الفطريات الممرضة والحماية منها (عن Lurie & Klein ٢٠٠٤).

الفطر	المرض	المحصول	المعاملة	الحرارة (°م)/الوقت
Alternaria alternata البقعة السوداء		جزر	شطف وتفريش بالماء الساخن	100°/3 sec
		المانجو	شطف وتفريش بالماء الساخن	60-70°/15-20 sec
	العفن الأسود	فلفل	المعاملة بالماء الساخن	50°/3 min
Botrytis cinerea العفن الرمادى		تفاح	المعاملة بالهواء الساخن وكلوريد كالسيوم	38°/4 days and $CaCl_2$ dip
		فلفل	المعاملة بالماء الساخن	50°/3 min
		فراولة	المعاملة بالماء الساخن	45°/15 min
		طماطم	المعاملة بالماء الساخن	50°/2 min
			المعاملة بالهواء الساخن	38°/2 days

تابع جدول (١٣-٢).

الفطر	المرض	الحصول	المعاملة	الحرارة (°م)/الوقت
Botryodiplodia theobromae	أعفان الساق وسطح باباظ الثمرة		المعاملة بالهواء الساخن	49°/20 min
				32°/30 min then 49°/20 min
Chalara paradoxa	عفن التاج	موز	المعاملة بالماء الساخن	45°/20 min or 50°/10 min
Colletotrichum gloeosporioides	الأنثراكنوز	مانجو	حرارة عالية جدًا	46-48°/24 sec - 8 min
			المعاملة بالماء الساخن	
			المعاملة بالهواء الساخن	51.5°/125 min
Diplodia natalensis	عفن طرف العنق	مانجو	المعاملة بالهواء الساخن	51.5°/125 min
			المعاملة بالماء الساخن	
Mycospharella spp.	أعفان الساق وسطح باباظ الثمرة		المعاملة بالهواء الساخن	49°/20 min
				42°/30 min then 49°//20 min
Penicillium digitatum	العفن الأخضر	جريب فروت	المعاملة بالهواء الساخن	46°/6 h
			شطف وتفريش بالماء الساخن	59-62°/15 sec
		ليمون أضاليا	المعاملة بالهواء الساخن	36°/3 days
			المعاملة بالماء الساخن + 2% كربونات الصوديوم Na_2CO_3	45°/150 sec +
		برتقال	المعاملة بالماء الساخن	53°/3 min

تابع جدول (١٣-٢).

الفطر	المرض	المحصول	المعاملة	الحرارة (°م)/الوقت
			المعاملة بالماء الساخن + 6% Na_2CO_3 + كربونات الصوديوم	41-43°/1-2 min
Penicillium expansum العفن الأزرق		تفاح	المعاملة بالهواء الساخن وكلوريد الكالسيوم 4% + $CaCl_2$	38°/4 days
			المعاملة بالهواء الساخن	38°/4 days
Rhizopus stolonifer		طماطم	المعاملة بالماء الساخن	50°/2 min

تؤثر المعاملة الحرارية بصورة مباشرة بإبطاء استطالة الأنابيب الجرثومية، أو بوقف نشاط الجراثيم النابتة أو قتلها؛ وبذا يقل الحمل الجرثومى وتقل الأعفان.

كذلك يمكن أن تؤثر المعاملة الحرارية على الأعفان بصورة غير مباشرة من خلال الاستجابات الفسيولوجية للأنسجة النباتية، تتضمن إنتاج مركبات مضادة للفطريات تثبط تطورها فى النسيج النباتى، أو إنتاج مركبات تسرع من التئام الجروح. ويمكن للمعاملة الحرارية حث إنتاج البروتينات ذات العلاقة بهذا الشأن، مثل الشيتينيز chitinase، و β-1,3 glucanase، كما يمكنها تثبيت وضع الأغشية الخلوية، أو منع تمثيل الإنزيمات المحللة للجدر الخلوية (إنزيمات البولى جالاكتيرونيز polygalacturonases)، وتأخير معدل تحلل المركبات المضادة للفطريات السابقة التكوين فى الأنسجة النباتية.

وتؤثر معاملة ثمار الحمضيات بالصدمة الحرارية بعد الحصاد فى إنتاج الكيومارينات coumarins المضادة للفطريات فى قشرتها. وفى الليمون الأضاليا أدت المعاملة الحرارية إلى إنتاج الـ scoparone بعد التعرض للإصابة بالفطر *Penicillium* sp.، وقد ارتبط هذا التراكم معنويًا بالمقاومة (Da Rocha & Hammerschmidt ٢٠٠٥).

كذلك فإن المعالجة – كمعاملة حرارية – يمكن أن تؤدى إلى اختفاء الصفائح الشمعية التى تتواجد طبيعيًّا على سطح الثمار غير المعاملة، مما يجعل سطح الثمار أكثر تجانسًا، حيث تمتلئ جزئيًّا أو كليًّا التشققات الأديمية والجروح الدقيقة ومعظم الثغور بالشمع المنصهر، كذلك تُحاط الجراثيم فى المراحل المبكرة لإنباتها بذلك الشمع؛ مما يوقف نشاطها، وكل ذلك مما يعد عوامل إضافية تساعد فى حماية الثمار من الإصابة بالأعفان (Schirra وآخرون ٢٠٠٠).

