

IMPORTÂNCIA DA SANITIZAÇÃO NO CONTROLE DE DOENÇAS PÓS- COLHEITA

Daniel Terao, Cassiano Forner e Wagner Bettoli

Introdução

Sanitização refere-se aos procedimentos empregados na pós-colheita para diminuir a comunidade de micro-organismos em equipamentos e instalações no local de embalagem e armazenagem do produto vegetal, na superfície da fruta e na água de lavagem (ADASKAVEG; FOSTER; SOMMER, 2002). Esse procedimento é muito importante no controle de doenças pós-colheita porque tanto os equipamentos como as pessoas que manuseiam os produtos vegetais são fontes de inóculo de patógenos. As operações realizadas na casa de embalagem devem ser estabelecidas e planejadas visando à manutenção da qualidade e especial atenção deve ser dada aos equipamentos e desempenho dos funcionários, pois o manuseio contínuo e a movimentação entre peças e constituintes dos equipamentos fornecem amplas oportunidades de danos e perdas de qualidade. A realização de operações simples e corriqueiras, como a lavagem do produto recém-colhido, deve ser considerada como um potencial veículo de disseminação de estruturas de patógenos causadores de doenças em pós-colheita. Por exemplo, a água de recirculação de um tanque de lavagem que não foi desinfestado constitui uma fonte ideal de inóculo e deve ser devidamente monitorada quanto à eficiência dos agentes sanitizantes presentes e à quantidade de material em suspensão (LIMA; ALVES; TERAO, 2006).

Os fitopatógenos presentes nas frutas e hortaliças continuam em contato com os tecidos desses alimentos durante o período de armazenagem. Além de se adaptarem muito bem às condições do ambiente, esses micro-organismos dissemelam-se facilmente de fruto a fruto pelo contato e produzem grande quantidade de esporos que também se dispersam com facilidade pelo ar e alcançam a superfície dos produtos vegetais, onde encontram o substrato adequado para o seu desenvolvimento. Por esse motivo, existe uma forte relação entre as podridões de produtos armazenados nas câmaras refrigeradas e os níveis populacionais dos fungos encontrados no ar (BARKAI-GOLAN, 2001). No Brasil, em maçãs armazenadas em câmaras refrigeradas comerciais, com bom padrão de

manejo, foram observadas perdas de 1 a 2% devido à podridão causada por *Penicillium italicum*, enquanto que, na falta de higienização essas perdas podem chegar a 30% (VALDEBENITO-SANHUEZA, 1991). Portanto, a manutenção do local de embalagem e armazenagem em adequadas condições sanitárias, com reduzidas populações de micro-organismos, pela adoção de medidas de limpeza e desinfestação, é fundamental para o sucesso no controle de doenças pós-colheita (ADASKAVEG; FOSTER; SOMMER, 2002).

As espécies de fungos que ocorrem, geralmente, nos locais de embalagem e armazenagem de frutos, em paletes, caixas de madeira e papelão, tetos e paredes restringem-se a um pequeno número, independente do fruto armazenado, sendo que os mais comumente encontrados são: *Penicillium digitatum*, *P. italicum*, *P. expansum*, *Rhizopus stolonifer*, *Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea*, *Geotrichum candidum*, *Alternaria alternata*, *Monilinia fructicola* e *Cladosporium herbarum* (VALDEBENITO-SANHUEZA, 1991; PALAZON; PALAZON, 2000; TOUSSAINT et al., 2000; MICHEREFF et al., 2004).

Monitoramento de níveis populacionais de fungos

Para uma eficiente sanitização do ambiente é fundamental realizar, periodicamente, o monitoramento do local pela análise de níveis populacionais de fungos fitopatogênicos e das fontes de inóculo de micro-organismos. Esse procedimento auxilia na decisão sobre a necessidade de aplicar medidas de sanitização do local, objetivando minimizar os prejuízos causados pelas doenças na pós-colheita (PALAZÓN; PALAZÓN, 2000). Valdebenito-Sanhueza (1996) em um monitoramento da contaminação de câmaras refrigeradas de armazenagem de maçãs, utilizaram 10 placas de Petri com meio Martin por câmara, no início da temporada, e consideraram como nível contaminação aceitável a ocorrência de 25 a 40 colônias fúngicas/placa e 40-80 colônias/placa como indicativo de aumento de contaminação, sugerindo a necessidade de realizar a sanitização do local. Michereff et al. (2004) monitorando câmaras frias comerciais, durante oito semanas, pelo método de sedimentação em placas de Petri com meio BDA com adição de cloranfenicol (0,01%), observaram níveis populacionais de 10 a 297 colônias/placa/hora, indicando que nos níveis mais elevados, havia a necessidade de utilizar procedimentos de sanitização mais eficazes, observando a redução acima de 90% do nível de contaminação, 36 horas após a limpeza do local com detergente e a sanitização com hipoclorito e fomaldeído.

Procedimentos de sanitização

A sanitização do local deve-se iniciar pela limpeza, com a eliminação de resíduos grosseiros que apresentam elevada concentração de micro-organismos, por meio da varredura e lavagem com água e detergente, que possui ação tensoativa, exercendo forte ação de limpeza. Um bom detergente deve ter as seguintes propriedades: efeito de abrandamento da água e penetração, alto poder de dispersão, elevada capacidade para emulsionar e saponificar, propriedade germicida, boa solubilidade, não ser corrosivo e ser seguro na manipulação (MICHEREFF; SILVA; SILVEIRA, 2006).

