
PRINCIPAIS MÉTODOS FÍSICOS DE CONTROLE DE DOENÇAS PÓS-COLHEITA EM FRUTAS E HORTALIÇAS

ROCHA, Artur Batista de Oliveira¹

Recebido em: 2013.11.29

Aprovado em: 2014.03.18

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.1018

RESUMO: O objetivo desta revisão é analisar os principais métodos de físicos de controle (radiação ultravioleta C, radiação gama, refrigeração, modificação da atmosfera e tratamento térmico) de doenças pós-colheita de frutas e hortaliças, visto que a utilização de agrotóxicos ainda é a principal medida para o controle de podridões pós-colheita.

Palavras-chave: Radiação UV-C. Radiação gama. Refrigeração. Modificação da atmosfera. Tratamento térmico.

MAIN PHYSICAL CONTROL METHODS OF POSTHARVEST DISEASES IN FRUITS AND VEGETABLES

SUMMARY: The aim of this review is to analyze the main methods of physical control (ultraviolet C radiation - UV-C, gamma radiation, refrigeration, modified atmosphere and heat treatment) of postharvest diseases in fruits and vegetables. The use of pesticides is still the main measure to control postharvest decay.

Keywords: UV-C radiation. Gamma radiation. Cooling. Modified atmosphere. Heat treatment.

INTRODUÇÃO

O desempenho econômico excepcional do setor agrícola brasileiro fez o produto interno bruto (PIB) do país dobrar na última década. Considerando esta tendência, a *Food and Agriculture Organization (FAO)* e a *Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)* estimam que o Brasil será, na próxima década, o maior produtor agrícola e o maior consumidor de agrotóxicos (FAO e OECD 2014). Esse avanço se dá à custa de um modelo de desenvolvimento agrícola baseado no uso intensivo de insumos e recursos naturais cujo impacto se traduz em elevados custos ambientais e sociais.

São crescentes as exigências do mercado consumidor por frutas e hortaliças de alta qualidade e produzidas com a substituição de insumos poluentes e não renováveis. A necessidade do desenvolvimento de tecnologias alternativas para o controle de doenças em pós-colheita, em substituição aos fungicidas tradicionais, deve-se à demanda da sociedade para a redução do uso de agrotóxicos e à seleção de fitopatógenos resistentes aos compostos químicos sintéticos (NEGREIROS *et al.*, 2013).

Os métodos físicos podem atuar diretamente sobre os patógenos, bem como, de modo indireto, atuando sobre a fisiologia da fruta, retardando o amadurecimento e, conseqüentemente, mantendo a resistência da fruta (SENHOR, 2009). Nesta modalidade de controle são utilizados vários agentes físicos para reduzir o inóculo ou o desenvolvimento das doenças, como a temperatura, a

¹ Doutorando em Engenharia Agrícola - Faculdade de Engenharia Agrícola (Feagri)/ Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)

radiação, a ventilação e a luz (GHINI; BETTIOL, 1995). No entanto, nem sempre estes tratamentos são efetivos na descontaminação superficial, sendo necessário o uso de tratamentos combinados.

O objetivo desta revisão é analisar os principais métodos de físicos de controle (radiação ultravioleta C, radiação gama, refrigeração, modificação da atmosfera e tratamento térmico) de doenças pós-colheita de frutas e hortaliças, visto que a utilização de agrotóxicos ainda é a principal medida para o controle de podridões pós-colheita.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Radiação ultravioleta C (UV-C)

O espectro solar emite diferentes comprimentos de ondas eletromagnéticas na faixa ultravioleta (UV), sendo designada UV-C, quando o comprimento de onda está entre 100 a 280 nm; UV-B, na faixa de 280 a 315 nm e UV-A, na faixa de 315 a 400 nm (RYER, 1997). Nos tratamentos pós-colheita com UV-C, tem sido utilizado o comprimento de onda de 254 nm, devido à disponibilidade de lâmpadas comerciais (KOUTCHAMA, 2009). Como vantagens, o uso da radiação UV-C por ser um método não térmico, não forma subprodutos tóxicos durante o tratamento, pode remover certos contaminantes orgânicos, além de não produzir odor (KEYSER et al., 2008).

