

Luz Ultravioleta Pulsada no Controle de Podridão Pós-Colheita e na Qualidade de Melão para Exportação



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroindústria Tropical
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
173**

**Luz Ultravioleta Pulsada no Controle de
Podridão Pós-Colheita e na Qualidade
de Melão para Exportação**

Andréia Hansen Oster
Ebenézer de Oliveira Silva
Patrícia do Nascimento Bordallo
Guilherme Julião Zocolo
Márcia Régia Souza da Silveira
Francisco Oiram Filho
Antonio Ageu Cardoso de Araújo

Embrapa Agroindústria Tropical
Fortaleza, CE
2018

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

Embrapa Agroindústria Tropical
Rua Dra. Sara Mesquita 2270, Pici
CEP 60511-110 Fortaleza, CE
Fone: (85) 3391-7100
Fax: (85) 3391-7109
www.embrapa.br/agroindustria-tropical
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente
Gustavo Adolfo Saavedra Pinto

Secretária-executiva
Celli Rodrigues Muniz

Secretária-administrativa
Eveline de Castro Menezes

Membros
*Marlos Alves Bezerra, Ana Cristina Portugal
Pinto de Carvalho, Deborah dos Santos Garruti,
Dheyne Silva Melo, Ana Iraidy Santa Brigida,
Eliana Sousa Ximendes*

Supervisão editorial
Ana Elisa Galvão Sidrim

Revisão de texto
José Cesamildo Cruz Magalhães

Normalização bibliográfica
Rita de Cassia Costa Cid

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Ariilo Nobre de Oliveira

Foto da capa
Claudio de Norões Rocha

1ª edição
On-line (2018)

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 Agroindústria Tropical

Luz ultravioleta pulsada no controle de podridão pós-colheita e na qualidade de melão para exportação / Andréia Hansen Oster... [et al.]. – Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2018.

26 p. : il. ; 16 cm x 22 cm — (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN 1679-6543; 173).

Publicação disponibilizada on-line no formato PDF.

1. Oster, Andréia Hanser. 2. Silva, Ebenézer de Oliveira. 3. Bordallo, Patrícia do Nascimento. 4. Guilherme Julião Zocolo. 5. Silveira, Márcia Régia Souza da. 6. Oiram Filho, Francisco. 7. Araújo, Antônio Ageu Cardoso de. I. *Fusarium pallidorozeum*. II. Luz pulsada. III. Qualidade pós-colheita. IV. Série.

CDD 635.61

© Embrapa, 2018

Sumário

Resumo	4
Abstract	6
Introdução.....	7
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	12
Conclusão.....	21
Agradecimentos.....	21
Referências	21

Luz Ultravioleta Pulsada no Controle de Podridão Pós-Colheita e na Qualidade de Melão para Exportação

Andréia Hansen Oster¹

Ebenézer de Oliveira Silva²

Patrícia do Nascimento Bordallo³

Guilherme Julião Zocolo⁴

Márcia Régia Souza da Silveira⁵

Francisco Oiram Filho⁶

Antonio Ageu Cardoso de Araújo⁷

Resumo - A segurança no consumo de frutas *in natura* está associada, principalmente, à redução do risco químico, que resulta da presença de substâncias químicas potencialmente tóxicas em concentrações superiores aos limites máximos permitidos por leis nacionais ou internacionais. Em melões amarelos, os potenciais riscos químicos são provenientes, em parte, dos defensivos agrícolas utilizados no combate às podridões pós-colheita, como a causada pelo *Fusarium pallidoroseum* (Cooke) Sacc), um fungo quiescente, identificado como um dos principais fungos causadores de uma podridão em melões cultivados no Nordeste brasileiro – a podridão-por-fusário. Em defesa de seus consumidores, os países desenvolvidos estabeleceram limites rígidos para a quantidade máxima de resíduos químicos, privilegiando os tratamentos físicos, como, por exemplo, a luz ultravioleta pulsada (UVp). O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da luz UVp na redução da podridão-por-fusário e

¹ Engenheira-agrônoma, doutora em Fitotecnia, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, andrea.hansen@embrapa.br

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Fisiologia Vegetal, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, ebenazer.silva@embrapa.br

³ Engenheira-agrônoma, doutora em Produção Vegetal, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, patricia.bordallo@embrapa.br

⁴ Químico, doutor em Química Analítica, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, guilherme.zocolo@embrapa.br

⁵ Farmacêutica-Bioquímica, mestra em Tecnologia de Alimentos, analista da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE.

⁶ Doutorando Engenharia Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

⁷ Graduando Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

na qualidade pós-colheita dos frutos do meloeiro. As variáveis avaliadas foram incidência e severidade da doença, bem como a firmeza, o teor de sólidos solúveis (SS), os açúcares totais e redutores, a acidez titulável (AT) e a relação SS/AT. A aplicação da luz UVp reduziu a incidência e a severidade da doença, não afetando a qualidade pós-colheita dos frutos do meloeiro amarelo.

Palavras-chave: Luz pulsada, *Fusarium pallidoroseum*, qualidade pós-colheita.

Pulsed Ultraviolet Light to Control Postharvest Rot and Maintenance of Melon Quality for Export

Abstract - Safe consumption of fresh fruits is mainly associated with absence of chemical hazard. This risk results from the presence of chemicals in concentrations above the maximum limits allowed by national or international laws. In yellow melons, chemical potential-risks derive of the synthetic compounds used to control postharvest diseases, such as that caused by *Fusarium pallidroseum* (Cooke) Sacc); a quiescent fungus associated common rot in melons grown in Northeast Brazil – a Fusarium-rot. In order to defend its consumers, developed countries have fixed strict limits on maximum amount of chemical residues, focusing on physical treatments such as ultraviolet-pulsed light (UVp). The work aimed to evaluate the effect of UVP light in reducing Fusarium rot, and on the postharvest quality of melons. The variables evaluated were incidence and severity of disease, firmness, soluble solids (SS), total and reducing sugars, titratable acidity (AT), and the ratio SS/AT. The application of UVP light reduced the incidence and severity of the disease, not affecting the postharvest quality of melon fruits.

Keywords: Pulsed light, *Fusarium pallidroseum*, postharvest quality.

Introdução

O Brasil, em 2016, produziu 596.430.000 quilogramas (kg) de melão (IBGE, 2018). Desse total, foram exportados 224.688.423 kg (37,67%), gerando divisas de aproximadamente 150 milhões de dólares (Brasil, 2018). No entanto, de acordo com os exportadores brasileiros, em torno de 15% dos melões exportados (aproximadamente 34 mil toneladas) chegaram ao destino com sintomas de doenças pós-colheita e, por isso, foram descartados. Naquele ano (2016), o preço médio do quilograma de melão no mercado internacional foi de 66 centavos de dólar (Brasil, 2018), totalizando uma perda financeira em torno de 22 milhões de dólares.

