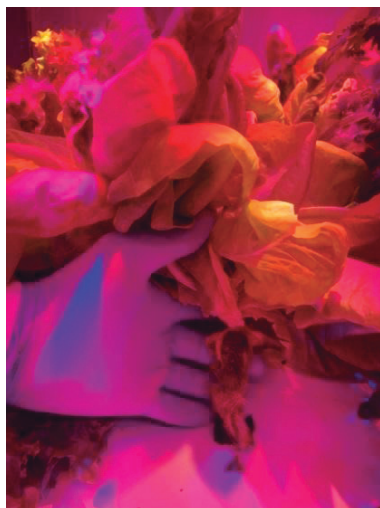




Teores de antocianinas em manjeriço roxo e vitamina C em alface cultivados em hidroponia sob iluminação artificial



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

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
246**

**Teores de antocianinas em manjeriço roxo e
vitamina C em alface cultivados em hidroponia
sob iluminação artificial**

*Lucimeire Pilon
Ítalo Moraes Rocha Guedes
Ricardo Luiz Vasconcelos Ribeiro
Rafaela Souza Alves Fonseca
Jilvânio Rios da Silva*

Exemplares desta publicação
podem ser adquiridos na

Embrapa Hortaliças

Rodovia BR-060, trecho Brasília-Anápolis, km 9
Caixa Postal 218
Brasília-DF
CEP 70.275-970
Fone: (61) 3385.9000
Fax: (61) 3556.5744
www.embrapa.br/fale-conosco/sac
www.embrapa.br

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Hortaliças

Presidente

Henrique Martins Gianvecchio Carvalho

Editora Técnica

Flávia M. V. Clemente

Secretária

Clidineia Inez do Nascimento

Membros

Geovani Bernardo Amaro

Lucimeire Pilon

Raphael Augusto de Castro e Melo

Carlos Alberto Lopes

Marçal Henrique Amici Jorge

Alexandre Augusto de Moraes

Giovani Olegário da Silva

Francisco Herbeth Costa dos Santos

Caroline Jácome Costa

Iriani Rodrigues Maldonade

Francisco Vilela Resende

Italo Moraes Rocha Guedes

Normalização Bibliográfica

Antonia Veras de Souza

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

André L. Garcia

Imagem da capa

Lucimeire Pilon

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 Hortaliças

Teores de antocianinas em manjeriço roxo e vitamina C em alface cultivados em
hidroponia sob iluminação artificial / Lucimeire Pilon ... [et al.]. - Brasília, DF:
Embrapa Hortaliças, 2021.

22 p. : il. color. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Hortaliças, ISSN
1677-2229 ; 246).

1. *Ocimum basilicum*. 2. *Lactuca sativa*. 3. Cultivo hidroponico. 4. Iluminação
artificial. I. Pilon, Lucimeire. II. Embrapa Hortaliças. III. Série.

CDD 631.585

Sumário

Resumo	7
Abstract	9
Introdução.....	11
Material e Métodos	12
Resultados e Discussão	15
Conclusão.....	19
Referências	19

Teores de antocianinas em manjeriço roxo e vitamina C em alface cultivados em hidroponia sob iluminação artificial