A lavagem em água corrente de boa qualidade pode reduzir até 90% da carga microbiana dos vegetais. No entanto, a própria água de lavagem dos frutos sem um agente sanitizante, pode se tornar altamente contaminada com esporos fúngicos e células bacterianas, durante o período de processamento, aumentando o seu potencial de reinfestação (BARKAI GOLAN, 2001; ADASKAVEG; FOSTER; SOMMER, 2002). Kader, Sommer e Arpaine (2002) observaram que a água do tanque de lavagem de bananas poderia ser uma fonte de inóculo de sérias doenças em pós-colheita, podendo acumular esporos fúngicos e contaminar a superfície de corte de pencas sadias, causando, em particular, a podridão-da-coroa pela inoculação de uma mistura de esporos de *Colletotrichum musae*, *Fusarium roseum*, *Nigrospora sphaerica*, *Thielaviopsis paradoxa* e outros fungos.

Produtos sanitizantes

Um bom produto sanitizante deve reunir as seguintes características: elevada ação antimicrobiana, baixa toxicidade ao homem, segurança no manuseio, baixa persistência de odores, ausência de resíduos após o enxague, eficácia em baixa concentração, biodegradável, não afetar as propriedades organolépticas do produto e não deixar resíduos prejudiciais à saúde humana (MICHEREFF; SILVA; SILVEIRA 2006; CABO et al., 2009). A atividade germicida dos sanitizantes depende de vários fatores como: solubilidade do produto; concentração, temperatura e pH da solução; tempo de tratamento; espécies e concentrações dos micro-organismos alvos a serem controlados.

O uso de sanitizantes é eficiente no controle de doenças pós-colheita antes da germinação do patógeno, não apresentando os mesmos resultados quando este já esteja alojado no interior do fruto. Esses produtos destroem o inóculo pelo contato e não apresenta ação sistêmica. Portanto, são efetivos somente aos propágulos de fungos expostos, como aqueles suspensos na água ou na superfície do fruto (MARI; BERTOLINI; PRATELLA, 2003).

Dentre eles, os mais comumente usados são:

Hipocloritos

O hipoclorito de sódio (NaOCl) e o hipoclorito de cálcio ($\text{Ca}[\text{OCl}]_2$) são usados extensivamente na sanitização do local de embalagem, armazenagem e equipamentos durante o manuseio de frutos em pós-colheita, visando reduzir a contaminação microbiana da água de lavagem e na superfície de frutas, por serem efetivos, econômicos e não residuais. Quando adicionados à água, os hipocloritos liberam o íon hipoclorito e o ácido hipocloroso (HOCl), ou cloro ativo, que é um poderoso agente oxidante e germicida, que atua sobre a membrana plasmática dos micro-organismos, ao contrário do íon hipoclorito que é inexpressivo. Pelo fato de não apresentar carga elétrica, o ácido hipocloroso é capaz de atravessar a membrana dos micro-organismos e paralisar a produção de energia em nível de glicólise, por meio da inibição da enzima responsável pela clivagem da frutose difosfato, oxidando proteínas celulares, levando os micro-organismos à morte (ANDRADE et al., 1985). Assim, a concentração de cloro ativo é que determinará o potencial de oxidação e, consequentemente, o poder de desinfestação, que é bastante influenciado pelo pH da solução, que deve ficar entre 6,5 a 7,5, durante a sanitização de produtos hortícolas. Soluções sanitizantes com pH acima de 8,0 têm sua eficiência reduzida, em virtude da redução do cloro ativo, enquanto que abaixo de 6,5 pode causar corrosão de equipamentos e descoloração de produtos. Recomenda-se fazer a checagem do pH a cada duas horas, adicionando-se NaOH , quando o pH estiver abaixo de 6,5 e ácido cítrico quando o pH estiver superior a 7,5, procurando mantê-lo dentro dos limites recomendados.

A temperatura elevada ($> 30^\circ\text{C}$) e a presença de matéria orgânica na água de lavagem, também reduzem a quantidade de cloro ativo. Portanto, recomenda-se monitorar a qualidade da água e trocá-la sempre que mostrar sinais de turbidez.

Os hipocloritos comerciais têm cerca de 3% de ingrediente ativo, e devem ser diluídos em água na concentração de 20%, adicionando-se detergentes para potencializar a sua ação germicida, na desinfestação do ambiente e de equipamentos. Embora muito eficaz na eliminação de micro-organismos em suspensão na água, os hipocloritos não reduzem mais que dois ciclos logarítmicos da população microbiana na superfície dos frutos, na concentração recomendada de 100 a 250 ppm para o tratamento pós-colheita de frutos (BEUCHAT et al., 1998) e não controlaram infecções estabelecidas em citrus e pera (SMILANICK; MARGOSAN; MLIKOTA-

GABLER, 2002). No entanto, tem sido comumente usado na sanitização das mais diversas espécies de frutos.

Vadar et al. (2012) observaram que o tratamento de morango com hipoclorito de sódio, por nebulização, controlou eficientemente as doenças em pós-colheita da fruta, bem como a qualidade do ar das salas de embalagem e armazenagem, reduzindo a população microbiana. O tratamento não afetou a qualidade e sabor da fruta. A dose mais efetiva na redução de podridões foi de 1500 a 2000 $\mu\text{L L}^{-1}$. O tratamento reduziu, também, a população bacteriana na superfície da mesma.

Algumas desvantagens dos hipocloritos é que eles são altamente corrosivos, irritantes para a pele e mucosas, muito corrosivo para metais, perdem rapidamente a ação fungistática na presença de substâncias orgânicas e variação no pH da solução, além de deixar odores nos produtos tratados, havendo a necessidade de enxague após o tratamento (MICHEREFF; SILVA; SILVEIRA, 2006).