Os melões amarelos, o tipo mais exportado pelo Brasil, estão propensos ao ataque de patógenos em toda a cadeia pós-colheita. Todavia, as principais doenças verificadas após a colheita provêm de infecções quiescentes, com destaque para a podridão causada pelo *fungo Fusarium pallidorozeum* (Cooke) Sacc, sinonímia *Fusarium semitectum*. Essas infecções ocorrem na pré-colheita (no campo), na colheita ou nos procedimentos pós-colheita (no *packing house*); mas os sintomas são evidenciados depois de algum tempo, normalmente durante o longo transporte, como é o caso dos melões exportados. No *packing house*, esta particularidade (quiescência) dificulta a seleção visual dos melões infectados. Por isso, a prática recomenda tratar todos os melões para a exportação, partindo do pressuposto que todos podem estar infectados e, conseqüentemente, apresentarão os sintomas da doença, o que deprecia a qualidade e os torna inaceitáveis para o consumidor final.

Há vários anos, somente o Imazalil® está registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o controle químico de doenças pós-colheita do melão. Na União Europeia, esse produto foi liberado (REG – EU N° 705/2011) com o Limite Máximo de Resíduo (LMR) de 0,05 mg kg⁻¹ de melão. Por ser tóxico (Classe Toxicológica III), a sua Ingestão Diária Aceitável (IDA) é de apenas 0,03 mg kg⁻¹ de peso corpóreo (RE N° 3428 de 19/10/06). Como alternativa, tem-se utilizado os sanificantes à base de cloro para o controle de patógenos (Sestari et al., 2008). Entretanto, o cloro pode produzir, na solução de tratamento, subprodutos prejudiciais à saúde humana (Issa-Zacharia et al., 2010), muitos deles carcinogênicos (Schoeny, 2010). Por essas razões, o LMR de hipoclorito de sódio foi estabelecido em 0,01mg kg⁻¹ de fruta na Comunidade

Europeia (REC-EU N° 540/2011), Estados Unidos (REG 21 CFR 173315) e no Brasil (RDC 14 MS 28/02/2007).

No centro desse problema está o bem-estar e a saúde do consumidor, cada vez mais consciente dos benefícios de uma alimentação saudável, caracterizada pela ingestão diária de frutas com alta qualidade nutricional (alimentos funcionais) e sensorial (aroma, sabor e visual); mas também seguras, ou seja, com baixos riscos químicos. Na defesa de seus consumidores, os países desenvolvidos estabeleceram limites rígidos para a quantidade máxima de resíduos químicos, privilegiando os tratamentos físicos (Spadoni; Neri; Mari, 2015) como, por exemplo, a luz ultravioleta (Nascimento et al., 2014; Olaimat; Holley, 2012).

A luz ultravioleta (UV) é uma radiação eletromagnética com comprimentos de onda variando de 100 a 400 nanômetros (nm). Em particular, a luz ultravioleta emitida entre 200 e 280 nm (UV-C) tem efeito germicida (FDA, 2000; Bintsis et al., 2000) para a maioria dos micro-organismos (Rowan; Valdramidis; Gómez-López, 2015), tais como bactérias (Adhikari et al., 2015), protozoários (Hijnen; Beerendonk; Medema, 2006), vírus (BIRMPA et al., 2016), leveduras (Takekita et al., 2003) e fungos (Begum; Hocking; Miskelly, 2009). Quando comparada aos tratamentos químicos ou aos sanificantes clorados, a UV apresenta a vantagem de não gerar resíduos químicos prejudiciais à saúde dos consumidores (Ramos et al., 2013).

A UV pode ser aplicada de duas formas: contínua ou pulsada (UVp). A forma contínua é a convencional. Na pulsada, a UV é armazenada num capacitor, sendo liberada em *flashes* intermitentes (pulsos), o que aumenta de forma instantânea a exposição radiante, tornando a UVp, dependendo do número de pulsos aplicados (Elmnasser et al., 2007), mais efetiva na inativação dos micro-organismos (Luo et al., 2014) devido à rápida destruição das membranas celulares (Ignat et al., 2014).

Tomando por base a comprovada atividade antimicrobiana e as particularidades do tratamento pós-colheita de uma infecção quiescente, este trabalho foi fundamentado em duas hipóteses distintas, mas complementares. A primeira hipótese parte da premissa que a UVp controla a podridão-por-fusário, mesmo quando aplicada após a colheita. A segunda hipótese é que a UVp não depreciará a qualidade de melões sadios. Esta segunda hipótese, conforme mencionado anteriormente, está fundamentada na prática pós-

-colheita de tratar todos os melões, devido à dificuldade de separar visualmente, na *packing house*, os melões sadios daqueles com infecções quiescentes.

Assim, usando como modelo biológico de estudo o melão amarelo 'Goldex', o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da luz UVp no controle da podridão-por-fusário e na qualidade pós-colheita dos frutos do meloeiro.

Material e Métodos

Inicialmente, foram obtidos de melões amarelos 'Goldex', com sintomas típicos da podridão-por-fusário, isolados de *Fusarium pallidoseum*, que foram identificados com base nas características morfológicas específicas. A partir de colônias puras desse fungo, foi obtida uma suspensão de conídios, cuja concentração foi ajustada para $1,0 \times 10^6$ conídios por mililitro (10^6 conídios mL⁻¹). Essa suspensão foi utilizada para a inoculação artificial dos melões antes do tratamento com UVp.

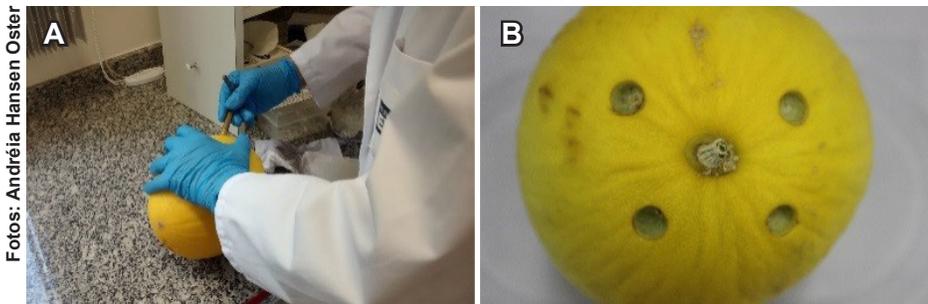
Melões amarelos 'Goldex' foram colhidos diretamente nos pomares de produção da Fazenda NorFruit (lat. 4°54'15.47"S, lon. 37°22'1.86"O), localizada no município de Mossoró, RN, e transportados no mesmo dia para o Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, distante cerca de 240 quilômetros. Os melões foram lavados com detergente neutro (2 mL L⁻¹) e sanificados com solução de hipoclorito de sódio (200 µL L⁻¹). Utilizou-se como fonte de cloro o produto comercial Adheclor®, registrado na Anvisa como desinfetante para hortifrutícolas.

Efeito de doses de UVp sobre a podridão-por-fusário

Para determinar a dose de UVp efetiva para o controle da podridão, os melões foram inoculados artificialmente, conforme a seguir: as superfícies dos melões foram feridas em quatro (4) pontos equidistantes, com o auxílio de um furador de rolhas (Figura 1 A e B), e em cada ferimento foi depositada uma alíquota (20 µL) da suspensão de conídios (10^6 conídios mL⁻¹).