Lucimeire Pilon¹

Ítalo Moraes Rocha Guedes²

Ricardo Luiz Vasconcelos Ribeiro³

Rafaela Souza Alves Fonseca⁴

Jilvânio Rios da Silva⁵

Resumo – O cultivo de hortaliças em ambiente controlado para agricultura urbana tem se mostrado promissor se expandido em anos recentes como sistema produtivo viável. Esse estudo teve como objetivo avaliar o efeito de iluminação artificial sobre os teores de antocianinas em manjeriço roxo e vitamina C em alface, cultivados em ambiente controlado. O manjeriço roxo ‘Fênix’ e a alface lisa ‘Regina’ foram cultivados em sistema hidropônico tipo Nutrient Film Technique (NFT), sob iluminação artificial de três diferentes tipos: i) LED-BF (diodo emissor de luz branca fria); ii) LED-RGB (LEDs vermelho-verde-azul 4:1:1); e iii) LED-RGB-F (LEDs vermelho-verde-azul 4:1:1 entremeadas por lâmpadas fluorescentes 20W). Os manjeriços roxos sob tratamento LED-RGB-F apresentaram concentrações de 44,84 mg 100 g⁻¹ de antocianinas, mostrando-se mais eficiente que os tratamentos LED-BF (27,83 mg 100 g⁻¹) e LED-RGB (20,18 mg 100 g⁻¹) em estimular a sua biossíntese. Os comprimentos de onda emitidos pelas luzes LED-RGB-F também foram mais eficientes em aumentar a vitamina C na alface. As alfaces tratadas com essa lâmpada apresentaram os maiores teores de vitamina C (81,77 mg 100 g⁻¹), seguidas pelas tratadas com LED-BF (56,39 mg 100 g⁻¹). O menor teor

¹ Engenheira-agrônoma, Doutora em irradiação de alimentos, pesquisadora da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

² Engenheiro-agrônomo, Doutor em agronomia, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

³ Químico, Mestre em Química, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

⁴ Engenheira-agrônoma, Mestranda em Olericultura no Instituto Federal Goiano – campus Morrinhos, estagiária da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

⁵ Graduando em agronomia na Unidesc, estagiário da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

dessa vitamina foi encontrado nas alfaces tratadas com LED-RGB (43,82 mg 100 g⁻¹). A utilização de uma fonte de radiação UV no cultivo de hortaliças em ambiente controlado levou ao acúmulo diferencial de antocianinas em manjeriço roxo e vitamina C em alface lisa em relação a plantas tratadas apenas com LEDs produtoras de PAR. Isso sugere que as lâmpadas LED que emitem apenas espectros otimizados da fotossíntese (vermelho e azul) não são tão eficientes quanto lâmpadas fluorescentes para induzir a biossíntese de antocianinas em manjeriço roxo e vitamina C em alface.

Termos para indexação: *Ocimum basilicum*, *Lactuca sativa*, compostos bioativos, agricultura urbana, lâmpada LED, lâmpada LED-RGB, lâmpada fluorescente.

Anthocyanin contents of purple basil and vitamin C of lettuce grown in hydroponics under artificial lighting conditions

Abstract – Vegetable production in controlled environments has great potential as a viable growing system. This study aimed to evaluate the effect of artificial lighting on anthocyanins content in purple basil cultivar F nix and vitamin C in lettuce cultivar Regina grown in a controlled environment. Purple basil and lettuce were grown in a container in a Nutrient Film Technique (NFT) hydroponic system, under three types of artificial lighting: i) LED-BF (white light-emitting diodes); ii) LED-RGB (Red-Green-Blue LEDs 4:1:1); e iii) LED-RGB-F (Red-Green-Blue LEDs 4:1:1 and 20W fluorescent light). Purple basil treated with LED-RGB-F had 44.84 mg 100 g⁻¹ of anthocyanins, showing to be more efficient than LED-BF (27.83 mg 100 g⁻¹) and LED-RGB (20.18 mg 100 g⁻¹) in stimulating its biosynthesis. The wavelengths emitted by the LED-RGB-F lights were also more efficient in increasing vitamin C in lettuce. Lettuce plants treated with that light produced the highest vitamin C levels (81.77 mg 100 g⁻¹), followed by those treated with LED-BF (56.39 mg 100 g⁻¹). This vitamin's lowest content was found in lettuce plants treated with LED-RGB (43.82 mg 100 g⁻¹). The use of a UV radiation source for growing vegetables in a controlled environment led to the differential accumulation of anthocyanins in purple basil and vitamin C in lettuce compared with LEDs producing only photosynthetically active radiation (PAR). Our results suggest that LED lamps emitting only photosynthetically active radiation are not as efficient as fluorescent lights in prompting the biosynthesis of anthocyanins in purple basil and vitamin C in lettuce.

