



Diodos emissores de luz na qualidade pós-colheita do morango (*Fragaria X ananassa* Duch)

Light emitting diodes in strawberry (*Fragaria X ananassa* Duch) postharvest quality

Kellen Cristina da Silva Cassimiro *, Lilian Yukari Yamamoto †,
Henrique Oliveira de Lima ‡, Henrique Carlos Mognol §, Edicleia Aparecida Bonini e Silva ¶

RESUMO

O morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) é um pseudofruto, não climatérico, altamente perecível. Considerando a sua importância econômica, é necessário a adoção de tecnologias pós-colheita para a manutenção da sua qualidade e longevidade. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a utilização de diodos emissores de luz (LED) na manutenção da qualidade pós-colheita dos frutos de morango. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos de seis repetições, sendo eles: T1 - testemunha no escuro; T2 - LED vermelho; T3 LED azul; T4 - LED verde. Aos 14 dias de armazenamento, em BOD a 5 °C, foram realizadas as análises físico-químicas quanto aos parâmetros de pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis totais (SST), relação SST/AT, cor, firmeza e perda de massa. Para as características químicas dos frutos, não houve diferença entre os tratamentos, tampouco para a perda de massa e textura dos frutos. Com relação aos parâmetros de cor, também não houve influência da aplicação de luz LED, com exceção da matiz, a qual apresentou maior valor sob a luz verde. Conclui-se que o uso de luz LED nas cores azul, verde e vermelho não altera a qualidade pós-colheita do morango 'San andreas', após 14 dias de armazenamento refrigerado.

Palavras-chave: LED, qualidade pós-colheita, armazenamento

ABSTRACT

Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) is a non-climacteric pseudo fruit, highly perishable. Considering its economic importance, it is necessary to adopt post-harvest technologies to maintain quality and longevity. This study aimed to evaluate the use of light emitting diodes (LED) in order to maintain the postharvest quality of strawberry fruits. The experimental design was completely randomized, with four treatments with six replications, as follows: T1 - control in the dark; T2 - red LED; T3 blue LED; T4 - green LED. After 14 days of storage, in BOD at 5°C, physical-chemical analyzes were performed regarding to pH, titratable acidity (TA), total soluble solids (TSS), TSS / TA ratio, color, firmness and mass loss. For the chemical characteristics of the fruits, there was no difference between the treatments, neither for the loss of mass and texture of the fruits. Regarding the color parameters, there was also no influence from the application of LED light, with the exception of hue, which showed a higher value under green light. It is concluded that the use of blue, green and red LED light does not change the postharvest quality of the 'San Andreas' strawberry, after 14 days of refrigerated storage.

Keywords: LED, post-harvest quality, storage

* Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, Paraná, Brasil; kellen@alunos.utfpr.edu.br

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, Paraná; lilianyamamoto@utfpr.edu.br

‡ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, Paraná, Brasil; enriqueramos49@hotmail.com

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, Paraná, Brasil; hcmognol@gmail.com

¶ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, Paraná, Brasil; edicleiaa@utfpr.edu.br



1 INTRODUÇÃO

O morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) é um pseudofruto, não climatérico, pertencente à família Rosaceae (CHITARRA; CHITARRA, 2005), sua coloração vermelha se dá devido às antocianinas e seu sabor ao ácido cítrico, ácido málico e aos açúcares (SILVA, 2007).

É um fruto altamente perecível por consequência de sua elevada taxa respiratória, além de ser muito sensível ao ataque de fungos que causam a deterioração ainda mais severa (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2016). Algumas alterações na firmeza da polpa, da cor e do brilho natural do fruto são facilmente observadas na pós-colheita, o que gera preocupação pois, o morango é um fruto de alto valor comercial e grande parte de seu consumo é in natura, exigindo a adoção de tecnologia adequada para melhor conservação (ALVES *et al.*, 2010).