O uso de hipocloritos vem diminuindo ao longo dos anos, por causa do potencial perigo da reação do hipoclorito de sódio com compostos orgânicos nitrogenados e amoniacais, formando compostos orgânicos clorados cancerígenos, dentre eles os trihalometanos e cloramidas os quais apresentam grande risco à saúde humana (RICHARDSON et al., 2007) havendo, atualmente, uma busca por produtos sanitizantes alternativos aos hipocloritos.

Dióxido de cloro (ClO_2)

O dióxido de cloro é um produto aprovado pela Food and Drug Administration (FDA, CRF 1781010) para uso na potabilização de água e na lavagem de frutas e hortaliças, sendo reconhecido como sanitizante seguro, mais estável e não corrosivo (MARI et al., 1999). Apresenta as seguintes vantagens: é efetivo na redução das populações de micro-organismos; não é, significativamente, influenciado por alterações de pH da solução; reage lentamente com aminas ou amônia; não é oxidante; é mais solúvel que o cloro; e não forma compostos halometanos. Além disso, pode ser utilizado nos equipamentos e galpões de embalagem por não ser corrosivo. Como não é hidrolisado em solução aquosa, a molécula intacta parece ser o princípio ativo. Possui propriedade de oxigenação sem cloração, reagindo com a estrutura da célula, destruindo os micro-organismos por uma reação de equilíbrio próprio e pela aceleração do metabolismo, sem prejuízo do crescimento celular, além de não desenvolver formas resistentes. Quando se desprende de sua forma estabilizada, tem 2,5 vezes mais poder germicida do que o cloro gasoso e é até 10 vezes mais estável na água e mantém um residual uniforme, mesmo quando diluído, superando o cloro residual dos

hipocloritos (SPOTTS; PETERS, 1980; BARKAI-GOLAN, 2001; RODRIGUES, 2002).

O dióxido de cloro é utilizado no controle de patógenos em pós-colheita, tais como *Monilia laxa* (MARI et al., 1999), *B. cinerea*, *Mucor poriformis* e *P. expansum* (SPOTTS; PETERS, 1980), bem como no controle de fungos e bactérias de pera e pêssego (ROBERTS; REYMOND, 1994).

Terao et al. (2007) avaliaram a eficiência do Dióxido de Cloro no controle de podridão causada por *Fusarium pallidorostratum* em melão Orange e observaram que na dose de $10 \mu\text{g mL}^{-1}$, contribuiu de maneira significativa no controle da podridão, reduzindo em 54% a incidência e a severidade da doença, quando associado a armazenagem refrigerada a 10°C .

Vadar et al. (2012) observaram um redução significativa na incidência de mofo cinzento, causado por *B. cinerea*, em morangos tratados com Dióxido de Cloro.

Quaternário de amônio

Os sais de quaternário de amônio são muito utilizados na desinfestação de câmaras refrigeradas de frutas, pois apresentam elevada ação biocida, são altamente solúveis em água, com ação detergente umectante e espumante, possuem efeito residual, apresentam baixa toxicidade ao homem e não são corrosivos (ADASKAVEG; FOSTER; SOMMER, 2002). Os produtos comerciais à base de quaternário de amônio apresentam, cerca de 25% de princípio ativo e devem ser diluídos em água na concentração de 1% para sanitização de câmaras refrigeradas (MICHEREFF et al., 2004). Apresenta a desvantagem de não poder ser misturado com outros produtos e a necessidade de enxague após o tratamento (MICHEREFF; SILVA; SILVEIRA, 2006). Dave (1987) avaliou a eficiência de quaternário de amônio no controle de diversos patógenos pós-colheita, observando que o crescimento de *B. cinerea* era parcialmente inibido na dose de 5 mg L^{-1} , e que a completa inibição da maioria dos patógenos testados, inclusive *P. digitatum* ocorria somente na dose de 100 mg L^{-1} e que em meio líquido, necessitava de uma imersão na dose de 200 mg L^{-1} durante 10 min, para alcançar 99,9% de eficácia de controle de *P. digitatum*. No entanto, Copes (2004) afirma que para controlar 90% de conídios de *B. cinerea* presentes em superfície de aço inoxidável e de polietileno era necessário usar uma solução de quaternário de amônio na dose de 750 ou 4040 mg L^{-1} , respectivamente. É recomendado na África do Sul para tratamento pós-colheita de maçã, manga, abacate, citros e outros produtos, recomendando-se a concentração de 120 mg L^{-1} durante 3 a 5 min (AVIANOAM et al., 2011).

Formaldeído

O formaldeído é empregado na desinfestação de câmaras, tanto em solução, como na forma gasosa. É um produto muito ativo contra fungos e bactérias, reagindo com os grupos amino e oxidrilo das enzimas e proteínas, provocando o seu coagulação. Apesar de sua eficiência, o formaldeído apresenta limitações de uso, em decorrência da toxicidade, odor desagradável e irritante, embora não persistente, devendo-se usar equipamentos de proteção individual quando de sua aplicação (DELHOM, 1979). Como desvantagens no seu uso, pode-se citar: inativação na presença de matéria orgânica, nocivo aos seres humanos, desgaste de máscaras de respiração, irritante aos olhos, havendo a necessidade de expulsar todo o ar do local tratado, emanar substâncias tóxicas e cheiro desagradável (MICHEREFF; SILVA; SILVEIRA 2006).

