



AValiação MICROBIOLÓGICA DE MANGAS *IN NATURA* SUBMETIDAS À LUZ GERMICIDA

Palavras-Chave: CONSERVAÇÃO DE FRUTAS, LUZ GERMICIDA, MICRORGANISMOS

Autoras:

FLÁVIA LAINE RODRIGUES PEREIRA, FCA – UNICAMP

PROF^a. DR^a. ADRIANE ELISABETE ANTUNES MORAES (ORIENTADORA), FCA - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

A manga (*Mangifera indica L.*) é uma fruta que proporciona benefícios à saúde por prover carboidratos, lipídios, proteínas, fibras, vitaminas (A, B6, B12, C e E) e minerais (potássio, cálcio, fósforo, sódio, magnésio, ferro e zinco), além de compostos bioativos com propriedades antioxidantes, como os carotenóides e a mangiferina. Considerada a segunda fruta tropical mais consumida no mundo, a manga é muito produzida e comercializada pelo país, que figura entre os seus dez maiores exportadores. Em 2022, a produção brasileira foi de 1.546.375 toneladas da fruta, ao passo que em 2023 o país exportou mais de 312 milhões de dólares em mangas.

Apesar da sua importância nutricional e econômica, a fruta encontra-se exposta ao desenvolvimento de patógenos por ser rica em água e nutrientes, o que favorece perdas desse alimento. A infecção por fungos em frutas e vegetais durante a cadeia pós-colheita pode atingir de 30 a 50% das safras e, em algumas ocasiões, as podridões podem levar à perda total dos frutos colhidos. Essas perdas não apenas resultam em prejuízos econômicos, mas também representam uma barreira para a segurança alimentar.

Diante desse cenário, é essencial o emprego de estratégias de prevenção e controle pós-colheita de patógenos para manutenção da qualidade até o consumo. Assim, reduzir a perda de alimentos pós-colheita é uma estratégia sustentável que busca conservar o alimento já produzido, o qual já sofreu investimento de produção como água, energia e mão de obra, ao invés de produzir mais frutos. As tecnologias de preservação são objeto de interesse para comunidade científica e para empresas, evidenciando a necessidade de pesquisa e desenvolvimento na área.

Um método promissor é a desinfecção por irradiação UV, que utiliza a energia como meio germicida. Uma forma de radiação eletromagnética com comprimentos de onda menores que a luz visível entre 100 e 280 nm, UV-C, é prejudicial aos microrganismos, matando-os ao interromper seu DNA e deixando-os incapazes de realizar funções celulares vitais. E essas técnicas quando aplicadas em frutos metabolicamente ativos, além do efeito germicida, ativam mecanismos de defesa naturais

como fitoalexinas, enzimas antimicrobianas e antioxidantes eliminadores de radicais livres, o que favorece a resistência à deterioração. E possui vantagens como alterar minimamente a qualidade, não gerar resíduos ou precisar de água e consumir pouca energia, ao contrário de outros métodos já estabelecidos e utilizados pela indústria. Além da possibilidade de integrar as tecnologias de barreira.

Nesse sentido, a empresa EcoStove desenvolveu o protótipo de equipamento que visa aumentar a conservação de frutas por meio da aplicação de luz germicida, o que contribuiria para redução do desperdício, aumento da disponibilidade de frutas frescas e sistemas alimentares mais resilientes e sustentáveis. E o presente trabalho avaliou a efetividade dessa tecnologia na redução da carga fúngica em mangas mediante a contagem total de bolores e leveduras.

METODOLOGIA:

O experimento foi realizado em três séries independentes, iguais entre si, com intervalos de aproximadamente dois meses entre elas, o que resultou na seguinte organização das amostras: 1ª série e 2ª série: 10 unidades tratadas com luz germicida e 10 não tratadas; 3ª série: 8 unidades tratadas com luz germicida e 8 não tratadas.

Após o recebimento, as mangas mantidas sob refrigeração a 7,5 °C foram submetidas ao tratamento com luz germicida no protótipo do equipamento produzido pela EcoStove à luz ultravioleta de 250 a 270 nm durante dois ciclos de 60 minutos cada. Enquanto, as demais foram preservadas nas mesmas condições, porém sem tratamento.



