

DE
PAT 72K

Capítulo 16

Colheita e Manuseio na Pós-Colheita

*Maria Auxiliadora Coêlho de Lima
Ricardo Elesbão Alves
Daniel Terao*

Introdução

As diferentes etapas de manuseio e as operações pós-colheita contribuem de forma decisiva para a vida útil de frutas, hortaliças e flores. Essas estruturas sofrem consideráveis mudanças metabólicas após a colheita que, por si só, podem ser responsáveis pela desvalorização comercial do produto, por comprometer a aparência, o aroma e o sabor, ou pela perda de compostos nutricionais importantes, considerando o caso de frutas e hortaliças.

Além das perdas causadas por mudanças metabólicas, o manuseio inadequado durante a colheita e em todas as etapas de pós-colheita pode predispor o produto a infecções causadas por microrganismos quiescentes ou oportunistas, que podem se desenvolver em áreas que tenham sofrido danos mecânicos. Burdon (1997) destaca também a ocorrência de pragas e doenças, bem como de desordens fisiológicas induzidas por temperaturas extremas (altas ou baixas) ou por uma atmosfera de armazenamento inadequada, como elementos determinantes da qualidade final.

No caso específico dos frutos, que em geral possuem elevado conteúdo de água e casca fina, a alta suscetibilidade a danos após a colheita exige a adequação de procedimentos e técnicas às características anatômicas e fisiológicas da espécie ou mesmo da cultivar (BURDON, 1997).

Segundo Souza et al. (2003), os danos mecânicos podem resultar em deformações plásticas, rupturas superficiais e até na destruição dos tecidos. Por si só, eles diminuem não apenas o apelo potencial do produto, afetando sua aparência, mas também sua vida útil pós-colheita, seja direta, em razão da maior perda de água e das mudanças fisiológicas, seja indiretamente, por facilitar a entrada de patógenos (BURDON, 1997; GARCÍA-RAMOS et al., 2004). O tipo de dano provável depende das etapas e dos procedimentos praticados na cadeia de manuseio, aliados, por exemplo, ao estágio de maturação, que influencia a textura do produto, tornando-o mais ou menos propenso ao problema.

Além disso, o etileno produzido pelo tecido no qual se instala uma podridão pode estimular o amadurecimento e a senescência precoces dos produtos que estejam mantidos no mesmo ambiente de armazenamento ou transporte daqueles que estiverem contaminados. Pode haver, ainda, contaminação direta de um produto infectado para um sadio (WILLS et al., 1998). Portanto, o apodrecimento não apenas descarta o produto para comercialização, mas também dissemina a infecção para outros, podendo provocar muitas perdas (BURDON, 1997).

Entre os agentes causadores de podridões pós-colheita, podem ser mencionadas diversas espécies de bactérias e fungos. Aquelas que predominantemente causam perdas em frutos e hortaliças são os fungos pertencentes aos gêneros *Alternaria*, *Botrytis*, *Botryosphaeria*, *Colletotrichum*, *Diplodia*, *Monilinia*, *Penicillium*, *Phomopsis*, *Rhizopus* e *Sclerotinia*, e as bactérias

Pectobacterium e *Pseudomonas*. A maioria desses organismos é de patógenos fracos, que só colonizam produtos que tenham sofrido danos. Apenas poucos deles, como *Colletotrichum*, são capazes de penetrar a casca de um produto sadio. Em geral, a relação entre o hospedeiro (fruta, hortaliça ou flor) e o patógeno é razoavelmente específica. Por exemplo, *Penicillium digitatum* causa podridão pós-colheita de grande importância econômica para citros, enquanto *P. expansum* é prejudicial para maçãs e peras (WILLS et al., 1998). Para cherimóia, os patógenos mais importantes são *Phomopsis* e *Rhizopus*, enquanto *Penicillium* e *Alternaria* são secundários (MERODIO; PLAZA, 1997).

Quando apresentam podridão, os frutos sofrem uma fermentação alcoólica e os microrganismos envolvidos produzem mudanças subseqüentes quando o álcool é convertido em ácido acético. A disseminação da doença é promovida por insetos, especialmente moscas, que transferem para o fruto os microrganismos envolvidos na fermentação. Frequentemente, os frutos doentes parecem sadios no início da infecção. Apenas durante o transporte e a comercialização, a doença se expressa. Os sintomas são visíveis na casca, que se torna aquosa e mole. Em figo, a polpa se torna descolorida e aquosa. A única medida preventiva, nesse caso, é o descarte de todos os frutos infectados (CHESSA, 1997).

Outro exemplo que pode ser citado é o do mamão. Segundo Sankat e Maharaj (1997), a doença bacteriana é esporádica, mas de difícil detecção, uma vez que não apresenta sintomas externos. A doença é constatada no momento em que a fruta é cortada.

Dessa forma, as perdas pós-colheita causadas por microrganismos podem ser muito rápidas e severas, principalmente em regiões tropicais, onde as altas temperaturas e a umidade relativa favorecem o crescimento desses agentes patogênicos (WILLS et al., 1998). Segundo Choudhury e Oliveira (1997), na Região do Submédio São Francisco, principal produtora brasileira de uvas de mesa, a deterioração patológica, no período chuvoso, é responsável por prejuízos econômicos que podem chegar a 8,9% na cultivar Itália, após 30 dias de armazenamento refrigerado.

Em algumas situações, podem ocorrer perdas totais quando um ou poucos patógenos invadem e colonizam os tecidos. O ataque inicial é rapidamente seguido por um amplo espectro de patógenos oportunistas, que aumentam o dano causado pelo agente primário. Existem situações em que a aparência de muitos produtos pode ser comprometida por lesões superficiais causadas por organismos patogênicos, que, contudo, não afetam os tecidos internos (WILLS et al., 1998).

Em mamão, Sankat e Maharaj (1997) consideram a existência de dois tipos de podridões superficiais. O primeiro tipo abrange as doenças causadas por fungos que infectam o fruto intacto e imaturo ainda no campo. *Antracnose*, *mancha-chocolate*, *podridão-negra-de-cercóspera* e *podridão-de-Phytophthora* são exemplos desse tipo. O segundo corresponde às doenças causadas por fungos, que se desenvolvem nos tecidos a partir de ferimentos.

Nesse caso, os organismos envolvidos são patógenos fracos, como *Mycosphaerella*, *Phomopsis*, *Stemphylium*, *Fusarium* e *Guignardia*.

Desenvolvimento da infecção

A infecção de frutas e hortaliças por organismos pode ocorrer quanto ainda estão imaturos e antes da colheita ou durante a colheita e subsequente manuseio e operações. O processo é amplamente facilitado por danos mecânicos, como vibrações, compressões, abrasões, perfurações, picadas de inseto e cortes. Além disso, as condições fisiológicas do produto, a temperatura e a estrutura da epiderme influenciam significativamente a infecção (WILLS et al., 1998).

O conhecimento do padrão de infecção é fundamental para a proposição de estratégias de tratamento adequadas ao controle da doença (WILLS et al., 1998). O uso de um sistema integrado é amplamente aceito como proposta sustentável para um bom controle de doenças no ambiente pós-colheita. Burdon (1997) destaca que um programa de controle eficaz começa com boas práticas de higiene, tanto no campo quanto na casa de embalagem, ou durante o armazenamento e o transporte. Segundo o autor, as seguintes medidas devem ser observadas para reduzir os perigos de contaminação ao produto:

- Facilitar o acesso do produto proveniente do campo à recepção na casa de embalagem, bem como sua saída depois de embalado e/ou armazenado.
- Proceder a rigorosa limpeza e higiene dos locais de entrada e saída.
- Empregar meios para facilitar a remoção do lixo.
- Utilizar pisos de fácil limpeza e drenagem.
- Proibir a entrada de animais domésticos, pássaros, insetos e pragas urbanas.
- Reservar áreas cobertas para a recepção e a saída do produto.
- Escolher local apropriado e de fácil acesso para o armazenamento do produto, de recipientes utilizados no campo, dos paletes e das caixas de embalagem.
- Estabelecer um plano de limpeza e manutenção dos equipamentos.
- Escolher superfícies de trabalho macias e de fácil limpeza.
- Usar água potável para as operações de lavagem.
- Utilizar materiais de embalagem que atendam às exigências do comprador, sejam adequados ao acondicionamento do produto e não apresentem constituintes tóxicos.
- Evitar contaminação do produto por objetos estranhos.
- Armazenar os produtos químicos e de limpeza em local seguro e longe da linha de processo.

- Oferecer fácil acesso a banheiros e pias aos funcionários envolvidos nas operações de colheita e pós-colheita.
- Orientar os funcionários quanto ao uso de vestimentas em bom estado de higiene e conservação, inclusive aquelas de proteção (avental, toca, etc.).
- Proibir o uso de cigarros, comida e bebida nos locais de processamento do produto.