O principal mecanismo de ação da radiação UV-C na desinfecção é através da interferência na biossíntese e na reprodução celular, os microrganismos são inativados pela radiação UV-C como resultado dos danos fotoquímicos causados ao DNA. Alguns microrganismos podem apresentar a reversibilidade (reativação) do dano causado às estruturas do DNA das células pela radiação UV-C com a ativação da enzima fotoliase. Este tipo de radiação também pode causar mutações gênicas e cromossômicas nos microrganismos, provocando a formação de dímeros de pirimidina no DNA (AZEVEDO, 2008).

A radiação UV-C pode ainda promover a síntese e a acumulação de compostos antimicrobianos, aumentar a atividade de enzimas antioxidantes, reduzindo a velocidade de deterioração de frutas e hortaliças (ALOTHMAN *et al.*, 2009; SHEN *et al.*, 2013).

Li et al. (2010) verificaram que a radiação UV-C induziu resistência de forma eficaz em pêra a *Monilinia fructicola*. O aumento de resistência de pomelos contra o desenvolvimento de *Penicillium digitatum* foi atribuído à indução de quitinase e β – 1,3 glucanase na casca dos frutos através da radiação UV-C (PORAT *et al.*, 1999). Por sua vez, resistência promovida pela luz UV-C contra este patógeno, causador do bolor verde em citros, aumentou a concentração das fitoalexinas escoparone e escopoletina (RODOV *et al.*, 1994). Já Brown *et al.* (2001) observaram a indução de resistência com o uso da radiação UV-C em sementes de repolho a *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. BARTNICKI et al. (2010) mostraram a suscetibilidade de *Cryptosporidium parvum* em maçãs à radiação UV-C. Para Obande *et al.* (2011) a radiação UV-C prolongou a vida útil em tomates e reduziu a população de *Penicillium digitatum*.

Apesar dos efeitos positivos promovidos pela UV-C, alguns efeitos não desejáveis podem ocorrer, incluindo a descoloração da casca em tomate (LIU et al., 1993), escurecimento em morangos e mamão (MARQUENIE *et al.*, 2002; CIA *et al.*, 2007), aumento da suscetibilidade de pêssegos à mancha parda (STEVENS *et al.*, 1998) e aceleração do amadurecimento e senescência em mangas (GONZALES-AGUILAR *et al.*, 2001).

Radiação gama

Apenas as fontes de Cobalto (Co60) e Césio (Cs137) são consideradas para o uso comercial, devido à produção de raios gama de energias adequadas, disponibilidade e custo, sendo a fonte de Co60 a que tem maior aceitação, por proporcionar maior segurança ambiental (FOOD IRRADIATION, 1996). No processo de irradiação de alimentos, apenas os raios gama entram em contato com o alimento, sem qualquer risco de contaminação radioativa no mesmo. As doses de radiação são quantificadas em termos de energia absorvida pelo produto irradiado. A dose de um Kilogray (kGy) corresponde à absorção de um Kilojoule por Kilograma de produto irradiado (O'BEIRNE, 1989). A radiação gama tem a vantagem de penetrar uniformemente no tecido vegetal, além de não deixar resíduo (PAULL, 1996; IADEROZA *et al.*, 1988).