Index terms: *Ocimum basilicum*, *Lactuca sativa*, bioactive compounds, urban agriculture, LED light, LED-RGB light, fluorescent light.

Introdução

A agricultura em ambiente controlado tem se expandido em anos recentes como sistema produtivo viável. O cultivo de hortaliças, espécies condimentares e pequenos frutos nesse sistema tem se mostrado promissor em razão das altas produtividades, dos ciclos de cultivo relativamente curtos e da possibilidade de exercer controle sobre a composição e a qualidade nutricional através da modificação de variáveis ambientais, cujo controle em campo aberto seria impraticável.

Alguns grupos de pesquisa têm induzido a biofortificação de hortaliças com elementos essenciais aos seres humanos, como iodo e selênio (Sonneveld e Voogt, 2009). Ohashi-Kaneko (2015) relata a produção de alfaces com menor teor de nitrogênio e de potássio, alterando-se a composição da solução nutritiva, destinados a consumidores com necessidades nutricionais específicas devidas a problemas de saúde.

O controle sobre a concentração de certos compostos bioativos pode ser exercido por meio da alteração da composição espectral da luz. Goto et al. (2016) conseguiram aumentar os teores de antocianina em alface roxa utilizando radiação UV durante três dias antes da colheita. As antocianinas são compostos fenólicos, do grupo dos flavonoides, associados à redução do risco de doenças degenerativas devido à sua atividade antioxidante (Reyes et al., 2005) e normalmente sua biossíntese nas plantas é estimulada por condições ambientais que causam estresse oxidativo.

A vitamina C, incluindo o ácido ascórbico (exibe atividade antioxidante) e o ácido dehidroascórbico (produto de oxidação), é um dos mais relevantes indicadores de qualidade de hortaliças e frutas (Lee e Kader, 2000). Essa vitamina possui atividades essenciais no metabolismo vegetal e animal e como cofator de muitas enzimas, devendo ser ingerida na dieta, já que os humanos perderam a capacidade de sintetizá-la (Fenech et al., 2019). O conteúdo de vitamina C pode ser influenciado por vários fatores, dentre eles a intensidade de luz e temperatura durante a pré-colheita. Embora a luz não seja essencial para a síntese de ácido ascórbico nas plantas, a sua intensidade e composição do espectro durante o cultivo têm influência no conteúdo de ácido ascórbico formado, já que este é sintetizado a partir de açúcares produzidos pela fotossíntese (Lee e Kader, 2000).

O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito de três tipos de iluminação artificial, em ambiente controlado, sobre os teores de antocianinas de manjeriço roxo, e vitamina C de alface lisa, cultivados em sistema hidropônico tipo Nutrient Film Technique (NFT).

Material e Métodos

A condução do cultivo de manjeriço roxo 'Fênix' e alface lisa 'Regina' foi feita em sistema hidropônico verticalizado, em ambiente controlado com iluminação artificial de três diferentes tipos: i) LED-BF (diodo emissor de luz branca fria); ii) LED-RGB (LEDs vermelho-verde-azul 4:1:1); e iii) LED-RGB-F (LEDs vermelho-verde-azul 4:1:1 entremeadas por lâmpadas fluorescentes 20W). O transplântio das mudas foi feito quando as plântulas de ambas as espécies estavam com 25 dias desde a germinação. A unidade de ambiente controlado de cultivo consistiu em um contêiner marinho, modificado com acréscimo de termopainéis e unidades de controle de temperatura, mantida em $25\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$, e umidade relativa do ar de 70%. Ambas as espécies avaliadas receberam solução nutritiva hidropônica completa com condutividade elétrica de 1,4 mS/cm e pH de 6,0. O controle da iluminação foi feito mantendo-se a integral de luz diária em 12,0. Para isso, foi modificada a intensidade luminosa ou o fotoperíodo. Foi evitado o uso de fotoperíodo maior que 18 h.