Ácido peracético

O ácido peracético é um poderoso oxidante com boas propriedades antimicrobianas a baixas temperaturas e pH na faixa de 5 a 8, e pode ser adequado para uso como sanitizante de produtos comestíveis. É um produto que apresenta baixa toxicidade e sua atividade antifúngica é dependente da concentração e do tempo de exposição. Promove a desnaturação de proteínas e a alteração na permeabilidade da membrana celular dos micro-organismos. Apresenta boa estabilidade, rápida ação antifúngica, não é dependente do pH da solução e se mantém efetivo mesmo na presença de matéria orgânica. É um produto degradável não agredindo o ambiente e não forma compostos tóxicos ou carcinogênicos (MONARCA et al., 2002; KITIS, 2004). O ácido peracético mostrou-se efetivo na redução da incidência de podridão parda, causada por *M. laxa*, e podridão mole, causada por *R. stolonifer*, em frutas de caroço, quando imersos durante um minuto numa solução na concentração de 125 mg L^{-1} . Mari, Gregori e Donati (2004) afirmam que o ácido peracético pode atuar nos conídios presentes na superfície dos frutos e proteger contra infecções que se desenvolvem a partir de novos ferimentos produzidos durante a colheita e manuseio dos frutos. No entanto, Bassetto (2006) observou que se ocorrer o ferimento num pêssego e o esporo do patógeno germinar e infectar a fruta, antes do tratamento com o ácido peracético, este não será capaz de controlar o desenvolvimento da doença.

Ácido acético

O ácido acético é um sanitizante eficaz em baixas concentrações no controle de esporos de fungos causadores de podridões, podendo ser aplicado em câmaras refrigeradas e contêineres, apresentando algumas vantagens como: encontrado naturalmente na biosfera como metabólito intermediário universal de plantas e animais, não possui efeito residual, é relativamente barato em relação aos demais sanitizantes, sendo utilizado em indústrias alimentícias, como preservativo antimicrobiano e acidulante. O efeito inibitório do ácido acético ocorre pela simples redução do pH do meio e pode penetrar na célula dos micro-organismos e exercer efeito tóxico (SHOLBERG; CLIFF; MOYLS, 2001). O tratamento de produtos hortícolas frescos com o ácido acético tem potencial no controle de doenças pós-colheita (LODAL, 1993). Quando fumigado na dose de 2,0 a 4,0 mg L⁻¹ em uva, kiwi, pera e tomate preveniu podridões, causadas por *B. cinerea*, e em maçã, laranja e pera de *Penicillium* sp, destruindo os esporos antes da injúria (SHOUKBERG; GAUNCE, 1995). Em frutas de caroço controlou *M. fruticola* e *R. stolonifer* na concentração de 1,4 mg L⁻¹ e em banana diminuiu a incidência de antracnose, causada por *Colletotrichum musae* (SHOUKBERG; GAUNCE, 1996; PERERA; KARUNARATINE, 2001). Moyls, Shouldberg e Gaunce (1996) observaram que morangos tratados com ácido acético (5,4 mg L⁻¹) não apresentaram podridão durante armazenamento a 5°C, durante 14 dias. Não foi observado efeito fitotóxico nas frutas tratadas com o ácido acético. Resultados semelhantes foram obtidos por Hassenberg et al. (2010), com menor dose de 2 mg L⁻¹ no controle de mofo cinzento em morango, quando aplicado na forma de vapor, concluindo que três fumigações resultou em melhor controle, ao redor de 56% de redução na incidência de podridões.

Peróxido de hidrogênio

O peróxido de hidrogênio (H₂O₂) é um biocida oxidante como os clorados, com modo de ação não específico. Produz o radical hidroxila (OH), que tem efeito deletério nas células, provocando danos no DNA, RNA, lipídios e proteínas. Tem sido usado na sanitização de água e de equipamentos para processamento de alimentos, na desinfestação de frutas e hortaliças minimamente processadas e experimentalmente no controle de doenças pós-colheita de frutas frescas (CERIONI et al., 2009). Inibe o desenvolvimento de patógenos causadores de podridões em frutos, sendo considerado de baixa toxicidade e com baixo potencial de dano ao ambiente (PRUSKY, 2011), degradando-se em O₂, não deixando resíduo nocivo, sendo, portanto, considerado um composto seguro (FORNEY et al., 1991).

A imersão de morangos em peróxido de hidrogênio a 10% por 15 minutos foi eficiente em reduzir o número de espécies de fungos e leveduras por até 12 dias em armazenamento a 1°C e UR de 99% (REIS et al., 2008). O tratamento por dois minutos com peróxido de hidrogênio a 5%, em melão ‘Cantaloupe’, reduziu em cerca de 1,5 ciclo log a população de micro-organismos mesófilos aeróbios, leveduras e bolores, além de reduzir a população de *Listeria monocytogenes* (UKUKU; FETT, 2002). A imersão de limões em solução contendo 5, 10 ou 15% de peróxido de hidrogênio, por 10, 30 ou 60 segundos não controlaram o bolor verde (SMILANICK, MARGOSAN; HENSON, 1995). No entanto, o tratamento sequencial com 10 ppm de NaClO por dois minutos, seguido de 100 mM de H₂O₂ e 6 mM de CuSO₄, reduziu a incidência de *P. digitatum* em limões por até 14 dias. Essa combinação de tratamentos reduz a quantidade necessária de cada composto para o controle do patógeno, bem como mostrou-se efetivo, tanto para o controle de raças sensíveis como resistentes ao imazalil de *P. digitatum* e *G. candidum*, agentes causais de podridões em citros (CERIONI et al., 2009). Morangos tratados com peróxido de hidrogênio apresentaram significativa redução de mofo cinzento causado por *B. cinerea* (VADAR et al., 2012).