وتقسم المعاملات الحرارية التى تجرى بهدف التخلص من الإصابات المرضية إلى نوعين:

١- المعاملة لفترة قصيرة لا تزيد عن الساعة – فى الماء – على حرارة ٤٥-٦٠°م.

٢- المعاملة لفترة طويلة تستمر من ١٢ ساعة إلى أربعة أيام فى الهواء على حرارة ٣٨-٤٦°م، وتلك هى التى يطلق عليها – غالبًا – اسم معاملة المعالجة.

ونظرًا للتكلفة العالية لمعاملة المعالجة – والتى تستلزم تعريض كل المنتج للحرارة العالية لمدة قد تصل إلى ثلاثة أيام – فإن المعاملة الأكثر شيوعًا هى الغمر فى الماء على حرارة ٥٠-٥٣°م لمدة ٢-٣ دقائق. ولقد أثبتت هذه المعاملة فاعليتها مع عديد من الثمار.

تفيد المعاملة بالماء الساخن قبل التخزين مع عديد من الخضر والفاكهة الاستوائية وتحت الاستوائية وكذلك خضر وفاكهة المناطق الباردة. ومن أبرز مميزات تلك المعاملة سهولة تطبيقها، وقِصَر فترة المعاملة، وإمكان مراقبة حرارة الماء والمنتج بدقة، وقتل الكائنات المسببة للأعفان التى تُحمل سطحيًّا. هذا بالإضافة إلى أن تكلفة إنشاء وحدة تجارية للمعاملة بهذه الطريقة تبلغ نحو ١٠٪ من تكلفة وحدة مماثلة للمعاملة بالبخار.

وتجرى المعاملة بالماء الساخن إما بطريقة الغمر، وإما بالشطف والتفريش. يجرى الغمر فى "تانكات" كبيرة تحتوى على ماء ساخن يتم التحكم فى حرارته بمنظم

للحرارة، وتزود التانكات بنظام التحريك ودوران الماء لضمان تجانس درجة الحرارة. أما طريقة الشطف والتفريش — وهى التى بدأ اتباعها تجاريًّا فى عام ١٩٩٦ — ففيها يُشطف المنتج بماء ساخن دوّار (يُعاد دورانه) يدفع تحت ضغط من بشابير علوية، بينما يتدحرج المنتج على فرش متوسطة النعومة (شكل ١٣-١).

تغسل الثمار أولاً بدش علوى من ماء الصنبور غير الساخن والذى لا يُعاد استخدامه، بينما يتم تفريشه فى الوقت ذاته لمدة حوالى ١٠ ثوان؛ بهدف التخلص من الأتربة والمبيدات والجراثيم الفطرية التى توجد على سطح المنتج. تستمر الثمار فى التدحرج فوق الفرش إلى أن تصل إلى الجزء الذى تغسل فيه بماء تحت ضغط يُعاد استخدامه يمكن أن تتراوح حرارته — حسب المحصول والصنف — بين ٤٨، و ٦٣°م لمدة ١٠-٢٠ ثانية.

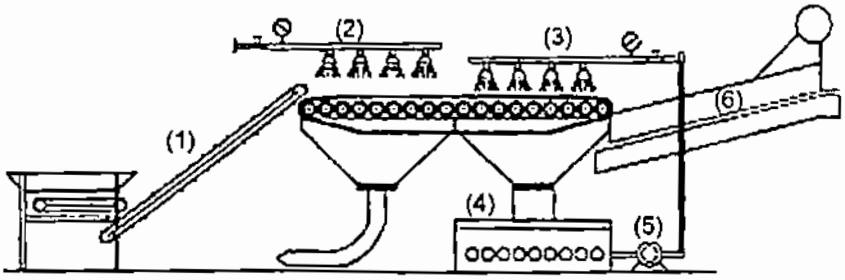
ويلى الغسيل بالماء الساخن تجفيف الثمار بالهواء المدفوع بواسطة مراوح لفترة تقل عن دقيقتين داخل أنفاق بطول ٣-٤ أمتار.

وعمومًا .. لوحظت أضرار الحرارة عندما كانت حرارة الماء المستخدم تزيد عن ٦٠°م. وحُصِلَ على أحسن النتائج عندما كانت فرش التنظيف تدور بمعدل ٦٠ دورة فى الدقيقة.

وتستخدم معاملة الغمر فى الماء الساخن لأغراض الحجر الزراعى باستعمال ماء تتراوح حرارته بين ٤٣، و ٤٩°م مع الغمر لمدة تتراوح بين عدة دقائق إلى ساعتين، وتتوقف الفترة على حجم الثمار، حيث تزداد المدة بزيادة حجم الثمرة. ولقد ساعدت هذه المعاملة فى التخلص من عدد من الآفات فى عدد من المحاصيل مثل الموالح، والباباظ، والكرامبولا والتفاح.