A higiene no campo também é fundamental e, portanto, frutos descartados ou que caíram não devem ser deixados na área de cultivo, evitando, com isso, que atuem como fonte de inóculo para futura infecção. Eles devem ser removidos a intervalos regulares (BURDON, 1997).

Infecção de pré-colheita

A infecção de pré-colheita de frutas e hortaliças pode ocorrer por vários meios, como penetração direta pela casca, aberturas naturais e danos. Alguns tipos de fungos patogênicos são capazes de iniciar a infecção na superfície de restos florais sadios de frutos em desenvolvimento. Nesse caso, a infecção permanece latente até a colheita, quando a resistência do hospedeiro decresce e as condições tornam-se favoráveis ao crescimento do microrganismo. É o que ocorre quando o fruto amadurece ou quando os tecidos entram em senescência. Esse tipo de infecção afeta seriamente muitos frutos tropicais e subtropicais. Entre eles, destacam-se: a antracnose, em manga e mamão; a podridão-da-coroa, em banana; e a podridão-peduncular, em citros. No caso da antracnose, os esporos de *Colletotrichum* germinam na superfície úmida do fruto e, em poucas horas, forma-se uma estrutura conhecida como apressório, que pode penetrar na casca antes que a infecção se estabeleça. Situação semelhante ocorre em infecções causadas por *Botrytis* em frutos do tipo baga e em muitas flores de corte (WILLS et al., 1998).

Fungos e bactérias de fraca ação parasita também podem colonizar frutas e hortaliças imaturas através de aberturas naturais, como estômatos, lenticelas e rachaduras superficiais. Essas infecções costumam se desenvolver quando o hospedeiro se torna menos resistente ao organismo invasor. Wills et al. (1998) citam, como exemplo, a penetração dos esporos de *Phylactaena vagabunda* nas lenticelas de maçãs, resultando em podridão ao redor dessas estruturas durante o armazenamento do fruto.

O manuseio cuidadoso da fruta durante a colheita pode limitar a ocorrência de podridões pós-colheita já que minimiza os danos mecânicos e reduz a possibilidade de contaminação direta de frutos que poderiam cair. Para tanto, é preciso que os recipientes e instrumentos de colheita estejam adequadamente limpos (BURDON, 1997) e apresentem estrutura, formato e dimensões que protejam o produto de todo tipo de dano.

Infecção pós-colheita

Danos muitas vezes microscópicos são suficientes para permitir a entrada, no tecido, de patógenos presentes na própria casa de embalagem. Além disso, o corte realizado durante a colheita ou em alguma etapa dos procedimentos pós-colheita atua como porta de entrada para microrganismos, que poderão resultar, por exemplo, em podridões-pedunculares. A infecção pós-colheita pode ocorrer também através da penetração direta, na casca, por fungos como *Sclerotinia* e *Colletotrichum* (WILLS et al., 1998). Essas possibilidades reforçam a necessidade de manuseio adequado e uso de recipientes, equipamentos, instrumentos e demais superfícies de contato que não danifiquem os tecidos durante os procedimentos realizados na casa de embalagem.

Cuidados especiais também devem ser observados no acondicionamento dos frutos nos recipientes de colheita e no transporte para a casa de embalagem. Esses recipientes devem ser limpos e ter formato e ventilação adequados (BURDON, 1997).

Fatores que afetam o desenvolvimento da infecção

Provavelmente, o principal fator que afeta o desenvolvimento de agentes causadores de perdas pós-colheita é o ambiente em torno do produto. Altas temperatura e umidade favorecem o desenvolvimento de podridões pós-colheita e, geralmente, o dano por frio (*chilling injury*) predispõe produtos tropicais e subtropicais ao problema. Ao contrário, temperaturas baixas, níveis baixos de oxigênio e altos de dióxido de carbono, associados a uma adequada umidade do ambiente, podem restringir a ocorrência de podridões, seja retardando o amadurecimento ou a senescência do produto, seja limitando o crescimento do patógeno, ou ambos (WILLS et al., 1998).

A ação de agentes de dispersão, como vento, água e mesmo as superfícies que entram em contato com o tecido contaminado, pode ser restringida pelo emprego de práticas culturais orientadas. A implantação das Boas Práticas Agrícolas (BPA) reitera o princípio da prevenção como estratégia de preservação da qualidade.

Muitos outros fatores afetam o desenvolvimento de uma infecção em frutas e hortaliças. O tecido do hospedeiro, especialmente o pH, atua como meio seletivo. Os frutos, em geral, têm pH abaixo de 4,5 e, por isso, são amplamente atacados por fungos. Muitas hortaliças, por sua vez, têm pH acima de 4,5 e, portanto, são mais atacadas por bactérias. O amadurecimento do fruto torna-o mais suscetível a podridões, de forma que tratamentos que atrasem esse processo também retardam o crescimento de microrganismos. Órgãos de reserva como batata-inglesa, mandioca, inhame e batata-doce,

quando sofrem danos, podem formar camadas de células especializadas, que restringem o desenvolvimento de podridões pós-colheita. Durante o manuseio pós-colheita da batata-inglesa, por exemplo, a formação de uma periderme é estimulada pelo armazenamento durante 10 a 14 dias a 7°C a 15°C e 95% de UR. O processo é conhecido como "cura". Um tipo de cura, possivelmente por dessecação, tem sido utilizado para reduzir as perdas causadas por *P. digitatum* em laranja. Quando o fruto é mantido a elevadas temperatura (30°C) e umidade (90% UR) por alguns dias, a casca da laranja torna-se menos túrgida e ocorre síntese de lignina no tecido do flavedo que sofreu dano (WILLS et al., 1998).

Controle de doenças pós-colheita

Manejo da cultura e da colheita

O manejo apropriado no campo, incluindo boa sanitização, o ensacamento dos frutos em materiais impregnados com substâncias químicas a fim de evitar danos por insetos e pulverizações regulares da planta com fungicidas, prevê medidas que podem ser tomadas para controlar infecções iniciais antes que possam ocasionar problemas sérios durante o armazenamento (ALI; LAZAN, 1997).

No campo, a maioria dos patógenos existe como parte da ecologia das partes florais e folhas senescentes. Algumas situações específicas podem, então, favorecer a entrada desses patógenos no tecido. A colheita é uma oportunidade para isso (TURNER, 1997), se medidas sanitárias não forem tomadas em relação à sanitização de instrumentos, recipientes de colheita e higiene do colhedor. O manejo dado às folhas e aos restos culturais também deve ser destacado como medida preventiva. A permanência desses resíduos nas áreas, se contaminados, favorece o crescimento de patógenos, possibilitando que se estabeleçam no fruto, em condições de umidade e temperatura adequadas.

O controle de podridões e doenças pós-colheita deve começar no campo. Possíveis fontes de infecção devem ser eliminadas no campo e as pulverizações para controle de organismos causadores de podridões realizadas conforme incidência do problema, levantada em monitoramento. Apesar de, em algumas situações, as aplicações pré-colheita não serem tão efetivas quanto as de pós-colheita (WILLS et al., 1998), elas devem ser preferidas. As aplicações pós-colheita de fungicidas só devem ser realizadas quando a pressão do organismo no meio justifique e respeitados o período de carência antes do consumo.

Em algumas espécies, o órgão de interesse econômico da planta cresce em contato direto com o solo, aumentando consideravelmente as chances de infecção. É o caso do melão. Além das características do sistema de

produção, diferenças entre materiais genéticos podem indicar maior suscetibilidade ao problema. Melões rendilhados, por exemplo, são mais suscetíveis a doenças fúngicas que os demais. Esses melões, além de crescerem, em geral, em contato com o solo, apresentam reticulações na casca, onde os microrganismos podem se alojar e entrar no fruto através de rupturas ou quebras na casca, especialmente aquelas decorrentes de ferimentos que ocorrem durante a colheita (SEYMOUR; McGLASSON, 1993). Os halos de abscisão formados na região do pedúnculo de alguns tipos de melão também são importantes portas de entrada para microrganismos.

Outro fator que pode influenciar a suscetibilidade da fruta ou da hortaliça a perdas é a realização de tratamentos pré-colheita que alterem a composição química (SUGAR et al., 1994). O cálcio, por exemplo, é um nutriente que influencia a textura, a firmeza, a maturação (HANSON et al., 1993) e a incidência de doenças pós-colheita (CONWAY; SAMS, 1983).

Segundo Stow (1993), a perda de cálcio da lamela média é considerada um dos fatores que contribuem para o amaciamento. Em conseqüência, o aumento da firmeza possivelmente resulta do maior teor de cálcio no fruto (GERASOPOULOS et al., 1996). Por meio de tratamentos com cloreto de cálcio, tem-se obtido maior firmeza nos frutos (POOVAIAH, 1986; CONWAY; SAMS, 1987).