Todos os melões inoculados artificialmente foram tratados com luz UVp, nas doses de 0, 6, 9 e 12 J cm⁻², com o auxílio de uma câmara de luz pulsada (SteriBeam, modelo XeMaticA-2LXL, Alemanha). A câmara foi equipada com duas lâmpadas de *flash* de alta potência, preenchidas com gás xenônio, e suporte transparente de Teflon®, que permitiu exposição completa dos

melões (360°) por ambas as lâmpadas, garantindo assim a uniformidade dos tratamentos. As lâmpadas produziram pulsos curtos de 0,3 μs , com energia de 0,3 J cm^{-2} pulso⁻¹, permitindo calcular a intensidade total (dose) aplicada em cada tratamento, de acordo com o número de pulsos, sendo: 0 J cm^{-2} (tratamento controle); 6 J cm^{-2} (20 pulsos); 9 J cm^{-2} (30 pulsos); e 12 J cm^{-2} (40 pulsos).



Fotos: Andréia Hansen Oster

Figura 1. (A): ferimento da casca do melão para inoculação; e (B) os frutos após inoculação artificial.

Após os tratamentos, os melões foram incubados em câmara úmida por 48 horas a $28 \pm 1^\circ\text{C}$, que fornecia todas as condições favoráveis ao crescimento do patógeno, e depois foram armazenados em câmara fria ($7 \pm 2^\circ\text{C}$) por 21 dias, simulando o tempo necessário para exportação. Ao final do armazenamento, a avaliação do experimento foi realizada com base na incidência (porcentagem de frutos com podridão, %) e severidade (diâmetro da lesão, mm) da podridão-por-fusário. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos (doses de UVp = 0, 6, 9 e 12 J cm^{-2}) e 25 repetições, sendo cada unidade experimental constituída de um melão. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão com o auxílio dos *softwares Microsoft Excel* (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, EUA), seguindo Ribeiro Júnior (2013), e *Action Stat Pro* (Statcamp, 2014). Os modelos foram selecionados com base no fenômeno biológico, no coeficiente de determinação ($R^2 \geq 0,60$) e na significância dos coeficientes de regressão pelo teste “t” a 5% de probabilidade. Os resultados de incidência foram analisados, também, de forma descritiva por meio de representação gráfica.

Efeito de doses de UVp e tempo de armazenamento na qualidade pós-colheita

O efeito da UVp na qualidade pós-colheita de melões sadios, confirmada pela ausência da podridão-por-fusário, foi avaliada por um segundo experimento, instalado no mesmo dia e com melões obtidos na mesma colheita, utilizando-se um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial (4 x 3). O esquema fatorial constou de dois fatores: doses de UVp com 4 níveis (0, 6, 9 e 12 J cm⁻²) e tempo de armazenamento com 3 níveis (0, 14 e 21 dias). Os tratamentos foram repetidos quatro vezes e a unidade experimental foi constituída de um melão. Para tanto, os melões foram tratados com UVp e analisados durante três períodos: zero (dia da aplicação da UVp), 14 e 21 dias de armazenamento em câmara fria (7 ± 2°C) após o tratamento com a UVp. Foram avaliados a firmeza, o teor de sólidos solúveis, os açúcares totais e redutores, a acidez titulável e a relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT).

A firmeza da polpa foi avaliada como a resistência à penetração, utilizando-se um texturômetro digital (Stable Micro Systems, modelo TA.XT2i, Godalming, Reino Unido), equipado com ponteira de 6 mm. Os frutos foram divididos longitudinalmente em duas metades e a ponteira introduzida em pontos centrais em relação à espessura da polpa, sendo duas leituras em cada metade, totalizando 4 leituras por fruto. Os resultados, média das leituras, foram expressos em Newton (N).

Os sólidos solúveis (SS) foram determinados por refratometria, utilizando-se um refratômetro digital com compensação automática de temperatura (Quimis®, modelo Q-107D145, São Paulo, Brasil), e os resultados expressos °Brix, conforme descrito pelo método oficial 932.12 (AOAC, 2005).

Os açúcares totais foram extraídos pelo método de Lane-Enyon (AOAC, 2005) e determinados pelo método de Antrona (Dische, 1962). Para tanto, uma amostra da polpa (0,5 g) foi diluída com água destilada em balão volumétrico (250 mL) e, em seguida, filtrada em papel de filtro para obtenção do extrato. A alíquota usada foi de 100 µL (Yemm, Willis; 1954) e os dados expressos em mg 100 g⁻¹. Para a determinação de açúcares redutores, foi utilizado 1 g de polpa, diluída em água destilada e, em seguida, filtrada para obtenção do extrato (750 µL). Os açúcares redutores foram determinados pelo método do

ácido dinitrosalicílico (DNS), descrito por Miller (1959), e os dados expressos em mg 100 g⁻¹ Método 925.36 (AOAC, 2005).

A acidez titulável (AT) foi determinada em duplicata, em Erlenmeyer de 125 mL, utilizando-se uma alíquota de polpa (1 g), à qual foram adicionados 50 mL de água destilada e três gotas de fenolftaleína alcoólica (1%), titulando-se com solução de NaOH (0,1 N) previamente padronizada, até atingir o ponto de viragem, caracterizado pelo surgimento da cor rosada. Em seguida, os resultados foram calculados e expressos em porcentagem (%) de ácido cítrico Método 945.12A (AOAC, 2005). A relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), adimensional, foi calculada pela divisão dos valores de SS pela AT obtidos de cada amostra.

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão, conforme descrito anteriormente (Item 1), e os modelos selecionados com base nos mesmos critérios: fenômeno biológico, coeficiente de determinação ($R^2 \geq 0,60$) e significância dos coeficientes de regressão. Os efeitos das doses de UVP e do tempo de armazenamento, nas variáveis de qualidade pós-colheita, foram analisados, também, de forma descritiva por meio de representação gráfica.

Resultados e Discussão

Efeito de doses de UVP sobre a podridão-por-fusário

A inoculação artificial após a colheita favoreceu o desenvolvimento do fungo *F. pallidoroseum*, causador da podridão em frutos de meloeiro (Figura 2).



Figura 2. Sintomas iniciais da podridão causada pelo *Fusarium pallidoroseum* inoculado artificialmente em melões amarelos.

Todos os melões não tratados com UVp (0 J cm⁻²) apresentaram sintomas da podridão com 100% de incidência, como verificado na dose zero (Figura 3) e na maior severidade medida pelo diâmetro da lesão (Figura 4). Por outro lado, os melões tratados com UVp apresentaram menor incidência e menor severidade, sendo a dose de 9 J cm⁻² a mais eficaz, com redução de quase 70% tanto para a incidência (Figura 3) quanto para a severidade (Figura 4), comprovando, assim, o efeito da UVp sobre o fungo *F. pallidroseum*, uma vez que a eficácia da UVp depende, dentre outros fatores, da sensibilidade do patógeno (Gayan et al., 2011).