ولقد أدى غمر ثمار الفلفل الأخضر فى الماء الساخن على ٥٣°م لمدة ٤ دقائق قبل التخزين إلى الحد من الإصابة بالأعفان لمدة ٢٨ يومًا من التخزين على ٨°م. ويتطلب الأمر تعبئة الثمار فى الأغشية لمنع فقدها للرطوبة والمحافظة على جودتها. كذلك فإن غسيل الفلفل بالماء الساخن على ٥٥°م لمدة ١٢ ثانية — مع التفريش — بعد الحصاد

مباشرة خفَّض جوهريًا من الإصابة بالأعفان مع المحافظة على الجودة مقارنة بما حدث فى الثمار التى لم تعامل (Fallik ٢٠٠٤).



شكل (١٣-١): آلة شطف وتفريش الثمار بالماء الساخن: (١) سير متحرك، (٢) وحدة الشطف والتفريش بماء الصنبور، (٣) وحدة الشطف والتفريش بالماء الساخن الذى يُعاد استخدامه، (٤) خزان الماء الساخن، (٥) مضخة لضخ وإعادة استخدام الماء الساخن، (٦) مجفف بالدفع الجبرى للهواء (Fallik ٢٠٠٤).

كذلك وجد أن غمس ثمار الفلفل الحلو الحمراء المصابة طبيعيًا بأى من الفطر *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى، أو الفطر *Alternaria solani* مسبب مرض العفن الأسود، أو الثمار المحقونة (المعدية) بأى من الفطرين .. أدى غمسها فى الماء على حرارة ٥٠°م لمدة ثلاث دقائق إلى وقف نمو الفطر *B. cinerea* كلية، وإلى تقليل العفن الذى سببه الفطر *A. solani* جوهريًا. هذا .. وقد لوحظت أضرار للحرارة العالية على الثمار عندما كان غمسها فى الماء على حرارة ٥٠°م لمدة خمس دقائق، أو على حرارة ٥٥°م لمدة دقيقة واحدة، أو لمدة تزيد عن ذلك، وكانت الأضرار على صورة تشققات ونقر ظهرت على سطح الثمرة (Fallik وآخرون ١٩٩٦).

وعمومًا .. فإن معاملة الغسيل بالماء الساخن مع التفريش تكون مُصاحَبة — غالبًا — بانخفاض قدره ٣-٤ لوغاريتم فى الحمل الميكروبى للخضر والفاكهة الطازجة.

ومن بين التأثيرات الأخرى التى لوحظت لمعاملة الماء الساخن مع التفريش تأخير نضج الثمار، وانخفاض معدلى التنفس وإنتاج الإثيلين أثناء التخزين، وظهر التأخير فى

النضج على صورة تثبيط للتلوين فى الكنتالوب والطماطم. كذلك انخفض نشاط إنزيمات الـ polygalacturonase، والـ exo-cellulase، والـ endo-cellulase فى ثمار الفلفل التى عوملت بالماء الساخن مع التفريش، وذلك أثناء التخزين. هذا فى الوقت الذى أدت فيه معاملة ثمار الفلفل الأخضر على ٥٣°م لمدة ٤ دقائق إلى منع ظهور أضرار البرودة بعد ٤ أسابيع من التخزين على ٨°م (Fallik ٢٠٠٤).

وعند اقتران المعاملة الحرارية مع المبيدات — مثل الـ imazalil والـ thiabendazole — فإن ذلك يزيد من فاعلية المبيدات ويقلل من الجرعة التى تلزم استخدامها منها، بسبب زيادة المعاملة الحرارية لسرعة نفاذية المبيد من خلال أديم الثمار.

وفى ثمار الأفوكادو يتواجد المركب diene المضاد للفطريات فى الجدار الثمرى الخارجى .. هذا المركب ينخفض تركيزه إلى أن يختفى مع نضج الثمرة. وفى الوقت ذاته يمكن أن يتواجد بالثمار إصابات كامنة (غير نشطة) بالفطر *Colletotrichum gloeosporioides*. وتؤدى المعاملة الحرارية الجافة إلى تأخير نضج ثمار الأفوكادو، بينما يؤدى غمس الثمار فى حرارة ٥٥°م لمدة ١٠ دقائق إلى إسراع ظهور أعراض المرض وكذلك إسراع تحلل المركب diene.

وتجدر الإشارة إلى أن تأثير المعاملة الحرارية يكون بتثبيط نشاط الفطر (fungistatic effect) وليس بقتله (fungicidal effect) (Schirra وآخرون ٢٠٠٠).

المعاملات الحرارية التى تهدف إلى الحد من أضرار البرودة

يؤدى التعرض للبرودة فى المحاصيل الحساسة لها إلى حدوث تغير فى سرعة عديد من التفاعلات الأيضية، وفيما يترتب عليها من نواتج أيضية، وإلى حث تمثيل إنزيمات ومرافقات إنزيمية خاصة. ويبدو أن بعض المعاملات — مثل التدفئة المتقطعة intermittent warming — تُقلل من حدوث أضرار البرودة لأنها تغير من الاتجاه نحو تمثيل تلك المركبات السامة وتسمح بإصلاح المكونات الخلوية المضارة.