Cloreto de benzalcônio

O cloreto de benzalcônio (cloreto de alquil dimetil benzil amônio) é um agente de tensão superficial, para aumentar o contato nitrogenoso e catiônico, pertencente ao grupo de compostos de quaternário de amônio. É um sal facilmente solúvel em água, álcool e acetona, inodoro e incolor, com baixa toxicidade a mamíferos, usado como antiséptico de pele, membranas mucosas e, atualmente, testado na sanitização de instrumentos e tratamento de pós-colheita de frutas. Apresenta ação inibitória de fungos causadores de doenças pós-colheita como: *P. expansum*, *P. italicum*, *P. digitatum*, *Penicillium piceum*, *Penicillium alli*, *Aspergillus niger* e *Alternaria alternata*. Nas concentrações de 0,5 e 1,0 mg mL⁻¹, o cloreto de benzalcônio gerou halos inibitórios para esses fungos, provocando o atraso e a redução na taxa de germinação de conídios e na supressão do crescimento micelial, demonstrando potencial de uso como sanitizante na desinfestação de superfícies, locais de embalagem e armazenagem, e de equipamentos usados na pós-colheita (BASARAN, 2011).

Etanol

A sanitização com o etanol é considerada com uma boa alternativa ao uso de fungicidas no controle de fungos causadores de doenças pós-

colheita de frutas. Esse composto é considerado um conservante GRAS (“Generally Recognized as Safe”). Embora o seu efeito seja principalmente antimicrobiano, foi observado em diversas frutas como limão (SMILANICK; MARGOSAN; HENSON, 1995), uvas de mesa (CHERVIN et al., 2005), bayberry (ZANG et al., 2007) e pêssegos (PESIS, 2005), sem afetar os atributos sensoriais das frutas, um efeito de retardamento na maturação. Em manga, a aplicação do etanol reduziu a severidade de doenças pós-colheita causadas por *C. gloeosporioides*, *Pestalotia mangiferae* e *Curvularia lunata*. A dose de 400 mL L⁻¹ inibiu totalmente o crescimento micelial dos fungos, enquanto que doses superiores a 100 mL L⁻¹ inibiram a germinação de esporos. O controle completo das doenças pós-colheita de manga foi conseguido com a combinação da aplicação de etanol na dose de 300 mL L⁻¹, com o tratamento hidrotérmico a 50°C (GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ et al., 2012). A Instrução Normativa Conjunta nº. 18, de 28/05/2009, que regulamenta o processamento, armazenamento e transporte de produtos orgânicos permite o uso de etanol na sanitização desses alimentos e não restringe a aplicação do tratamento térmico (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA, 2012).

Ozônio

O ozônio (O₃) é uma forma altamente reativa do oxigênio em que três moléculas estão unidas, apresentando-se como um sanitizante com potente atividade antimicrobiana, que ataca a parede celular dos microrganismos, sendo altamente efetivo na inibição de esporos de fungos com paredes espessas, em concentrações de 0,5 a 2 mL g⁻¹. Essa substância é usada, principalmente, na desinfestação de água residencial, de hospitais, de piscinas e na aquicultura, mostrando potencial de uso no controle de doenças pós-colheita (SMILANICK, 2003; SUSLOW, 2012). Palou et al. (2003) observaram em pêssegos, armazenados em atmosfera ozonizada a 0,3 uL g⁻¹ e a temperatura de 5°C, a inibição da esporulação dos fungos *M. fruticola*, *B. cinerea*, *Mucor piriformis*, *P. expansum*, e de maneira semelhante no controle de *P. digitatum* e de *P. italicum* em laranjas. No entanto, embora o ozônio tenha se mostrado altamente eficaz no controle de patógenos de pós-colheita, tais como, *Geotrichum citri-aurantii*, *P. digitatum*, *P. italicum*, *P. expansum*, *R. stolonifer*, *B. cinerea* e *M. fruticola*, presentes na água de lavagem e na superfície de frutos, matando patógenos que estavam causando infecção em fermentos (SMILANICK, 2003).

A presença de detritos vegetais e de solo reduz rapidamente a concentração de ozônio na água, portanto, para o uso desse processo de sanitização é imprescindível que a água a ser ozonizada esteja límpida, tendo passado por um processo de floculação e filtragem e seja monitorada e trocada, durante o dia, sempre que necessário (SMILANICK, 2003).

Aplicação de sanitizantes por nebulização

Normalmente, a sanitização de frutos é feita pela imersão na água de lavagem, que contém produtos sanitizantes. No entanto, alguns frutos mais delicados, como o morango e a uva, não podem ser lavados devido a alta sensibilidade da epiderme do fruto, que se danifica facilmente numa lavagem e na linha de processamento, e pelo fato do tempo necessário para secagem atrasar o pré-resfriamento, podendo favorecer a infecção por patógenos. Nesses casos, a aplicação por nebulização pode ser promissora uma vez que o manuseio e o molhamento da fruta são minimizados (VADAR; İLHAN; KARABULUT, 2012). A aplicação de dióxido de cloro por nebulização controlou significativamente as doenças pós-colheita em figo (KARABULUT et al., 2009).

Vadar, İlhan e Karabulut (2012) estudaram a aplicação de dióxido de cloro, hipoclorito de sódio, peróxido de hidrogênio, ácido cítrico e etanol em morango, por meio da nebulização, usando um gerador de aerosol ultrassônico, visando ao controle de doenças pós-colheita. A nebulização ultrassônica usa transdutores piezoeletricos para gerar ondas ultrassônicas de alta energia que cria uma névoa seca, causando emissão de gotas d'água, menores que 5 µm. Esse tipo de névoa pode ser usado para controle da umidade durante a armazenagem e para transporte de compostos sanitizantes dissolvidos na água. Observaram que o dióxido de cloro, hipoclorito de sódio, peróxido de hidrogênio, ácido cítrico e etanol reduziram significativamente a percentagem de morangos infectados, além de diminuir a carga microbiana da atmosfera do local de armazenagem, demonstrando que a sanitização por nebulização é efetiva no controle de doenças pós-colheita de morango. Hassenberg, Geyer e Herppich (2010) observaram resultados semelhantes no controle de *B. cinerea*, quando aplicaram o ácido acético em morango por nebulização.