Na prática, não significa que 33% dos melões ainda apresentarão sintomas da doença; mas sim uma redução de 70% nas perdas, passando de 15%, conforme informado anteriormente, para 5% dos melões exportados. A redução dessas perdas em 10 pontos percentuais, passando de 15% para 5%, ampliaria as exportações em 22.468.842 quilogramas (aprox. 22 mil toneladas), que, vendidas ao preço médio de 66 centavos de dólar por quilograma, retornaria mais US\$ 14.874.147 (aprox. 15 milhões de dólares) à região de maior produção – o Semiárido – uma das regiões mais pobres e carentes do território brasileiro.

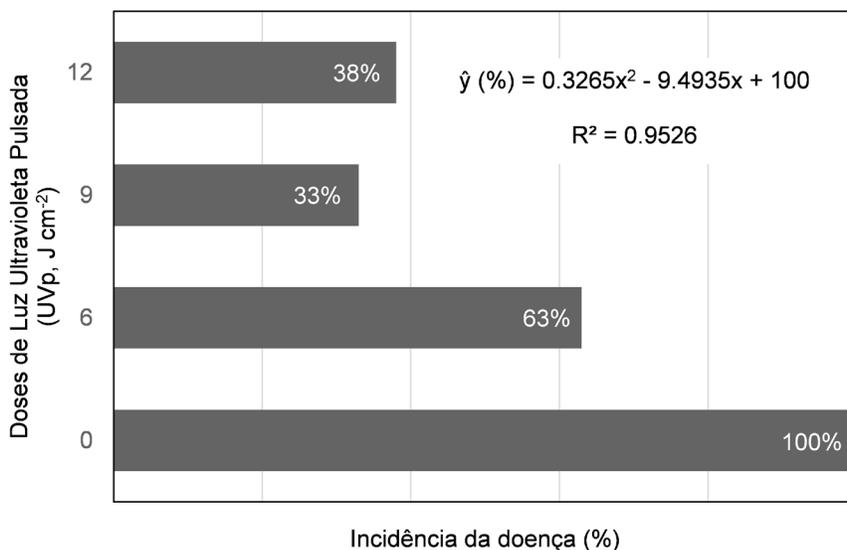


Figura 3. Incidência da podridão (porcentagem de frutos atacados) causada pelo *Fusarium pallidroseum* em melão inoculado artificialmente e tratado com luz ultravioleta pulsada (UVp).

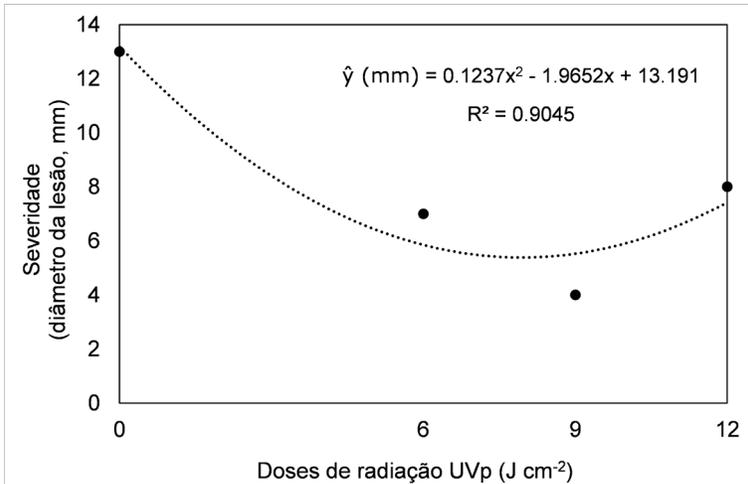


Figura 4. Severidade da doença (diâmetro da lesão, em milímetros (mm) causada pelo *Fusarium pallidoroseum* em melão inoculado artificialmente e tratado com luz ultravioleta pulsada (UVp).
 ● – Valores observados.

Em melões inoculados artificialmente, a UVp foi eficaz em reduzir os sintomas da podridão-por-fusário. A luz ultravioleta, por alterar a replicação normal das moléculas de DNA (Sommers; Cooke, 2009), inibe o processo de multiplicação, resultando em efeito fungicida ou fungistático para a maioria dos fungos (Hijnen; Beerendonk; Medema, 2006; Begum; Hocking; Miskelly, 2009).

Por outro lado, a dose de 12 J cm⁻², que é a dose máxima de UVp permitida para aplicações comerciais (FDA, 1996), foi menos eficaz em controlar a severidade da doença (Figura 4), provavelmente devido aos distúrbios causados no metabolismo das células vegetais pela dose excessiva (Shankar; Kaushik; Bat, 2014), dentre os quais a aglutinação do conteúdo citoplasmático, que leva à ruptura das membranas celulares (Bialka; Demirci; Puri, 2008; Ramos-Villarroel et al., 2012).

A UVp, dependendo da dose aplicada, pode induzir diferentes alterações no metabolismo secundário dos melões, com destaque para o metabolismo dos fenilpropanoides (veja resumo gráfico, Figura 5). Trabalhos realizados com UVp em melão mostraram que as doses 6 e 9 J cm⁻² induziram aumentos nas concentrações dos derivados de flavonoides, sendo as melhores respostas

obtidas no tratamento com 9 J cm^{-2} (Zocolo et al., 2015). Segundo os autores, na dose de 9 J cm^{-2} o estresse abiótico causado pela UVp aumentou a biossíntese de compostos fenólicos elicitores de resistência pós-colheita. Em contraste, esse metabolismo foi regulado negativamente quando os melões foram tratados com 12 J cm^{-2} (Zocolo et al., 2015).



Figura 5. Resumo gráfico mostrando o efeito hipotético da luz UVp no controle do patógeno e no metabolismo secundário das células, induzindo a síntese de compostos fenólicos capazes de induzir resistência contra doenças.

Ilustração: Ana Elisa Sidrim

É importante ressaltar que a dose de UVp (9 J cm^{-2}), que alterou positivamente o metabolismo secundário, segundo Zocolo et al. (2015), foi a mesma que neste trabalho melhor reduziu a incidência e a severidade da podridão-por-fusário.

Efeito de doses de UVp e tempo de armazenamento na qualidade pós-colheita

O tratamento com UVp, independentemente da dose, não depreciou a qualidade pós-colheita dos melões. No segundo experimento, com melões sadios, a análise dos dados (Tabela 1) permitiu concluir que apenas os açúcares (totais e redutores) e, por conseguinte, o teor de sólidos solúveis (Figura 6) foram significativamente afetados pelo tempo de armazenamento (vida útil) e, portanto, não sofreram influência da dose e nem da interação entre esses dois fatores (tempo x dose).

Tabela 1. Análise de variância (ANOVA) dos efeitos das doses de UVp e tempo de armazenamento e interação nos atributos de qualidade pós-colheita (firmeza, sólidos solúveis, açúcares totais, açúcares redutores, acidez e SS/AT).