Para o controle de podridões, a concentração de cálcio necessária é maior que aquela fornecida pelas práticas normais de fertilização (CONWAY et al., 1999). Portanto, aplicações dirigidas à parte de interesse comercial devem ser consideradas. Segundo Chitarra e Chitarra (1990), a aplicação de sais de cálcio na planta ou no fruto na fase pós-colheita pode, dependendo do produto, prevenir total ou parcialmente os colapsos das membranas celulares e os danos fisiológicos causados por estresses ambientais.

No que se refere à manutenção da estrutura da parede celular, o papel do cálcio, em frutos e outros órgãos de reserva, deve-se à sua interação com os ácidos pécnicos na formação dos pectatos de cálcio. Por essa razão, frutos tratados com cálcio são, geralmente, mais firmes (POOVAIAH, 1986) e, por isso, estão menos sujeitos a danos mecânicos. Porém, soluções supra-ótimas de cloreto de cálcio podem ser altamente tóxicas, resultando num efeito oposto: a aceleração da senescência (CHÉOUR et al., 1992; LESTER, 1996).

Esses tratamentos, no entanto, não permitem prever o potencial de danos no fruto (BEAVERS et al., 1994). Conway e Sams (1983) encontraram danos leves em maçãs 'Golden Delicious' e 'Delicious', com a infiltração por pressurização de soluções de CaCl_2 , respectivamente, a 4% e 8%, seguida de lavagem imediata dos frutos. Em mangas da cultivar Kensington Pride, Tirmazi e Wills (1981), recomendam a aplicação, por imersão, de uma concentração máxima de 4% de CaCl_2 .

Outros efeitos de aplicações de cálcio em frutas e hortaliças são: redução das taxas de degradação de vitamina C (CONWAY; SAMS, 1983; IZUMI;

WATADA, 1995), de produção de etileno e CO_2 (CONWAY; SAMS, 1983) e de alterações na cor; aumento no teor de açúcares; redução no teor de ácidos totais e amaciamento da polpa de frutos (LURIE; KLEIN, 1992); decréscimo da atividade de enzimas como β -D-galactosidase (SIDDIQUI; BANGERTH, 1995a,b), pectinametilesterase, poligalacturonase, polifenoloxidase e peroxidase (CENCI, 1994); redução da perda de massa durante o armazenamento (CENCI, 1994; IZUMI; WATADA, 1995); e diminuição da ocorrência de podridões pós-colheita (CONWAY; SAMS, 1983; CONWAY; SAMS, 1987; CONWAY et al., 1992; IZUMI; WATADA, 1995; GARCÍA et al., 1996).

Segundo Conway et al. (1992), a ação do cálcio sobre as podridões se dá por um aumento da resistência às enzimas microbianas, decorrente da estabilização das membranas e das paredes celulares. Em uva cv. Itália, CHOUDHURY et al. (1999) observaram que a adubação nitrogenada com 35% do N na forma de uréia + 65% na forma de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ reduziu em 34% a ocorrência de deteriorações patológicas nas bagas, em comparação aos tratamentos em que o nitrogênio foi fornecido 100% na forma de uréia e 70% do N na forma de uréia + 30% como $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Neste estudo, os patógenos pós-colheita isolados foram: *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarium*, *Penicillium* spp., *Rhizopus* spp. e *Aspergillus niger*.

Mecanismo semelhante dessa ação pode ocorrer na resistência ao desgrane de algumas espécies, como registrado em uvas 'Himrod', por Singh et al. (1985).

O planejamento da colheita deve considerar a previsão de chuva e a permanência de umidade do orvalho da madrugada sobre os frutos, as hortaliças ou as flores. Nessas condições, o tecido túrgido pode facilmente sofrer dano (WILLS et al., 1998).

As condições de temperatura e umidade relativa também devem ser consideradas na definição não só do manejo das culturas mas também das práticas de colheita e transporte. Chessa (1997) destaca que alta temperatura e elevada umidade relativa durante o transporte ou a comercialização favorecem o desenvolvimento dos fungos em figos frescos, principalmente *Rhizopus* sp. e *Mucor* sp., que podem estar disponíveis no campo. Aquelas condições climáticas tornam os frutos mais suscetíveis à infecção quando amaciam, atingem o sobreamadurecimento ou sofrem danos.

Estádio de maturação

Em maçã, o estágio de maturação e a data da colheita parecem ser fatores determinantes da resistência a *Penicillium expansum*. Uma diferença de duas semanas na data de colheita resulta em maiores incidência e severidade da doença. Essa suscetibilidade diferencial está relacionada às mudanças bioquímicas que ocorrem durante o amadurecimento, principal-

mente na firmeza e no conteúdo de açúcares, bem como às diferenças na resposta do fruto a ferimentos e/ou a inoculação. O aumento dos níveis de peróxido de hidrogênio nos tecidos na fase inicial do processo fermento/infecção pode ser um importante fator que determina a suscetibilidade do fruto à infecção. Resultados experimentais mostraram que maçãs mais resistentes exibiram aumento nos níveis de peróxido de hidrogênio (TORRES et al., 2003).

Independentemente da espécie, a colheita deve ser realizada antes que o tecido se torne sobremaduro ou inicie a senescência, devendo estar em boa condição, principalmente sem rachaduras ou pequenas lesões, a fim de que se reduza o potencial de infecção. A limitação de danos durante a colheita, junto com o manuseio cuidadoso para prevenir contaminações, geralmente reduzem as infecções pós-colheita (CHESSA, 1997).

Pós-colheita

As operações realizadas na casa de embalagem devem ser estabelecidas e planejadas visando à manutenção da qualidade. Especial atenção deve ser dada aos equipamentos e ao desempenho dos funcionários já que, segundo Burdon (1997), o manuseio contínuo e a movimentação entre peças ou constituintes fornecem amplas oportunidades de danos e perdas de qualidade.

A realização de operações corriqueiras e relativamente simples, como a lavagem do produto recém-colhido, deve ser interpretada como potencial veículo de disseminação de estruturas patogênicas. Por exemplo, a água de recirculação de um tanque de lavagem que não foi desinfestado constitui uma fonte de inóculo ideal (TURNER, 1997) e deve ser devidamente monitorada, quanto à eficiência dos agentes sanificantes presentes e à quantidade de material em suspensão.

Muitos tratamentos físicos, químicos e biológicos podem ser usados para controlar podridões pós-colheita em frutas, hortaliças e flores. O tempo de infecção e a extensão do seu desenvolvimento são críticos para o controle. Por exemplo, *Penicillium* e *Rhizopus* se estabelecem a partir de ferimentos durante a colheita e as subseqüentes operações de manuseio. Entretanto, são muito mais fáceis de controlar pela aplicação de fungicidas na superfície do produto do que o mofo-cinzento-do-morango (*Botrytis cinerea*), que infecta o fruto no campo algumas semanas antes da colheita ou mesmo por ocasião da floração (WILLS et al., 1998).

Entre as opções de controle disponíveis para patógenos pós-colheita e produtos específicos, o uso de químicos tem sido desestimulado por conta do risco de prejuízos ao ambiente e à saúde humana. Alternativas seguras para o ambiente e para o homem devem ser preferidas.

Tratamentos físicos

As podridões pós-colheita podem ser controladas por temperaturas baixas ou altas, pelo uso de atmosfera modificada, pelo armazenamento em condições adequadas de umidade relativa, pelo uso de irradiação e de luz ultravioleta, por uma boa sanitização e pelo desenvolvimento de barreiras a ferimentos.

O manuseio e o armazenamento sob baixa temperatura é o método físico mais importante para controlar podridões pós-colheita, sendo os demais considerados complementares. A extensão na qual a baixa temperatura e outras modificações ambientais podem ser usadas com esse propósito depende da tolerância do tecido. Por exemplo, a maioria dos produtos tropicais e subtropicais é suscetível a danos pelo frio e, portanto, não pode ser submetida a temperaturas inferiores às que toleram (WILLS et al., 1998).

Tratamentos térmicos

Tratamentos térmicos, na forma de ar quente ou de imersões em água quente, têm aplicação comercial no controle de determinadas podridões em mamão, manga, frutas de caroço e melão-cantaloupe, por exemplo. A vantagem do uso de imersão em água quente é que ela pode controlar tanto infecções superficiais quanto aquelas que penetram a casca, além de não levar resíduos químicos ao produto. A ausência de resíduos químicos na água requer a implementação de medidas preventivas que evitem a recontaminação do produto por microrganismos. Algumas providências simples, como medidas de higiene adequadas, podem resolver o problema. Algumas situações, porém, podem exigir a aplicação de um fungicida (WILLS et al., 1998).

