

## Aplicação da radiação ultravioleta-C para controle da podridão peduncular do mamão



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Meio Ambiente  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**BOLETIM DE PESQUISA  
E DESENVOLVIMENTO  
81**

Aplicação da radiação ultravioleta-C para  
controle da podridão peduncular do mamão

*Daniel Terao  
Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki  
Kátia de Lima Nechet  
Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto  
Érica Tiemi Konda*

**Embrapa Meio Ambiente**  
Jaguariúna, SP  
2019

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Meio Ambiente**  
Rodovia SP-340, Km 127,5, Tanquinho Velho  
Caixa Postal 69, CEP: 13918-110, Jaguariúna, SP  
Fone: +55 (19) 3311-2610  
Fax: +55 (19) 3311-2640  
www.embrapa.br/meio-ambiente/  
SAC: www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações  
da Embrapa Meio Ambiente

Presidente  
*Ana Paula Contador Packer*

Secretária-Executiva  
*Cristina Tiemi Shoyama*

Membros  
*Rodrigo Mendes, Ricardo A. A. Pazianotto,  
Maria Cristina Tordin, Daniel Terao, Victor Paulo  
Marques Simão, Joel Leandro de Queiroga,  
Vera Lucia Ferracini, Marco Antonio Gomes*

Revisão de texto  
*Nílce Chaves Gattaz*

Normalização bibliográfica  
*Victor Paulo Marques Simão, CRB-8/5139*

Projeto gráfico  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Silvana Cristina Teixeira*

Foto da capa  
*Daniel Terao*

**1ª edição eletrônica (2019)**

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
Embrapa Meio Ambiente

---

Aplicação da radiação ultravioleta-C para controle da podridão peduncular do  
mamão / Daniel Terao... [et al.]. – Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2019.  
20 p. il. color. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Meio  
Ambiente, 1516-4675; 81).

1. Doença de planta. 2. Mamão. 3. Podridão peduncular. 4. Radiação  
ultravioleta. I. Terao, Daniel. II. Série.

CDD 632.4

---

© Embrapa, 2019

## Sumário

---

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Resumo .....                 | 5  |
| Abstract .....               | 6  |
| Introdução.....              | 7  |
| Material e Métodos .....     | 10 |
| Resultados e Discussão ..... | 13 |
| Conclusões.....              | 18 |
| Agradecimentos.....          | 18 |
| Referências .....            | 18 |

# Aplicação da radiação ultravioleta-C para controle da podridão peduncular do mamão

Daniel Terao<sup>1</sup>

Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki<sup>2</sup>

Kátia de Lima Nechet<sup>3</sup>

Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto<sup>4</sup>

Érica Tiemi Konda<sup>5</sup>

**Resumo** - A podridão peduncular em mamão é fator limitante na comercialização, principalmente para exportação. Os objetivos do presente trabalho foram definir doses de luz ultravioleta C (UV-C) que inibem a germinação de esporos dos fungos do complexo causador da podridão peduncular, bem como avaliar doses de UV-C no controle da doença nos frutos. Suspensões de esporos foram irradiadas com doses variando de 0,25 a 2,00 kJ m<sup>-2</sup> plaqueadas e após 72h avaliou-se a inibição na germinação pela contagem de Unidade Formadora de Colônias (UFC). Em teste *in vivo* irradiou-se a região peduncular do fruto com doses de 0,5 a 2,0 kJ m<sup>-2</sup>. Após irradiados, os mamões foram armazenados durante sete dias em câmara fria e oito dias em temperatura ambiente, avaliando-se, diariamente, a incidência e a severidade da doença. A dose de UV-C necessária para inibir os esporos variou em função da sensibilidade da espécie fúngica. Em frutos, doses  $\geq 0,5$  kJ m<sup>-2</sup> prolongaram o período de incubação dos frutos e diminuíram a taxa de progresso da podridão peduncular, sendo ótima a dose considerada entre 0,5 e 1,5 kJ m<sup>-2</sup>. A epiderme do mamão é sensível à radiação UV-C, portanto a aplicação desta radiação deve ser direcionada apenas ao pedúnculo, e o restante do fruto deve ser protegido.

**Termos para indexação:** *Carica papaya*, UV-C, doença pós-colheita, método alternativo, controle físico.

---

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

<sup>2</sup> Engenheira-agrônoma, doutora em Fisiologia e Bioquímica de Plantas, pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.

<sup>3</sup> Engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

<sup>4</sup> Química, doutora em Química Orgânica, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

<sup>5</sup> Engenheira de Alimentos, Centro Universitário de Jaguariúna, Jaguariúna, SP.