معاملات الهواء المعدل لأجل التخلص من الحشرات الحية

وجد أن التركيزات المنخفضة من الأكسجين وكذلك التركيزات المرتفعة من ثانى أكسيد الكربون أو كلاهما معًا يفيدان فى التطهير من الإصابات الحشرية، إلاّ أن فترة المعاملة التى تلزم للتخلص التام من الحشرات تختلف باختلاف النوع الحشرى، والطور الحشرى المتواجد، ودرجة الحرارة أثناء المعاملة، وتركيز الأكسجين وثانى أكسيد الكربون، والرطوبة النسبية.

ويتحدد تحمل الخضر والفاكهة لتركيز ٥٠٪-٩٠٪ ثانى أكسيد كربون بمدى حساسيتها لأضرار ثانى أكسيد الكربون التى تظهر — عادة — بعد نحو ٣-٨ أيام من بدء المعاملة. كذلك يعد تكون الروائح الكريهة والطعم غير المقبول من عيوب التعريض لتركيز من الأكسجين يقل عن ١٪.

وعلى الرغم من تلك الأضرار المحتملة فإن كثيرًا من الحشرات يمكن التخلص منها قبل ظهور الأعراض، بما يسمح بالاستفادة من هذه المعاملة لأغراض الحجر الزراعى (Ke & Kader ١٩٩٢).

المعاملة بالزيوت الأساسية لأجل مكافحة الأمراض

تلعب الزيوت الأساسية دورًا كمضادات فطرية، واستخدم بعضها لهذا الغرض فى دراسات بعد الحصاد. ومن أهم مميزاتها صلاحيتها للاستعمال فى صورة أبخرة، ويعتقد بأنها تلعب دورًا فى آليات الدفاع النباتى ضد الكائنات الدقيقة المرضة.

وقد اختبر تأثير عديد من المكونات المتطايرة لبعض الزيوت الأساسية على نمو كثير من الفطريات — التى تسبب مشاكل مرضية لمنتجات الخضر والفاكهة بعد الحصاد — وذلك فى البيئة الصناعية. تضمنت المكونات المتطايرة ما يلى:

(E)-anethole	p-anisaldehyde	carvacrol
(-)-carvone	1,8-cineole	(+)-limonene
myrcene	(+/-)-alpha-phellandrene	(+)-alpha-pinene

أما الفطريات التى أجرى عليها الاختبار فقد اشتملت على مايلى:

Botrytis cinerea	*Monilina laxa*
Mucor piriformis	*Panicillium digitatum*
Penicillium italicum	*Penicillium expansum*
Rhizopus stolonifer	

ولقد حُصل على أفضل النتائج باستعمال الـ carvacrol (وهو فينول)؛ فعند تركيز ١٢٥ جزءًا فى المليون توقف نمو جميع الفطريات بصورة تامة ونهائية (بفعل fungicidal أى قاتل للفطريات) فيما عدا بالنسبة للفطر *P. italicum*، كذلك توقف إنبات جراثيم *M. laxa*، و *M. piriformis*، و *R. stolonifer* عند نفس التركيز، ولكن ليس عند تركيز ٦٢ جزءًا فى المليون.

كذلك ظهر تأثير موقف مؤقت للنمو الفطرى (fungistatic) عندما كانت المعاملة بأى من المركبات *p*-anisaldehyde (وهو ألدهايد)، أو carvone-(-) (وهو كيتون)، أو -(E) anethole (وهو إثير ether) عند ٢٥٠–١٠٠٠ جزء فى المليون، وذلك بترتيب تنازلى لتأثير تلك المركبات (Caccioni & Guizzardi ١٩٩٤).

وأوضحت عديد من الدراسات فاعلية بعض الزيوت الأساسية فى وقف نمو الفطر *Botrytis cinerea*. ومن بين الزيوت التى تأكد جدواها فى هذا الشأن كلاً من الزعتر الأحمر *Thymus zygis*، والفصوص البرعمية لـ *Eugenia caryophyllata*، وأوراق القرفة *Cinnamomum zeylanicum*. كذلك فإن الزيت الأساسى لكل من *Monarda citrodora*، و *Melaleuca alternifolia* تظهر نشاطًا مضادًا لدى واسع من الفطريات التى تصيب الخضر والفاكهة بعد الحصاد.

ويبدو أن تأثير الزيوت لا يرجع إلى مركب واحد بعينه فى الزيت الأساسى، وإنما إلى تأثير تداؤبى synergistic لعدد من تلك المركبات، وهى التى تتواجد فى كل زيت — عادة — بالعشرات وربما بالمئات (Sydney Postharvest Laboratory Information Sheet — الإنترنت — ٢٠٠٧).

وقد أدى غمس ثمار الطماطم فى مستحلب زيت الزعتر thyme بتركيز ٥٪ أو زيت الـ oregano بتركيز ١٠٪ إلى خفض إصابتها أثناء التخزين بكل من الفطرين *Botrytis cinerea*، و *Alternaria arborescens* (Plotto وآخرون ٢٠٠٣).