Figura 1 - Mangas no equipamento de luz germicida - Fonte: Própria autora.

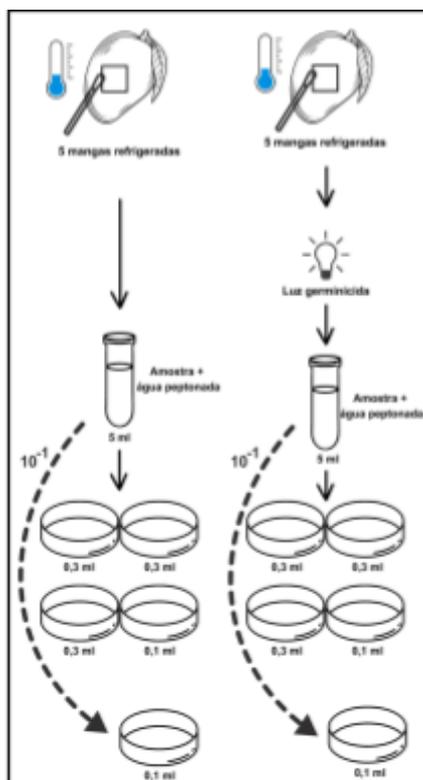


Figura 2 - Esquema da análise microbiológica
Fonte: Própria autora.

Foram preparadas as amostras para as análises microbiológicas, com auxílio do swab, por meio do esfregaço de 2 partes de 4 centímetros de área da casca de cada um dos grupos, seguida da homogeneização com uma solução de água peptonada.

Para a determinação de bolores e leveduras, foi adotado o método de plaqueamento em superfície (spread plate) em meio de cultura Sabouraud. A partir de cada amostra composta de 5 mL foram inoculadas 0,3 mL da amostra em cada uma das 3 placas e 0,1 mL em 1 placa, e uma diluição (10^{-1}) para plaqueamento em 1 placa de 0,1 mL, conforme o esquema representado na Figura 2. A análise foi realizada no dia do recebimento das frutas, antes e após a aplicação do tratamento de luz, e a cada 7 dias durante o tempo de armazenamento. Após a inoculação das amostras na superfície do meio, as placas foram incubadas por 3 e 5 dias a 25°C para avaliação do

número de unidades formadoras de colônias (UFCs) (SILVA, 2017).

Com o número de colônias obtidas por meio da contagem das placas, foi realizada a conversão para UFC da amostra para UFC por área em cm² de manga, conforme a fórmula apresentada na ABNT NBR ISO 18593:2019, representada na Figura 3.

$$N_s = \frac{N \times F}{A} \times D$$

Figura 3 - Equação de UFC por superfície amostrada - Fonte: ABNT NBR ISO 18593:2019.

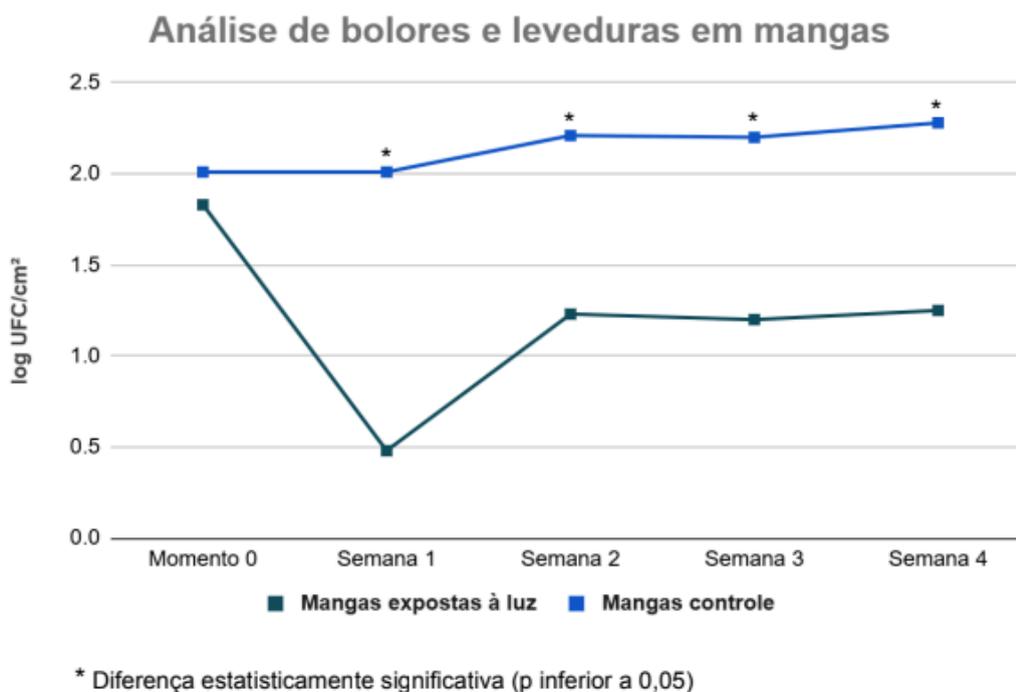
Onde: N é o número de UFC em 1 mL de líquido de diluição; F é a quantidade de fluido de diluição no tubo homogeneizador; A é a superfície amostrada expressa em centímetros quadrados (cm²); D é a diluição respectiva usada.