Em razão da homogeneidade do ambiente experimental, decidiu-se pelo uso de delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, consistindo a unidade experimental em um maço de manjeriços ou um pé de alface. As plantas foram colhidas, imediatamente embaladas (Figura 1) e transportadas ao Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos (LCTA) para serem analisadas.



Figura 1. Colheita: A) Alface; e B) Manjeriço.

As folhosas foram, então, picadas e pesadas nas quantidades especificadas para cada tipo de análise (Figura 2), para passarem pelo processo de extração e, posteriormente, quantificação de vitamina C (alface) e antocianinas (manjerição roxo).



Fotos: Lucimeire Pilon

Figura 2. Pesagem para extração das antocianinas em manjerição e vitamina C em alface.

Antocianinas totais

Os teores de antocianinas totais foram determinados apenas para o manjerição roxo. As antocianinas foram quantificadas pelo método espectrofotométrico (pH diferencial), de acordo com metodologia adaptada de Fuleki e Francis (1968) e Giusti e Wrolstad (2001). Os extratos foram preparados utilizando 2 g de folhas de manjerição e 20 mL de solução extratora HCl 1% em metanol (Figura 3) e trituração em homogeneizador tipo Turrax por 1 min.

Para a determinação das antocianinas, foi adicionado 1,0 mL do extrato a 4,0 mL de reagente cloreto de potássio 0,025 M (pH 1,0) e, em outro tubo de ensaio, foi adicionado 1 mL do extrato a 4 mL de reagente acetato de sódio 0,4 M (pH 4,5). Foram realizadas as diluições conforme as concentrações das amostras. As soluções foram mantidas em repouso por 15 min em temperatura ambiente e ausência de luz. A absorbância foi lida em espectrofotômetro a 530 e 700 nm. Água destilada foi utilizada como branco. Os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹ de amostra.

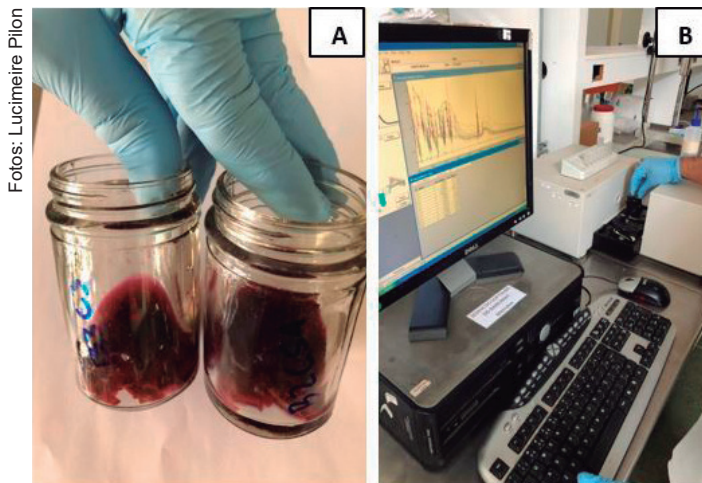


Figura 3. A) Antocianinas extraídas e sendo B) quantificadas em espectrofotômetro.

Vitamina C

A análise foi realizada pelo método da dinitrofenilhidrazina (Terada et al., 1978; Moretti, 2006). Foram triturados 3 g de alface ou 1 g de manjeriço em 20 mL de solução ácida em turrax, por 3 min. As amostras foram centrifugadas por 10 min, a 10.000 g, em temperatura ambiente. Após, foram pipetados 1 mL do sobrenadante e 1 mL de mistura ácida em tubos de ensaio com uma gota de 2,6 diclorofenolindofenol (2,6 DCPIP).

Os tubos foram deixados em temperatura ambiente, por 1 h, na ausência de luz. Foi, então, adicionado 1 mL de tiouréia a 2% e 0,5 mL de dinitrofenilhidrazina. Os tubos foram agitados manualmente, tampados com bolinhas de vidro (“gude”) e colocados em banho maria, a 60 C, por 3 h. Após a incubação, os tubos foram colocados em banho de gelo (Figura 4). Foram adicionados 2,5 mL de ácido sulfúrico (90%) gelado e os tubos foram agitados. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 540 nm. Os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹.

Análise estatística

Cada experimento foi composto de uma espécie, manjeriço e alface, as quais foram analisadas separadamente. Em razão da homogeneidade do

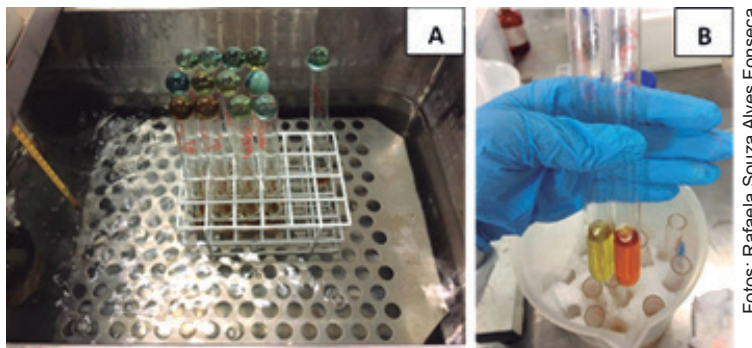


Figura 4. A) Tubos com as amostras em banho maria e em B) banho de gelo, para posterior leitura da vitamina C em espectrofotômetro.

ambiente experimental, decidiu-se pelo uso de delineamento inteiramente casualizado com quatro repetiçoes, consistindo a unidade experimental em um maço de manjericoes ou um pé de alface. As análises foram realizadas em duplicata. Foi realizada análise de variância - ANOVA (GLM-ANOVA) do SAS® Statistical Analysis System v. 8.0 (SAS Institute Inc., 1999). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

Resultados e Discussão

1. Manjeriçao roxo

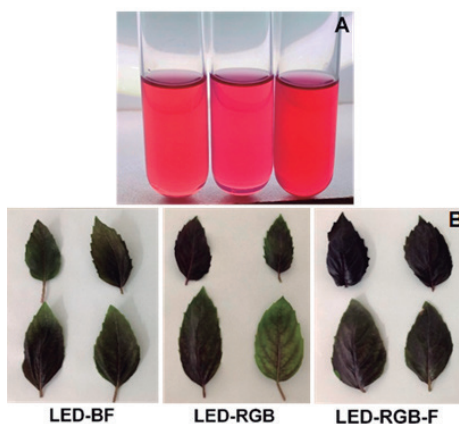


Figura 5. A) Extratos e B) folhas de manjeriçao roxo submetido a três tipos de iluminaçao: LED-BF (LEDs brancas frias); LED-RGB (LEDs RGB 4:1:1); e LED-RGB-F

(LEDs RGB 4:1:1 entremeadas com lâmpadas fluorescentes 20W).

A iluminação com lâmpadas LED-RGB-F estimulou a biossíntese de antocianinas em manjeriço roxo (Figura 5). As plantas de manjeriço que receberam esse tratamento apresentaram concentrações de 44,84 mg 100 g⁻¹ desses pigmentos, mostrando-se mais eficiente que os tratamentos LED-BF (27,83 mg 100 g⁻¹) e LED-RGB (20,18 mg 100 g⁻¹) (Figura 6). Os valores médios de concentração de antocianina obtidos com o tratamento LED-RGB-F (44,84 mg 100 g⁻¹) são, pelo menos, 2,5 vezes mais altos do que os valores obtidos (16,63 a 18,78 mg 100 g⁻¹) em ambiente protegido utilizando-se iluminação natural (Phippen e Simon, 1998).

Embora as luminárias RGB (vermelho-verde-azul) emitam quantidades não desprezíveis de radiação UV (dados não mostrados), são valores muito menores do que os emitidos por lâmpadas fluorescentes. Goto et al. (2016) afirmam que a ausência de fontes de radiação UV em agricultura sob ambiente controlado resulta em plantas com menores concentrações de fitoquímicos e compostos antioxidantes, como polifenóis, do que plantas cultivadas

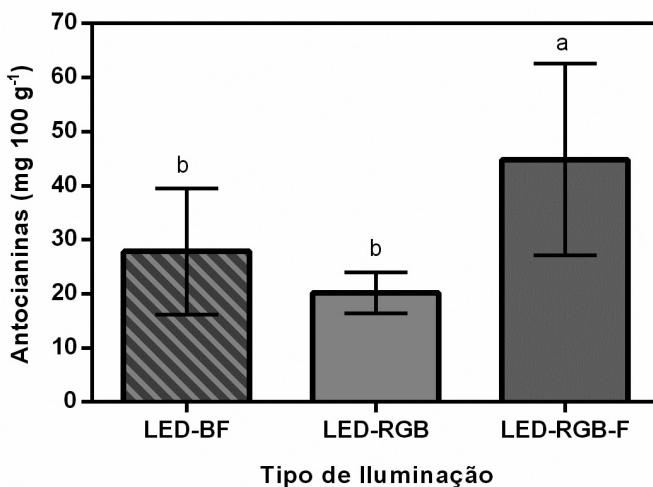


Figura 6. Teor de antocianinas (mg 100 g⁻¹) em manjeriço roxo submetido a três tipos de iluminação em ambiente controlado: LED-BF (LEDs brancas frias); LED-RGB (LEDs RGB 4:1:1); e LED-RGB-F (LEDs RGB 4:1:1 entremeadas com lâmpadas fluorescentes 20W). (CV: 3,67%).

em campo aberto. Por outro lado, Li e Kubota (2009) relatam aumento na concentração de antocianinas em folhas de alface baby leaf tratadas com uma fonte de radiação UV-A. Isso pode explicar as maiores concentrações de antocianinas observadas nas folhas de manjerição expostas ao tratamento contendo lâmpadas fluorescentes.

Dou et al. (2019) demonstraram que em plantas de manjerição roxo, as concentrações de fenólicos e flavonoides, que inclui as antocianinas, aumentaram após duas horas por dia de tratamentos com UV-B. Os autores relataram que os compostos fenólicos em plantas de manjerição cultivadas em ambiente controlado são reduzidos devido à ausência de radiação ultravioleta (UV) e baixa densidade de fluxo de fótons fotossintéticos.

2. Alface lisa

Os comprimentos de onda emitidos pelas luzes LED-*RGB-F* foram mais eficientes em aumentar a vitamina C na alface. As plantas de alface sob o tratamento LED-*RGB-F* apresentaram teores significativamente mais altos de vitamina C do que as plantas sob os outros tipos de iluminação (Figura 7).