Os tratamentos térmicos podem apresentar o benefício de permitir maior tolerância do produto a baixas temperaturas e, dessa forma, reduzir danos por frio e aumentar a resistência a agentes causadores de podridões. Conseqüentemente, permitiria uma extensão do período de armazenamento a temperaturas menores do que as praticadas comercialmente (FALLIK, 2004). Contudo, o emprego de imersões em água quente deve ser precisamente administrado, ou seja, dentro dos limites da faixa de temperatura necessária para controlar o microrganismo e inferior àquela que cause dano ao produto. Em geral, as temperaturas usadas estão na faixa de 50°C a 55°C. O seu uso deve ser cuidadosamente controlado, já que a aplicação excessiva acelera a senescência e deprecia a qualidade (WILLS et al., 1998).

Lurie et al. (1997) observaram que, durante o tratamento térmico em tomate, a atividade da peroxidase foi maior que nos frutos mantidos a 20°C e novas isoformas da enzima apareceram. Essas isoformas desapareceram quando os frutos foram expostos a temperatura de 20°C e tornaram-se mais sensíveis a infecções. Portanto, os autores consideram que as respostas

dos frutos a estresses por altas temperaturas podem ajudar na defesa contra infecções fúngicas, sugerindo uma correlação entre peroxidases induzidas pelo tratamento térmico e a capacidade do fruto de desafiar o ataque fúngico.

Como exemplos de uso comercial dessa técnica, podem ser citados os tratamentos com ar quente antes do armazenamento de maçãs (CONWAY et al., 1999; CONWAY et al., 2004) e o tratamento térmico comumente empregado para controlar doenças pós-colheita em mamão. Para o último, no entanto, deve-se observar que a sensibilidade do fruto à temperatura varia conforme a cultivar e que mamões mais maduros são mais suscetíveis a danos pelo calor (SANKAT; MAHARAJ, 1997).

Irradiação

O uso da irradiação é relativamente recente e também está restrito a poucos produtos. Segundo Miller e McDonald (1999), o uso de radiação ionizante afeta as pectinas despolimerizadas e desmetoxiladas, quando aplicada em mamão no estágio de maturação em que 10% a 30% da casca esteja amarela, mas não afeta a atividade da enzima pectinametilesterase, que está estritamente relacionada ao amaciamento de muitos frutos e hortaliças. No caso do mamão, porém, os frutos irradiados permaneceram mais firmes apenas por 2 dias a mais que os não-irradiados.

Luz ultravioleta

A ação germicida da luz ultravioleta (UV-C) é causada pela promoção da quebra de ligações moleculares e/ou pela catálise de reações químicas prejudiciais aos microrganismos e por atingir os ácidos nucléicos, impedindo que se multipliquem. A resposta dependerá da capacidade de absorção da radiação e da dose de UV-C utilizada. O maior efeito será obtido quando essa luz incidir em superfícies livres de sedimentos (SANHUEZA; MAIA, 2001).

Entre os tratamentos físicos, o uso UV-C apresenta vantagens importantes para aplicação em frutas e hortaliças. Sanhueza e Maia (2001) citam as seguintes vantagens:

- Não contamina o produto.
- Não tem efeito residual.
- Não é radiação ionizante.
- É um potente germicida.
- Tem o potencial de induzir a ativação de mecanismos de resistência.

No que diz respeito à indução de resistência, ela está relacionada ao aumento da formação de fitoalexinas e compostos fenólicos. Os últimos contribuem para a cicatrização de ferimentos, pela lignificação das paredes celulares em torno de áreas desses ferimentos, e por suas propriedades

antimicrobianas (SANKAT; MAHARAJ, 1997). Segundo Sanhueza e Maia (2001), a luz UV-C induz a produção de substâncias como hidroxifaseolina em soja, fenilalanina amônia liase (FAL) em maçã, resveratrol e viniferina em uva e 6-metoximelerina em cenoura.

Para a maçã, recomenda-se o uso de UV-C de 253,7 ou de 254 nm. O uso de luz UV-C na dose de 5,4 erg mm² s, nas linhas de seleção de maçãs, tem tido sucesso comercialmente (SANHUEZA; MAIA, 2001).

Em pimentões cv. Zafiro armazenados a 0°C, Vicente et al. (2005) observaram redução nos sintomas de podridões por até 12 dias, com o uso de UV-C de 7 kJ m². Além disso, a firmeza e a qualidade foram mantidas, sugerindo que o uso de luz UV-C associado à refrigeração poderia ser útil na preservação da qualidade de pimentões. Os autores mencionam, ainda, menores incidência e severidade de dano por frio, atraso no incremento de fenóis, menor taxa respiratória e menor vazamento eletrolítico.

Doses excessivas de UV-C podem causar lesões nos frutos, mas obtêm-se resultados favoráveis em frutos e hortaliças, como: redução da incidência e da severidade de podridões, aumento da firmeza, em alguns casos, e aumento da vida útil. Não se verifica efeito sobre o conteúdo de vitaminas e aminoácidos (SANHUEZA; MAIA, 2001).

Tratamentos químicos

O controle químico de doenças pós-colheita é comum em citros, bananas, morangos e uvas. O nível de controle depende da estratégia de mercado para o produto e do tipo de infecção. Para citros, que têm uma vida útil pós-colheita relativamente longa, o objetivo do tratamento é prevenir infecções primárias e o crescimento de esporos que possam contaminar os frutos sadios. Para morango, que tem uma vida útil pós-colheita muito curta, o objetivo do tratamento é prevenir a disseminação do mofo-cinzento, com o qual é contaminado ainda no campo. Para produtos de limitada vida útil, não são admitidos tratamentos pós-colheita com um fungicida que tenha uma longa atividade residual (WILLS et al., 1998).

Não existem fungicidas registrados para uso em pós-colheita de muitas frutas e hortaliças, sugerindo a necessidade de métodos alternativos. Ademais, há restrições ao uso de fungicidas nos principais mercados (CONWAY et al., 2005), pelos riscos que seu uso inadequado pode trazer ao ambiente e à saúde humana (SANHUEZA; MAIA, 2001).

Deve-se observar ainda que o químico aplicado não pode ser fitotóxico e deve ser registrado para o produto a ser tratado. A maioria daqueles que são registrados tem ação fungistática mais que fungicida. Esses produtos químicos podem ser impregnados às caixas de embalagem da fruta ou hortaliça, aplicados como fumigantes, soluções ou suspensões, ou, então, misturados a ceras (WILLS et al., 1998).

Outros produtos químicos, além dos fungicidas, podem ser empregados em tratamentos pós-colheita para fins de controle de podridões. Podem ser citados: anidrido sulfuroso, compostos voláteis responsáveis pelo "flavour", ácido acético, jasmonatos, fusapirona, óleos essenciais, bicarbonato de sódio, sais de cálcio, entre outros.

Em rosas, a aplicação de sulfato de cálcio, sacarose e tiosulfato de prata (STS) nos botões retardou a senescência, aumentando a vida útil e reduzindo os danos causados por patógenos como *Botrytis cinerea*, que coloniza tecidos senescentes. Entretanto, devem ser observadas algumas considerações na escolha do produto a ser aplicado. O tiosulfato de prata, por exemplo, é um metal e, portanto, pode causar contaminação ambiental e à saúde humana (CAPDEVILLE et al., 2003).

Em geral, o sucesso do tratamento químico depende de alguns fatores: a carga inicial de esporos, a profundidade da infecção dentro dos tecidos hospedeiros, a taxa de crescimento da infecção, a temperatura e a umidade do meio e a profundidade de penetração do produto químico no tecido (WILLS et al., 1998).

Compostos do "flavour"

Compostos como acetaldeído, benzaldeído e hexanal são metabólitos secundários que têm propriedades únicas de volatilidade e solubilidade em água e ácidos graxos. São de ocorrência natural, voláteis, de baixa solubilidade em água e facilmente adsorvidos. São muito úteis na proteção pós-colheita. Muitos deles não causam danos a mamíferos e causam menos odores desagradáveis em produtos perecíveis. Além disso, geralmente expressam seus efeitos em concentrações muito baixas. Como fungicidas potenciais, sua ocorrência natural como parte da dieta humana, sua natureza efêmera e sua degradabilidade sugerem limitado problema com resíduos tóxicos (TRIPATHI; DUBEY, 2004).

Anidrido sulfuroso

O anidrido sulfuroso (SO_2) é bastante utilizado no controle de podridões, como a causada por *Botrytis*, durante um longo período de armazenamento (MUSTONEN, 1992). Em uvas de mesa, cartelas de metabisulfito de sódio, como geradores de SO_2 , integram o material de embalagem da maioria das cultivares destinadas a vários mercados. Contudo, a crescente restrição ao uso de químicos após a colheita de produtos consumidos frescos tem sido apontada como uma barreira à continuidade do seu uso, requerendo, por isso, estudos de técnicas alternativas para uma possível substituição.