كما أدت معاملة ثمار الطماطم بالمركب trans-cinnamaldehyde بتركيز ١٣ ملل مول (وهو مركب يتواجد طبيعيًا فى النباتات) إلى خفض أعداد البكتيريا والفطريات على سطح الثمرة إلى العُشر عندما كان غمس الثمار لمدة ١٠ دقائق، وإلى تأخير ظهور أى نموات فطرية لمدة أسبوع كامل عندما كان الغمس لمدة ٣٠ دقيقة مع حفظ الثمار بعد ذلك فى جو معدل على ١٨°م، علمًا بأن *Penicillium* sp. كان هو الفطر السائد على كأس الثمار المخزنة (Smid وآخرون ١٩٩٦).

وفى الكمثرى .. أمكن مكافحة الفطر *Penicillium expansum* — مسبب مرض العفن الأزرق — فى الثمار المخزنة بالمعاملة بأبخرة بعض المركبات المتطايرة ذات الأصول النباتية، مثل:

trans-2-hexenal	carvacrol
trans-cinnamaldehyde	citral

وكانت أفضل المعاملات فى مكافحة الفطر هى التعريض لأبخرة trnas-2-hexanal بمعدل ١٢,٥ ميكروليتر/لتر على مدى ٢٤ ساعة تبدأ بعد ٢٤ ساعة من الحقن بالفطر الممرض (Neri وآخرون ٢٠٠٦).

ومن بين الزيوت الأساسية التى أعطت نتائج إيجابية فى هذا المجال الثيمول thymol الذى يُتحصل عليه من الزعتر thyme (وهو: *Thymus capitatus*)، والذى استخدم فى تبخير الكريز لحمايته من الإصابة بالعفن الرمادى (*B. cinerea*) والعفن البنى (*Monilia fructicola*) بتركيزات ٣٠، و ٤ مجم/لتر للفطرين، على التوالى. هذا .. مع العلم بأن الثيمول يدخل ضمن غذاء الإنسان وكإضافات للأغذية.

كذلك استخدم الكارفون carvone- الذى يُتحصل عليه من الزيت الأساسى للنبات

Carum carvi – تجاريًا فى منع تزريع البطاطس فى المخازن إضافة إلى أنه وفر لها حماية من الإصابة بالأعفان، وهو يتوفر تجاريًا فى هولندا تحت الاسم التجارى TALENT (عن Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

هذا .. ويمكن أن تنتقل يرقانة القواقع slugs (*Deroceras reticulatum*) مع درنات البطاطس من الحقول إلى المخازن إذا ما كان الموسم رطبًا وأُجرى الحصاد والتربة رطبة، حيث تنتقل اليرقانة مع الطين الذى قد يكون ملتصقًا بالدرنات؛ بما يعنى استمرار حدوث الأضرار فى المخازن. وقد وجد أن معاملة الدرنات المخزنة بمانع التبرعم المحتوى على الكارفون carvone (التحضير التجارى Talent) بمعدل ٥٠ مل من المركب التجارى لكل طن من الدرنات أدت إلى مكافحة اليرقانات فى خلال أيام قليلة (Ester & Trul ٢٠٠٠).

وإضافة إلى ما تقدم بيانه فقد أثبتت الزيوت الأساسية لنباتات أخرى جدواها فى حماية بعض المنتجات البستانية من الإصابة بالأعفان بعد الحصاد، وكان منها (عن Tripathi & Dubey ٢٠٠٤):

Salvia officinalis *Mentha arvensis*

Zingiber officinale

وقد دُرِس تأثير المعاملة بخمسة زيوت أساسية (هى تلك الخاصة بالزعتر thyme، والمريمية sage، وجوزة الطيب nutmeg، الإيوكابتس eucaptus، والسُّنا cassia) ضد الفطر *Alternaria alternata*، وظهر لكل من زيت السُّنا والزعتر نشاط مضاد للفطر، ولكن بدرجة أكبر لزيت السُّنا وذلك عندما استعمل بتركيز ٣٠–٥٠٠ جزء فى المليون (Feng وآخرون ٢٠٠٧).

المعاملة بمركبات حيوية مضادة للفطريات والبكتيريا

حامض الخليك

يفيد التبخير بحامض الخليك كوسيلة للتعقيم السطحى لمنتجات الخضر والفاكهة

الطازجة، وهو منتج طبيعى لا ضرر منه على صحة الإنسان. ولا يقتصر فعل حامض الخليك على خفض الرقم الأيدروجينى فقط، وإنما يتعداه إلى اختراقه للخلايا الميكروبية، وإحداث سميته فيها. ولقد أفادت المعاملة بأبخرة حامض الخليك فى مكافحة عديد من الأعفان فى التفاح والعنب والمشمش والبرقوق والكريز (Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

وأوضحت دراسات Sholberg & Gaunce (١٩٩٥) أن تبخير ثمار بعض المحاصيل (الطماطم، والتفاح، والعنب، والبرتقال، والكيوى) بعد الحصاد بحامض الخليك Acetic Acid بتركيزات تراوحت بين ٢,٠ و ٤,٠ مجم/لتر من الهواء (بعد حقنها بفطريات متنوعة؛ هى: *Botrytis cinerea*، و *Penicillium expansum*، و *P. italicum*) منع تعفنها دون أن تحدث أية تأثيرات سلبية بها وقد أدت زيادة الرطوبة النسبية (من ١٧٪ إلى ٩٨٪) إلى زيادة فاعلية المعاملة عندما أجريت على أى من ٥°م أو ٢٠°م.