Silva (1988) combinando o tratamento térmico (48°C/20 min) com irradiação a 0,75 ou 1,0 kGy, verificou o controle efetivo da antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) em mamão. Arthur e Wiendl (1999) constataram que a irradiação de goiaba resultou na redução da incidência de podridões, além dos frutos mostrarem-se mais firmes quando comparados aos não irradiados. Mostafavi *et al.* (2011) observaram a inibição *in vitro* dos conídios de *Penicillium expansum* através da radiação gama combinada com *Pseudomonas fluorescens*. Já Silva *et al.* (2010) constataram que radiação gama reduziu a incidência de podridões em frutos de cajá. Entretanto, Yoon *et al.* (2014) constataram que a combinação de radiação gamma com aplicação de dicloroisocianurato de sódio inibiu o desenvolvimento de *B. cinera* em frutos de páprica. Para Jouki e Khzaei (2014) a radiação gama associada com atmosfera modificada inibiu o desenvolvimento de *B. cinera* em frutos de morango.

Refrigeração

A refrigeração é o principal método para a manutenção da qualidade das frutas e hortaliças após a colheita, sendo efetivo por retardar e moderar os processos metabólicos envolvidos na maturação (ação das enzimas degradativas e oxidativas), reduzir a produção e ação do etileno, retardar o crescimento dos microrganismos, sendo a eficiência de controle maior quanto mais rápido se processa o resfriamento após a colheita. A inibição do crescimento de muitos microrganismos patogênicos pode ocorrer em temperaturas entre 0 e 5 °C, prevenindo o início de novas infecções e o aumento das infecções existentes (THIYAM e SARMA, 2014).

O efeito inibidor da temperatura sobre os patógenos é bastante variável, por exemplo, temperaturas inferiores a 10 °C inibem o desenvolvimento de *Colletotrichum*, *Aspergillus* e *Phytophthora*, porém, *B. cinerea* se desenvolve, ainda que lentamente, a 0°C. Apesar da refrigeração aumentar a vida de prateleira da maioria das flores comestíveis, existem algumas que são sensíveis à injúria pelo frio. Algumas espécies de plantas quando armazenadas à 8 e 10 °C mostraram-se suscetíveis a injúria pelo frio (LANGE e CAMERON, 1994). Conforme Kader (1992) outro aspecto de grande importância é a rapidez na aplicação do pré-resfriamento, pois quanto mais rápido for o resfriamento, maior será o efeito da temperatura no controle de desenvolvimento das podridões.

Muitas vezes, as baixas temperaturas isoladamente são insuficientes para um controle adequado das doenças, havendo necessidade do emprego de métodos suplementares (KULKARNI, 2012). Terão *et al.* (2007) verificaram que o uso da refrigeração a 10 ± 2 °C associado com dióxido de cloro reduziu a severidade e incidência de *Fusarium pallidoroseum* em melões cv Orange flesh. Já Ellis e Maden (2008) verificaram que a associação de refrigeração a 4 °C com aplicação de fungicida inibiu o desenvolvimento de *B. cinerea* em framboesas. Entretanto, Hildebrand *et al.* (2008)

observaram que em cenouras submetidas ao tratamento com ozônio e armazenadas a 0,5 °C foi possível controlar os fungos *B. cinerea* e *Sclerotinia sclerotiorum*.

Modificação da atmosfera

A atmosfera ao redor das frutas pode sofrer alterações com a redução do oxigênio (O₂), com o aumento de dióxido de Carbono (CO₂), ou com estas duas situações concomitantes. O monitoramento das concentrações dos gases na câmara de armazenamento das frutas denomina-se atmosfera controlada (AC), enquanto atmosfera modificada (AM) é o termo usado para as modificações de atmosfera proporcionadas por embalagens plásticas, ceras, entre outras. Podendo ser ativa – com injeção de mistura gasosa no interior da embalagem das frutas, ou passiva – com modificação da atmosfera em função da respiração da fruta e da permeabilidade da embalagem, durante o armazenamento ou transporte (KADER e WATKINS, 2000).

A utilização de atmosfera modificada tem proporcionado sucesso na conservação de frutas e hortaliças. Nesse processo, a atmosfera no interior da embalagem é alterada pelo uso de filmes de polietileno, como o cloreto de polivinil (PVC), que se caracteriza por apresentar boa barreira ao vapor d'água e permeabilidade seletiva relativa a O₂ e CO₂ (MANGARAJ *et al.*, 2009). Esse tipo de filme permite que a concentração de CO₂, proveniente da respiração aumente, e a concentração de O₂ diminua, pelo processo respiratório (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Com isso, o metabolismo do fruto é reduzido e sua vida útil pós-colheita pode ser prolongada efetivamente.

Prusky; Keen (1993) relataram que o tratamento de abacates cv. Fuerte com 30 % CO₂, por 24 h a 20 °C, logo após a colheita, mostrou um aumento nos níveis de diene (composto antifúngico) após a retirada dos frutos desta condição, e inibiu o desenvolvimento das lesões de *C. gloeosporioides*. Retamales *et al.* (2003) constataram que o tratamento de uvas cv. Thompson Seedless ou Red Globe com CO₂ a 15 % foi tão efetivo quanto o SO₂ no controle de *B. cinerea*. Em caquis, foram avaliadas altas concentrações de CO₂ (60, 70, 80 ou 90 %) para o controle da podridão mole. Todas as concentrações de CO₂, aplicadas após a inoculação, reduziram a incidência e a severidade da podridão, sendo mais eficiente a 70 e 80 %. O CO₂ (80 % / 18 h) inibiu completamente o desenvolvimento de *Rhizopus stolonifer* nos frutos armazenados sob condição ambiente (CIA *et al.*, 2008).

Tratamento térmico

O tratamento térmico é um dos métodos físicos mais populares, sendo utilizado comercialmente para o controle de podridões pós-colheita em mamão e manga. Em maçãs 'Fuji', o tratamento dos frutos por aspersão de água aquecida a 53°C durante 30 segundos proporcionou eficiente controle de *Botryosphaeria dothidea* (OSTER, 2004). Zhang *et al.* (2008) utilizaram o tratamento hidrotérmico associado com *Rhodotorula glutinis* para o controle *in vitro* e *in vivo* de *Penicillium expansum* em pêras e constataram a inibição da germinação dos esporos em todos os tempos de exposição (5, 10, 15 e 20 minutos) a 46 °C, sendo que frutos tratados termicamente a 46 °C / 15 minutos apresentaram menor incidência de bolor azul quando comparados ao controle. Além de atuar diretamente no controle de podridões, o tratamento térmico pode induzir respostas de defesa em frutos, por meio da indução da síntese de compostos como fitoalexinas ou proteínas relacionadas à patogênese (LURIE, 1998).

O tratamento térmico, embora apresente boa eficiência no controle de podridões pós-colheita de diversas frutas, tem a desvantagem de não ter efeito residual, requerendo a combinação com outros

métodos de controle, em casos de produtos destinados a longo período de armazenamento. Para o tratamento de sementes, essa técnica é pouco utilizada porque a alta temperatura pode matar ou inibir o desenvolvimento do embrião (SENHOR *et al.*, 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos de controle físicos de doenças pós-colheita para frutas e hortaliças, em muitos casos podem ser uma alternativa para a diminuição do uso de agrotóxicos, já que não geram resíduos ao meio ambiente. É importante considerar que o controle de doenças pós-colheita deve ser iniciado ainda no campo, na fase de desenvolvimento dos frutos e hortaliças, para evitar a sua contaminação e posterior aparecimento de podridões.

REFERÊNCIAS

- ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A. A. UV radiation-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. **Innovative food science & emerging Technologies**, v.10, n.4, p.512-516, 2009
- ARTHUR, V.; WIENDL, P.M. Irradiação de goiaba para aumentar sua vida de prateleira. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.74, n.3, p.393-397, 1999.
- AZEVEDO, J.L. **Genética de microrganismos**. Editora UFG, 2ª Ed., 490 p., 2008.
- BARTNICKI, V.A. et al. Água aquecida e radiação UV-C no controle pós-colheita de *Cryptosporiopsis perennans* em maçãs. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.2, p.124-131, 2010.
- BROWN, J.E.; LU, T.Y. et al. The effect of low dose ultraviolet light-C seed treatment on induced resistance in cabbage to black rot (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*). **Crop protection**, v.20, p.873-883, 2001.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.
- CIA, P. et al. Altas concentrações de CO₂ no controle da podridão mole em caqui rama forte. **Summa Phytopatologica**, v. 34, p. 79-80, 2008.
- ELLIS, M.A.; MADEN, L.V. Efficacy of pre-harvest fungicide applications and cold storage for postharvest control of *Botrytis* fruit rot (Gray Mold) on red raspberry, **Plant Management Network**, v.1, p.1-4, 2008.
- FOOD IRRADIATION. **A Guidebook**: Agricultural service division. 2ª ed.. Rome: FAO. Technomic Publishing. 1996. 232p.
- GHINI, R., BETTIOL, W. Diagnose. In: KIMATI, H. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. Controle cultural. 3 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1, 39, p. 786-803.
- HILDEBRAND, P.D. et al. Effect of a continuous low ozone exposure (50 nL.L⁻¹) on decay and quality of stored carrots. **Postharvest Biology and Technology**, v.49, p.397-402, 2008.

IADEROZA, M., BLEINROTH, E.W., AZUMA, E.H. Efeitos da radiação ionizante na atividade da pectinesterase do mamão cultivar solo. **Coletânea do Instituto Tecnológico de Alimentos**, v.18, n.1, p.76-82, 1988.

JOUKI, M.; KHAZAEI, N. Effect of low-dose gamma radiation and active equilibrium modified atmosphere packaging on shelf life extension of fresh strawberry fruits. **Food Packaging and Shelf Life**, no prelo., 2014.

KADER, A. A. (ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland: Division of Agricultural and Natural Resources, 2ed. California: university of California, 1992. 296p.

KADER, A.A.; WATKINS, C.B. Modified Atmosphere Packaging - Toward 2000 and Beyond. **Horticulture Technology**, v.10, n. 3, p.483-486, 2000.

KEYSER, M.et al. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. Innovative. **Food Science and Emerging Technologies**, v.9, n.3, p.348-354, 2008.

KOUTCHMA, T.N; FORNEY, L.J.; MORARU, C.I. Ultraviolet light in food technology – principles and applications. **Boca Raton**, 278p, 2009.

KULKARNI, A.U. A review on impact of physical factors on development of post-harvest fungal diseases of fruits. **Current Botany**, v.3, n.4, p.13-14, 2012.

LANGE, D.D., CAMERON, A.C. Postharvest shelf life of sweet basil (*Ocimum basilicum*). **Horticulture Science**, v.29, p.102-103, 1994.

LURIE, S. Postharvest heat treatments of horticultural crops. **Horticultural Review**, v. 22, p. 91-121, 1998.

LI, J.; ZHANG, Q.et al. Use of UV-C treatment to inhibit the microbial growth and maintain the quality of Yali pear. **Food science**, v.75, p.503–507, 2010.

LIU, J.; STEVENS, C.et al. Application of ultraviolet –C light on storage rots and ripening of tomatoes. **Journal of Food Protection**, v.56, n.10, p.8068-872, 1993.

MANGARAJ, S.; GOSWAMI, T.K.; MAHAJAN, P.V. Applications of Plastic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables: A Review. **Food Engineering Review**, n.1, p. 133-158, 2009.

MOSTAFAVI, H.A.; Mirmajlessi, S.M.; Fathollahi, H.; Minassyan, V.; Mirjalili, S.M. Evaluation of gamma irradiation effect and *Pseudomonas fluorescens* against *Penicillium expansum*. **African Journal of Biotechnology**, v.10, n.54, p.11290-11293, 2011.

MARQUENIE, D.et al. Using survival analysis to investigate the effect of UVC and heat treatment on storage rot of strawberry and sweet cherry. **International Journal of Food Microbiology**, v.73, p.187-196, 2002.

NEGREIROS, R.J.et al . Controle da antracnose na pós-colheita de bananas-'prata' com produtos alternativos aos agrotóxicos convencionais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.1, p.51-58, 2013.

OBANDE, M.A.; TUCKER, G.A.; SHAMA, G. Effect of preharvest UV-C treatment of tomatoes (*Solanum lycopersicon* Mill.) on ripening and pathogen resistance. **Postharvest Biology and Technology**, v.62, n.2, p.188–192, 2011.

O'BEIRNE, D. Irradiation of fruits and vegetables: applications and issues. **Professional Horticulture**, v.3, p.12-19, 1989.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD); FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Agricultural Outlook 2010-2019. Disponível em: <<http://www.agri-outlook.org/dataoecd/13/13/45438527.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2014.

OSTER, A. H. **Tratamento com calor no controle de *Botryosphaeria dothidea* (Moug.) Ces. & De Not.) em maçãs cv. Fuji**. 2004. 85 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PAULL, R.E. Ripening behavior of papaya (*Carica papaya* L.) exposed to gamma radiation. **Postharvest Biology and Technology**, v.7, p. 359-370. 1996.

PORAT, R. et al. Induction of chitinase and β -1,3-endoglucanase proteins by UV irradiation and wounding in grapefruit peel tissue. **Phytoparasitica**, v. 27, n. 3, p. 233-238, 1999.

PRUSKY, D.; KEEN, N.T. Involvement of preformed antifungal compounds in the resistance of subtropical fruits to fungal decay. **Plant Disease**, v. 77, n. 2, p. 114-19, 1993.

RETAMALES, J. et al. High-CO₂ controlled atmospheres reduce decay incidence in Thompson Seedless and Red Globe table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 29, p. 177-182, 2003.

REYER, A. **The light measurement handbook**. Peabody: International Light Technologies Inc., 1997, 64p.

SENHOR, R.F. et al. Manejo de doenças pós-colheita. **Revista Verde**, v.4, n.1, 2009.

SILVA, T.M.W. **Tratamento térmico e radiação gama no controle de *Colletotrichum gloeosporioides* (Pen.) Penz. et Sacc., agente causal da antracnose em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.)** 1988. 155f.. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia na Agricultura. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

SILVA, J.M. et al. Use of technology radiation as a method of reducing the microorganism and conservation postharvest of caja during storage. In: 10th International Working Conference on Stored Product Protection, 2010. **Anais...** Estoril: 10th IWCSPP p.573-577, 2010.

SHEN, Y. et al. Effect of UV-C treatments on phenolic compounds and antioxidant capacity of minimally processed Satsuma mandarin during refrigerated storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 76, 50-57, 2013

STEVENS, C. et al. The germicidal and hermetic effects of UV-C light on reducing brown rot disease and yeast microflora of peaches. **Crop Protection**, v.17, n.1, p.75-84, 1998.

TERÃO, D. et al. Refrigeração associada à sanitização no controle integrado na podridão em melão. **Revista Caatinga**, v.20, n.3, p.121-128, 2007.

THIYAM, B; SHARMA, G.B. *In vitro* impact of temperature on the radial growth of pathogenic fungi. **Indian Journal of Applied Research**, v.4, n.2, p.1-5, 2014.

YOON, M. et al. Synergistic effect of the combined treatment with gamma irradiation and sodium dichloroisocyanurate to control gray mold (*Botrytis cinerea*) on paprika. *Radiation Physics and Chemistry*, v.98, p.103-108, 201

ZHANG, H.Y. et al. Integrated control of postharvest blue mold decay of pears with hot water treatment and *Rhodotorula glutinis*. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 49, p. 308–313, 2008.