A aplicação de etanol na forma de nebulização reduziu a taxa de podridões em “Chinese bayberry” (*Myrica rubra*) de 28,7% para 15,8%, após três dias de armazenagem a 20°C e de 27,8% para 16,6%, após cinco dias de armazenagem a 0°C e um dia de prateleira a 20°C, não mostrando nenhum efeito deletério. Os autores também verificaram que aumentou o acúmulo de antocianina no fruto (ZANG et al., 2007). Resultados

semelhantes foram obtidos pela nebulização de quaternário de amônio, que se mostrou controle eficaz no controle de *B. cinerea*, *P. expansum*, *C. gloeosporioides* e *A. alternata* (AVIANOAM et al., 2011).

O tratamento com vapor de peróxido de hidrogênio na dose de 1,1 mg L⁻¹ a 40°C por 10 minutos, reduziu a germinação de esporos de *B. cinerea* em uva, reduzindo a incidência da podridão nos frutos. Porém, o controle variou com a cultivar, sendo que a cv. Red Globe apresentou menor (FORNEY et al., 1991). A aplicação de peróxido de hidrogênio a 10% na forma de névoa, com gotículas menores que 10 µm, por meio de um sistema de atomização, por 10 horas, proporcionou o controle da sarna em batata durante seis meses de armazenamento. Uma simples aplicação reduziu a incidência de 38 para 16%, enquanto que cinco aplicações (uma por mês) reduziu para 2% (AFEK; ORENSTEIN; KIM, 2001). Em trabalho similar, uma aplicação de peróxido de hidrogênio também na forma de névoa, batatas inoculadas ou não com o patógeno, durante cinco meses de armazenamento (AFEK; ORENSTEIN; NURIEL, 1999).

Considerações Finais

A sanitização tem importante papel no controle de doenças pós-colheita, com diversas alternativas de produtos sanitizantes aos clorados, que estão com o uso cada vez mais restrito na desinfestação de frutas e olerícolas, devido à possibilidade de formação de produtos orgânicos clorados, que podem ser carcinogênicos e ao aumento no aparecimento de raças resistentes de patógenos ao cloro. No entanto, é importante frisar que a sanitização não substitui o controle eficiente das infecções provocadas pelos fitopatógenos causadores de podridão ainda no campo. De nada adiantará manter os locais de embalagem limpos e sanitizados, se os frutos chegarem altamente infectados do campo. Portanto, o que se espera com a sanitização dos equipamentos, local de armazenagem e das frutas é evitar que novas infecções ocorram durante a manipulação na pós-colheita e transporte (PALAZÓN; PALAZÓN, 2000), e que cheguem sadias e sem resíduos químicos ou biológicos na mesa do consumidor.

Referências

ADASKAVEG, J. E.; FÖRSTER, H.; SOMMER, N. E. Principles of postharvest pathology and management of decays of edible horticultural crops. In: KADER, A. A. (ed.) *Postharvest of horticulture crops*. 3 ed. Davis: UC Regents, 2002. p. 163-195.

- AFEK, U.; ORENSTEIN, J.; KIM, J. J. Control of silver scurf disease in stored potato by using hydrogen peroxide plus (HPP). *Crop Protection*, Guildford, v. 20, n. 1, p. 69-71, 2001.
- AFEK, U.; ORENSTEIN, J.; NURIEL, E. Fogging disinfectants inside storage rooms against pathogens of potatoes and sweet potatoes. *Crop Protection*, Guildford, v. 18, n. 2, p. 111-114, 1999.
- ANDRADE, N. J.; MOSQUIM, M. C. A. V.; CHAVES, J. B. P.; TEIXEIRA, M. A. Efeito da concentração e do pH na ação sanitizante de soluções diluídas de hipoclorito comercial. *Revista de ILCT*, Juiz de Fora, v. 40, p. 73-83, 1985.
- AVIANOAM, D.; HOREV, B.; DVIR, O.; ISH-SHALOM, S.; LICHTER, A. The efficacy of ultrasonic fumigation for disinfestation of storage facilities against postharvest pathogen. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 62, p. 310-313, 2011.
- BARKAI-GOLAN, R. *Postharvest disease of fruit and vegetables: development and control*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 2001. 432 p.
- BASARAN, P. Inhibition effect of benzalkonium chloride treatment on growth of common food contaminating fungal species. *Journal of Food and Technology*, Mysore, v. 48, n. 4, p. 515-519, 2011.
- BASSETTO, E. *Quantificação de danos ao longo da cadeia produtiva de pêssegos e avaliação de métodos alternativos de controle de doenças pós-colheita*. Piracicaba: 2006. 126 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- BEUCHAT, L. R.; NAIL, B. V.; ADLER, B. B.; CLAVERO, M. R. S. Efficacy of spray application of chlorinated water in killing pathogenic bacteria on raw apples, tomatoes and lettuce. *Journal of Food Protection*, Des Moines, v. 61, p. 1305-1311, 1998.
- CABO, M. L.; HERRERA, J. J.; CRESPO, M. D. PASTORIZA, L. Comparison among the effectiveness of ozone, nisin and benzalkonium chloride for the elimination of planktonic cells and biofilms of *Staphylococcus aureus* CECT4459 on polipropylene. *Food Control*, Guildford, v. 20, p. 521-525, 2009.
- CERIONI, L.; RAPISARDA, V. A.; HILAL, M.; PRADO, F. E.; RODRÍGUEZ-MONTELONGO, L. Synergistic Antifungal Activity of Sodium Hypochlorite, Hydrogen Peroxide, and Cupric Sulfate against *Penicillium digitatum*. *Journal of Food Protection*, Des Moines, v. 72, n. 8, p. 1660-1665, 2009.
- COPES, W. E. Dose curves of disinfectants applied to plant production surfaces to control *Botrytis cinerea*. *Plant Disease*, Saint Paul, v. 88, p. 509-515, 2004.
- CHEVIN, C.; WESTCAMP, P.; MONTELLS, G. Ethanol vapours limit *Botrytis* development over postharvest life of table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 36, p. 319-322, 2005.