حامض الأوكساليك

أفاد غمر ثمار المانجو فى محلول حامض أوكساليك بتركيز ٥ ملى مولار لمدة ١٠ دقائق على ٢٥°م ثم تخزينها على ١٤° ± ١°م لمدة خمسة أسابيع فى تثبيط تدهور الثمار وإطالة فترة الصلاحية للتخزين، وذلك من خلال تأخير اكتمال نضج الثمار، بالإضافة إلى تثبيط إصابتها بالفطر *Colletotrichum gloesporioides* (Zheng وآخرون ٢٠٠٧).

الجلوكوسينولات

تعد الجلوكوسينولات glucosinolates من المركبات الطبيعية ذات النشاط المضاد للميكروبات، وهى مجموعة تتضمن نحو ١٠٠ مركب تنتجها الصليبيات. يؤدى تحلل الجلوكوسينولات إلى إنتاج الـ D-glucose وأيون الكبريتات وسلسلة من المركبات مثل الأيزوثيوسيانات isothiocyanate، والثيوسيانات thiocyanate، والنيتريل nitrile. ولقد تأكدت سمية الجلوكوسينولات التى تم اختبارها ضد بعض الكائنات الدقيقة المسببة للأعفان بعد الحصاد فى الكمثرى (Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

البروبولس

إن البروبولس propolis منتج راتينجى طبيعى يُحصل عليه من براعم وقلف الحور وأشجار الصنوبر. يحتوى البروبولس على بروتين، وأحماض أمينية، وفيتامينات، وعناصر، وفلافونات، ويتميز بكونه مضاد حيوى لكل من الفطريات والبكتيريا وقدرته على الحد من بعض مسببات الأعفان بعد الحصاد مثل *Botrytis cinerea*، و *Penicillium expansum* (Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

مستخلصات الفطر *Fusarium semitectum*

يستعمل الفطر *Fusarium semitectum* — الذى يعيش فى التربة — فى المكافحة الحيوية، وقد عُزِل منه مركبان، هما: fusapyrone، و deoxyfusapyrone وجد أنهما يحدان من نمو الفطر *Botrytis cinerea* — مسبب مرض العفن الرمادى — فى كل من البيئات الصناعية والعنب. وقد استخدم الـ fusapyrone بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون — بنجاح — مع العنب فى منع الإصابة بالعفن الرمادى. ونظرًا لضعف سمية هذين المركبين للإنسان والحيوان، وعدم سميتهما للنباتات، فإن استعماله على نطاق تجارى آخذ فى الانتشار على العنب وغيره من المحاصيل (Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

الشيتوسان

إن الشيتوسان chitosan صورة ذائبة من الشيتين chitin. ويتميز الشيتوسان والمركبات التى تشتق منه بكونها قادرة على حماية النباتات من الإصابات الفطرية بما لها من قدرة على أن تكون مضادة لها. يمكن لتلك المركبات بتركيزات شديدة الانخفاض أن تستحث آليات دفاعية فى النباتات ضد المسببات المرضية، ويمكن استعمالها على صورة محاليل، أو ساحيق، أو كأغلفة للبذور والثمار (Tipathi & Dubey ٢٠٠٤).

يعد الشيتوسان أحد المكونات الهامة للجدر الخلوية لبعض مسببات الأمراض الفطرية.

ويُستخلص الشيتوسان من محارات الأحياء البحرية، كما ينتج من الشيتين chitin

الذى يتواجد بالهيكل الخارجى للحشرات، وهو مركب عديد التسكر ذات وزن جزيئى عال وقابل للذوبان فى الأحماض العضوية المخففة. هذا المركب غير سام وآمن بيولوجيًا، ويعد من أفضل المركبات التى يمكن استعمالها فى تغليف ثمار الخضر والفاكهة الطازجة لمنع فقدها للرطوبة وتحوير تركيب جوها الداخلى، فضلاً عما يحدثه المركب من حث لإنتاج إنزيم الشيتينيز chitinase الذى يعمل كإنزيم دفاعى.

ولقد وجد أن استعمال الشيتوسان بتركيز ١٪ أو ٢٪ (وزن/حجم) كغلاف لثمار الفراولة أدى إلى خفض أعفان الثمار جوهريًا عند تخزينها على ١٣°م، وأحدث زيادة جوهرية فى نشاط كل من الشيتينيز، و β-1,3-gluconase مقارنة بما حدث فى معاملة الكنترول. ولقد كان تأثير استعمال الشيتوسان فى مكافحة الأعفان التى يسببها الفطرين *Botrytis cinerea*، و *Rhizopus* spp. مماثلاً – تقريبًا – لتأثير المعاملة بالمبيد الفطرى TBZ. وفضلاً عن ذلك كان للشيتوسان تأثيرات إيجابية على كل من صلابة الثمار، وحموضتها المعايرة، ومحتواها من حامض الأسكوربك والأنثوسيانين (Zhang & Quantick ١٩٩٨).