Análise de Variância (ANOVA)					
Fontes de variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Signif.
Firmeza (N)					
Tratamentos (0, 6, 9 e 12 J cm ²)	3	0,77658	0,25886	0,08629	ns
Tempo (0, 14 e 21 dias)	2	11,68109	5,84055	2,92027	ns
Tratamento x Tempo	6	47,56916	7,92819	1,32137	ns
Resíduos	36	165,69404	4,60261	-	-
Sólidos Solúveis (°Brix)					
Tratamentos (0, 6, 9 e 12 J cm ²)	3	2,80016	0,93339	0,31113	ns
Tempo (0, 14 e 21 dias)	2	23,84260	11,92130	5,96065	** (5%)
Tratamento x Tempo	6	14,67156	2,44526	0,40754	ns
Resíduos	36	54,90063	1,52502	-	-
Açúcares Totais (mg 100 g⁻¹)					
Tratamentos (0, 6, 9 e 12 J cm ²)	3	2,38707	0,79569	0,26523	ns
Tempo (0, 14 e 21 dias)	2	32,62758	16,31379	8,15690	** (5%)
Tratamento x Tempo	6	5,65594	0,94266	0,15711	ns
Resíduos	36	39,49924	1,09720	-	-
Açúcares Redutores (mg 100 g⁻¹)					
Tratamentos (0, 6, 9 e 12 J cm ²)	3	2,38316	0,79439	0,26480	ns
Tempo (0, 14 e 21 dias)	2	44,80330	22,40165	11,20083	** (5%)
Tratamento x Tempo	6	2,55509	0,42585	0,07097	ns
Resíduos	36	25,01020	0,69473	-	-
Acidez (%)					
Tratamentos (0, 6, 9 e 12 J cm ²)	3	0,00348	0,00116	0,00039	ns
Tempo (0, 14 e 21 dias)	2	0,00389	0,00194	0,00097	ns
Tratamento x Tempo	6	0,00539	0,00090	0,00015	ns
Resíduos	36	0,04509	0,00125	-	-
Relação Sólidos Solúveis/Acidez (Adimensional)					
Tratamentos (0, 6, 9 e 12 J cm ²)	3	164,18906	54,72969	18,24323	ns
Tempo (0, 14 e 21 dias)	2	215,24298	107,62149	53,81075	ns
Tratamento x Tempo	6	510,60098	85,10016	14,18336	ns
Resíduos	36	2829,33109	78,59253	-	-

ns = não significativo.

A qualidade do melão é determinada por processos pós-colheita altamente coordenados geneticamente, envolvendo, entre outros, a atividade respiratória e a senescência, que afetam a firmeza, os sólidos solúveis, os teores de açúcares (responsáveis pela doçura), a acidez e o sabor (Grassi et al., 2013). Na maioria das frutas, incluindo o melão, a acidez é um dos principais componentes do sabor (Cohen et al., 2014), pois a aceitação no mercado depende do equilíbrio entre ácidos e açúcares (Aroucha et al., 2016).

Essa aparente perda de qualidade, devida à redução de açúcares (Gomes Júnior et al., 2001), é considerada normal durante a vida útil (Affan et al., 2014), em razão dos processos fisiológicos para manutenção do melão como estrutura biologicamente viva (Bernillon et al., 2013), com destaque para o processo respiratório. Nesse processo, os açúcares são consumidos como substrato preferencial na via glicolítica. Além disso, as plantas podem operar essa via glicolítica no sentido inverso, a fim de sintetizar açúcares a partir de ácidos orgânicos que, posteriormente, podem ser usados como substrato respiratório. Entretanto, essa via reversa, denominada de gliconeogênese, não é muito comum em plantas (Taiz; Zeiger, 2006) e não foram encontradas evidências científicas mostrando a existência dessa via em melões. Assim, o consumo de açúcares pela via glicolítica, explica, por consequência, a redução no teor de sólidos solúveis totais (Kyriacou et al., 2018); enquanto a inexistência da gliconeogênese explica, como será detalhado adiante, a manutenção da acidez.

O teor de sólidos solúveis é definido como o total de todos os sólidos dissolvidos no suco extraído da polpa, tais como açúcares e ácidos (Chitarra, Chitarra, 2005). Pela análise dos dados contidos em vários trabalhos com melão, foi possível calcular que os açúcares solúveis normalmente representam de 65 a 85% do teor de sólidos solúveis; enquanto a acidez pode contribuir para essa constituição numa faixa mais ampla, variando de 0,5 a 15%. Neste trabalho, os açúcares constituíram, na média, 81% do teor de sólidos solúveis, e os ácidos aproximadamente 2%. A ausência da combinação de altos teores de açúcar e de ácidos entre as cultivares de melão não se deve às restrições fisiológicas de combinar esses dois componentes do sabor (Stepansky et al. 1999); mas se deve, de fato, aos programas de melhoramento, que ao longo dos anos selecionaram os melões mais doces em detrimento dos mais ácidos (Cohen et al., 2014). Há quase 40 anos, já se preconizava o potencial para aumentar o sabor das frutas por meio do

aumento do teor de açúcar e de ácidos (Stevens, Kader, Albright; 1979); porém, o melhoramento genético para obter melões com maiores teores de sacarose e ácidos orgânicos, visando produzir frutos mais saborosos, foi proposto por Burger et al. em 2003.

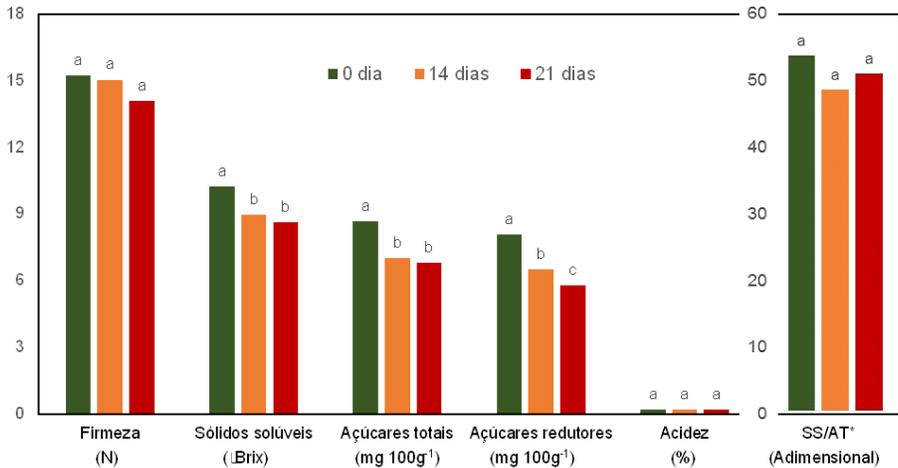


Figura 6. Valores de Firmeza (N), sólidos solúveis (SS, °Brix), açúcares totais e redutores (mg 100g⁻¹), acidez (AT, %) e relação sólidos solúveis/acidez (SS/AT), para os melões armazenados por 0, 14 e 21 dias. Para cada variável, as médias seguidas de uma mesma letra não diferem pelo teste de Tukey (5%).