Diferentes técnicas foram estudadas na conservação do morango como os tratamentos com CO₂, atmosfera modificada, atmosfera dinâmica e irradiações (CANTILLANO; SILVA, 2010). Dentro desse contexto, a irradiação de frutas consiste em submetê-las a uma quantidade controlada de energia ionizante, por um tempo prefixado (VIEITES, 2009), no intuito de reduzir ou retardar os danos causados por doenças ou por insetos. No entanto, pode ser utilizada, também, como método de conservação, prolongando o armazenamento pelo retardo do amadurecimento de alguns produtos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Dentre as fontes de irradiação, os diodos emissores de luz (LEDs) têm o potencial de revolucionar a tecnologia de iluminação de horticultura para produção, proteção e preservação de culturas (HASAN *et al.*, 2017). A natureza monocromática da luz produzida pelos LEDs é uma das propriedades mais exclusivas da eletroluminescência e é importante no ajuste da composição espectral da luz recebida pelas plantas cultivadas ou armazenadas após a colheita. A flexibilidade no controle da composição espectral da luz é de suma importância, uma vez que o aumento da proporção de luz em certos comprimentos de onda melhora a qualidade nutricional dos alimentos à medida que eles são cultivados ou durante o armazenamento pós-colheita, e os baixos níveis de luz dos LEDs (amplo espectro ou monocromáticos) pode reduzir a senescência em plantas armazenadas e até mesmo controlar a taxa de amadurecimento em certas frutas (D'SOUZA, 2015).

Dessa forma, a irradiação pode aumentar o tempo de prateleira e o armazenamento de muitas frutas a custos competitivos, ao mesmo tempo em que fornece uma alternativa ao uso de fumigantes e substâncias químicas, muitas das quais deixam resíduos (VIEITES, 2009). No entanto, dependendo da dosagem de radiação, pode provocar escurecimento, amaciamento, desenvolvimento de depressões superficiais, amadurecimento anormal e perda de aroma e sabor nos produtos. A intensidade desses efeitos é dependente de algumas variáveis, entre as quais salientam-se as características dos produtos (espécies, cultivar, grau de maturação), dose de radiação aplicada, embalagem do produto, condições do tratamento e o tempo de armazenamento (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Dessa forma, é de suma importância a sua determinação para uso na pós-colheita de morangos.

Diante do exposto, pergunta-se: A luz LED, em diferentes comprimentos de onda, pode alterar a qualidade pós-colheita do morango? Afim de responder a questão abordada, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a utilização de diodos emissores de luz (LED) na manutenção da qualidade pós-colheita dos frutos de morango.

2 MÉTODO

O experimento foi conduzido no campo experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Câmpus Santa Helena.



Foram utilizados frutos de morangos da cultivar San andreas, com dois terços da superfície do fruto com cor vermelha, adquiridos em produtor comercial, localizado município de São Miguel do Iguazu - Paraná. Os frutos foram transportados até o local do experimento onde foram padronizados quanto a cor, tamanho e defeitos. No momento da instalação do experimento os frutos apresentaram em média 5,8 oBrix, 0,8 % de ácido cítrico, textura de 4,3 N e 5,1 g de massa.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos de seis repetições, com 250g de frutos por parcela. Os tratamentos avaliados foram: T1 - testemunha no escuro; T2 - LED vermelho 629 nm (Irr = 0,133 mW/cm²); T3 LED azul 462 nm (Irr = 0,477 mW/cm²); T4 - LED verde 506 nm (Irr = 0,298 mW/cm²). A intensidade do sistema de iluminação em LED foi obtida utilizando um radiômetro (Gooch & Housego, OL 756) acoplado a uma fibra óptica (Gooch & Housego, OL 730 7q-1.0) e uma esfera integradora de 50,8 mm de diâmetro (Gooch & Housego, IS-270) para fornecer uma densidade de potência.

Os frutos foram acondicionados em cumbucas plásticas e acomodados em caixas plásticas (40cm x 24cm x 8cm) cobertas com contact preto. As caixas foram tampadas com placas acrílicas onde foram acopladas as fitas de luz LED. As caixas foram armazenadas em BOD a 5°C de temperatura por 14 dias, sendo irradiadas durante todo o período de experimento (24 horas por dia, durante 14 dias).

Ao final do experimento as características físico-químicas como, teor de sólidos solúveis totais (SST), pH, acidez titulável (AT), índice de maturação (SST/AT), massa (g), textura (N) e cor foram avaliadas. O teor de sólidos solúveis totais foi determinado em refratômetro digital, por meio de trituração das amostras e o resultado expresso em °Brix. A determinação da acidez titulável e pH foi realizada por titulação do suco com solução padronizada de NaOH 0,1N, o resultado foi expresso em porcentagem de ácido tartárico. As características físicas foram avaliadas por meio de determinação massa (g) mediante a utilização de balança analítica, a textura (N) foi analisada através de penetrômetro digital. A cor foi analisada empregando-se o aplicativo de celular Colorímetro (Lab Tools), sendo obtidas as variáveis de sua porção equatorial: L* (luminosidade), C* (saturação) e h° (matiz).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

3 RESULTADOS

Para as características químicas dos frutos de morango não houve diferença estatística significativa, mostrando que a utilização dos díodos emissores de luz não causou interferência nos resultados de SST, AT, SST/AT e pH (Tabela 1).

Tabela 1 - Características químicas dos morangos submetidos aos diferentes tratamentos com LED. Santa Helena, PR.

Tratamentos	SST (°Brix) ^{a/}	AT (% de ácido cítrico) ^{b/}	SST/AT	pH
Testemunha	6,15	0,87	7,08	3,27
Vermelho	5,70	0,86	6,66	3,34
Azul	6,22	0,89	6,99	3,39
Verde	5,70	0,89	6,37	3,35
F	2,07 ns	0,19 ns	2,16 ns	1,98 ns
CV (%)	8,04	9,90	7,90	2,60



ns: não significativo. ^{a/}: sólidos solúveis totais. ^{b/}: acidez titulável.

Fonte: Autoria própria (2021).

Em pesquisa realizado por Camargo, Silva e Favarao (2016), sobre o efeito do tratamento com luz de LED azul e refrigeração no período de prateleira do morango, também não foram encontrados resultados significativos para relação SST/AT, tampouco para pH e teor de açúcares, já para acidez titulável mostrou diferença estatística indicando maiores médias em favor da testemunha. Para frutos de amora preta (*Rubus spp.*), Sapelli *et al.* (2016) não verificaram diferença no teor de SST e AT quando os frutos foram submetidos ao tratamento com LED vermelha, associado ao corante azul de metileno. Em contrapartida, Kim *et al.* (2011) verificaram maior incremento do SST quando morangos da variedade Sulhyang foram submetidos ao tratamento de LED a 525 nm. Segundo os autores, os frutos tratados com diferentes comprimentos de irradiação de LED favorecem o incremento do teor de açúcar, evidenciando que o seu uso é um impulsionador do amadurecimento.

Considerando que o morango é classificado como fruto não climatérico, a composição química inicial dos frutos não sofreu alterações significativas após 14 dias de armazenamento. Os valores obtidos no presente trabalho foram similares aos registrados por Dantas *et al.* (2017), que relatam valores de 6,8°Brix, 0,72% de ácido cítrico e pH de 3,1 para a cultivar San Andreas; e por Antunes *et al.* (2014) que avaliaram a mesma cultivar, em diferentes em diferentes épocas, registrando valores entre 5,26 a 6,57°Brix e 1,04 a 1,51 % de ácido cítrico. O flavor (sabor e aroma) é uma das propriedades mais importante em questão de valor comercial dos frutos, sendo balanceado pelos açúcares e ácidos. Os ácidos orgânicos estão presentes em baixos níveis no morango, porém são importantes por contribuírem no flavor e qualidade sensorial dos frutos (DOMINGUES *et al.* 2018; PARVEZ; WANI, 2018).

Com relação aos parâmetros de cor, obteve-se diferença estatística apenas para resultados de matiz (h°), onde a utilização de LED verde foi superior em relação a testemunha e ao LED azul, sendo similar ao LED vermelho (Tabela 2). Ademais, o uso da luz LED não foi significativo para os resultados de perda de massa e textura (Tabela 2). Avaliando os efeitos com luz LED azul, Camargo, Silva e Favarao (2016), também não encontraram resultados significativos para perda de massa em morangos. Da mesma forma, Chong *et al.* (2022) não verificaram diferença na cor, textura e massa do morango submetido ao tratamento com LED a 405 nm.

Tabela 2 - Luminosidade (L^*), saturação (C^*), matiz (h°), perda de massa e textura dos morangos submetidos aos diferentes tratamentos com LED. Santa Helena, PR.

Tratamentos	L^*	C^*	h°	Perda de massa (%)	Textura (N)
Testemunha	30,60	47,62	358,30 b	3,87	5,28
Vermelho	29,50	47,18	358,68 ab	5,56	5,37
Azul	31,20	44,18	358,35 b	6,55	4,46
Verde	36,08	48,49	1,37 a	4,99	6,02
F	1,99	1,73	3,84*	1,88 ns	2,31 ns
CV (%)	15,88	7,45	44,15	38,17	19,57

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey. ns: não significativo. *: significativo ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2021).



Conforme Chitarra e Chitarra (2005), o processo de respiração e transpiração é o principal fator associado a perda de massa nos frutos. Valores entre 3 a 6% podem causar perdas significativas da qualidade em alguns frutos, por outro lado, alguns toleram até 10%. Além disso, teor de umidade tem relação direta com a textura do produto, uma vez que é um dos fatores responsáveis pelo turgor e firmeza dos tecidos. Segundo os autores, a perda progressiva da firmeza é um processo natural do amadurecimento dos frutos, estando diretamente relacionada com a integridade do fruto.

Diante do exposto, o uso da luz LED pode ser utilizado na pós colheita de morangos, sem alterar as características físico-químicas dos frutos.

4 CONCLUSÃO

A utilização de diodos emissores de luz nas cores azul, verde e vermelho não altera a qualidade pós-colheita do morango ‘San andreas’, após 14 dias de armazenamento refrigerado.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Araucária, pela concessão da bolsa PIBITI, aos meus colegas de pesquisa, à orientadora e também a UTFPR-Santa Helena pela disponibilização dos recursos.

REFERÊNCIAS

- ALVES, F. G. *et al.* Comportamento pós-colheita de frutos de morango tratados com produtos biológicos e mantidos sob refrigeração. **Horticultura Brasileira**, Janaúba MG, v. 28, n. 2, p. 4070-4075, jul. 2010.
- ANDRADE JÚNIOR, V. C. *et al.* Conservação pós-colheita de frutos de morangueiro em diferentes condições de armazenamento. **Horticultura**, Viçosa MG, v. 34, n. 3, p. 405-411, set. 2016.
- ANTUNES, M. C. *et al.* Postharvest quality of strawberry produced during two consecutive seasons. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 168-173, 2014.
- CAMARGO, K. Z; SILVA, M. F; FAVARAO, S. C. M. Efeito do tratamento com luz LED azul e refrigeração no período de prateleira do morango. *In*: Congresso Científico da Região Centro-Ocidental do Paraná (CONCCEPAR), 7., 2016, Campo Mourão. Anais [...] Campo Mourão: Centro Universitário Integrado de Campo Mourão, 2016. Disponível em: <https://conccpar.grupointegrado.br/resumo/efeito-do-tratamento-com-luz-de-led-azul-e-refrigeracao-no-periodo-de-prateleira-do-morango/480/1236>. Acesso em: 11 jun. 2021.
- CANTILLANO, R. F. F; SILVA, M. M. **Manuseio pós-colheita de morangos**. Embrapa, 2010.
- CHITARRA, M. I. F; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras Mg: Ufla, 2005. 783 p.
- CHONG, L. *et al.* Developing an LED preservation technology to minimize strawberry quality deterioration during distribution. **Food Chemistry**, v. 366, p.1-8, 2022.
- D’SOUZA, C. *et al.* Application of Light-Emitting Diodes in Food Production, Postharvest Preservation, and Microbiological Food Safety. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 14, n. 6, p. 719–740, 2015.



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

- DANTAS, E. S. *et al.* Frutos de cultivares de morangueiros submetidos ao 1-mcp em temperatura refrigerada. **Scientia Plena**, v. 13, n. 9, p. 1-11, 2017.
- DOMINGUES, A. R. *et al.* Postharvest quality, antioxidant activity and acceptability of strawberries grown in conventional and organic systems. **Brazilian journal of food technology**. v. 21, p. 1-8, 2018.
- HASAN, M. M. *et al.* An overview of LEDs' effects on the production of bioactive compounds and crop quality. **Molecules**, v. 22, n. 9, p. 1–12, 2017.
- KIM, B. S. *et al.* An effect of light emitting diode (LED) irradiation treatment on the amplification of functional components of immature strawberry. **Horticulture Environment and Biotechnology**, v. 52, n. 1, p. 35–39, 2011.
- PARVEZ, S.; WANI, I. A. Postharvest Biology and Technology of Strawberry. **Postharvest Biology and Technology of Temperate Fruits**. p.331-348, 2018.
- SAPELLI, K. S. *et al.* Uso de terapia fotodinâmica da na conservação pós-colheita de amora-preta cv. Xavante (*Rubus ssp.*). *In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25., 2016, Gramado. Anais [...] Gramado: FAURGS, 2016. p.1-5.
- SILVA, P. A. **Qualidade de morangos cultivados na região de Lavras, MG, armazenados em temperatura ambiente**. 2007. 87 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2007.
- VIEITES, R. L. Conservação pós-colheita de frutos com a utilização da irradiação. *In: NEVES, L. C. Manual pós-colheita da fruticultura brasileira*. Eduel: Londrina, 2009. p.189-212.