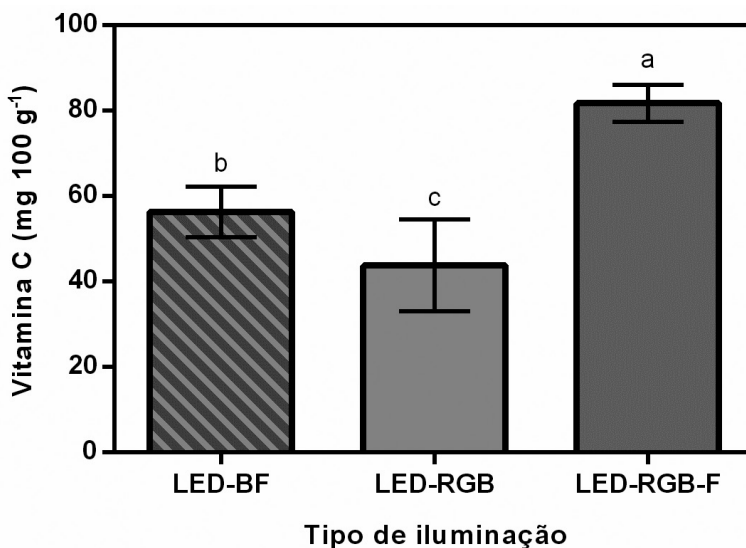


Figura 7. Teor de vitamina C (mg 100 g⁻¹) em alface lisa submetida a três tipos de iluminação em ambiente controlado: LED-BF (LEDs brancas frias); LED-*RGB*

(LEDs RGB 4:1:1); e LED-RGB-F (LEDs RGB 4:1:1 entremeadas com lâmpadas fluorescentes 20W). (CV: 6,05%).

As alfaces tratadas com LED-RGB-F apresentaram teores de vitamina C de 81,77 mg 100 g⁻¹, seguidas pelas tratadas com LED-BF, que mostraram teores de 56,39 mg 100 g⁻¹. O menor teor desta vitamina, de 43,82 mg 100 g⁻¹, foi encontrado nas alfaces tratadas com LED-RGB (Figura 7).

Ao contrário das lâmpadas LED, as lâmpadas fluorescentes produzem quantidade considerável de radiação UV, como anteriormente mencionado. A exposição de plantas superiores à radiação UV representa um estresse abiótico, que pode aumentar a atividade de radicais livres com potencial oxidativo (Cisneros-Zevallos e Jacobo-Velázquez, 2020), podendo comprometer o aparato fotossintético.

A vitamina C, não só têm efeitos benéficos comprovados para a saúde humana, mas é também uma forma de defesa da planta contra os estresses bióticos e abióticos, principalmente, em razão de suas propriedades antioxidantes (Fenech et al., 2019). A utilização de iluminação artificial controlada, gerando quantidades moderadas de radiação UV (A ou B) como prática agrícola estimuladora da produção de vitamina C (Cisneros-Zevallos, 2003) apresenta potencial para alface produzida em ambiente controlada.

Zhang et al. (2018) avaliaram os efeitos de diferentes combinações de intensidade de luz, fotoperíodo e qualidade da luz sobre o conteúdo de vitamina C, entre outras características, de alfaces em ambiente controlado, e encontraram maiores teores quando as alfaces haviam sido cultivadas sob fluxo de fótons fotossintéticos a 250 μmol m² s⁻¹ ou 300 μmol m² s⁻¹, emitidos por LED R:B de 1:2 ou 2:2, em fotoperíodo de 16 h d⁻¹, muito semelhantes às condições mantidas em nosso trabalho. Os autores encontraram teores de vitamina C entre 38,39 mg 100 g⁻¹ e 43,33 mg 100 g⁻¹ nas alfaces, semelhantes aos encontrados nas alfaces tratadas com LED-RGB e menores sem entremear com lâmpadas fluorescentes (LED-RGB-F) (Figura 5).

Favaro-Trindade et al. (2007) encontraram valores mais baixos de vitamina C (15,2 mg 100 g⁻¹) quando avaliaram o efeito dos sistemas de cultivo convencional, hidropônico e orgânico, com iluminação natural, sobre os teores de vitamina C de alface lisa 'Luisa'.

Conclusões

A utilização de uma fonte de radiação UV no cultivo de hortaliças em ambiente controlado levou ao acúmulo superior de antocianinas em manjeriço roxo e vitamina C em alface lisa em relação a plantas tratadas apenas com LEDs produtoras de Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR). Esse resultado sugere que a utilização de luminárias LED, que produzam unicamente espectros otimizados da fotossíntese, não é suficiente para a produção de antocianinas e vitamina C, de interesse para a saúde humana.