Os demais atributos de qualidade (firmeza, acidez e relação SS/AT) permaneceram inalterados, independentemente das doses de UVp, do tempo de armazenamento ou da interação entre eles (Tabela 1). Embora em melões o amolecimento, caracterizado pela perda de firmeza, seja progressivo com o avanço da vida útil pós-colheita (Taniwaki; Tohro; Sakurai, 2010), neste trabalho dois fatores contribuíram para a manutenção da firmeza: o genótipo, uma vez que os melões amarelos são naturalmente mais firmes (Bernillon et al., 2013; Aroucha et al., 2009); e a temperatura, pois em condições de armazenamento refrigerado a perda de firmeza é reduzida (Shi et al., 2015).

Em melões amarelos, a variação pós-colheita da acidez tem pouca importância devido à baixa concentração (Cohen et al., 2014); porém, em termos sensoriais, a presença dos ácidos permanece importante para o equilíbrio organoléptico com os açúcares (relação SS/AT) e, portanto, imprescindível para manter o sabor (Kyriacou et al., 2016). A redução

significativa ($p \leq 0,05$) no teor de sólidos solúveis, em função do tempo de armazenamento (Tabela 1), foi insuficiente para alterar a relação SS/AT (Figura 6), provavelmente em função de dois fatores: a manutenção da acidez (Figura 6) e da firmeza (Figura 6), pois existe uma relação inversa entre esses dois fatores e atividade metabólica na pós-colheita (Bashir, Abu-Goukh; 2003), ou seja, quanto maior a acidez e a firmeza, menor é a atividade metabólica.

Esses resultados corroboram a hipótese que o estresse abiótico causado pela UVp induz resistência pós-colheita (Zocolo et al., 2015), pois foi possível verificar o efeito da UVp em suprimir, pelo menos em parte, o efeito do tempo após a colheita na perda de qualidade dos melões. Cabe ressaltar que, de forma semelhante, a qualidade dos melões não foi alterada pelos tratamentos com UVp; todavia, os dados foram analisados de forma descritiva, por meio de representação gráfica (Figura 7).

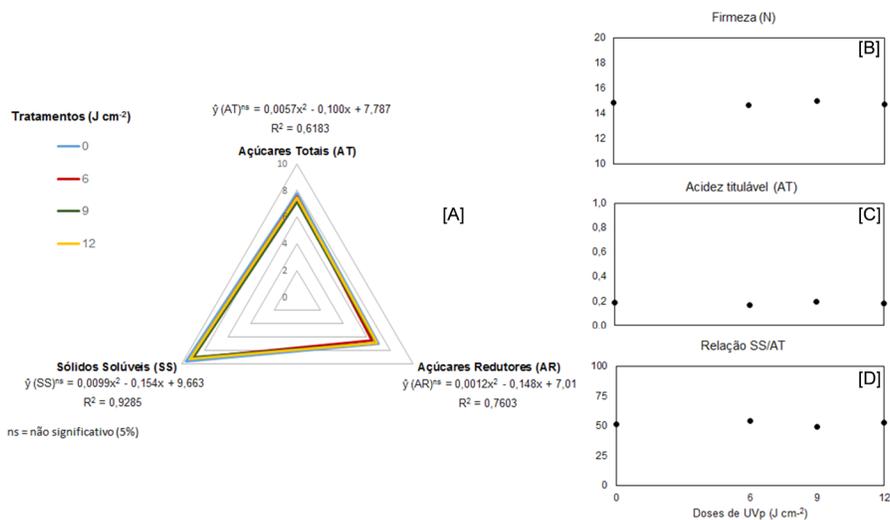


Figura 7. Análise descritiva de Firmeza (N), sólidos solúveis (SS, °Brix), açúcares totais e redutores (mg 100g⁻¹), acidez (AT, %) e relação sólidos solúveis/acidez (SS/AT), para os melões tratados com UVp (0, 6, 9 e 12 J cm⁻²).

Do ponto de vista estatístico, as equações polinomiais de segundo grau ($y = ax^2 - bx + c$) explicam bem os processos fisiológicos relacionados aos açúcares totais ($R^2 = 0,6183$), açúcares redutores ($R^2 = 0,7603$) e aos sólidos solúveis ($R^2 = 0,9285$); porém, os efeitos dos tratamentos foram muito baixos (valores de “a” e “b” nas equações) e, também, não significantes pelo teste “t” de Student (Figura 7A). Por outro lado, não foi possível ajustar modelos matemáticos que explicassem os comportamentos relativamente constantes da firmeza (Figura 7B), da acidez titulável (Figura 7B) e da relação SS/AT (Figura 7C) em função dos tratamentos com UVp aplicados, haja vista que as equações apresentaram coeficiente de determinação muito baixos, aliados a não significância pelo teste “t” de Student relacionado aos parâmetros das equações. Por fim, pode-se afirmar que a qualidade pós-colheita dos melões não foi negativamente alterada pela luz UVp.

Em melões cantaloupe e, portanto, climatéricos, a UVp estendeu a vida útil em 52%, passando de $23 \pm 1,00$ dias (0 J cm^{-2}) para $35 \pm 1,71$ dias (9 J cm^{-2}), sem depreciar a qualidade pós-colheita (Leida et al., 2015), mostrando que o estresse abiótico causado pela UVp limitou, pelo menos em parte, a ação do etileno (Moreira, 2016), o hormônio vegetal responsável por controlar o amadurecimento e a senescência em melões climatéricos (Silva et al., 2004). Nesse experimento com melões amarelos e, portanto, não climatéricos, a UVp possivelmente retardou as reações de amadurecimento que não dependem de etileno (Pech; Bouzayen; Latché, 2008), pois esses melões apresentaram comportamento pós-colheita semelhante ao de melões climatéricos modificados geneticamente, conforme demonstrado por Nunez-Palenius et al. (2007).

Em resumo, as tecnologias pós-colheita desenvolvidas nos últimos anos permitiram a distribuição intercontinental de frutas e hortaliças frescas para atender às demandas globais de produtos com alta qualidade. No Brasil, um dos principais exemplos da internacionalização de mercados é o do melão, que ocupou na última década (2008 a 2017) a primeira posição em quantidade (kg) na pauta de exportações brasileiras de frutas frescas, sendo oficialmente comercializado em quase 40 países – segundo os dados disponíveis no Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior via Internet (www.aliceweb.mdic.gov.br) (Brasil, 2018). Porém, o grande problema que pode prejudicar o mercado de exportação é a incidência de patologias pós-colheita, principalmente as podridões causadas pelo fungo *F. pallidoroseum*, para as

quais o controle ainda é feito, com raríssimas exceções, de forma convencional, com a aplicação de fungicidas, os quais, além de deixarem resíduos químicos, não controlam de forma efetiva a doença, uma vez que 15% dos melões tratados ainda chegam ao mercado internacional com sintomas da podridão-por-fusário. Neste trabalho com melões inoculados artificialmente e depois incubados em condições que favoreceram o desenvolvimento do patógeno, a luz UVp, na dose de 9 J cm^{-2} , foi capaz de controlar, em quase 70%, o aparecimento (incidência) e o tamanho (severidade) das lesões, apresentando efeito fungistático satisfatório, com as vantagens de não deixar resíduos químicos e nem prejudicar a qualidade pós-colheita dos melões.

