

Tratamento

Irradiação gama permite aplicações em produtos embalados

Rodrigo Meirelles de Azevedo Pimentel, Marta Helena Fillet Spoto e Julio Marcos Melges Walder*



Radura, selo internacional que identifica produtos irradiados: as folhas simbolizam o alimento, o círculo central a fonte de irradiação e o círculo externo tracejado a embalagem susceptível à irradiação

A radiação gama como um processo para preservação de alimentos traz vantagens práticas, pois sua alta penetrabilidade permite aplicações em produtos já embalados. O tratamento em frutos e hortaliças, feito com baixas doses, é rápido e não altera a temperatura dos produtos. Além disso, não deixa resíduos, pois consiste na

interação da radiação gama emitida pelo cobalto-60 com o produto, não existindo qualquer possibilidade de contato humano com o material radiativo. O alimento irradiado também é seguro, pois não entra em contato com o material radiativo (Figura 1). A energia da radiação, por sua vez, não é suficiente para transformar átomos

e torná-los radioativos; o máximo que faz é produzir íons, quando interage com a matéria. Décadas de testes e de estudos certificam a segurança do alimento irradiado, tanto que a técnica foi aprovada pela World Health Organization (WHO) e pela Food and Agriculture Organization (FAO), ambos órgãos das Nações Unidas.

DESINFESTAÇÃO

O objetivo da quarentena imposta aos produtos hortifrutis pelos países importadores é a prevenção da transferência de pragas, de algumas localidades, para outras isentas. Portanto, é necessário que o controle quarentenário seja extremamente eficaz. Com a proibição do uso de brometo de metila para essa finalidade, por ser muito tóxico e agressivo ao meio ambiente, muitos métodos despontaram como alternativa à fumigação.

Segundo o United States Department of Agriculture (2002), foi aprovada e regulamentada a importação pelos Estados Unidos de frutos e vegetais submetidos à irradiação gama como tratamento quarentenário para várias espécies de moscas-das-frutas. Das moscas contempladas nessa regulamentação, a *Ceratitis capitata* (mosca-do-mediterrâneo), comum no Brasil, é uma das mais resistentes à irradiação, necessitando de dose mínima de 225 Gy para seu controle quarentenário.

Contudo, nas operações comerciais de irradiadores, cujos tratamentos são feitos em grandes volumes, podem ocorrer variações de doses, em função da posição da caixa na carga irradiada. Frutos externos podem receber dose três vezes maior que os frutos que estejam no interior da pilha. Considerando-se que a dosagem mínima necessária seja de 250 Gy para mosca-das-frutas, em alguns irradiadores, pode-se ter frutos submetidos a doses de até 750 Gy. Portanto, não é só importante definir as doses ótimas de aplicação, mas também as doses máximas às quais os frutos resistem.

AMADURECIMENTO

O amadurecimento rápido de muitos frutos climatéricos encurta seu tempo de vida nas prateleiras. Alterações de ordem fisiológica decorrentes do amadurecimento são importantes para que os frutos atinjam a qualidade necessária ao consumo. Porém, nessa fase, o fruto é mais sensível a danos físicos e a ataque de

patógenos; além disso, o amadurecimento irreversivelmente leva à senescência e à morte do fruto. Portanto, estratégias para retardar esse processo são importantes para estender o período de transporte das frutas, diminuindo as perdas e mantendo por mais tempo a qualidade dos produtos para o consumidor final.

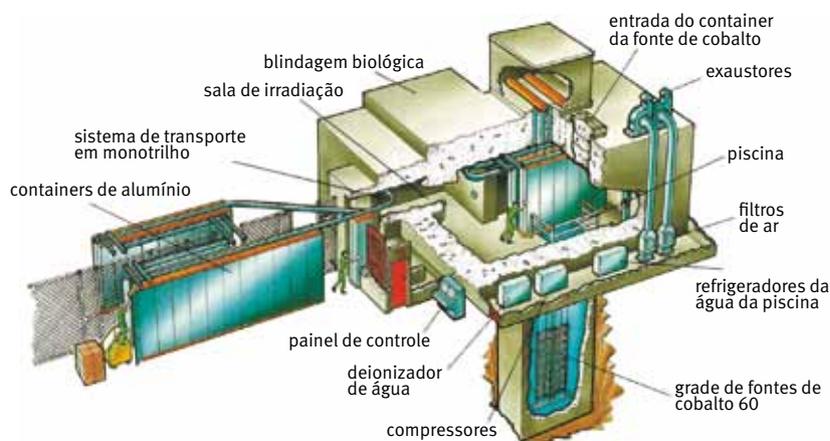
Provavelmente, os danos ao DNA decorrentes da irradiação causam mudanças nas atividades dos hormônios e das enzimas. Porém, nem sempre isso se traduz em atraso do amadurecimento

em geral e parece estar envolvido na ativação ou regulação de algumas enzimas participantes do amadurecimento.

CONTROLE DE DOENÇAS

O controle de doenças pela irradiação depende de dois fatores principais: resistência dos patógenos à irradiação e a máxima dose tolerada pelo produto. Poucos frutos e hortaliças têm tolerância à radiação suficiente para que o tratamento seja efetivo. O morango, que é resistente à irradiação, tem problemas