Referências

CISNEROS-ZEVALLOS, L. The use of controlled postharvest abiotic stresses as a tool for enhancing the nutraceutical content and adding-value of fresh fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, 68 (5), p. 1560-1565, 2003. DOI:10.1111/j.1365-2621.2003.tb12291.x

CISNEROS-ZEVALLOS, L.; JACOBO-VELÁZQUEZ, D. A. Controlled abiotic stresses revisited: from homeostasis through hormesis to extreme stresses and the impact on nutraceuticals and quality during pre- and postharvest applications in horticultural crops. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 68 (43), p. 11877-11879, 2020. DOI: 10.1021/acs.jafc.0c06029.

DOU, H.; NIU, G.; GU, M. Pre-harvest UV-B radiation and photosynthetic photon flux density interactively affect plant photosynthesis, growth, and secondary metabolites accumulation in basil (*Ocimum basilicum*) plants. **Agronomy**, v. 9, n. 8, p. 434, 2019.

FAVARO-TRINDADE, C.; MARTELLO, L. S.; MARCATTI, B.; MORETTI, T. S.; PETRUS, R. R.; ALMEIDA, E.; FERRAZ, J. B. S. Efeito dos sistemas de cultivo orgânico, hidropônico e convencional na qualidade de alface lisa. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 10, n. 2, p. 111-115, 2007.

FENECH, M.; AMAYA I.; VALPUESTA, V.; BOTELLA, M. A. Vitamin C Content in Fruits: Biosynthesis and Regulation. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, n. 2006, p. 1-21, 2019. DOI: 10.3389/fpls.2018.02006.

FULEKI, T.; FRANCIS, F. J. Quantitative methods for anthocyanins. 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries, **Journal of Food Science**, v. 33, p. 72-77, 1968. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1968.tb00887.x

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy, *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, v. 00, n. 1, p. F 1.2.1- F 1.2.13, 2001. DOI: 10.1002/0471142913.faf0102s00

GOTO, E.; HAYASHI, K.; FURUYAMA, S.; HIKOSAKA, S.; ISHIGAMI, Y. Effect of UV light on phytochemical accumulation and expression of anthocyanin biosynthesis genes in red leaf lettuce. **Acta Horticulturae**, v. 1134, p. 179-186, 2016.

LEE, S. K.; KADER, A.A. Preharvest and Postharvest Factors Influencing Vitamin C Content of Horticultural Crops. **Postharvest Biology and Technology**, 20, p. 207-220, 2000. [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00133-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00133-2).

LI, Q.; KUBOTA, C. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. **Environmental and Experimental Botany**, 67, p. 59–64, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.06.011>.

MORETTI, C. L. **Protocolos de avaliação da qualidade química e física de tomate**. Comunicado Técnico. Embrapa Hortaliças, Brasília, 2006.

OHASHI-KANEKO, K. Functional components in leafy vegetables. In: Kozai T.; Niu, G.; Takagaki, M. **Plant factory - An indoor vertical farming system for efficient quality food production**. Elsevier, Amsterdam, 2015.

SIMON, J. E.; PHIPPEN, W. Anthocyanins in Basil (*Ocimum basilicum* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, 1734–1738, 1998.

SONNEVELD, C.; Voogt, W. **Plant nutrition of greenhouse crops**. Springer, 2009.

TERADA, M.; WATANABE, Y.; KUNITOMO, M.; HAYASHI, E. Differential rapid analysis of ascorbic acid and ascorbic acid 2-sulfate by dinitrophenylhydrazine method. **Analytical Biochemistry**. 84: 604-608, 1978.

ZHANG, X.; HE, D. X.; NIU, G. H.; YAN, Z. N.; SONG, J. X. Effects of environment lighting on the growth, photosynthesis, and quality of hydroponic lettuce in a plant factory. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 11, n. 2, p. 33-40, 2018.