Após a colheita, o SO_2 é eficiente na prevenção do desenvolvimento de perdas, mas sua eficiência depende do patógeno e da carga de inóculo. Altas quantidades, por sua vez, embora possam ser eficientes, causam branqueamento das bagas e odor desagradável (ZAHAVI et al., 2000).

Bicarbonato de sódio

Sais de bicarbonato de sódio têm um amplo espectro de propriedades antimicrobianas e são geralmente reconhecidos como compostos seguros, que não requerem testes caros e validação por agências específicas. Em melões 'Gália' e 'Ein-Dor', o uso de bicarbonato de sódio a 2% reduziu o desenvolvimento dos patógenos *Rhizopus*, *Alternaria* e *Fusarium* a níveis comercialmente aceitáveis. O bicarbonato de sódio foi preparado em solução com uma cera comercial à qual pode ser associado também um fungicida (AHARONI et al., 1997), dependendo da justificativa técnica, do mercado de destino e do período de conservação do produto.

Outros produtos químicos

Alguns produtos de uso em pequena escala ou experimental têm apresentado eficiência no controle de podridões. Tripathi e Dubey (2004) listam alguns deles e apresentam suas principais características:

- Ácido acético – é barato, se comparado a outros fumigantes como acetaldeído, e pode ser usado em concentração relativamente baixa;
- Jasmonatos – o ácido jasmônico e o metiljasmonato são reconhecidos como reguladores de crescimento, mas oferecem alguma proteção contra podridões pós-colheita. O metiljasmonato tem aroma agradável e a propriedade de se ligar a materiais poliméricos, prolongando sua presença em câmaras de armazenamento ou de fumigação. Sua volatilidade permite que os tratamentos sejam aplicados sem exigir a imersão dos frutos em água. O ácido jasmônico, por sua vez, é mais solúvel em água e adequado para uso em soluções. Quando aplicados em baixas concentrações, os jasmonatos são tratamentos pós-colheita potenciais para garantir a resistência natural e reduzir perdas causadas por podridões.
- Fusapirona – é um metabólito antifúngico purificado a partir de culturas de *Fusarium semitectum*, isolado a partir do solo. Apresenta efeito inibitório contra *Botrytis cinerea*.
- Óleos essenciais – considera-se que os óleos essenciais promovam um sinergismo na proteção pós-colheita dos tecidos. Entretanto, são necessários mais estudos sobre a ação sinérgica de produtos vegetais em condições *in vivo* e *in vitro*. A literatura também não menciona o modo de ação dos óleos essenciais quando usados como fungitoxicantes pós-colheita.

Controle biológico

O controle biológico pode ser usado como uma alternativa aos fungicidas. O método emprega microrganismos saprófitas para proteger frutas e hortaliças da infecção por patógenos.

Para o emprego de microrganismos no controle de podridões pós-colheita, duas estratégias são disponíveis: o uso e o manejo da microflora benéfica existente na superfície das frutas e hortaliças ou a introdução de antagonistas contra patógenos pós-colheita (WISNIEWSKI; WILSON, 1992). Segundo os autores, um antagonista ideal para o ambiente pós-colheita deve ser:

- Geneticamente estável.
- Efetivo a baixas concentrações.
- Não-exigente em requerimentos nutricionais.
- Capaz de sobreviver em condições ambientais adversas (incluindo baixa temperatura e armazenamento sob atmosfera controlada).
- Efetivo contra um ampla faixa de patógenos em diversas frutas e hortaliças.
- Capaz de crescer em meios de cultivo baratos.
- Passível de integrar uma formulação de longa vida útil.
- De fácil dispersão.
- Incapaz de produzir metabólitos prejudiciais ao homem.
- Resistente a pesticidas.
- Compatível com os procedimentos comerciais e não-patogênico ao produto hospedeiro.

Apesar de existirem muitos agentes biológicos potenciais para controle de doenças pós-colheita, incluindo fungos, bactéria e leveduras, a avaliação comercial ainda é muito restrita (WILLS et al., 1998). Mas, a cada dia, aumentam os conhecimentos sobre a capacidade de antibióticos naturais controlarem o crescimento de alguns fungos. O controle da podridão causada por *Rhizopus stolonifer* em pêssegos tem sido obtido a concentrações muito altas de *Enterobacter cloacae* (10^{12} bactérias mL⁻¹). *Bacillus subtilis* tem se mostrado efetivo no controle de podridão-negra em pêssego e de bolor-verde, podridão-amarga e podridão-de-*Alternaria* em citros. Os agentes de controle são substâncias antifúngicas produzidas por essas bactérias (WILLS et al., 1998).

Pichia anomala J121 também é um organismo de biocontrole e é efetivo contra *Penicillium roqueforti* em grãos armazenados (PETERSSON; SCHNÜRER, 1998). Zahavi et al. (2000) mencionaram as leveduras *Kloeckera apiculata* e *Candida guilliermondii* (linhagem U.S.7), quando aplicadas em imersões após a colheita, como agentes de proteção em bagas de uvas, reduzindo a incidência de podridões.

O controle biológico também pode preconizar o uso de organismos que se alimentam do patógeno. Esse mecanismo tem sido estudado como método de controle de podridões-de-raízes, como aquela causada por *Sclerotinia*. Nesse caso, o fungo *Coniothyrium* pode ser usado no controle biológico. Outro exemplo é o do fungo *Paecilomyces* como agente de controle *in vitro* de *Geotrichum candidum*. A levedura *Debaryomyces* (sinonímia

Pichia) também pode ser citada para o controle de bolor-verde, com a vantagem de não produzir antibióticos, considerando que tais compostos podem produzir efeitos tóxicos aos consumidores (WILLS et al., 1998).

Na ausência de antibióticos, o modo de ação do antagonista depende da competição por nutrientes, do sítio de exclusão, da ligação do antagonista ao patógeno, da resistência induzida e, talvez, do parasitismo direto (WISNIEWSKI; WILSON, 1992).

Enquanto substâncias antifúngicas ou os próprios organismos podem ocorrer naturalmente, elas terão de ser testadas em relação a toxicidade ao homem e cancerígeno. Também deve ser observada a possibilidade de respostas alérgicas no homem (WILLS et al., 1998).

Atualmente, dois microrganismos antagonistas, uma levedura, *Candida oleophila*, e uma bactéria, *Pseudomonas syringae* Van Hall, são os principais produtos comercialmente disponíveis (EL-GHAOUTH et al., 2001). Os produtos BioSave têm mostrado eficiência no biocontrole de podridões em pomácea, citros, cereja e batata (CONWAY et al., 2004).

Armazenamento

No ambiente de armazenamento, podem ser utilizadas várias estratégias que resultam na limitação do desenvolvimento de patógenos ou no controle propriamente. Essas estratégias, interagindo com as condições de temperatura e umidade relativa, podem potencializar a vida útil do produto.

Refrigeração

Reduzindo-se a temperatura, diminui-se a perda de água e o desenvolvimento de patógenos. A manutenção da cadeia de frio é essencial para assegurar a qualidade do produto. O aquecimento intermitente, por sua vez, reduz a vida útil e causa problemas com o aparecimento de condensação, que enfraquece a embalagem e cria um ambiente favorável ao crescimento de fungos (BURDON, 1997).

O rápido resfriamento após a colheita e o armazenamento a baixa temperatura são os melhores meios de controlar podridões, como a *Alternaria* em figo. Da mesma forma, o crescimento de fungos como *Botrytis cinerea* é retardado, embora não inteiramente evitado, pelo rápido resfriamento de figos, de 0°C a 1°C (CHESSA, 1997).

Estudos realizados por Lima et al. (2002) relataram que a vida útil de uva cv. Itália, armazenada a $3,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ e $93 \pm 6\%$ UR, foi de 56 dias. O fator que limitou a vida útil foi o crescimento de microrganismos, que atingiram 0,7% das bagas. Ao mesmo tempo, foram observadas manchas de abrasão e/ou pressão em mais de 25% das bagas. Em uvas cv. Superior Seedless, Lima et al. (2004) mencionaram que a vida útil foi limitada pelo

desenvolvimento de fungos em 1,0% das bagas, associado à desidratação do engaço, comprometendo a aparência do cacho. Além desses dois fatores, Girardi e Silva (2002) citam que a ocorrência de rachaduras nas bagas de algumas variedades de uva também é um fator limitante à vida útil das uvas em geral.

Ozônio

É um sanitizante altamente efetivo a concentrações de 0,5 a 2 mL g⁻¹. É usado para desinfecção de águas distribuídas para residências, usadas em indústrias e em hospitais, envasamento de água para consumo humano, piscinas, água de rejeitos, aquários e para uso em aquicultura. É também indicado para o controle de doenças pós-colheita e outros usos em armazenamento (SUSLOW, 2002).

O ozônio (O₃) ataca rapidamente as paredes celulares de bactérias e é mais efetivo contra os esporos de patógenos de paredes espessas e parasitos animais do que a clorina, a concentrações práticas e seguras. É citado como indutor natural de compostos de defesa nas plantas, podendo estar envolvido na resistência a doenças pós-colheita (SUSLOW, 2002). Contudo, é incapaz de controlar patógenos em fermentos (PALOU et al., 2003).

Pouca pesquisa tem sido feita sobre o efeito do ozônio em frutos. Em pêssego, Palou et al. (2003) observaram que a exposição a 0,3 µL g⁻¹ inibiu o crescimento do micélio e evitou a esporulação dos fungos *Monilinia fructicola*, *Botrytis cinerea*, *Mucor piriformis* e *Penicillium expansum* em pêssegos. Segundo os autores, existe um efeito sinérgico entre uma atmosfera ozonizada (0,3 µL g⁻¹) e temperaturas baixas (como 5°C) na redução do crescimento micelial, na colonização e na esporulação. Porém, pode-se considerar que benefícios semelhantes sejam obtidos a temperaturas mais altas (PALOU et al., 2002).

Para um efetivo controle da esporulação de patógenos, seria necessária a entrada de ozônio dentro de embalagens e o contato com a área onde o microrganismo cresce. O gás não é capaz de penetrar eficientemente em caixas de papelão e sacolas de polietileno (PALOU et al., 2003). Contudo, observou-se controle de *P. digitatum* e *P. italicum* em laranjas armazenadas em contêineres de plástico retornáveis (PALOU et al., 2002).

Embora o poder de oxidação do ozônio seja consideravelmente maior que o de outros oxidantes usados para a sanificação de frutos e hortaliças, a eficiência do gás no controle de podridões não pode ser predita pela sua toxicidade aos microrganismos livres (PALOU et al., 2003).

Uma das desvantagens desse gás é a característica de O₃ ser altamente corrosivo a equipamentos e letal ao homem em exposições prolongadas, a concentrações inferiores a 4 µL g⁻¹. A 1 µL g⁻¹, O₃ tem um odor desagradável e é irritante aos olhos e à garganta (SUSLOW, 2002).

Atmosferas modificada e controlada

Atmosferas modificada (AM) e controlada (AC) aumentam a resistência a doenças, uma vez que mantêm o fruto em boa condição fisiológica e suprimem diretamente o crescimento do patógeno, por afetar sua respiração (CHESSA, 1997).

O uso de refrigeração associado a AM tem proporcionado resultados satisfatórios no prolongamento do período de armazenamento e manutenção da qualidade de diversos frutos (KADER, 1995; CHITARRA; SILVA, 1999). Geralmente, os efeitos são decorrentes da redução da taxa respiratória promovida pelos níveis baixos de O_2 e elevados de CO_2 (KADER, 1995). No entanto, devem ser observados os limites mínimos para a concentração final de O_2 e máximos para a de CO_2 específicos da fisiologia do produto, a fim de evitar condições de anaerobiose parcial e dano de CO_2 , que possam se desenvolver durante o armazenamento (LANA; FINGER, 2000). Esses limites de tolerância variam bastante entre espécies e mesmo entre variedades (WILLS et al., 1998).

A AM pode ser formada e mantida com o uso de filmes poliméricos semipermeáveis, como os de polietileno (EXAMA et al., 1993), ou por revestimentos solúveis biodegradáveis. Em abacaxi, o uso de filme de PVC associado ao revestimento com cera mostrou-se eficiente na redução da perda de massa e na manutenção da firmeza, durante o armazenamento a $8,5^\circ C$ por 30 dias, seguido por 4 dias a $20^\circ C$ (CHITARRA; SILVA, 1999). Os filmes de plástico usados para esse fim, em geral, apresentam diferentes permeabilidades ao O_2 e CO_2 , de acordo com sua composição e sua espessura (LANA; FINGER, 2000) para que sejam atendidos os requisitos metabólicos das diferentes espécies. Para se obter a atmosfera desejada, é preciso conciliar a permeabilidade do filme com a taxa de produção ou consumo de gases pelo produto (EXAMA et al., 1993).

O controle de doenças de pós-colheita pelo armazenamento em AC pode ser usado como método de redução da quantidade de químicos aplicados às culturas e dos resíduos que deixam nos alimentos. Baixos níveis de O_2 , mas especialmente altos níveis de CO_2 no armazenamento geralmente têm efeitos negativos no crescimento e no desenvolvimento de microrganismos que causam doença. Em certos casos, os níveis de CO_2 necessários para controlar doenças prejudicam a qualidade das frutas e das hortaliças. Existem também algumas evidências de que o fruto desenvolve menos doenças após a saída do armazenamento sob AC. O mecanismo para redução das doenças parece decorrer preferencialmente de uma reação do fruto do que do efeito dos níveis de O_2 e CO_2 diretamente sobre os microrganismos (THOMPSON, 1998).

O armazenamento de uvas 'Thompson Seedless' e 'Red Globe' sob AC (de 15% a 30% de CO_2 e 5% de O_2) reduziu a incidência de podridão causada por *Botrytis cinerea*. Contudo, houve prejuízo da aparência do cacho, especificamente definida pelo escurecimento do engaço. O tratamento mais eficiente na redução da podridão de *B. cinerea*, inclusive após transferência dos frutos para temperatura ambiente, foi 15% de CO_2 (RETAMALES et al., 2003).

Óxido nitroso

Alguns estudos têm levantado o potencial de uso do óxido nitroso (N_2O) no controle de patógenos pós-colheita. É possível que o N_2O aumente as respostas de defesa do tecido hospedeiro. Pode haver um efeito direto no crescimento do patógeno ou indireto, pelo aumento da resistência do produto. Os resultados dos autores mostram que um tratamento com 80:20% de $\text{N}_2\text{O}:\text{O}_2$ durante 2 horas atrasa o aparecimento de doenças em alguns frutos. Nenhum crescimento de lesão foi registrado em tomate cv. Momotaro, inoculado com *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*; em caqui cv. Fuyu, inoculado com *Colletotrichum acutatum*; em goiaba, inoculada com *Rhizopus stolonifer*; e em maçãs cv. Fuji, inoculadas com *Alternaria alternata* e *Penicillium expansum*. Portanto, respostas variáveis são observadas, incluindo ineficiência no controle. Em tangerina inoculada com *Geotrichum candidum* observou-se apenas um atraso no desenvolvimento da podridão. Efeitos fitotóxicos expressos como amaciamento e excesso de brilho foram observados em morango (QADIR; HASHINAGA, 2001).

Níveis ultrabaixos de oxigênio e anoxia

Shellie (2002) estudou o controle de oídio em toranja armazenada por 14 e 21 dias, e, em seguida, acondicionada em temperatura ambiente, a concentrações de O_2 reduzidas a 0,10 a 0,05 kPa. A autora constatou o controle efetivo sobre o patógeno, no entanto, observou alteração no "flavour" da fruta, que não chegou a atingir níveis inaceitáveis.

Estudando condições mais extremas, Fallik et al. (2003) avaliaram a resposta de tomates inoculados com *Botrytis cinerea* ao armazenamento sob anoxia durante 24 horas. Nestas condições, foi observado atraso significativo no surgimento e no desenvolvimento de podridões. É importante destacar que a eficiência da anoxia depende da duração da aplicação e do tipo de produto tratado.

Condições extremas consideram o armazenamento temporário sob anoxia.

Fallik et al. (2003) observaram atraso significativo no surgimento e no desenvolvimento de podridões em tomates inoculados com *Botrytis cinerea* após tratamentos com anoxia por 24 horas. A eficiência da anoxia

evidentemente depende da duração da aplicação e do tipo de produto tratado.

Transporte

Durante o transporte, quer seja do campo para a casa de embalagem quer na etapa de distribuição, os danos mecânicos podem ser consideravelmente minimizados quando se utilizam velocidades adequadas e estradas regulares (BURDON, 1997).

Viera (2001) estudou a influência do tempo de transporte nas podridões pós-colheita. A condensação do vapor de água sobre o produto que sai da câmara fria, a temperatura do ambiente durante o carregamento do navio e os primeiros dias do transporte foram simulados. O autor destacou as variações de temperatura como uma importante causa para o desenvolvimento de patógenos pós-colheita, aumentando, inclusive, a sensibilidade do fruto.

O controle estrito das condições de transporte, incluindo temperatura, umidade relativa e movimentação da carga, desde as casas de embalagem até o destino final, pode preservar o produto do desenvolvimento de patógenos.