Os dados produzidos a partir das análises microbiológicas foram submetidos à análise estatística por meio do software JAMOVI. Primeiramente, os dados foram organizados em planilha e, posteriormente, analisados quanto à existência de diferenças significativas entre os grupos analisados ao longo das 4 semanas. Para isso, foi utilizada a análise de variância, ANOVA de medições repetidas. O nível de significância adotado foi de 5% (p<0,05), e, quando identificadas diferenças significativas, realizou-se o teste pós-hoc Tukey para identificar os grupos que demonstraram essas diferenças.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

As mangas expostas à luz germicida apresentaram uma diminuição acentuada do número de unidades formadoras de colônias após a irradiação conforme evidenciado na Figura 4 e na Tabela 1.

Figura 4 - Gráfico de UFC



Fonte: Própria autora (2025).

Tabela 1 – Contagem de bolores e leveduras em mangas tratadas e não tratadas com luz germicida, durante armazenamento refrigerado

Amostras		Mangas expostas				Mangas controle			
		Série 1	Série 2	Série 3	Média ± DP	Série 1	Série 2	Série 3	Média ± DP
log UFC/ cm ²	Momento 0	1,97	2,23	1,28	1,83 ± 0,49	1,97	2,53	1,52	2,01 ± 0,51
	Semana 1	0,04	0,92	0,97	0,48 ± 0,62	1,97	2,53	1,52	2,01 ± 0,51
	Semana 2	0,74	1,30	1,66	1,23 ± 0,46	2,11	2,23	2,28	2,21 ± 0,09
	Semana 3	0,89	1,18	1,54	1,20 ± 0,33	2,08	2,49	2,02	2,20 ± 0,26
	Semana 4	0,86	1,04	1,84	1,25 ± 0,52	3,20	1,62	2,02	2,28 ± 0,82

Fonte: Própria autora (2025).

O grupo experimental possuía a contagem inicial de $1,83 \pm 0,49 \log UFC/cm^2$ de bolores e leveduras que foi reduzida para $0,5 \pm 0,6 \log UFC/cm^2$ com o tratamento, ou seja, a aplicação da tecnologia de luz UV resultou em uma diminuição de 1,35 log. Essa contagem sofreu um aumento médio de 0,75 ciclo log de UFC/cm² e se manteve ao longo das quatro semanas de armazenamento, com a contagem finalizando em $1,25 \pm 0,52 \log UFC/cm^2$ na quarta semana. Enquanto, as mangas controle mostraram uma tendência de aumento de UFCs, partindo de $2,01 \pm 0,51 \log UFC/cm^2$ no tempo inicial, que corresponde à análise realizada no recebimento, e alcançando $2,28 \pm 0,82 \log UFC/cm^2$ na semana 4.

As análises estatísticas realizadas encontraram diferença estatística significativa entre os grupos controle e experimental com diferença média de 0,909, erro-padrão de 0,216, graus de liberdade = 4 e valor de p = 0,014, como o valor de p foi inferior a 0,05, essa diferença é considerada significativa. No entanto, essa diferença não foi observada no momento 0, ou seja, na contagem realizada no momento da chegada das frutas, antes do tratamento.