Conclusão

A luz ultravioleta pulsada, na dose de 9 J cm^{-2} , é eficaz em reduzir a incidência e a severidade da podridão-por-fusário, doença causada pelo fungo *F. pallidoroseum*, inoculado artificialmente, sem, contudo, depreciar a qualidade pós-colheita do melão amarelo.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Embrapa (Projeto N° 03.14.16.006.00.00) e ao CNPq (Processo N° 485.812/2012-6) pelo apoio financeiro.

Referências

- ADHIKARI, A.; SYAMALADEVI, R. M.; KILLINGER, K.; SABLANIET, S. S. Ultraviolet-C light inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 and *Listeria monocytogenes* on organic fruit surfaces. **International Journal of Food Microbiology**, v. 210, n. 1, p. 136-142, 2015.
- AFFAN, M. FALAH, M. A. F.; KHURIYATI, N.; SAFITRI, R. A.; REVULANINGTYAS, I. R. Quality evaluation of fresh and fresh-cut melon (*Cucumis melo* L.) fruit in a tropical environment. **Journal of Agricultural Technology**, v. 10, n. 5, p. 1201-1211, 2014.
- AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 18. ed. Maryland, 2005. 1094 p.
- AROCHA, E. M. M.; ARAUJO, J. M. M.; NUNES, G. H. S.; NEGREIROS, M. Z.; PAIVA,

- C. A.; SOUZA, M. S. S. Cantaloupe melon (*Cucumis melo* L.) conservation using hydrocooling. **Revista Ceres**, v. 63, n. 2, p. 191-197, 2016.
- AROUCHA, E. M. M.; NUNES, G. H. de S.; SOUSA, A. E. D. de. Qualidade e potencial pós-colheita de híbridos de melão. **Revista Ceres**, v. 56, n. 2, p. 181-185, 2009.
- BASHIR, H. A.; ABU-GOUKH, A.-B. A. Compositional changes during guava fruit ripening. **Food Chemistry**, v. 80, n. 4, p. 557-563, 2003.
- BEGUM, M.; HOCKING, A. D; MISKELLY, D. Inactivation of food spoilage fungi by ultra violet (UVC) irradiation. **International Journal of Food Microbiology**, v. 129, n. 1, p. 74-7, 2009.
- BERNILLON, S.; BENOIT, B.; CATHERINE, D.; MICKAEL, M.; CABASSON, C. YVES, G. HASEN, T. H.; HUSTED, S.; VOS, R. C. H.; MUMM, R. JONKER, H.; WARD, J. L.; MILLER, S. J.; BAKER, J. M.; BURGER, J.; TADMOR, Y.; BEALE, M. H.; SCHJOERRING, J. K.; SCHAFFER, A. A.; ROLIN, D.; HALL, R. D.; MOING, A. Metabolomic and elemental profiling of melon fruit quality as affected by genotype and environment. **Metabolomics**, v. 9, n. 1, p. 57-77, 2013.
- BIALKA, K. L.; DEMIRCI, A.; PURI, V. M. Modeling the inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* on raspberries and strawberries resulting from exposure to ozone or pulsed UV-light. **Journal of Food Engineering**, v. 85, n. 3, p. 444-449, 2008.
- BINTSIS, T. LITOPOULOU-TZANETAKIE, E.; ROBINSON, R. K. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry—a critical review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 6, p. 637-645, 2000.
- BIRMPA, A.; BELLOU, M.; KOKKINOS, P.; VANTARAKIS, A. Effect of nonthermal, conventional, and combined disinfection technologies on the stability of human adenoviruses as fecal contaminants on surfaces of fresh ready-to-eat products. **Journal of Food Protection**, v. 79, n. 3, p. 454-462, 2016.
- BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior**. Disponível em: <<http://www.aliceweb.mdic.gov.br>>. Acesso em: 07 jun. 2018.
- BURGER, Y.; UZI SA'AR; DISTELFELD, A.; KATZIR, N.; YESELSON, Y.; SHEN, S.; SCHAFFER, A. A. Development of sweet melon (*Cucumis melo*) genotypes combining high sucrose and organic acid content. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 128, n. 4, p. 537-540, 2003.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005.

COHEN, S.; ITKIN, M.; YESELSON, Y.; TZURI, G.; PORTNOY, V.; HAREL-BAJA, R.; LEV, S.; UZI'SA'AR; DAVIDOVITZ-RIKANATI, R.; BARANES, N.; BAR. E.; WOLF, D.; PETREIKOV, M.; SHEN, S.; BEN-DOR, S.; ROGACHEV, I.; AHARONI, A.; TSLIL AST; SCHULDINER, M.; BELAUSOV, E.; ESHED, R.; OPHIR, R.; SHERMAN, A.; BENEDIKT FREI; NEUHAUS, E. H.; YIMIN XU; ZHANGJUN FEI; GIOVANNONI, J.; LEWINSOHN, E.; TADMOR, Y.; PARIS, H. S.; KATZIR, N.; BURGER, Y.; Schaffer A. A. The PH gene determines fruit acidity and contributes to the evolution of sweet melons. **Nature Communications**, v. 5, p. 4026, 2014.

DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAM, M. L. (Ed.). **Methods in Carbohydrate Chemistry**. New York: Academic Press, 1962. p. 477-512.

ELMNASSER, N; GUILLOU, S.; LEROI, F.; ORANGE, N.; BAKHROUF, A.; FEDERIGHI, M. Pulsed-light system as novel food decontamination technology: a review. **Canadian Journal Microbiology**, v. 53, p. 813-821, 2007.

FDA. **Code of Federal Regulations**: 21CFR179.41. 1996. Disponível em: <<http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcr/CFRSearch.cfm?fr=179.41>>. Acesso em 14 set. 2016.

FDA. **Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies**: ultraviolet light. Rockville: Center for Food Safety and Applied Nutrition; US Food and Drug Administration, 2000.

GAYAN, E.; MONFORT, S.; ALVAREZ, I.; CONDON, S. UV-C inactivation of Escherichia coli at different temperatures. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 12, n. 4, p. 531-541, 2011.

GOMES JÚNIOR, J.; MENEZES, J.B.; NUNES, G.H.S.; COSTA, F.B.; SOUZA, P.A. Qualidade pós-colheita do melão tipo cantaloupe, colhido em dois estádios de maturação. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 3, p. 223-227, 2001.

GRASSI, S.; PIRO, G.; LEE, J. M.; LENUCCI, M. Comparative genomics reveals candidate carotenoid pathway regulators of ripening watermelon fruit. **BMC Genomics**, v. 14, n. 1, p. 781, 2013.

HIJNEN, W. A. M.; BEERENDONK, E. F.; MEDEMA, G. J. Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo) cysts in water: a review. **Water Research**, v. 40, n. 1, p. 3-22, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **SIDRA**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 07 jun. 2018.

IGNAT, A.; MANZOCCO, L.; MAIFRENI, M.; BARTOLOMEOLI, I.; NICOLI, M. C. Surface

decontamination of fresh-cut apple by pulsed light: Effects on structure, colour and sensory properties. **Postharvest Biology and Technology**, v. 91, p. 122–127, 2014.