Combinação de métodos

A combinação de métodos pode ser mais efetiva que o uso de apenas um deles, e os diferentes métodos podem ser complementares, minimizando as restrições de cada um (CONWAY et al., 1999; CONWAY et al., 2004). Conway et al. (1999) sugerem o uso de tratamento térmico (38°C, por 4 dias), aplicação de cálcio e uso de antagonista *Pseudomonas syringae* isolado ESC-11 (BioSave-11 e BioSave-110) no controle da podridão causada por *Penicillium expansum* em maçã. O tratamento térmico sozinho tem pouco efeito residual. O uso apenas do cálcio reduz a incidência de podridão em 24%, enquanto o uso do antagonista permite uma redução da incidência do patógeno em 40%. Com o uso combinado dos três métodos, essa redução foi de 44%.

Conway et al. (2004) estudaram o efeito de tratamento térmico (38°C, por 4 dias) do antagonista *Metchanikowta pulcherrima* T5-A2 e de bicarbonato de sódio, isoladamente ou em combinação, sobre as podridões pós-colheita causadas por *Colletotrichum acutatum* e *Penicillium expansum* em maçãs 'Golden Delicious'. O tratamento térmico isoladamente foi mais eficiente do que o antagonista, tanto na redução do tamanho da lesão quanto da incidência do patógeno. Mas o uso combinado resultou em melhor resposta. O bicarbonato sozinho ou em combinação foi pouco efetivo.

A fim de aumentar a eficiência do controle, atualmente, aos agentes de biocontrole estão sendo associados compostos bioativos, como CaCl_2 ,

compostos nitrogenados ou açúcares. El-Ghaouth et al. (2001) testaram a combinação de *Candida saitoana* às propriedades antifúngicas do 2-desoxi-D-glicose (0,2%). Essa combinação reduziu as podridões pós-colheita em maçãs 'Empire' e 'Rome' e em citros (limões 'Eureka' e laranjas 'Washington', 'Hamlin' e 'Valencia'), de colheita precoce, a níveis equivalentes aos observados com o uso dos fungicidas tiabendazole e imazalil.

Em outro estudo, Conway et al. (2005) verificaram o uso de *Cryptococcus laurentii* (isolado ST4-E14) e *Metchnikowia pulcherrima* como antagonista de *Colletotrichum acutatum* em frutos que não foram submetidos a tratamento térmico. Em frutos não tratados com água quente, os autores consideraram que a combinação dos dois antagonistas tende a ser mais eficiente contra o patógeno.

Estudos realizados com cereja-doce (*Prunus avium* cv. Starking) mostram que o armazenamento sob AM, em sacolas de polipropileno orientado, não-perfurado, contendo os óleos essenciais timol, mentol e eugenol, incrementam os efeitos benéficos da AM sobre a qualidade desse fruto. Os óleos essenciais foram efetivos na redução da proliferação de microrganismos, concentrando o efeito maior sobre mofos e leveduras do que sobre organismos aeróbicos mesofílicos (SERRANO et al., 2005).

Considerando os custos embutidos na introdução de métodos de controle de patógenos pós-colheita, as perdas econômicas advindas da desvalorização comercial do produto e a necessidade de conservação da qualidade pelo maior tempo possível, a implantação de ações preventivas tanto no campo quanto na casa de embalagem e na distribuição constituem o meio eficiente de resolver o problema. Procedimentos de limpeza e sanificação das instalações e equipamentos e de higiene do trabalhador, bem como o emprego de BPAs, são requisitos básicos para reduzir o desenvolvimento de microrganismos nos produtos colhidos. Eles antecedem a escolha de um ou mais métodos de controle, que não devem apenas ser efetivos para o fim a que se destina, mas precisam também estar em consonância com os requisitos, as exigências e os interesses dos principais mercados.

Referências

AHARONI, Y.; FALLIK, E.; COPE, A.; GILD, M.; GRINBERG, S.; KLEIN, J. D. Sodium bicarbonate reduces postharvest decay development on melons. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 10, n. 2, p. 201-206. 1997.

ALI, Z. M.; LAZAN, H. Guava. In: MITRA, S (Ed.) **Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits**. Wallingford: CAB International. 1997. p. 145-165.

- BEAVERS, W. B.; SAMS, C. E.; CONWAY, W. S. Calcium source affects calcium content, firmness, and degree of injury of apples during storage. **HortScience**, Alexandria, v. 29, n. 12, p. 1520-1523, 1994.
- BURDON, J. N. Postharvest handling of tropical and subtropical fruit for export. In: MITRA, S. (Ed.). **Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits**. Wallingford: CAB International. 1997. p. 1-20.
- CAPDEVILLE, G.; MAFFIA, L. A.; FINGER, F. L.; BATISTA, U. G. Gray mold severity and vase life of rose buds after pulsing with citric acid, salicylic acid, calcium sulfate, sucrose and silver thiosulfate. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 4, p. 380-385, 2003.
- CENCI, S. A. **Ácido naftalenoacético (ANA) e cloreto de cálcio na pré-colheita de uva Niagara Rosada (*Vitis labrusca* L. X *Vitis vinifera* L.): avaliação do potencial de conservação no armazenamento**. 109 f. 1994. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1994. .
- CHÉOUR, F.; ARUL, J.; MAKHLOUF, J.; WILLEMOT, C. Delay of membrane lipid degradation by calcium treatment during cabbage leaf senescence. **Plant Physiology**, Washington, v. 100, p. 1656-1660, 1992.
- CHESSA, I. Fig. In: MITRA, S. (Ed.). **Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 245-268.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL-FAEPE, 1990. 320 p.
- CHITARRA, A. B.; SILVA, J. M. da. Effect of modified atmosphere on internal browning of 'Smooth Cayenne' pineapples. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 485, p. 85-90, 1999.
- CHOUDHURY, M. M.; LIMA, M. A. C. de; SOARES, J. M.; FARIA, C. M. B. Influência de fontes de nitrogênio e aplicação de cálcio na qualidade pós-colheita da uva cv. Itália. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n. 3, p. 322-326, 1999.
- CHOUDHURY, M. M.; OLIVERIA, R. E. R. Doenças pós-colheita de uva de mesa cv. Itália produzida no Submédio São Francisco durante o período chuvoso. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 22 (Supl.), p. 344, 1997.
- CONWAY, W. S.; JANISIEWICZ, W. J.; KLEIN, J. D.; SAMS, C. Strategy for combining heat treatment, calcium infiltration, and biological control to reduce postharvest decay of 'Gala' apples. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 4, p. 700-704, 1999.

CONWAY, W. S.; LEVERENTZ, B.; JANISIEWICZ, W. J.; BLODGETT, A. B.; SAFTNER, R. A.; CAMP, M. J. Integrating heat treatment, biocontrol and sodium bicarbonate to reduce postharvest decay of apple caused by *Colletotrchum acutatatum* and *Penicillium expansum*. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 34, n. 1, p. 11-20, 2004.

CONWAY, W. S.; LEVERENTZ, B.; JANISIEWICZ, W. J.; SAFTNER, R. A.; CAMP, M. J. Improving biocontrol using antagonist mixtures with heat and/or sodium bicarbonate to control postharvest decay of apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 36, n. 3, p. 235-244, 2005..

CONWAY, W. S.; SAMS, C. E. Calcium infiltration of Golden Delicious apples and its effect on decay. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 74, n. 2, p. 1068-1071, 1983.

CONWAY, W. S.; SAMS, C. E. The effects of preharvest infiltration of calcium, magnesium, or strontium on decay, firmness, respiration and ethylene production in apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 112, n. 2, p. 300-303, 1987.

CONWAY, W. S.; SAMS, C. E.; MCGUIRE, R. G.; KELMAN, A. Calcium treatment of apples and potatoes to reduce postharvest decay. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 76, n. 4, p. 329-334, 1992.

EL-GHAOUTH, A.; SMILANICK, J. L.; BROWN, G. E.; IPPOLITO, A.; WILSON, C. L. Control of decay of apple and citrus fruits in semicommercial tests with *Candida saitoana* and 2-deoxy-D-glucose. **Biological Control**, Orlando, v. 20, p. 96-101, 2001.

EXAMA, A.; ARUL, J.; LENCKI, R.; LI, Z. Suitability of various plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: gas transfer properties and effect of temperature fluctuation. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 343, 1993.

FALLIK, E. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 32, p. 125-134, 2004.

FALLIK, E.; POLEVAYA, Y.; TUVIA-ALKALAI, S.; SHALOM, Y.; ZUCKERMANN, H. A 24-h anoxia treatment reduces decay development while maintaining tomato fruit quality. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 29, n. 2, p. 233-236, 2003.

GARCÍA, J. M.; HERRERA, S.; MORILLA, A. Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Columbus, v. 44, n. 1, p. 30-33, 1996.