وإلى جانب تأثير الشيتوسان على إصابات الفراولة المرضية، فقد وجد أن له – كذلك – تأثير مضاد لعديد من الفطريات، كما اتضح من دراسات استعمل فيها المركب كغلاف لثمار الطماطم والفلفل الحلو والخيار (عن Reddy وآخرين ٢٠٠٠).

وقد أدت معاملة مكان اتصال عنق ثمرة الطماطم بالثمرة (مكان قطف الثمرة) بالشيتوسان chitosan إلى تثبيط إصابة الثمرة بالفطر *Alternaria alternata* مسبب مرض العفن الأسود، وذلك عندما تم حقنها بالفطر وخزنت على ٢٠°م لمدة ٢٨ يومًا. وكان ذلك التأثير لمعاملة الشيتوسان مصاحبًا بضعف فى نشاط الإنزيمات المحللة للأنسجة (polygalacturonase، و cellulase، و pectic lyase) فى النسيج المجاور للبقع المرضية، حيث انخفض نشاطها إلى أقل من ٥٠٪ مما كان عليه الحال فى ثمار المقارنة التى لم تُعامل بالشيتوسان. كذلك ثبطت المعاملة بالشيتوسان إنتاج الثمار لكل من

حامضى الأوكساليك والفيوماريك (oxalic & fumaric acids) وهما من المركبات المخلبية، وكذلك سموم العائل alternariol، و alternariol monomethylether، وحفزت إنتاج الفيتوألاكسين ريشتين rishitin فى أنسجة الثمرة (Reddy وآخرون ٢٠٠٠).

كما أدت معاملة الجزر المخزن بالـ chitosan hydrolysate (وهو الذى يحضر من الـ chitosan بفعل الإنزيم chitosanase N-174 *Streptomyces*) بتركيز ٠,٢٪ (وزن/حجم) إلى حماية جذور الجزر من الإصابة بالفطر *Sclerotinia sclerotiorum* أثناء التخزين، بحثها الجذور على تطوير مقاومة ضد الفطر (Molloy وآخرون ٢٠٠٤).

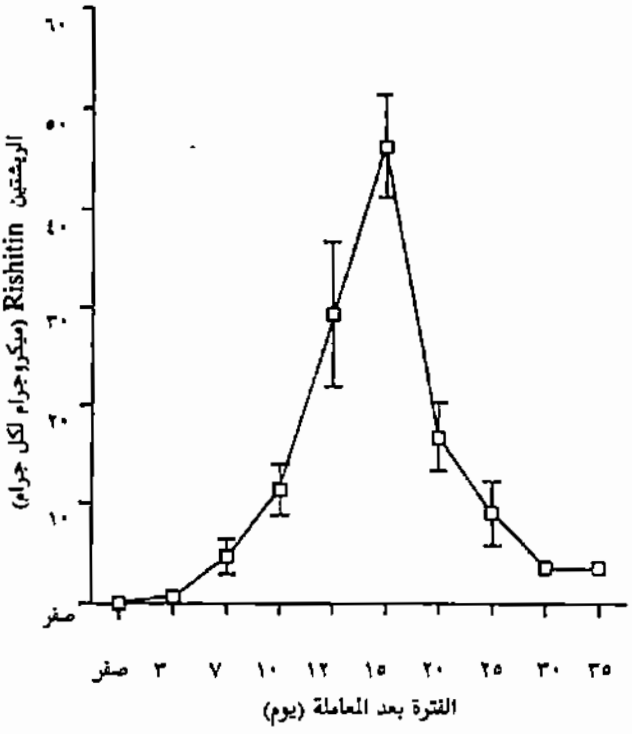
المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية

تجرى معاملة التعريض للأشعة فوق البنفسجية — أساسًا — لأجل مكافحة بعض الإصابات المرضية، من خلال حثها للمقاومة الطبيعية فى الأنسجة النباتية الحية.

أدى تعريض درنات البطاطس للأشعة فوق البنفسجية بجرعة ١٢,٥ أو ١٥ كيلوجول/م^2 (kJ/m^2) إلى تثبيط إصابتها بكل من العفن الجاف الذى يسببه الفطر *Fusarium solani*، والعفن الطرى الذى تسببه البكتيريا *Erwinia carotovora* بصورة تامة، وذلك عندما كان تخزين الدرنات فى حرارة ٨°م لمدة ٣ شهور، دون أى تأثير للمعاملة على التبرعم، أو على قوام الدرنات أو صلابتها أو لونها (Ranganna وآخرون ١٩٩٧).

كما أدت معاملة جذور البطاطا بالأشعة فوق البنفسجية UV-C بجرعة ٣,٦ كيلوجول/م^2 إلى الحد — بشدة — من إصابتها بالفطر *Fusarium solani* — المسبب لعفن الجذور الفيوزارى — أثناء التخزين، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى نشاط الـ phenylalanine ammonia-lyase فى الجذور المعاملة (Stevens وآخرون ١٩٩٩).

ويؤدى تعريض ثمار الطماطم للأشعة فوق البنفسجية أثناء تخزينها إلى تراكم الفيتوألاكسين phytoalexin، ريشتين rishitin بها (شكل ١٣-٢)، وهو الذى يلعب دورًا فى مقاومة بعض الإصابات المرضية (عن Arul وآخرين ٢٠٠١).



شكل (١٣-٢): تراكم الريشتين rishitin بثمار الطماطم استجابة لتعريضها للأشعة فوق البنفسجية أثناء التخزين.

وأدت معاملة ثمار الفلفل الحلو والطماطم بتقنية (تسمى SYNERGOLUX) تستخدم فيها الأشعة فوق البنفسجية والأوزون إلى تقليل إصابتها بالأعفان، علمًا بأن المعاملة تراوحت بين ١٥، و ٦٠ ثانية. وقد خفضت المعاملة من نشاط الإنزيم pectinesterase فى ثمار الطماطم مقارنة بما حدث فى ثمار الكنترول (Mednyánszky وآخرون ١٩٩٤).

أدى تعريض ثمار الفلفل للأشعة فوق البنفسجية UV-C بأى جرعة (من ٠,٢٢ إلى ٢,٢٠ كيلوجول/م^2 kJm^{-2}) إلى حث تكوين مقاومة جهازية بالثمار أمكن معها مقاومة الإصابة بالبوتريتس (*Botrytis cinerea*) فى الثمار المخزنة على ١٣ أو ٢٠°م (Mercier وآخرون ٢٠٠١).

وأدت المعاملة بالـ UV-C إلى حث المقاومة ضد الإصابات المرضية فى أبصال البصل وجذور الجزر وثمار الفلفل والطماطم (Da Rocha & Hammerschmidt ٢٠٠٥).

التشميع

يجب ألا يحتوى الشمع المستخدم على مواد مخلقة. ومن بين الشموع المقبولة شمع الكرنوبا carnuba والشموع المستخلصة من النباتات.

المكافحة الحيوية للأمراض أثناء التخزين

مكافحة الأمراض الفطرية بالبكتيريا

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

وأعطت معاملة درنات البطاطس بالبكتيريا *Entrobacter cloacae* (السلالة S11:T:07) عند تخزينها نقصًا قدره ٢١٪ فى إصابتها بالعفن الجاف الفيوزارى، مقارنة بنقص قدره ١٤٪ فقط عندما عوملت الدرنات بالمبيد الفطرى thiabendazole (Schisler وآخرون ٢٠٠٠).

كما أدى رش درنات البطاطس — أثناء مرورها على السيور قبل تخزينها — بمعلق للسلالة S11: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).

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

Bacillus spp. (*subtilis* or *licheniformis*)
Planococcus rifietoensis
Halomonas subglaciescola
Halobacillus lutorglis
Marinococcus litoralis
Salinococcous roseus
Halovibrio variabilis
Halobacillus halophilus
Halobacillus trueperi

مكافحة الأمراض الفطرية بالخميرة

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٪، و ٣٣٪ (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 candidum* (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).

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 قويًا له على كل من الغذاء والجروح التى ينفذ منها الفطر ليصيب الثمرة (Zhao وآخرون ٢٠٠٨).

هذا .. وتؤدى الجروح — فى ثمار التفاح على سبيل المثال — إلى حث تكوين العناصر النشطة فى الأكسدة reactive oxygen species مثل فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2. وقد تبين أن الخمائر المستعملة فى مكافحة أمراض ما بعد الحصاد تقاوم تلك العناصر، وقد يكون ذلك هو الميكانيزم الذى تقوم عن طريقه بفعلها فى مكافحة بعض أمراض بعد الحصاد مثل البوتريتس (Castoria وآخرون ٢٠٠٣).

كما أدت المعاملة بالسيليكون فى صورة sodium metasilicate إلى زيادة كفاءة الخميرة *Cryptococcus laurentii* — بتركيز ١ × ١٠^{٧} خلية/ملليلتر — فى مكافحة الفطرين *Penicillium expansum*، و *Monilinia fructicola* بثمار الكريز الحلو على ٢٠ °م، ويعتقد بأن مرد ذلك إلى أن معاملة السيليكون مع الخميرة تؤدى إلى زيادة أعداد الخميرة، بالإضافة إلى خاصية السمية المباشرة للسيليكون على المسببات المرضية، فضلاً عن إحداث السيليكون لزيادة معنوية فى نشاط كل من الـ phenylalamine ammonialyase، والـ polyphenol oxidase والـ peroxidase بثمار الكريز (Qin & Tian ٢٠٠٥).

مكافحة الأمراض الفطرية بالميكوريزا

أدى تلقيح درنات اليام الأبيض *Discorea roundata* بالجراثيم الكونيدية للميكوريزا *Trichoderma viride* قبل تخزينها لمدة أربعة شهور فى الجو العادى إلى خفض إصابتها بشدة بالفطريات المسببة للأعفان أثناء التخزين، مثل: *Aspergillus niger*، و *Botryodiplodia theobromae*، و *Penicillum oxalicum* (Okigbo & Ikediugwu ٢٠٠٠).