DAVE, B. A. Biological basis for postharvest uses of formulated quaternary ammonium compounds (Quats). **HortScience**, Alexandria, v. 9, p. 376-377, 1987.

FALLIK, E.; AHARONI, Y.; GRINBERG, S.; COPEL, A.; KLEIN, J. D. Postharvest hydrogen-peroxide treatment inhibits decay in eggplant and sweet red-pepper. **Crop Protection**, Guilford, v. 13, n. 6, p. 451-454, 1994.

FINNEGAN, M.; LINLEY, E.; DENYER, S. P.; MCDONNELL, G.; SIMONS, C.; MAILLARD, J. Y. Mode of action of hydrogen peroxide and other oxidizing agents: differences between liquid and gas forms. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, Londres, v. 65, n. 10, p. 2108-2115, 2010.

FORNEY, C. F.; RIJ, R. E.; DENISARRUE, R.; SMILANICK, J. L. Vapor-Phase Hydrogen-Peroxide Inhibits Postharvest Decay of Table Grapes. **Hortscience**, Alexandria, v. 26, n. 12, p. 1512-1514, 1991.

GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ, P.; OSUNA-LÓPEZ, S. G.; CALDERÓN-SANTOYO, M.; CRUZ-HERNÁNDEZ, A.; BAUTISTA-BAÑOS, S. Influence of ethanol and heat on disease control and quality in stored mango fruits. **Food Science and Technology**, Londres, v. 45, p. 20-27, 2012.

HASSENBERG, K.; GEYER, M.; HERPPICH, W. B. Effect of Acetic acid vapour on the natural microflora an *Botrytis cinerea* of Strawberries. **European Journal of Horticultural Science**, Amsterdam, v. 75, n. 4, p. 141-146, 2010.

KADER, A. A.; SOMMER, N. F.; ARPAIA, M. L. Postharvest handling systems: tropical fruits. In: ADER, A. A. (ed.) **Postharvest technology of horticultural crops**. California: University of California Agriculture and Natural Resources, 2002. p. 385-398.

KARABULUT, O. A.; ILHAN, K.; ARSLAN, U.; VARDAR, C. Evaluation of the use of chlorine dioxide by fogging for decreasing postharvest decay of fig. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 52, p. 313-315, 2009.

KITIS, M. Disinfection of waste water with peracetic acid: a review. **Environment International**, New York, v. 30, p. 47-55, 2004.

LIMA, M. A. C.; ALVES, R. E.; TERAO, D. Colheita e manuseio na pós-colheita. In: OLIVEIRA, S. M. A.; TERAO, D.; DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C. H. (eds.) **Patología pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 411-439.

LODAL, P. N. Production economics. In: AGREDA, V. H.; ZOELLER, J. R. (eds.). **Acetic acid and its derivates**. New York: Marcel Dekker, 1993. p. 61-69.

MARI, M.; BERTOLINI, P.; PRATELLA, G. C. Non-conventional methods for the control of post-harvest pear diseases. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 94, n. 4, p. 761-766, 2003.

MARI, M.; CEMBALI, T.; BARALDI, E.; CASALINI, L. Peracetic acid and chlorine dioxide for postharvest control of *Monilinia laxa* in stone fruit. **Plant**

Disease, Saint Paul, v. 83, p. 773-776, 1999.

MARI, M.; GREGORI, R.; DONATI, I. Postharvest control of *Monilinia laxa* and *Rhizopus stolonifer* in stone fruit by peracetic acid. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 33, n. 3, p. 319-325, 2004.

MICHEREFF, S. J.; ALBUQUERQUE, H. S.; SILVA, J. A.; SILVEIRA, N. S. S.; GEBER, D. A. Ocorrência e controle de fungos contaminantes em câmaras de frigoconservação de frutos na cidade de Recife. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 30, p. 198-203, 2004.

MICHEREFF, S. F.; SILVA, A. S.; SILVEIRA, N. S. S. Podridões fúngicas em frutas sob frigoconservação. In: OLIVEIRA, S. M. A.; TERAO, D.; DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C. H. (eds.) **Patología pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 371-386.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO-MAPA. Instrução normativa Conjunta nº 18, de 28 de Maio de 2009 – Regulamento Técnico para o Processamento, Armazenamento e Transporte de Produtos Orgânicos. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/>>. Acesso em: 24 abril 2012.

MOYLS, A. L.; SHOULBERG, P. L.; GAUNCE, A. P. Modified-atmosphere packing of grapes and strawberries fumigated with acetic acid. **Hortscience**, Alexandria, v. 31, n. 3, p. 414-416, 1996.

MONARCA, S.; RICHARDSON, S. D.; FERETTI, D.; GROTTOLI, M.; THRUSTON, A. D.; ZANI, C.; NAVARRO, G.; RAGAZZO, P.; ZERBINI, I.; ALBERTI, A. Mutagenicity and disinfection by-products in surface drinking water disinfected with peracetic acid. **Environmental Toxicological Chemistry**, Nova York, v. 21, p. 309-318, 2002.

PALAZÓN, I.; PALAZÓN, C. F. Micosis de los productos cosechados. In: LLÁCER, G.; LÓPEZ, M. M.; TRAPERO, A.; BELLO, A. (eds.) **Patología vegetal**. 2 ed. Valencia: Phytoma-España, 2000. Tomo 2, p. 967-994.

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**, Guildford, v. 22, p. 1131-1134, 2003.

PERERA, O. D. A. N.; KARUNARATNE, A. M. Response of bananas to postharvest acid treatments. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Kent, v. 76, n. 1, p. 70-76, 2001.

PESIS, E. The role of the anaerobic metabolites, acetaldehyde and ethanol, in fruit ripening, enhancement of fruit quality and fruit deterioration. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 37, p. 1-19, 2005.

PRUSKY, D. Reduction of the incidence of postharvest quality losses, and future prospects. **Food Security**, Washington, v. 3, n. 4, p. 463-474, 2011.

REIS, K. C.; SIQUEIRA, H. H.; ALVES, A. P.; SILVA, J. D.; LIMA, L. C. O. Efeito de diferentes sanificantes sobre a qualidade de morango cv. Oso Grande. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 196-202, 2008.

RICHARDSON, S. D.; PLEWA, M. J.; WAGNER, E. D.; SCHOENY, R.; DEMARINI, D. M. Occurrence, genotoxicity and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: a review and roadmap for research. **Mutation Research-Review in Mutation Research**, Amsterdam, v. 636, p. 178-242, 2007.

ROBERTS, R. S.; REYMOND, S. T. Clorine dioxide for reduction of postharvest pathogen inoculums during handling of tree fruits. **Applied and Environmental Microbiology**, New York, v. 60, p. 2864-2868, 1994.

RODRIGUES, E. A. B. **Avaliação da eficiência de dióxido de cloro (ClO₂) no controle de podridões em frutas pós-colheita: mamão**. Campinas: ITAL, FRUTHOTEC, 2002 (Relatório técnico, 1).

SHOULBERG, P. L.; CLIFF, M.; MOYLS, A. L. Fumigation with acetic acid vapor to control decay of stored apples. **Fruits**, Cambridge, v. 56, n. 5, p. 355-366, 2001.

SHOULBERG, P. L.; GAUNCE, A. P. Fumigation of fruit with acetic acid to prevent post-harvest decay. **Hortiscience**, Alexandria, v. 30, n. 3, p. 1271-1275, 1995.

SHOULBERG, P. L.; GAUNCE, A. P. Fumigation of stone fruit with acetic acid to control postharvest decay. **Crop protection**, Guilford, v. 15, n. 18, p. 681-686, 1996.

SMILANICK, J. L. Use of ozone in storage and packing facilities. In: Washington tree fruit postharvest conference. **Proceedings...** Washington, 2003. p. 1-10.

SMILANICK, J. L.; MARGOSAN, D. M.; MLIKOTA GABLER, F. Impact of ozonated water on the quality and shelf-life of fresh citrus fruit, and table grapes. **Ozone Science Engineering**, Philadelphia, v. 24, p.343-356, 2002.

SMILANICK, J.L.; MARGOSAN, D.M.; HENSON, D.J. Evaluation of heated solutions of sulfur dioxide, ethanol and hydrogen peroxide to control postharvest green mold of lemons. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 79, p. 742-747, 1995.

SPOTTS, R. A.; PETERS, B. B. Chlorine and chlorine dioxide for control of d'Anjou pear decay. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 64, p. 1095-1097, 1980.

SUSLOW, T. V. **Basics of ozone applications for postharvest treatment of vegetables**. Disponível em: <<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce>> Acesso em: 25 abril 2012.

TERAO, D.; OLIVEIRA, S. M. A.; VIANA, F. M. P.; GONDIM, D. M. F. Refrigeração associada à sanitização no controle integrado de podridão de melão.

Revista Caatinga, Mossoró, v. 20, n. 3, p. 121-128, 2007.

UKUKU, D. O.; FETT, W. Behavior of *Listeria monocytogenes* inoculated on cantaloupe surfaces and efficacy of washing treatments to reduce transfer from rind to fresh-cut pieces. **Journal of Food Protection**, Amsterdam, v. 65, n. 6, p. 924-930, 2002.

VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M. **Desinfestação da água e das câmaras frigoríficas para diminuição de inóculo de Penicillium expansum**. Pelotas: EMBRAPA-CNPFT, 1991. 16 p. (EMBRAPA-CNPFT. Boletim de Pesquisa, 21).

VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M. **Recomendações para o controle pós-colheita das podridões de maçãs**. Bento Gonçalves: EMBRAPA-CNPUV, 1996. 4 p. (EMBRAPA-CNPUV. Comunicado Técnico, 21).

VARDAR, C.; ILHAN, K.; KARABULUT, O. A. The application of various disinfectants by fogging for decreasing postharvest disease of strawberry. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 66, p. 30-34, 2012.

ZANG, W.; LI, X.; WANG, X. X.-; WANG, G. Y.; ZHENG, J. T.; ABELSINGHE, D. C. Ethanol vapour alleviates decay and maintain fruit quality in chinese baycherry. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 46, p. 195-198, 2007.