- GARCÍA-RAMOS, F. J.; ORTIZ-CAÑAVATE, J.; RUIZ-ALTISENT, M. Evaluation and correction of the mechanical aggressiveness of commercial sizers used in stone fruit packing lines. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 63, n. 2, p. 171-176, 2004.
- GERASOPOULOS, D.; CHOULIARAS, V.; LIONAKIS, S. Effects of preharvest calcium chloride sprays on maturity and storability of Hayward kiwifruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 7, n. 1/2, p. 65-72, 1996.
- GIRARDI, C. L.; SILVA, G. A. Armazenamento refrigerado de uva Dona Zilé utilizando diferentes filmes de polietileno e SO₂. **Revista Ibero-Americana de Tecnología Pos-cosecha**, Hermosillo, v. 4, n. 2, p. 140-149, 2002.
- HANSON, E. J.; BEGGS, J. L.; BEAUDRY, R. M. Applying calcium chloride postharvest to improve highbush blueberry firmness. **HortScience**, Alexandria, v. 28, n. 10, p. 1033-1034, 1993.
- IZUMI, H.; WATADA, A. E. Calcium treatment to maintain quality of Zucchini squash slices. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, n. 4, p. 789-793, 1995.
- KADER, A. A. Regulation of fruit physiology by controlled/modified atmospheres. **Acta Horticulturae**, Kyoto, n. 398, p. 59-70, 1995.
- LANA, M. M.; FINGER, F. L. **Atmosfera modificada e controlada: aplicação na conservação de produtos hortícolas**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças, 2000. 34 p.
- LESTER, G. Calcium alters senescence rate of postharvest muskmelon fruit disks. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 7, p. 91-96, 1996.
- LIMA, M. A. C. de; ALVES, R. E.; ASSIS, J. S. de; FILGUEIRAS, H. A. C.; COSTA, J. T. A. Aparência, compostos fenólicos e enzimas oxidativas em uva 'Itália' sob influência do cálcio e do armazenamento refrigerado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 39-43, 2002.
- LIMA, M. A. C. de; SILVA, A. L. da; ASSIS, J. S. de. Vida útil pós-colheita da uva de mesa 'Superior Seedless' após armazenamento refrigerado. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Miami, v. 47, p. 272-274, 2004.
- LURIE, S.; FALLIK, E.; HANDROS, A.; SHAPIRA, R. The possible involvement of peroxidase in resistance to *Botrytis cinerea* in heat treated tomato fruit. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 50, p. 141-149, 1997.

LURIE, S.; KLEIN, J. D. Calcium and heat treatments to improve storability of 'Anna' apples. **HortScience**, Alexandria, v. 27, n. 1, p. 36-39, 1992.

MERODIO, C.; PLAZA, J. L. de la. Cherimoya. In: MITRA, S. (Ed.) **Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 269-293.

MILLER, W. R.; McDONALD, R. E. Irradiation, stage of maturity at harvest, and storage temperature during ripening affect papaya fruit quality. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 6, p. 1112-1115, 1999.

MUSTONEN, H. M. The efficacy of a range of sulfur dioxide generating pads against *Botrytis cinerea* infection and on out-turn quality of Calmeria table grapes. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 32, p. 389-393, 1992.

PALOU, L.; CRISOSTO, C. H.; SMILANICK, J. L.; ADASKAVEG, J. E.; ZOFFOLI, J. P. Effects of continuous 0.3 ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 24, n. 1, p. 39-48, 2002.

PALOU, L.; SMILANICK, J. L.; CRISOSTO, C. H.; MANSOUR, M.; PLAZA, P. Ozone gas penetration and control of the sporulation of *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* within commercial packages of oranges during cold storage. **Crop Protection**, Surrey, v. 22, p. 1131-1134, 2003.

PETERSSON, S.; SCHNÜRER, J. *Pichia anomala* as a biocontrol agent of *Penicillium roqueforti* in high-moisture wheat, rye, barley, and oats stored under airtight conditions. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 44, p. 471-476, 1998.

POOVAIAH, B. W. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n. 5, p. 86-89, 1986.

QADIR, A.; HASHINAGA, F. Inhibition of postharvest decay of fruits by nitrous oxide. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 22, p. 279-283, 2001.

RETAMALES, J.; DEFILIPPI, B. G.; ARIAS, M.; CASTILLO, P.; MANRÍQUEZ, D. High-CO₂ controlled atmospheres reduce decay incidence in Thompson Seedless and Red Globe table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 29, p. 177-182, 2003.

SANHUEZA, R. M. V.; MAIA, L. **Utilização da luz ultravioleta (UV-C) na proteção de maçãs Fuji da podridão por *Penicillium expansum***. Bento

Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2001. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 10).

SANKAT, C. K.; MAHARAJ, R. Papaya. In: MITRA, S. (Ed.). **Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 167-189.

SERRANO, M.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; CASTILLO, S.; GUILLÉN, F.; VALERO, D. The use of natural antifungal compounds improves the beneficial effect of MAP in sweet cherry storage. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 115-123, mar. 2005.

SEYMOUR, G. B.; McGLASSON, W. B. Melons. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 273-290.

SIDDIQUI, S.; BANGERTH, F. Effect of pre-harvest of calcium on flesh firmness and cell-wall composition of apples – influence of fruit size. **Journal of Horticultural Science**, Reino Unido, v. 70, n. 2, p. 263-269, 1995a.

SIDDIQUI, S.; BANGERTH, F. Differential effect of calcium and strontium on flesh firmness and properties of cell wall in apples. **Journal of Horticultural Science**, Reino Unido, v. 70, n. 6, p. 949-953, 1995b.

SINGH, K.; MANN, S. S.; BAJWA, M. S. Effect of auxins, sodium benzoate e calcium chloride on postharvest berry drop in Himrod grapes. **Acta Horticultural**, Addis Abeba, n. 158, p. 413-418, 1985.

SHELLIE, K. C. Ultra-low oxygen refrigerated storage of 'Rio Red' grapefruit: fungistatic activity and fruit quality. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 25, n. 1, p. 73-85, 2002.

SOUZA, R. M.; HENZ, G. P.; PEIXOTO, J. R. Incidência de injúrias mecânicas em raízes de mandiocinha-salsa na cadeia pós-colheita. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 4, p. 712-718, 2003.

STOW, J. Effect of calcium ions on apple fruit softening during storage and ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 3, p. 1-9, 1993.

SUGAR, D.; ROBERTS, R. G.; HILTON, R. J.; RIGHETTI, T. L.; SANCHEZ, E. E. Integration of cultural methods with yeast treatment for control of postharvest fruit decay in pear. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 78, n. 8, p. 791-795, 1994.

SUSLOW, T. V. **Basics of ozone applications for postharvest treatment of vegetables**. Disponível em: <<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce>> Acesso em 01 out. 2002.

THOMPSON, A. K. Effect of controlled atmosphere storage on pests and diseases. In: THOMPSON, A. K. **Controlled atmosphere storage of fruits and storage**. Wallingford: CAB International, 1998. p. 71-80.

TIRMAZI, S. I. H.; WILLS, R. B. H. Retardation of ripening of mangoes by postharvest application of calcium. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 58, n. 2, p. 137-141, 1981.

TORRES, R.; VALENTINES, M. C.; USALL, J.; VIÑAS, I.; LARRIGAUDIÈRE, C. Possible involvement of hydrogen peroxide in the development of resistance mechanisms in 'Golden Delicious' apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 27, n. 2, p. 235-242. 2003.

TRIPATHI, P.; DUBEY, N. K. Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 32, n. 2, p. 235-245. 2004

TURNER, D. W. Bananas and plantains. In: MITRA, S. (Ed.). **Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 47-83.

VICENTE, A. R.; PINEDAC, C.; LEMOINE, L.; CIVELLO, P. M.; MARTINEZ, G. A.; CHAVES, A. R. UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 35, n. 1, p. 69-78, 2005.

VIERA, L. C. Influence of the oversea transportation under a ventilation regime on the quality of Valencia oranges. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 47, p. 217-224, 2001.

WILSS, R.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. Pathology. In: WILSS, R.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruits, vegetables and ornamentals**. 4^o ed. New York: CAB International, 1998. p. 144-158.

WISNIEWSKI, M.; WILSON, C.L. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetable: recent advances. *Hort Science*, Alexandria, v. 27, n. 2, p. 94-98, 1992.

ZAHAVI, T.; COHEN, L.; WEISS, B.; SCHENA, L.; DAUS, A.; KAPLUNOV, T.; ZUTKHI, J.; BEN-ARIE, R.; DROBY, S. Biological control of *Botrytis*, *Aspergillus* and *Rhizopus* rots on table wine grapes in Israel. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 2, p. 115-124, 2000.