## Use of ultraviolet-C to control papaya stem-end rot

**Abstract** - Fruit stem-end rot in papaya is a limiting factor in commercialization, mainly for exportation. The aims of this work were to determine the ultraviolet C light (UV-C) doses to inhibit the spore germination of the fungi complex causing papaya stem-end rot, and to evaluate doses for controlling the disease. Spore suspensions were irradiated with different doses ranging from 0.25 to 2.0 kJ m<sup>-2</sup>, plated, and after 72h, the inhibition on germination was evaluated. For in vivo tests, the peduncle region of the fruit was irradiated with doses from 0.5 to 2.0 kJ m<sup>-2</sup>. After irradiation, the papayas were stored for 7 days in a cold room and 8 days at room temperature, evaluating daily the incidence and severity of the disease. The dose of UV-C required to inhibit fungal spores germination varied according to the sensitivity of the fungal species. On fruit, UV-C radiation presented an effective result from the dose of 0.5 kJ m<sup>-2</sup>, which significantly increased the incubation period and lowered the progression rate of peduncle rot, as the optimal dose falling within the range from 0.5 to 1.5 kJ m<sup>-2</sup>. The epidermis of papaya was found to be very sensitive to UV-C, therefore the radiation should be directed only to the peduncle, protecting the rest of the fruit.

Index terms: *Carica papaya*, UV-C, postharvest disease, alternative method, physical control.

## Introdução

---

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de frutas. Em 2017 produziu 43,5 milhões de toneladas segundo a Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados (Abrafrutas), exportando principalmente para os países do hemisfério norte, ocupando importantes janelas da entressafra mundial, época de pouca oferta de frutas tropicais. A meta estipulada pela Abrafrutas e pela Comissão de Fruticultura da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) é exportar US\$ 1 bilhão em frutas até 2020, tendo em vista as negociações de exportação de melão para a China. Dentre as frutas exportadas in natura destaca-se o mamão. Em 2017 exportou-se 40.000t da fruta, perfazendo um valor comercializado (FOB) de aproximadamente US\$ 40 milhões (Anuário Brasileiro de Fruticultura, 2018).

Concomitante à rápida expansão da fruticultura brasileira cresceram os problemas fitossanitários e, entre esses, as doenças que causam perdas em pós-colheita. Segundo a FAO, estima-se que um terço das frutas e olerícolas se perdem depois de colhidas (Gustavsson et al., 2011). Em mamão as principais doenças fúngicas que ocorrem nas regiões produtoras do Brasil são a antracnose, cujo agente causal é o fungo *Colletotrichum* spp., e a podridão peduncular provocada por um complexo formado por 5 espécies fúngicas: *Phoma caricae-papayae*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium solani* (Nery-Silva et al., 2007) e *Alternaria alternata* (Alvarez; Nishijima, 1987).

Atualmente, para prevenir estas perdas, tem-se utilizado fungicidas sintéticos em pós-colheita, que podem contaminar as frutas depois de colhidas e acarretar sérios problemas ao meio ambiente.

O uso de fungicidas sintéticos é bastante comum no tratamento pós-colheita, por ser de fácil acesso e aplicação, e apresentar ação curativa e preventiva de infecções fúngicas. No entanto, seu uso está se tornando cada vez mais limitado devido à conscientização do consumidor com relação aos riscos causados à saúde e ao ambiente, bem como ao declínio da eficiência dos poucos princípios ativos registrados para o controle químico de podridões em pós-colheita. O uso continuado do mesmo princípio ativo tem levado à seleção de raças resistentes de isolados de fungos. Por outro lado, o custo

para se desenvolver e registrar novas moléculas químicas é muito elevado e, portanto, um mercado limitado como o da pós-colheita de frutas não estimula o interesse das empresas multinacionais do setor. Somado a isso, tem havido expressiva diminuição no limite máximo permitido de resíduos de pesticidas (LMR), principalmente nos países importadores da Comunidade Europeia, limitando cada vez mais o seu uso (Romanazzi et al., 2016; Usall et al., 2016).

Produtos livres de contaminantes, provenientes de agricultura limpa são cada vez mais valorizados por consumidores do mundo inteiro. A redução ou eliminação de agrotóxicos no controle das doenças pós-colheita é, portanto, um imperativo econômico e não mais uma opção. Por todas essas razões, o desenvolvimento de tecnologias alternativas limpas, sem o uso de fungicidas sintéticos para o controle de doenças pós-colheita é fundamental e urgente para a sustentabilidade e a manutenção da cadeia produtiva e do comércio de frutas frescas.

A podridão peduncular em mamão, causada por complexo fúngico, tem promovido sérios prejuízos tornando-se fator limitante na comercialização de frutos, principalmente para o mercado externo (Nery-Silva et al., 2007). O seu controle é dificultado em virtude da maioria dos fungos estarem quiescentes nos frutos, que se mostram aparentemente sadios no momento do embarque.

Os sintomas da doença aparecem, gradativamente, durante o período de transporte e comercialização, estando os frutos em estágio de amadurecimento mais avançado, trazendo grande apreensão e transtornos aos atacadistas, varejistas e principalmente aos exportadores de frutas.

Os patógenos causadores desta doença penetram no pedúnculo por meio das aberturas naturais e ferimentos, principalmente durante a formação da inflorescência e floração, sobrevivendo endofiticamente, especialmente no floema. Esses patógenos podem estar presentes também no xilema, permanecendo assintomaticamente na região peduncular até o período de amadurecimento do fruto; frutos imaturos são resistentes à podridão peduncular. Durante o amadurecimento dos frutos, ocorrem mudanças bioquímicas e fisiológicas drásticas, como a emissão de etileno e outros fitohormônios, conversão de açúcares solúveis, perda de resistência da parede celular, diminuição no nível de fitoalexinas e de mecanismos de defesa. Estas alterações são percebidas pelos fungos patogênicos que passam do estado

assintomático quiescente para o estado necrotrófico agressivo, e causam os sintomas da podridão peduncular (Galsurker et al., 2018).

No início do amadurecimento dos frutos, os sintomas se manifestam como mancha parda a escura ao redor do pedúnculo. Em função do amadurecimento os sintomas evoluem para uma podridão da região, com escurecimento da lesão, acompanhado de amolecimento e completa degeneração do tecido (Figura 1).



**Figura 1.** Mamão papaya com sintoma de podridão peduncular em estágio avançado. Foto: Daniel Terao

Para reduzir as doenças em pós-colheita, algumas tecnologias alternativas aos fungicidas têm demonstrado resultados bastante favoráveis e promissores, como a irradiação com luz ultravioleta C (UV-C).

A radiação UV-C pode atuar diretamente sobre os patógenos, removendo ou destruindo esporos e micélio da epiderme dos frutos. De maneira indireta, interfere na fisiologia do fruto, retarda os processos bioquímicos de amadurecimento e senescência, reduz a taxa respiratória e a transpiração. Atua, também, como indutores de resistência ao ataque de microrganismos e não contamina o produto (Benato et al., 2006; Romanazzi et al., 2016).

Verificou-se em frutos tratados com a luz UV-C acúmulo de chitinase,  $\beta$ -1,3-glucanase e fenilalanina amônia liase, enzimas relacionadas com a resposta de resistência natural do fruto ao ataque de fitopatógenos (Usall et al., 2016).

A indução de resistência a doenças pela aplicação de doses subletais de luz UV-C é o resultado de um fenômeno denominado de hormese, que é definido como o estímulo de efeitos benéficos por doses baixas de agentes potencialmente nocivos, que contrasta com o efeito germicida de doses elevadas de luz UV-C. Resultados de pesquisa têm comprovado o efeito da radiação UV-C no controle do desenvolvimento de fitopatógenos e no retardamento da maturação em diversas espécies frutícolas. Em frutas tratadas com luz UV-C, observou-se uma desaceleração de processos bioquímicos relacionados com a maturação, que retarda a senescência (Yang et al., 2014).

Vale mencionar também que o tratamento com luz UV-C pode aumentar as propriedades nutracêuticas em frutas e vegetais frescos, como o aumento dos níveis de antocianinas, do poder antioxidante, e das substâncias como resveratrol, vitamina D2 e licopeno (Liu et al., 2012).

Para obter-se bons resultados com o uso desta tecnologia é fundamental, *a priori*, que se otimize e defina a dose correta a ser aplicada, uma vez que existe grande especificidade na sensibilidade de cada fungo e diferentes níveis de tolerância para cada espécie frutícola.

Dessa forma, os objetivos desse trabalho foram definir as doses de UV-C que inibem a germinação de esporos dos fungos do complexo causador da podridão peduncular em mamão: *A. alternata*, *C. gloeosporioides*, *F. solani* e *L. theobromae*, e avaliar o efeito de doses de UV-C no controle da podridão peduncular em mamão papaya (do grupo Solo).

## Material e Métodos

---

Mamões papaya cultivar 'THB', obtidos de área comercial do município de Mucuri, BA, foram colhidos no estágio 1 de amadurecimento (Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura, 2003), e sem terem recebido

nenhum tratamento prévio com fungicidas pós-colheita, foram submetidos aos tratamentos com a radiação UV-C.

A aplicação da luz UV-C foi feita em um irradiador cuja luz, na faixa de comprimento de onda predominante de 253,7 nm, é emitida por uma lâmpada germicida Osram Puritec HNS de 36 W de potência, numa fluência média de  $370 \mu\text{W cm}^{-2}$ , a uma distância média de 15 cm da fonte de luz, direcionada à região peduncular. A dose aplicada foi ajustada pelo tempo de irradiação de acordo com a seguinte fórmula:

$$t(s) = D (\text{kJ m}^{-2}) / I (\text{W m}^{-2})$$

sendo que  $t(s)$  é o tempo de aplicação,  $D$  é a dose a ser aplicada e  $I$  é a fluência da lâmpada.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Microbiologia Ambiental Raquel Ghini (LMA) da Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariúna, SP.

Avaliou-se, primeiramente, o efeito da luz UV-C no desenvolvimento dos fungos causadores da podridão peduncular do mamão, *A. alternata*, *C. gloeosporioides*, *F. solani*, *L. theobromae* e *P. caricae-papayae*, em testes *in vitro* conduzidos individualmente para cada patógeno.

Ao realizar os testes *in vitro* foram abertas placas de Petri de 60 mm contendo 5 mL de uma suspensão de esporos de cada fungo na concentração de  $1 \times 10^5$  esporos  $\text{mL}^{-1}$  e irradiadas mediante ajuste do tempo de exposição, em função das doses selecionadas, de acordo com a espécie fúngica (Nascimento et al., 2014). As doses de UV-C aplicadas foram: *A. alternata* (0,50; 1,20; 1,50; 2,0  $\text{kJ m}^{-2}$ ), *C. gloeosporioides* (0,25; 0,50; 1,00; 1,50  $\text{kJ m}^{-2}$ ), *F. solani* (0,50; 0,60; 0,70  $\text{kJ m}^{-2}$ ), *L. theobromae* (1,0; 1,5  $\text{kJ m}^{-2}$ ). As doses foram ajustadas de acordo com a sensibilidade de cada espécie fúngica observada em ensaios prévios. Como controle foram utilizadas suspensões de esporos de cada fungo sem receber a irradiação.

Após a irradiação, transferiram-se 100  $\mu\text{L}$  da suspensão fúngica para uma placa de Petri de 90 mm espalhando-a sobre o meio BDA com uma alça de Drigalski. Estas placas foram mantidas em BOD a 30°C no escuro durante 72h procedendo-se, então, a contagem de Unidades Formadoras de Colônias (UFC).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado considerando as doses como tratamentos e cinco repetições, e cada repetição foi representada por uma placa de Petri.

Nos testes *in vivo* avaliaram-se quatro doses de irradiação UV-C:  $0,5 \text{ kJ m}^{-2}$ ;  $1,0 \text{ kJ m}^{-2}$ ;  $1,5 \text{ kJ m}^{-2}$ ;  $2,0 \text{ kJ m}^{-2}$ , comparando-se com mamões não irradiados (testemunha). Os frutos foram irradiados com os pedúnculos voltados para a lâmpada (Figura 2) e, em seguida, armazenados em ambiente refrigerado a  $10 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , durante sete dias, seguidos de mais oito dias adicionais em ambiente com temperatura ao redor de  $22 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , para simular as condições de transporte e comercialização.

Foto: Daniel Terao



**Figura 2.** Irradiação de mamão papaya cultivar 'THB' com luz ultravioleta C.

Após a retirada dos frutos do ambiente refrigerado, avaliou-se, diariamente, durante os oito dias em temperatura ambiente, a incidência e a severidade da podridão peduncular, usando a seguinte escala de notas: 0= ausência de sintomas, 1= menos de 25% da região peduncular afetada, 2= 25 a 50%, 3= 50-75%, 4= 75 a 100%, 5= 100% da região peduncular afetada, avançando para o fruto. A partir dos dados de severidade foi calculada a área abaixo da curva de progressão da doença (AACPD), considerando-se o período de 15 dias de armazenamento.

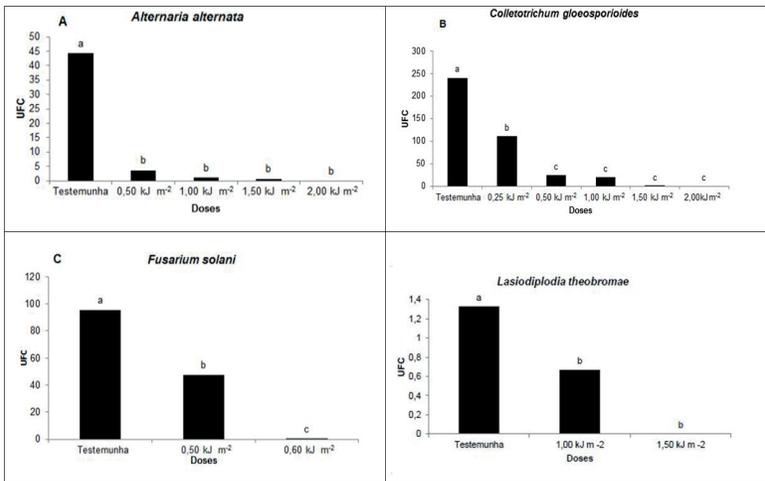
O delineamento foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos (doses UV-C) e oito repetições, cada repetição sendo um fruto de mamão.

Os dados dos testes *in vitro* e *in vivo* (período de incubação e taxa de progresso da doença) foram analisados pela análise de variância (ANOVA) e as médias obtidas foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SAS, versão 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA).

## Resultados e discussão

---

Os testes *in vitro* indicaram que a radiação UV-C foi eficiente na inibição da germinação de esporos dos fungos causadores da podridão peduncular no mamão, e que a dose letal variou de acordo com a espécie fúngica. Para *F. solani* a dose de 0,6 kJ m<sup>-2</sup> foi suficiente para inibir 98% da germinação de esporos, para *L. theobromae* foi necessária uma dose a partir de 1,0 kJ m<sup>-2</sup>. Para inibir completamente a germinação de esporos de *A. alternata* e de *C. gloeosporioides* foi necessário aplicar uma dose a partir de 0,5 kJ m<sup>-2</sup> (Figura 3).



**Figura 3.** Efeito da radiação UV-C, *in vitro*, na germinação de esporos dos fungos causadores da podridão peduncular em mamão: A. *Alternaria alternata*, B. *Colletotrichum gloeosporioides*, C. *Fusarium solani* e D. *Lasiodiplodia theobromae*.

Os resultados do presente trabalho corroboram com a afirmação de Terao et al. (2015) de que a sensibilidade à luz UV-C está relacionada com a espécie fúngica. Cia et al. (2007) ao estudar patógenos pós-colheita de mamão verificaram que a taxa de crescimento de *C. gloeosporioides* de mamão diminuiu a partir de 0,84 kJ m<sup>-2</sup>, e que doses entre 0,4 a 1,3 kJ m<sup>-2</sup> atuam significativamente na redução da esporulação do fungo.

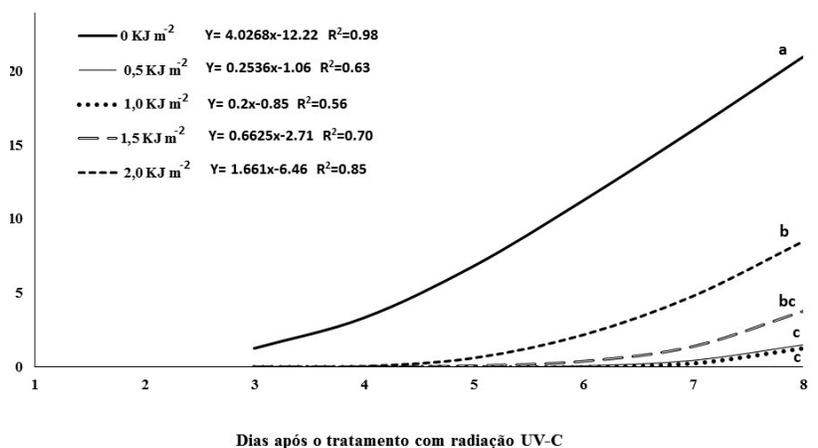
Quando a radiação UV-C foi aplicada no fruto, verificou-se que os frutos de mamão tratados com as doses de 0,5 a 2,0 kJ m<sup>-2</sup> apresentaram maior período de incubação da doença (6 a 7,5 dias) quando comparado com a testemunha (2,6 dias). Observou-se diferença estatística do período de incubação entre a dose de 2,0 kJ m<sup>-2</sup> (7,5 dias) e a dose de 0,5 kJ m<sup>-2</sup> (6 dias).

**Tabela 1.** Período de incubação da podridão peduncular em frutos de mamão submetidos a diferentes doses de UV-C.

| Dose UV-C              | Período de incubação (dias) |
|------------------------|-----------------------------|
| 2,0 KJ m <sup>-2</sup> | 7,5 a                       |
| 1,5 KJ m <sup>-2</sup> | 7,3 ab                      |
| 1,0 KJ m <sup>-2</sup> | 6,8 ab                      |
| 0,5 KJ m <sup>-2</sup> | 6 b                         |
| 0 (Testemunha)         | 2,6 c                       |

O maior período de incubação da podridão peduncular em frutos tratados com a radiação UV-C é de extrema importância para o setor produtivo, uma vez que aumenta a vida de prateleira dos frutos de mamão. O rápido desenvolvimento da doença após a retirada dos frutos da câmara fria é um dos principais problemas na comercialização do produto.

Em relação à severidade observou-se que a taxa de progresso da doença foi menor em frutos tratados com radiação UV-C, independente da dose utilizada (Figura 4). As menores taxas foram observadas nos frutos tratados com as doses de 0,5 kJ m<sup>-2</sup> (0,25) e 1,0 kJ m<sup>-2</sup> (0,20), enquanto que a testemunha apresentou taxa de progresso em torno de 4,0. (Figura 4).



**Figura 4.** Progresso da podridão peduncular do mamão em frutos tratados com diferentes doses de radiação UV-C, durante 8 dias de armazenamento, em temperatura ambiente e após a retirada do armazenamento de 7 dias em ambiente refrigerado a 10°C. A dose de 0 KJ m<sup>-2</sup> representa o tratamento controle. AACPD= Área abaixo da curva de progresso da doença.

Considerando os resultados combinados de período de incubação e taxa de progresso da doença, os frutos de mamão tratados com as doses de 0.5 kJ m<sup>-2</sup> e 1.0 kJ m<sup>-2</sup> apresentaram sintomas da podridão peduncular após 6-7 dias depois da retirada da câmara fria e menores taxas de progresso da doença. Embora os frutos de mamão tratados com a dose de 2,0 kJ m<sup>-2</sup> tenham apresentado um período de incubação maior (7,5 dias) que os frutos tratados com a dose de 0.5 kJ m<sup>-2</sup> (6 dias), a taxa de progresso da doença nos frutos tratados com a dose de 2,0 kJ m<sup>-2</sup> também foi maior (1,6) do que a taxa de progresso dos frutos tratados com a dose de 0.5 kJ m<sup>-2</sup> (0,2) (Tabela 1 e Figura 4). Após 8 dias de armazenamento em temperatura ambiente, a maioria dos frutos da dose 2,0 kJ m<sup>-2</sup> apresentou 100% da região peduncular afetada, enquanto os frutos da dose de 0,5 kJ m<sup>-2</sup> apresentaram de 0 a 50% da região peduncular afetada.

As informações sobre o uso da radiação UV-C em mamão são, ainda, bastante escassas. Cia et al. (2007) verificaram que a epiderme do mamão é bastante sensível à luz UV-C, portanto, há necessidade de maior investigação para definir a dose e a forma de aplicação mais adequada para o tratamento do fruto. Os resultados obtidos no estudo conduzido na Embrapa Meio Ambiente também confirmaram essa sensibilidade da epiderme do mamão e os cuidados que devem ser tomados para tratar apenas a região afetada pelo desenvolvimento dos patógenos. Stevens et al. (2005) fizeram um estudo interessante, aplicando a luz UV-C de diferentes formas: direcionando apenas no pedúnculo, numa posição estacionária e fazendo a rotação do fruto. Verificaram que não houve diferença no nível de controle das doenças pós-colheita provocadas por *C. gloeosporioides*, *Monilinia fructicola* e *Penicillium digitatum*, em maçã, pêssego e tangerina, respectivamente, quando a irradiação foi feita apenas no pedúnculo ou em toda a superfície, pela rotação do fruto. Isto demonstra que o principal mecanismo de controle envolvido é, de fato, a indução de resistência natural do fruto. Desta forma, foi escolhida no presente estudo a aplicação da radiação UV-C direcionada somente para a região peduncular devido a sensibilidade da fruta e para evitar o bronzeamento da epiderme.

Informações precisas sobre a dose adequada para cada espécie frutícola são, ainda, escassas na literatura. González-Aguillar et al. (2007) avaliaram a irradiação de frutas de mangas com luz UV-C nas doses de 2,46 e 4,93 kJ m<sup>-2</sup>, e verificaram uma redução significativa na severidade de podridões.

Observaram, também, a manutenção da aparência geral das frutas e aumento do tempo de vida de prateleira. Este efeito favorável está relacionado com níveis mais elevados das enzimas, fenilalanina amônia liase, lipoxigenase, além de fenóis e flavonoides.

Terao et al. (2015, 2018) verificaram que a dose adequada de luz UV-C para controle da podridão causada por *B. dothidea* é 2,5 kJ m<sup>-2</sup> no tratamento pós-colheita de manga ‘Tommy Atkins’, para condições climáticas brasileiras, que proporcionou um controle aproximado de 70% da doença. Doses maiores provocaram escaldadura da epiderme da fruta, e aumentou a severidade da doença. Os autores observaram, também, que ao aplicar a dose correta houve diminuição no metabolismo dos frutos irradiados, com desaceleração no processo de senescência e indução de mecanismos de resistência. No melão, Huang et al. (2015) usaram dose mais elevada de 4 kJ m<sup>-2</sup>, combinada com o biocontrole usando a levedura *Pichia cecembensis*, e obteve controle eficiente da podridão causada por *F. oxysporum* e *Alternaria alternata* em melão ‘cv. Cuilv’, sem afetar os aspectos qualitativos do fruto.

Em citrus, observou-se que a dose adequada de luz UV-C para o controle de *P. digitatum*, depende da espécie cítrica que se pretende tratar, variando de 0,5 kJ m<sup>-2</sup> para grapefruit “Star Ruby” até 9,0 kJ m<sup>-2</sup> para laranja ‘Valencia’, mantendo-se a fruta sob refrigeração (D’Hallewin et al., 2000). Shama e Alderson (2005) observaram aumento nos níveis das fitoalexinas scoparone e escopoletin, que pode estar relacionado com o controle da doença em laranjas irradiadas. Terao et al. (2017) verificaram que a dose ideal de luz UV-C para o controle de mofo verde em laranja ‘Pera’ é 2,0 kJ m<sup>-2</sup>, e que a combinação deste tratamento com a levedura *Candida membranifaciens* é uma alternativa viável ao controle químico com fungicida.

Segundo Wisniewski et al. (2016), a estratégia para aumentar a eficácia dos métodos alternativos de controle é integrar diversos métodos, a fim de se obter um desempenho similar ao controle químico. Resultados de pesquisas têm demonstrado que a irradiação com a luz UV-C potencializa o tratamento hidrotérmico (HWRB) no controle de podridões em diversas espécies de frutas, como em citrus (Ben-Yehoshua; Mercier, 2005), manga (Sripong et al., 2015), maçã (Bartinicki et al., 2011), morango e cereja (Marquenie et al., 2003). Terao et al. (2017, 2018) comprovaram, também, a eficácia da combinação dos dois métodos físicos no controle de doenças pós-colheita de

manga, melão e laranja, definindo combinações de tempo e temperatura e de doses de UV-C adequadas para cada espécie de fruta, visando o controle de uma determinada espécie de fungo.

## Conclusões

---

As espécies fúngicas relacionadas à podridão peduncular do mamão apresentaram sensibilidades distintas à radiação UV-C.

A radiação UV-C apresentou resultado favorável no controle da podridão peduncular a partir da dose de 0,5 kJ m<sup>-2</sup>, com dose ótima entre 0,5 e 1,5 kJ m<sup>-2</sup>, demonstrando ser um método alternativo ao uso de fungicidas químicos e mostrando sua potencialidade para compor um manejo integrado de podridão peduncular no tratamento pós-colheita de mamão.

A epiderme do mamão é sensível à luz UV-C, e por isso recomenda-se a aplicação da radiação UV-C direcionada apenas ao pedúnculo, protegendo-se o restante do fruto.

## Agradecimento

---

À FAPESP (Processo 2018/25318-7) pelo apoio financeiro.

## Referências

---

ALVAREZ, A. M.; NISHIJIMA, W. T. Postharvest diseases of papaya. **Plant Disease**, v. 71, n. 8, p. 681-686, 1987.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz, RS: Gazeta Santa Cruz, 2018.

BARTINICKI, V. A.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M.; AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A. Tratamento hidrotérmico e com radiação UV-C no controle pós-colheita da podridão olho-de-boi em uma linha comercial de seleção de maçãs. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 737-745, 2011.

BENATO, E. A.; CIA, P.; CAMILI, E. C. Controle físico. In: OLIVEIRA, S. M. A.; TERAQ, D.; DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C. de H. (Ed.). **Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 173-189.

BEN-YEHOSHUA, S.; MERCIER, J. UV irradiation, biological agents and natural compounds for controlling postharvest decay in fresh fruits and vegetables. In: BEN-YEHOSHUA, S. (Ed.). **Environmental friendly technologies for agricultural produce quality**. Boca Raton: Taylor & Francis, 2005. p. 266-299.

CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; BENATO, E. A.; CAMILI, E. C.; SANTOS, C. A. Effects of gamma and UV-C irradiation on the postharvest control of papaya anthracnose. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43, n. 3, p. 366-373, 2007.

D'HALLEWIN, G.; SCHIRRA, M.; PALA, M.; BEN-YEHOSHUA, S. Ultraviolet C Irradiation at 0.5 kJ m<sup>-2</sup> reduces decay without causing damage or affecting postharvest quality of Star Ruby grapefruit (*C. paradise* Macf.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 4571-4575, 2000.

GALSURKER, O.; DISKIN, S.; MAURER, D.; FEYGENBERG, O.; ALKAN, N. Fruit stem-end rot. **Horticulturae**, v. 4, n. 4, p. 1-16, 2018.

GUSTAVSSON, J.; CEDERBERG, C.; SONESSON, U.; van OTTERDIJK, R.; MEYBECK, A. **Global food losses and food waste: extent, causes and prevention**. Rome: FAO, 2011. 29 p.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; ZAVALETA-GATICA, R.; TIZNADO-HERNÁNDEZ, M. E. Improving postharvest quality of mango Haden by UV-C treatment. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, p. 108-116, 2007.

HUANG, K.; ZOU, Y.; LUO, J.; LIU, Y. Combining UV-C treatment with biocontrol yeast to control postharvest decay of melon. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, p. 14307-14313, 2015.

LIU, C.; CAI, I.; LU, X.; HANG, X.; YING, T. Effect of postharvest UV-C irradiation on phenolic compound content and antioxidant activity of tomato fruit during storage. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 11, p. 159-165, 2012.

MARQUENIE, D.; GEERAERD, A. H.; LAMMERTYN, J.; SOONTJENS, C.; IMPE, J. F.; MICHIELS, C. W.; NICOLAI, B. M. Combinations of pulsed white light and UV-C or mild heat treatment to inactivate conidia of *Botrytis cinerea* and *Monilia fructigena*. **International Journal of Food Microbiology**, v. 85, p. 185-196, 2003.

NASCIMENTO, F. V.; SANTOS, M. C.; VALDEBENITO SANHUEZA, R. M.; BARTINICKI, V. A. Hidrotermia e radiação UV-C no controle de patógenos de manga e melão. **Summa Phytopatologica**, v. 40, n. 4, p. 313-317, 2014.

NERY-SILVA, F. A.; MACHADO, J. C.; RESENDE, M. L. V.; LIMA, L. C. O. Inoculation methodology of papaya fruits with fungi causing stem-end rot. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1374-1379, 2007.

PROGRAMA BRASILEIRO PARA MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA. **Normas de classificação do mamão**. São Paulo: Ceagesp, 2003. (Ceagesp. CQH. Documentos, 25).

ROMANAZZI, G.; SANZANI, S. M.; BI, Y.; TIAN, S.; MATINEZ, P. G.; ALKAN, N. Induced resistance to control postharvest decay of fruit and vegetables, **Postharvest Biology and Technology**, v. 122, p. 82-94, 2016.

SHAMA, G.; ALDERSON, P. UV hormesis in fruits: a concept ripe for commercialization. **Trends of Food Science & Technology**, v. 16, n. 4, p. 128-136, 2005.

SRIPONG, K.; JITAREERAT, P.; TSUYUMU, S.; UTHAIRATANAKIJ, A.; SRILAONG, V.; WONGS-AREE, C.; MA, G.; ZHANG, L.; KATO, M. Combined treatment with hot water and UVC elicits resistance against anthracnose and improves the quality of harvested mangoes. **Crop Protection**, v. 77, p. 1-8, 2015.

STEVENS, C.; KHAN, V. A.; WILSON, J. Y.; CHALUTZ, E.; DROBY, S. The effect of fruit orientation of postharvest commodities following low dose ultraviolet light-C treatment on host induced resistance to decay. **Crop Protection**, v. 24, p. 756-759, 2005.

TERAO, D.; CAMPOS, J. S. C.; BENATO, E. A.; HASHIMOTO, J. M. Alternative strategy on postharvest diseases of mango (*Mangifera indica* L.) control by use of low dose of ultraviolet-C irradiation. **Food Engineering Reviews**, v.7, p.171-175, 2015.

TERAO, D.; NECHET, K. L.; FRIGHETTO, R. T. S.; ANJOS, V. D. A.; BENATO, E. A.; HALFELD-VIEIRA, B. A. Physical postharvest treatments in the control of stem-end rot of mango. **Journal of Phytopathology**, v. 166, p. 581-589, 2018.

TERAO, D.; NECHET, K. L.; PONTE, M. S.; MAIA, A. H. N.; ANJOS, V. D. A.; HALFELD-VIEIRA, B. A. Physical postharvest treatment combined with antagonistic yeast on the control of orange green mold. **Scientia Horticulturae**, v. 224, p. 317-323, 2017.

USALL, J.; IPPOLITO, A.; SISQUIELLA, M.; NERI, F. Physical treatments to control postharvest diseases of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 122, p. 30-40, 2016.

WISNIEWSKI, M.; DROBY, S.; NORELLI, J.; LIU, J.; SCHENA, L. Alternative management technologies for postharvest disease control: the journey from simplicity to complexity. **Postharvest Biology and Technology**, v. 122, p. 3-10, 2016.

YANG, Z.; CAO, S.; SU, X.; JIANG, Y. Respiratory activity and mitochondrial membrane associated with fruit senescence in postharvest peaches in response to UV-C treatment. **Food Chemistry**, v. 161, p. 16-21, 2014.

**Embrapa**

---

**Meio Ambiente**

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL

CGPE número 15363