Os resultados estão em conformidade com a literatura científica que descreve a ação desinfetante da radiação UV. Em acordo com George (2015) e Nascimento (2014) que observaram a diminuição da carga fúngica em mangas minimamente processadas e em fungos provenientes de mangas, respectivamente. Em consenso com Rovira (2016) e Yemmireddy (2022) que descreveram a faixa UV-C (100–280 nm), faixa do protótipo da EcoStove utilizado no presente estudo, como eficiente para danificar o DNA dos microrganismos presentes em superfícies.

Com a recomendação da Instrução Normativa/SARC Nº 012/2003, que estabelece normas técnicas específicas para produção integrada de manga, sobre a aplicação de tratamentos fitossanitários pós-colheita que sejam eficazes contra fungos, essa técnica se mostra aliada às Boas Práticas Pós-colheita pela possibilidade de ser totalmente automatizada, sem a necessidade de mão de obra especializada para a realização do procedimento ou cuidado com outros produtos como água, agrotóxicos e sanitizantes químicos.

Como descrito anteriormente, não há uma legislação brasileira que estabeleça um limite de tolerância de bolores e leveduras em frutas in natura como o caso das manga avaliadas, o que implica em uma limitação para a interpretação dos valores brutos de UFCs, entretanto, a redução superior a um ciclo logarítmico é um valor representativo.

Visto que a infecção por fungos pode atingir até 50% dos frutos. A diminuição da quantidade de Unidades Formadoras de Colônias de bolores e leveduras é um parâmetro importante da qualidade das frutas in natura. Logo, a aplicação desse método de desinfecção se mostra uma possível opção para prolongar a vida útil de frutas. Uma vez que houve uma diminuição expressiva da carga fúngica com valor superior a um ciclo logarítmico após a aplicação e foi mantida uma carga fúngica inferior ao grupo controle durante todo o armazenamento por quatro semanas.

Esses achados podem contribuir para novas abordagens na conservação de frutas com a possibilidade da integração da irradiação UV no sistema de barreira. Entretanto, o trabalho foi restrito a avaliação microbiológica de bolores e leveduras. Futuros estudos poderiam investigar os aspectos físico-químicos e sensoriais das frutas submetidas à luz germicida.

CONCLUSÕES:

Os resultados do monitoramento da contagem microbiológica das três séries de experimentos demonstram que o protótipo de luz germicida da empresa EcoStove reduziu a carga fúngica e melhorou a conservação de mangas durante o armazenamento refrigerado, conforme evidenciado pela redução superior ciclo logarítmico de UFCs de bolores e leveduras, com diferença estatisticamente significativa entre os grupos controle e experimental.

BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 18593:2019: Microbiologia da cadeia produtiva de alimentos - Métodos horizontais para amostragem de superfície**. 2019.
- DARRÉ, M. et al. Postharvest Ultraviolet Radiation in Fruit and Vegetables: Applications and Factors Modulating Its Efficacy on Bioactive Compounds and Microbial Growth. **Foods**, v. 11, n. 5, p. 653. 2022.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Brasil em 50 alimentos**. Brasília, DF:Embrapa, 2023.
- GEORGE, D. S. et al. Effects of Ultraviolet Light (UV-C) and Heat Treatment on the Quality of Fresh-Cut Chokanan Mango and Josephine Pineapple. **Journal of food science**, v. 80, n. 2, p. 426-434. 2015.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.
- Levy, D. et al. Irradiação de alimentos no Brasil: revisão histórica, situação atual e desafios futuros. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, v. 8, n. 3, p. 1-16. 2020.
- NASCIMENTO, F. V. et al. Hidrotermia e radiação UV-C no controle de patógenos de manga e melão. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 4, p. 313–317, dez. 2014.
- ROVIRA, J. Sanitization. **Encyclopedia of Food and Health**. p. 706–713, 1 jan. 2016.
- SILVA, N. et al. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água**, p. 624. São Paulo: Varela, 2017.
- YEMMIREDDY V., ADHIKARI A., MOREIRA J. Effect of ultraviolet light treatment on microbiological safety and quality of fresh produce: An overview. **Frontiers in Nutrition**, v. 9, jul. 2022.