FIGURA 1 | ESQUEMA DE IRRADIADOR COMERCIAL



em frutos climatéricos. Para frutas e hortaliças, os resultados apresentados têm sido bastante diversos e contraditórios, quanto à capacidade de a radiação atrasar o amadurecimento. Em alguns frutos, como maçã, abacate e goiaba, a irradiação acelera o amadurecimento. Já no caso da manga e banana, a variedade e as condições locais vão determinar o sucesso do tratamento. Mamões, por sua vez, respondem bem à irradiação. Pimentel (2001) irradiou com 0,75 kGy mamões com coloração amarela em até um terço e obteve manutenção da firmeza, embora o desenvolvimento da cor da casca tenha ocorrido normalmente. Gomez et al. (1999) sugerem que o atraso no amadurecimento dos frutos irradiados ocorre devido à menor capacidade de eles produzirem etileno, já que esse hormônio tem papel estimulante no metabolismo

sérios com *Botritis cinerea* (bolor cinza), podendo se desenvolver até em baixas temperaturas. Com doses de 2 a 4kGy, a irradiação consegue inibir o crescimento do patógeno e aumentar a vida útil da fruta. Em experimento realizado por Hammad et al. (1996), morangos não-irradiados se conservaram por 10 dias a 4°C, em comparação com 18 e 21 dias, após irradiação com 1 e 2 kGy, respectivamente. Morangos irradiados ficam um pouco mais moles, porém, com a aplicação de cálcio antes da irradiação, esse efeito é minimizado.

O tratamento isolado com irradiação nas doses máximas toleradas pelos frutos muitas vezes não confere o controle de doenças da pós-colheita. Portanto, é necessária a combinação com outros métodos. A irradiação com 0,75 kGy em mamões, associada ao tratamento tér-

FIGURA 2 | INIBIÇÃO DO BROTAMENTO DE CEBOLA IRRADIADA COM 0,1 kGy, APÓS SEIS MESES DE ARMAZENAMENTO.



mico, mostrou-se eficiente no controle da antracnose, com sinergismo entre os tratamentos (Silva, 1988).

A irradiação aplicada em frutas e hortaliças minimamente processadas pode atuar no aumento da vida útil, controlando a deterioração, e na diminuição da carga microbiana, por motivos de segurança alimentar. Segundo Nguyen e Carlin (1994), frutas e hortaliças minimamente processadas estão sujeitas a contaminações em todos os estágios da cadeia de produção, desde o cultivo até o processamento, podendo se agravar em ambientes poluídos ou más condições higiênicas. O bom controle da temperatura limita o desenvolvimento de podridão e de microrganismos patogênicos. A atmosfera modificada é bastante eficiente na manutenção da qualidade visual e organoléptica, mas os efeitos no controle de microrganismos não são consistentes, sendo a irradiação mais eficiente.

INIBIÇÃO DO BROTAMENTO

O brotamento de bulbos e tubérculos é uma das principais causas de perdas ocorridas em armazenamentos prolongados, na pós-colheita. O brotamento leva à perda de massa e à maior susceptibilidade a doenças. A irradiação com doses

baixas inibe o brotamento, com alta eficiência, sendo essa uma alternativa a tratamentos químicos. É recomendado para cebola, alho, batata e inhame que sejam utilizadas variedades com potencial alto de armazenagem e técnicas que minimizem a deterioração e os danos mecânicos.

As doses para inibição de brotamento variam de acordo com o tempo decorrido entre a colheita e a irradiação, pois, logo após a colheita, os bulbos e tubérculos se encontram em dormência, e doses menores (entre 20 e 75 Gy) são suficientes para inibir o brotamento. Após esse período, as doses devem ser de 100 a 200 Gy.

Cebolas da cultivar Valenciana Sintética-14, irradiadas com 60 Gy e armazenadas durante seis meses, à temperatura ambiente (20 a 28°C) e umidade relativa de 50 a 95%, perderam apenas 13% de seu peso, em comparação com 32% de perda para as submetidas ao controle não-irradiado. A porcentagem de bulbos comercializáveis foi de 92,3%, contra 52,3% nas amostras não-irradiadas (Figura 2).

A irradiação pode trazer muitos benefícios às frutas e hortaliças, alguns já aproveitados comercialmente, a exemplo dos tratamentos quarentenários de frutos, no Havaí e Flórida; o controle

das doenças em morango, na Flórida e na Europa; o tratamento de batatas, no Japão, e do alho, na China, para a inibição de brotamento. Muitos outros benefícios poderão ser ainda explorados no futuro, demonstrando tratar-se de uma tecnologia de grande potencial e ampla utilização. 

***Rodrigo Meirelles de Azevedo Pimentel** é pesquisador do Centro Tecnológico do Norte de Minas (Epamis) (rodrigomeirelles@epamis.br); **Marta Helena Fillet Spoto** é professora do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da USP ESALQ (mhfspoto@esalq.usp.br) e **Julio Marcos Melges Walder** é professor do Laboratório de Irradiação de Alimentos e Radioentomologia do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (jmwwalder@cena.usp.br).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GOMEZ, M. L. P. A.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Metabolismo de carboidratos durante o amadurecimento do mamão (*Carica papaya* L. cv. Solo): influência da radiação gama. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 19, n. 2, p. 246-252, 1999.
- HAMMAD, A. A. I. et al. Microbial changes in strawberries treated with gamma irradiation to improve their quality. *Egyptian Journal of Food Science*, v. 23, n. 1-2, p. 117-132, 1996.
- NGUYEN, C.; CARLIN, F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 34, n. 4, p. 371-401, 1994.
- PIMENTEL, R. M. de A. *Êxito da irradiação gama em mamão papaia (Carica papaya L.) colhido em três pontos de maturação*. 2001. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.
- SILVA, T. M. W. *Tratamento térmico e radiação gama no controle de Colletotrichum gloeosporioides (penz.) Penz. Et sacc. agente causal da antracnose em frutos de mamoeiro (Carica papaya L.)*. 1988. 155 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Irradiation phytosanitary treatment of imported fruits and vegetables: (Final rule). *Federal Register*, v. 67, n. 205, 2002. Disponível em: <http://frwebgate.access.gpo.gov/cgi-bin/multidb.cgi>. Acesso em: 1º nov. 2003.