ISSA-ZACHARIA, A.; KAMITANI, Y.; MUHIMBULA, H. S.; NDABIKUNZE, B. K. A review of microbiological safety of fruits and vegetables and the introduction of electrolyzed water as an alternative to sodium hypochlorite solution. **African Journal of Food Science**, v. 4, n. dez. p. 778–789, 2010.

KYRIACOU, M. C.; SOTERIOU, G. A.; ROUPHAEL, Y.; SIOMOS, A. S.; GERASOPOULOS, D. Configuration of watermelon fruit quality in response to rootstock-mediated harvest maturity and postharvest storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 7, p. 2400–2409, 2016.

KYRIACOU, M. C.; LESKOVAR, D. I.; COLLA, G.; ROUPHAEL, Y. Watermelon and melon fruit quality: The genotypic and agro-environmental factors implicated. **Scientia Horticulturae**, n. 234, p. 393–408, 2018.

LEIDA, C.; MOSER, C.; ESTERAS, C.; ROIG, C.; PICO, B.; MONFORTE, A. An analysis in the structure of a genetically characterized melon germplasm collection for climacteric - Non-climacteric ripening behaviour. **Acta Horticulturae**, v. 1100, p. 95–98, 2015.

LUO, W.; CHEN, A.; CHEN, M.; DONG, W.; HOU, X. Comparison of sterilization efficiency of pulsed and continuous UV light using tunable frequency UV system. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 26, p. 220–225, dez. 2014.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426–428, 1959.

MOREIRA, A. D. R. **Etileno e vida útil de melões climatéricos tratados com radiação ultravioleta pulsada**. 2016. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará.

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

NUNEZ-PALENIUS, H. G.; HUBER, D. J.; KLEE, H. J.; CANTLIFFE, D. J. Fruit ripening characteristics in a transgenic “Galia” male parental muskmelon (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus* Ser.) line. **Postharvest Biology and Technology**, v. 44, n. 2, p. 95–100, 2007.

OLAIMAT, A. N.; HOLLEY, R. A. Factors influencing the microbial safety of fresh produce: a review. **Food Microbiology**, v. 32, n. 1, p. 1–19, out. 2012.

PECH, J. C.; BOUZAYEN, M.; LATCHÉ, A. Climacteric fruit ripening: Ethylene-dependent and independent regulation of ripening pathways in melon fruit. **Plant Science**, v. 175, n. 2, p.114-120, 2008.

RAMOS, B.; MILLER, F. A.; BRANDÃO, T. R. S.; TEIXEIRA, P.; SILVA, C. L. M. Fresh fruits and vegetables: an overview on applied methodologies to improve its quality and safety. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 20, p. 1-15, 2013.

RAMOS-VILLARROEL, A. Y.; ARON-MAFTEI, N.; MARTÍN-BELLOSO, O.; SOLIVA-FORTUNY, R. Influence of spectral distribution on bacterial inactivation and quality changes of fresh-cut watermelon treated with intense light pulses. **Postharvest Biology and Technology**, v. 69, p. 32-39, 2012.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no Excel: guia prático**. 2 ed., rev. e ampl. Viçosa: Ed. UFV, 2013.

ROWAN, N. J.; VALDRAMIDIS, V. P.; GÓMEZ-LÓPEZ, V. M. A review of quantitative methods to describe efficacy of pulsed light generated inactivation data that embraces the occurrence of viable but non culturable state microorganisms. **Trends in Food Science and Technology**, v. 44, n. 1, p. 79-92, 2015.

SCHOENY, R. Disinfection by-products: a question of balance. **Environmental Health Perspectives**, v. 118, n. 11, p. 466-467, 2010.

SESTARI, I.; WEBER, A.; GIEHL, R. F. H.; BRACKMANN, A. Alternativas para o controle de podridões pós- colheita em pêssegos frigoconservados. **Revista da FZVA**, v. 15, n. 2, p. 11-18, 2008.

SHANKAR, R.; KAUSHIK, U.; BAT, S. A. Intense pulse light in food technology: a review. **International Journal of Current Engineering and Technology**, v. 4, n. 4, p. 2314–2327, 2014.

SHI, Y.; WANG, B.; SHUI, D.; CAO, L.; WANG, C.; YANG, T.; WANG, X.; YE, H. Effect of 1-methylcyclopropene on shelf life, visual quality and nutritional quality of netted melon. **Food Science and Technology International**, v. 21, n. 3, p. 175–87, 2015.

SILVA, J. A.; COSTA, T. S.; LUCCHETTA, L.; MARINI, L. J.; ZANUZO, M. R.; NORA, L.; NORA, F. R.; TWYMAN, R. M.; ROMBALDI, C. V. Characterization of ripening behavior in transgenic melons expressing an antisense 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) oxidase gene from apple. **Postharvest Biology and Technology**, v. 32, n. 3, p. 263-268, 2004.

SOMMERS, C. H.; COOKE, P. H. Inactivation of avirulent *Yersinia pestis* in butterfield's phosphate buffer and frankfurters by UVC (254 nm) and gamma radiation. **Journal of Food Protection**, v. 72, p. 755-759, 2009.

SPADONI, A.; NERI, F.; MARI, M. Physical and chemical control of postharvest diseases.

Advances in Postharvest Fruit and Vegetable Technology, p. 89-116, 2015.

STATCAMP. **Software action**. Estatcamp. Consultoria em estatística e qualidade. 2014. São Carlos - SP, Brasil. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/>>. Acesso em: 02 mar. 2015.

STEPANSKY, A.; SCHAFFER, A.; KOVALSKI, I.; PERL-TREVES, R. Variation in sugar levels and invertase activity in mature fruit representing a broad spectrum of *Cucumis melo* genotypes.

Genetic Resources and Crop Evolution, v. 46, n. 1, p. 53-62, 1999.

STEVENS, M. A.; KADER, A. A.; ALBRIGHT, M. Potential for increasing tomato flavor via increased sugar and acid content. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 104, n. 1, p. 40-42, 1979.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2006. 754 p.

TAKESSITA, K.; SHIBATO, J.; SAMESHIMA, T.; FUKUNAGA, S.; ISOBE, S.; ARIHARA, K.; ITOH, M. Damage of yeast cells induced by pulsed light irradiation. **International Journal of Food Microbiology**, v. 85, n. 1-2, p. 151-158, 2003.

TANIWAKI, M.; TOHRO, M.; SAKURAI, N. Measurement of ripening speed and determination of the optimum ripeness of melons by a nondestructive acoustic vibration method. **Postharvest Biology and Technology**, v. 56, n. 1, p. 101-103, 2010.

YEMM, E.; WILLIS, A. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone.

Biochemical Journal, v. 57, n. 3, p. 508, 1954.

ZOCOLO, G. J. et al. Metabolomic variations induced by levels of UV-P radiation in melon using UPLC-QTOF-MSE. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT MOLECULAR BIOLOGY, 11., 2015, Foz do Iguaçu. **Proceedings...**, 2015.

Embrapa

Agroindústria Tropical

Embrapa

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO