

SIMONE NORBERTO DA SILVA

**ATRIBUTOS DE QUALIDADE, COMPOSTOS FUNCIONAIS E ATIVIDADE
ANTIOXIDANTE DE DIFERENTES PARTES DE POLPAS DE HÍBRIDOS DE
MINI-MELANCIAS**

**TANGARÁ DA SERRA/MT - BRASIL
2022**

SIMONE NORBERTO DA SILVA

**ATRIBUTOS DE QUALIDADE, COMPOSTOS FUNCIONAIS E ATIVIDADE
ANTIOXIDANTE DE DIFERENTES PARTES DE POLPAS DE HÍBRIDOS DE
MINI-MELANCIAS**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Profº. Dr. Santino Seabra Júnior

Coorientador: Prof. Dr. Renê Arnoux da Silva Campos

**TANGARÁ DA SERRA/MT - BRASIL
2022**

- S586a SILVA, Simone Norberto da.
Atributos de Qualidade, Compostos Funcionais e Atividade Antioxidante de Diferentes Partes de Polpas de Híbridos de Mini-Melancias / Simone Norberto da Silva – Tangará da Serra, 2023. 46 f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (sim)
- Trabalho de Conclusão de Curso
(Dissertação/Mestrado) – Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Interdisciplinar em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, Faculdade de Ciências Agrárias, Biológicas, Engenharia e da Saúde, Câmpus de Tangará da Serra, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2023.
Orientador: Santino Seabra Júnior
Coorientador: Renê Arnoux da Silva Campos
1. Citrullus Lanatus. 2. Mini-Melancia. 3. Antioxidantes. 4. Análise Bioquímica. 5. Análise de Alimentos. I. Simone Norberto da Silva. II. Atributos de Qualidade, Compostos Funcionais e Atividade Antioxidante de Diferentes Partes de Polpas de Híbridos de Mini-Melancias: .
- CDU 631.151:635.6

DEDICATÓRIA

À minha família, em especial ao meu esposo, que sempre esteve do meu lado, apoiando e me incentivando para o meu crescimento profissional; aos meus pais, pelos princípios que levarei comigo para sempre por onde eu for. Agradeço também a todos meus irmãos, em especial à minha irmã Iza e meu cunhado Joabes, por tudo que fizeram por mim, durante toda minha trajetória da graduação e pós graduação. Gratidão por uma família unida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS pelo dom da vida, por me dar sabedoria, paciência, dignidade e humildade e também à Nossa Senhora Aparecida, por me proteger de todo mal, por me proporcionar grandes aprendizados, que me fizeram ter muita força e fé, e acima de tudo, nunca desistir diante das dificuldades e desafios da vida.

À toda minha família, em especial meu esposo Jeverson, por todo apoio, companheirismo e carinho.

À Universidade do Estado de Mato Grosso UNEMAT, aos Câmpus de Tangará da Serra, Nova Mutum e Cáceres MT.

Ao programa de pós-graduação *Stricto sensu* em Ambiente e Sistema de Produção Agrícola e seu corpo docente, pela oportunidade e aprendizado proporcionados a mim ao longo desta jornada.

Ao querido orientador Prof. Dr. Santino Seabra Júnior, pela oportunidade, amizade e apoio.

Ao querido coorientador Prof. Dr. Renê Arnoux da Silva Campos, pelo auxílio, amizade e paciência comigo.

À equipe do Laboratório de Horticultura Câmpus Nova Mutum MT, pelo trabalho e dedicação, em especial aos amigos Carlos Luiz Vieira, Isabel de Campos, Max José Festl, João Victor, Rafael Rosa, Renata Begnini, por último, e não menos importante Franciele Borsatti, por toda a ajuda, amizade, carinho e alegria.

À equipe do Laboratório de Núcleo de Bioquímica e Compostos Funcionais (NUBIQ) - Câmpus de Cáceres MT, pelo trabalho e dedicação. Obrigada ao José Junior, e em especial ao Professor Dr. Rene por toda dedicação ao meu trabalho.

A todos aqueles que colaboraram direta ou indiretamente na realização deste trabalho meus sinceros agradecimentos.

Muito obrigada!

“Nossa maior fraqueza está em desistir. O caminho mais certo para vencer é tentar mais uma vez.” (Thomas Edison).

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AEEN: Ácidos fenólicos

AT: Acidez titulável

CL A: Clorifila A

CL B: Clorifila B

CV. : Cultivar

DPPH: Método para detectar a presença de compostos antioxidantes

FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations

FLAV: Flavonóides

FRAP: É utilizado para medir a capacidade antioxidante, poder redutor do ferro

FT: Fenólicos totais

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LIC: Licopeno

pH: Potencial hidrogeniônico de uma solução

VT C: Vitamina C

β-CAR: Beta-caroteno

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Teor de sólidos solúveis do endocarpo central de híbridos de mini-melancia.....	21
Figura 2. Híbridos de mini-melancia e esquema de divisão das diferentes partes do fruto avaliadas.....	22
Figura 3 Biplot dos dois primeiros componentes obtidos pela PCA realizada com os dados de parâmetros bioquímicos: pH, acidez titulável – ATT, vitamina C – VitC, compostos funcionais: clorofila a – Chla, clorofila b – Chlb, licopeno – Lyc, β - caroteno – β -car, flavonoides – Flv, ácidos fenólicos – Afe, fenólicos totais – FT; e dados atividade antioxidante: sequestro dos radicais 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzo- thiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS), 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) e poder redutor do ferro (FRAP).....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo das análises de variância das características físico-químicas em relação aos Teores de vitamina C, pH e acidez titulável em híbridos de mini- melancia em relação à parte do fruto.....28

Tabela 2. Resumo das análises de variância das características físico-químicas em relação aos Teores de clorofila a, clorofila b, licopeno e β -caroteno em híbridos de mini-melancia em relação à parte do fruto.....31

Tabela 3. Resumo das análises de variância das características físico-químicas em relação aos Teores de flavonoides, ácidos fenólicos e fenólicos totais em híbridos de mini-melancia em relação à parte do fruto.....34

Tabela 4. Resumo das análises de variância das características bioquímicas em relação ao Sequestro dos radicais 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico (ABTS) e 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) e poder redutor do ferro (FRAP) em híbridos de mini-melancia em relação à parte do fruto.....36

Tabela 5. Coeficientes de correlação de Pearson para o pH, acidez titulável (ATT), teor de ácido ascórbico (AA), clorofila a, clorofila b, fenólicos totais, dos radicais 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico (ABTS) e 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) e poder redutor do ferro (FRAP),.....39

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

RESUMO GERAL

GENERAL ABSTRACT

INTRODUÇÃO GERAL 12

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....14

ARTIGO 1 - ATRIBUTOS DE QUALIDADE, COMPOSTOS FUNCIONAIS E
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE DIFERENTES PARTES DE POLPAS DE HÍBRIDOS
DE MINI-MELANCIAS.....16

RESUMO 16

ABSTRACT 17

INTRODUÇÃO 18

MATERIAL E MÉTODOS.....20

RESULTADOS E DISCUSSÃO.....27

CONCLUSÃO.....42

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 43

RESUMO GERAL

A melancia (*Citrullus lanatus* L.) é uma das hortaliças de maior demanda mundial. Sua demanda está relacionada ao baixo teor calórico, refrescância e propriedades nutricionais, além de ser fonte de diversos compostos funcionais como vitamina C, licopeno, flavonoides, entre outros. No entanto, estes compostos podem variar conforme o genótipo cultivado e suas características. Desta forma, objetivou-se analisar os atributos físico-químicos, compostos funcionais e atividade antioxidante de frutos de híbridos de mini-melancia. Nesta pesquisa foram realizadas as análises físico-químicas e bioquímicas. O delineamento experimental utilizado foi o DIC em arranjo fatorial (4x3), sendo três diferentes partes dos frutos (1-endocarpo central polpa, 2-endocarpo distal polpa e 3- mesocarpo entre a casca) além de quatro híbridos diferentes 'Smile', 'Champagne', 'Sharoline' e 'Fenway', com três repetições. Os parâmetros avaliados foram: pH, acidez titulável, teores de vitamina C, licopeno, β -caroteno, flavonoides, ácidos fenólicos, fenólicos totais e o potencial antioxidante por meio de diferentes métodos - sequestro dos radicais ABTS, DPPH e poder redutor do ferro-FRAP. Entre os híbridos de mini-melancia avaliados, 'Sharoline' e 'Champagne' apresentaram maiores teores de vitamina C., 'Smile' e 'Sharoline' apresentaram os melhores resultados quanto ao conteúdo de compostos funcionais, possuindo teores superiores de licopeno, β -caroteno, flavonoides, ácidos fenólicos e fenólicos totais, conferindo a eles bons resultados de atividade antioxidante. 'Champagne' se destacou em razão dos bons resultados em vitamina C, ácidos fenólicos, fenólicos totais e atividade antioxidante e, devido sua polpa ser amarelada, esta apresentou baixos teores de licopeno, que aliada ao seu sabor o transforma em uma opção de mini-melancia diferenciada. O endocarpo central é a parte do fruto com maior concentração de compostos funcionais e atividade antioxidante. No endocarpo distal há elevada concentração de carotenoides nos híbridos Smile e Champagne e o mesocarpo apresenta elevada concentração de compostos fenólicos, podendo ser consumido ou mesmo aproveitado na agroindústria.

Palavras-chave: *Citrullus lanatus* L., endocarpo, mesocarpo, licopeno, antioxidantes.

GENERAL ABSTRACT

Watermelon (*Citrullus lanatus* L.) is one of the most demanded vegetables in the world, its demand is related to its low caloric content, refreshing and nutritional properties, in addition to being a source of several functional compounds such as vitamin C, lycopene, flavonoids, among others. However, these compounds may vary according to the cultivated genotype and its characteristics. Thus, the objective was to analyze the physicochemical attributes, functional compounds and antioxidant activity of mini watermelon hybrid fruits. This research was carried out in two stages, the first stage was the production of the fruits which was carried out on the Unemat campus of Nova Mutum, during the period from June to October 2021, the second stage was the physical-chemical and biochemical analyzes that were carried out on the Unemat campus in Cáceres, a completely randomized experimental design was used in a factorial arrangement (4x3), three different parts of the fruits were used (1- central endocarp pulp, 2- distal endocarp pulp and 3- mesocarp between the bark) of four different hybrids 'Smile', 'Champagne', 'Sharoline' and 'Fenway'. The evaluated parameters were: pH, titratable acidity, levels of vitamin C, lycopene, β -carotene, flavonoids, phenolic and total phenolic acids and the antioxidant potential through different methods - scavenging of ABTS radicals, DPPH and reducing power of iron- FRAP. Among the evaluated mini watermelon hybrids 'Sharoline' and 'Champagne' showed higher levels of vitamin C. 'Smile' and 'Sharoline' showed the best results regarding the content of functional compounds, having higher levels of lycopene, β -carotene, flavonoids, total phenolic and phenolic acids, giving them good results of antioxidant activity. 'Champagne' stood out due to the good results in vitamin C, phenolic and total phenolic acids and antioxidant activity and due to its yellowish pulp it had low levels of lycopene, which, combined with its flavor, makes it a different mini watermelon option. The central endocarp is the part of the fruit with the highest concentration of functional compounds and antioxidant activity. In the distal endocarp there is a high concentration of carotenoids in the Smile and Champagne hybrids and the mesocarp has a high concentration of phenolic compounds, which can be consumed or even used in the agroindustry.

Keywords: *Citrullus lanatus* L., endocarp, mesocarp, lycopene, antioxidants

INTRODUÇÃO GERAL

A melancia (*Citrullus lanatus* L.) é uma planta da família das Cucurbitáceas, originária da África (KYRIACOU et al., 2018), e está entre as dez frutas mais consumidas e cultivadas do mundo (FAOSTAT, 2020). Apresenta elevada importância econômica e cerca de 7% da área mundial cultivada com hortaliças é ocupada com o cultivo desta espécie. Em 2020 foram produzidas 104 milhões de toneladas e a China é o maior consumidor e produtor de melancias, concentrando 67% da produção (FAOSTAT, 2020). A região nordeste, no Brasil, é a que mais produz a fruta da melancia (CARVALHO VIERA et al., 2020).

As variedades mais comuns apresentam frutos grandes, com mais de dez quilos, polpa vermelha, casca verde escura e grande número de sementes (ZAMUZ et al., 2021). No entanto, com a redução do número de componentes das famílias, o mercado tem preferido frutos menores, surgindo o apelo pelas chamadas mini-melancias (CAMPAGNOL; MATSUZAKI; COSTA MELLO, 2016), que apresentam frutos com peso variando de 1 a 4 kg, com casca verde, preta ou amarela, com pouca ou nenhuma semente e polpa com colorações variando de branca, creme, amarela, laranja e a tradicional vermelha (GUO et al., 2013).

A coloração dos frutos de melancia é um grande atrativo para o consumidor (DOU et al., 2018), sendo a polpa vermelha a mais popular e apresenta alta concentração do carotenoide de licopeno. Além deste composto funcional, os frutos apresentam altos teores de compostos fenólicos, flavonoides, vitaminas como a vitamina C, tiamina, riboflavina e niacina minerais, possibilitando uma alta atividade antioxidante (ADEDEJI; OLUWALANA, 2013; TLILI et al., 2011a, b; MAOTO, BESWA; JIDEANI, 2019; ZAMUZ et al., 2021; ZAMUZ et al., 2021), sendo, portanto, um componente importante para uma dieta saudável. Porém, a concentração compostos no endocarpo, mesocarpo e casca, folhas e sementes é variável (ALEMIKA, et al., 2018; TLILI et al., 2011 a, b; JIBRIL et al., 2019; SIDDIQUI et al., 2018).

Os teores de compostos funcionais podem variar conforme a parte do fruto consumida (AUGUSTIA, OKTAVIANI; SETYATI, 2019; ZAMUZ et al., 2021), o genótipo cultivado, clima e adubação (LEMOS et al. 2022). Desta forma, híbridos de mini-melancias podem apresentar maior conteúdo de

compostos funcionais, variando em função da coloração de polpa ou mesmo da parte do fruto consumida. Frutos com polpa vermelha apresentam maior concentração de licopeno que frutos com polpa de outras colorações (ZAMUZ et al., 2021).

Em suco de melancia (polpa processada) foram encontrados 93,12% de umidade, 6,88% sólidos solúveis totais, 0,03% acidez, 3,58% açúcares redutores, 4,98% açúcares totais, 1,40% açúcares não redutores e 4,96 mg 100 g⁻¹ ácido ascórbico (OBEROI; SOGI, 2017). Enquanto que no mesocarpo e cascas podem ser encontradas elevadas concentrações de flavonoides (AUGUSTIA, OKTAVIANI; SETYATI, 2019), o que reforça a importância da avaliação de compostos funcionais nas diferentes partes dos frutos, como forma de melhor aproveitamento.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo analisar os atributos físico-químicos, compostos funcionais e atividade antioxidante de diferentes partes das polpas dos frutos de híbridos de mini-melancia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEDEJI, T. O.; OLUWALANA, I. B. Physico-chemical, sensory and microbial analysis of wine produced from watermelon (*Citrullus lanatus*) and pawpaw (*Carica papaya*) blend. **Food Science and Quality Management**, v. 19, p. n. 2224-6088, p.41-50. 2013.
- ALEMIKA, T. E.; OJERINDE, O. S.; SAMALI, A.; MUSTAPHA, B. K.; GAMANIELK. S. Nutraceutical potentials of Nigerian grown *Citrullus lanatus* (Watermelon) seed. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 14, n. 2, p. 253. 2018. <https://doi.org/10.4314/jpb.v14i2.20>
- AUGUSTIA, V. A.S.; OKTAVIANI, I. I.; SETYATI, W. Anthocyanin and flavonoid extracted from watermelon rind (*Citrullus lanatus*) with two different colors of watermelon flesh: Yellow and red. In: **Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd**, 2020. p. 261-265. 10.4028/www.scientific.net/MSF.998.261
- CAMPAGNOL, R.; MATSUZAKI, R. T.; DA COSTA MELLO, S. Sistemas de condução vertical de mini-melancia em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 1, 2016. <https://doi.org/10.1590/hb.v34i1.466>
- CARVALHO VIERA, T. et al. Prospeção Científica e Tecnológica de *Malpighia emarginata* DC. (Malpighiaceae): espécie economicamente importante. **Cadernos de Prospeção** – Salvador, v. 13, n. 3, p. 862-874, junho, 2020.
- DOU, J.; LU, X.; ALI, A.; ZHAO, S.; ZHANG, L.; HE, N.; LIU, W. Genetic mapping reveals a marker for yellow skin in watermelon (*Citrullus lanatus* L.). **PloS One**, v.13, n. 9, p. e0200617, 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200617>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO**STAT. (2020). Dados agrícolas da FAO STAT Disponível em:< <https://www.fao.org/faostat/en/>>.
- JIBRIL, M. M.; ABDUL-HAMID, A.; GHAZALI, H. M.; DEK, M. S. P.; RAMLI, N. S.; JAAFAR, A. H.; KARRUPAN, J.; MOHAMMED, A. S. Antidiabetic antioxidant and phytochemical profile of yellow-fleshed seeded watermelon (*Citrullus Lanatus*) extracts. **Journal of Food and Nutrition Research**, v. 7, n. 1, p. 82-95, 2019.
- KUMAR, P. Watermelon-utilization of peel waste for pickle processing. **Indian Food Packer**, v. 39, n. 4, p. 49-52, 1985.
- KYRIACOU, M. C.; LESKOVAR, D. I.; COLLA, G.; ROUPHAEL, Y. Watermelon and melon fruit quality: The genotypic and agro-environmental factors implicated. **Scientia Horticulturae**, 234, 393-408. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.032>
- LEMO, D. A.; CHARLO, H. C. D. O.; BARRETO, A. C.; VIEIRA, D. M. D. S.; LEMES, E. M.; TORRES, J. L. Production and fruit quality of watermelon hybrids under different plant spacing. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p.459-465. 2022. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n6p459-465>

MAOTO, M. M.; BESWA, D.; JIDEANI, A. I.O. Watermelon as a potential fruit snack. **International Journal of food properties**, v. 22, n. 1, p. 355-370, 2019. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1584212>.

OBEROI, D. P. S.; SOGI, D. S. Utilization of watermelon pulp for lycopene extraction by response surface methodology. **Food chemistry**, 232, 316-321. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.038>.

ROMDHANE, M. B.; HADDAR, A.; GHAZALA, I.; JEDDOU, K. B.; HELBERT, C.B.; ELLOUZ-CHAABOUNI, S. Optimization of polysaccharides extraction from watermelon rinds: Structure, functional and biological activities. **Food Chemistry**, v. 216, p. 355-364. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.056>.

SIDDIQUI, W. A.; SHAHZAD, M.; SHABBIR, A.; AHMAD, A. Evaluation of anti-urolithiatic and diuretic activities of watermelon (*Citrullus lanatus*) using in vivo and in vitro experiments. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 97, p. 1212-1221, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.10.162>.

TLILI, I.; HDIDER, C.; LENUCCI, M. S.; ILAHY, R.; JEBARI, H.; DALESSANDRO, G. Bioactive compounds and antioxidant activities during fruit ripening of watermelon cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.24, n. 7, p.923–928. 2011 a. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.03.016>.

ZAMUZ, S.; MUNEKATA, P. E.; GULLÓN, B.; ROCCHETTI, G.; MONTESANO, D.; LORENZO, J. M. *Citrullus lanatus* as source of bioactive components: An up- to-date review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 111, p. 208-222, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.002>.

Atributos de qualidade, compostos funcionais e atividade antioxidante de diferentes partes de polpas de híbridos de mini-melancias

[Revista Journal of Food Composition and Analysis]

RESUMO

Avaliaram-se os atributos de qualidade de diferentes partes do fruto de quatro híbridos de mini-melancia (Champagne, Fenway, Sharoline e Smile), além do teor de compostos funcionais e sua influência na atividade antioxidante. Os híbridos de mini-melancia foram cultivados simultaneamente em campo. Foram analisadas três diferentes partes dos frutos das mini-melancia (endocarpo central-polpa central, endocarpo distal - polpa e mesocarpo - entre a casca). Os híbridos e as diferentes partes dos frutos da mini-melancia foram submetidos às análises, vitamina C, licopeno, fenólicos, flavonoides, bem como na atividade antioxidante como sequestro dos radicais 3- etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico (ABTS) e 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) e poder redutor do ferro (FRAP). Os híbridos Champagne e Sharoline alcançaram maiores teores de vitamina C, os híbridos Sharoline e Smile apresentaram os maiores teores de licopeno e flavonoides. Entre os híbridos avaliados, o que mais se destacou quanto à atividade antioxidante como ABTS, DPPH E FRAP foram os híbridos da mini-melancia Smile e Sharoline. Esta pesquisa demonstra a quantidade de cada antioxidante específico, a mini-melancia é um fruto com alto teor de compostos funcionais.

Palavras-chave: *Citrullus lanatus* (Thunb) Mansfeld, análise bioquímica, análise de alimentos.

ABSTRACT

This research analyzes the quality attributes of different parts of four mini watermelon hybrids (Champagne, Fenway, Sharoline and Smile), in addition to evaluating the content of functional compounds and their influence on antioxidant activity. All mini watermelon hybrids were grown simultaneously in the field and subjected to identical horticultural practices. Three different parts of the mini watermelon fruits were analyzed (central endocarp-central pulp, distal endocarp-pulp and mesocarp-between the skin). lycopene, phenolics, flavonoids, as well as antioxidant activity such as scavenging of 3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) and 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radicals and iron reducing power (FRAP). The Champagne and Smile hybrids had the highest soluble solids values, the Champagne and Sharoline hybrids had the highest levels of vitamin C, the Sharoline and Smile hybrids had the highest levels of lycopene and flavonoids. The hybrid that stood out the most in terms of antioxidant activity such as ABTS, DPPH and FRAP was the mini Smile watermelon hybrid, this study demonstrates the amount of each specific antioxidant, the mini watermelon is a fruit rich in functional compounds.

Keywords: *Citrullus lanatus* (Thunb) Mansfeld, analysis bioquimica, food analysis.

INTRODUÇÃO

A melancia (*Citrullus lanatus* L.) é a uma das frutas mais consumidas no mundo. Em 2020 foram produzidas mais de 104 bilhões de toneladas de frutos e a China é o maior produtor, sendo responsável por cerca de 62,8 bilhões de toneladas, o que representa 67% da produção mundial (FAOSTAT, 2020).

Os frutos de melancia são bastante apreciados e apresentam polpa aquosa, com sabor adocicado, macia e colorida. Os frutos podem ter formato redondo ou ovalado com exocarpo grosso (casca) e um centro carnudo composto de mesocarpo e endocarpo (PETKOWICZ et al., 2017). Além do sabor, a melancia apresenta elevada quantidade de compostos bioativos principalmente carotenoides, compostos fenólicos e licopeno (ZAMUZ et al., 2021; SIDDIQUI et al., 2018; ALEMIKA et al., 2018; SOUSA et al., 2019).

No Brasil é predominante no mercado frutos grande com polpa de coloração vermelha, no entanto, devido à redução no número de integrantes das famílias, têm crescido o mercado de frutos de melancia com menor tamanho (AUMONDE et al., 2011), as chamadas mini-melancias ou melancias *baby*. Este segmento apresenta diversas vantagens, tanto para o mercado quanto para o consumidor, como tamanho menor da entrecasca, colorações diferenciadas de cor de casca e polpa, presença e ausência de sementes, além de redução nas perdas pós colheita, por se tratar de frutos menores (CAMPAGNOL; MATSUZAKI; COSTA MELLO, 2016).

Além disso, os frutos de mini-melancias podem apresentar coloração variada, conforme o híbrido cultivado, sendo possível polpa com coloração vermelha, amarela, branca e laranja (ZAMUZ et al., 2021). Uma das principais características de frutos de mini-melancia é a espessura do mesocarpo, visando aumentar o rendimento de polpa. Além disso, atualmente há uma preocupação com o consumo integral dos alimentos, visando a redução do seu desperdício.

A coloração da polpa apresenta um atrativo a mais para o consumo, podendo refletir também na concentração dos compostos bioativos. Em frutos de melancia de polpa vermelha, o conteúdo de carotenoides totais foi superior ao encontrado em melancias de polpa amarela em até 52% (ZHAO et al., 2013). Grande parte destes carotenoides é representada pelo licopeno, que em melancias de polpa vermelha podem exceder em até 40% os teores encontrados em tomate (ZAMUZ et al., 2021).

No entanto, a concentração destes compostos nos frutos pode variar nas diferentes partes que compõe o mesocarpo e o endocarpo, pois a concentração dos compostos e água varia conforme a proximidade com a casca, presença das sementes, entre outros. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo analisar os atributos de qualidade das diferentes partes das polpas dos frutos de híbridos de mini-melancia, com ênfase nos compostos funcionais e atividade antioxidante.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e condução do cultivo

As melancias foram cultivadas na área experimental do Campus Universitário de Nova Mutum - UNEMAT, que está localizado na latitude sul 13° 05' 04" e longitude oeste 56° 05' 16". O solo é Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. O clima é do tipo Aw (Koppen), tropical, com chuvas concentradas no verão (outubro a abril). Com inverno seco (maio a setembro). No período do experimento obteve-se temperatura média de 26°C, com máxima de 35°C e mínima de 12°C.

A semeadura foi realizada no dia 31 de julho de 2021, em bandeja de isopor com 162 células, e as mudas foram transplantadas a campo no dia 20 de agosto, em canteiros coberto com mulching, e logo após as plantas ficarem em seu período de desenvolvimento vegetativo foi feita a cobertura das plantas com TNT. A colheita dos frutos foi realizada no dia 23 de outubro de 2021, 63 dias após o transplante das mudas. Durante o período de manejo da cultura, foi realizada a capina para retirada de plantas daninhas entre canteiros, a adubação foi realizada através da fertirrigação de acordo com Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999), com base na análise de solo feito na área antes do plantio. Quanto à irrigação, foi utilizado o sistema de gotejamento que é mais eficaz para a produção de melancia.

Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o DIC em arranjo fatorial (4x3), com três repetições, com dez frutos de cada híbrido de mini-melancia. Os híbridos de mini-melancia estudados foram a *Smile* - Takii® (polpa de coloração vermelha com semente, casca de coloração com estrias verdes escuras e verdes claras), *Champagne* - Takii® (polpa de coloração amarela com semente, com casca de coloração com estrias verdes claras e escuras), *Fenway* - Seminis® (polpa de coloração vermelha sem semente com coloração da casca negra) e *Shoreline* - Seminis® (polpa de coloração vermelha sem semente com casca de coloração com estrias verde claro e verde escura). Foram analisadas três partes dos frutos, o endocarpo central, o endocarpo distal e o mesocarpo (entre casca).

Parâmetros de colheita da mini-melancia

As melancias foram colhidas com 84 dias após semeadura, quando os frutos apresentavam características de maturação comercial (madura), estabelecida na literatura (BARROS et al., 2017; CAMPAGNOL et al., 2016), ou seja, cerca de 35 dias após a antese, quando a gavinha mais próximo do pedúnculo estava seca, quando a parte da fruta que fica em contato com o solo mudar a coloração de branca para amarelada e o teor de açúcares solúveis apresentavam-se acima de 9°brix, conforme Figura 1. Foram colhidos todos os frutos no mesmo dia, nos primeiros horários da manhã, em seguida os frutos foram levados para o laboratório de horticultura em ambiente refrigerado, no dia seguinte foi feita a pesagem individual de cada fruto em balança analítica digital, logo depois os frutos selecionados como padrão comercial (maduros), foram separados para a realização dos cortes para avaliação interna, para observar as características de qualidade do fruto, como teor de grau brix que é um fator determinante para o consumidor e para o produtor.

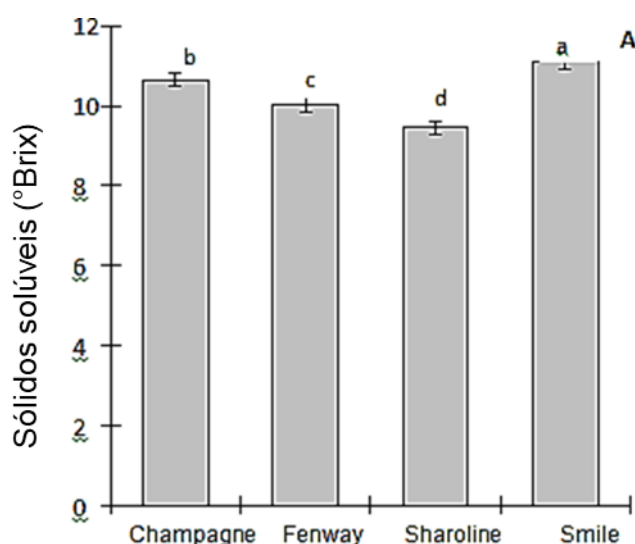


Figura 1. Teor de sólidos solúveis do endocarpo central de híbridos de mini-melancia.

Preparo das amostras

Foram selecionados frutos padrão comercial com base nos aspectos externos, como tamanho médio (peso) entre 4 a 6 kg, que não apresentavam nenhuma deformação, como, por exemplo, frutos tortos, com alguma perfuração, amassados, machucados, com defeitos externos. Estes frutos foram higienizados com água

corrente e mantidos em ambiente refrigerado a 20°C. Posteriormente, os frutos foram cortados transversalmente e foi realizada uma nova seleção com base nos aspectos internos; os frutos foram cortados e feita a análise de sólidos solúveis, com o uso do refratômetro digital, em que se pode observar a quantidade de grau brix da polpa do endocarpo central dos frutos, descartando os frutos que apresentavam anomalias fisiológicas e/ou imaturos. Os frutos foram cortados ao meio e separadas as três partes, sendo a polpa do endocarpo central, do endocarpo distal e mesocarpo que é entre a casca. Na Figura 2 são apresentados os híbridos utilizados e as regiões de análises para execução metodológica.

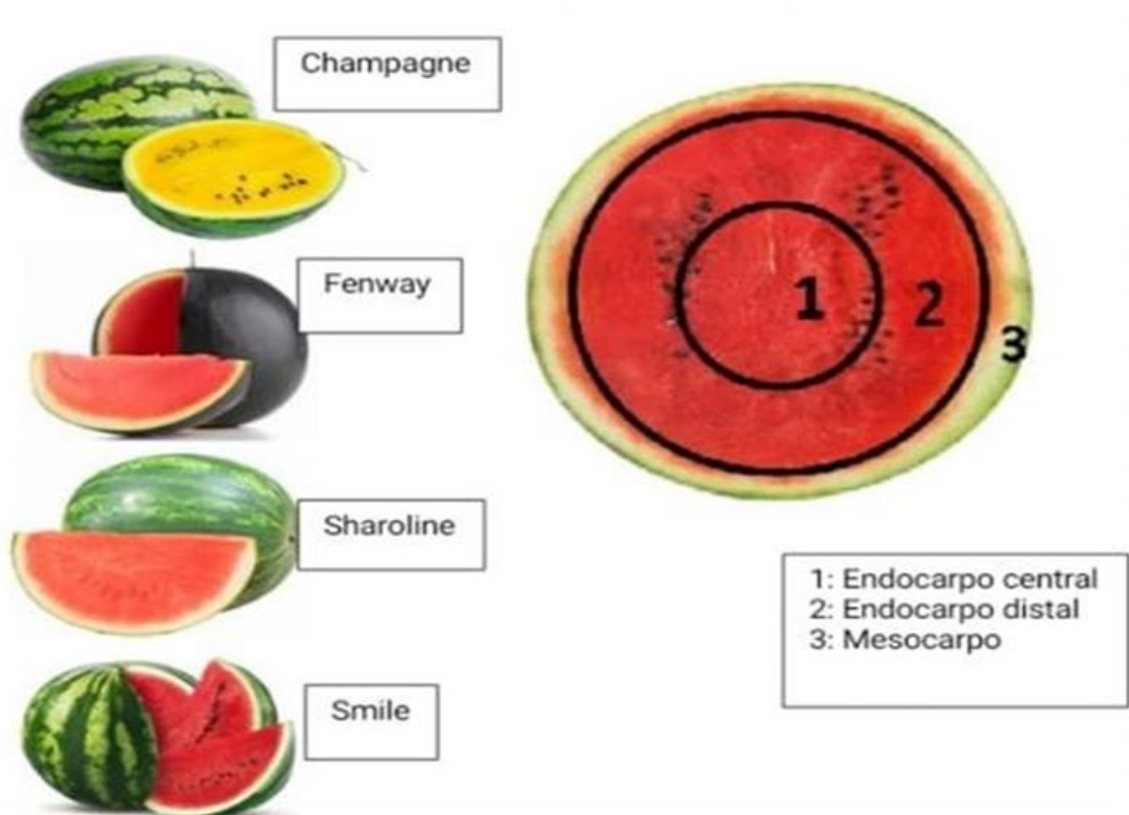


Figura 2. Híbridos de mini-melancia e esquema de divisão das diferentes partes do fruto avaliadas.

As amostras foram processadas em liquidificador (marca Arno, modelo optimix plus). Todas as análises foram realizadas em triplicata. As amostras foram armazenadas em recipientes de plásticos (potes) de 250mL cada uma e foram mantidas congeladas a -20 °C até o momento das transferências delas do câmpus de Nova Mutum para o Câmpus de Cáceres MT, onde foram realizadas todas as

análises.

Avaliação Físico-química e Bioquímica

As análises foram separadas em quatro etapas, observando-se as características de qualidade dos frutos, sendo as avaliação físico-química (pH, acidez titulável e vitamina C), e as bioquímicas como carotenoides (clorofila A e clorofila B, licopeno, β -caroteno), compostos fenólicos (flavonoides, ácido fenólicos e fenólicos totais) e atividades antioxidantes como sequestro do radical DPPH, sequestro do radical ABTS e FRAP poder redutor do ferro.

Para características de qualidade todas as análises foram realizadas na UNEMAT –Núcleo de Bioquímica e Compostos Funcionais (NUBIQ) - Campus de Cáceres.

Análise físico-química

pH, Acidez titulável e vitamina C

O pH e a acidez titulável foram determinados em pHmetro de bancada. Uma amostra foi descongelada em temperatura ambiente e uma alíquota (20 mL) de polpa foi diluída em 100 mL de água destilada isenta de CO₂. Para a acidez livre, a solução foi titulada com NaOH 0,1 M até pH 8,2. O teor de ácidos orgânicos foi determinado segundo a fórmula:

$$AT = \frac{V \times F \times M \times PM}{10 \times P \times n}$$

Onde AT = acidez titulável em %; V = volume da solução de NaOH gasto na titulação em ml; M = molaridade da solução de NaOH; P = massa da amostra em g ou volume pipetado em mL; PM = peso molecular do ácido málico; n = número de H ionizáveis (2); F= fator de correção da solução de NaOH.

Vitamina C

A determinação da vitamina C foi realizada segundo procedimentos descritos por AOAC et al. (1997). A amostra foi descongelada em temperatura ambiente, filtrada em malha fina de TNT e após em papel quantitativo. Uma alíquota (50 mL)

do material foi diluída em 50 mL de ácido oxálico 1%. A mistura foi titulada com solução de 2,6-diclorofenolindofenol de sódio (DCFI) 0,02% até coloração rósea. O teor de vitamina C foi obtido segundo a fórmula

$$AA = \frac{100 \times n'}{\frac{n}{5} \times P}$$

Onde AA = teor de ácido ascórbico em mg/kg; n'= volume de DCFI em mL gasto na titulação da amostra; n = volume de DCFI gasto na padronização; P = volume da mostra (mL) gasto na titulação.

Análises Bioquímicas Carotenoides

A determinação da clorofila *a*, clorofila *b*, licopeno e β -caroteno foi realizada segundo Nagata Yamashitta et al. (1992). Uma alíquota (1 mL) da polpa descongelada foi misturada com 4 mL de acetona, 6 mL de hexano e agitada por 20 s. Imediatamente após a separação das fases o sobrenadante foi coletado e em espectrofotômetro foi realizada a leitura das absorbâncias a 663 nm, 645 nm, 505 nm e 453 nm em cubetas de vidro. Os teores de carotenoides (mg 100 g⁻¹ m.f.) foram obtidos pelas fórmulas:

$$C_{CHA} = 0.999A_{663} - 0.0989A_{645}$$

$$C_{CHB} = -0.328A_{663} + 1.77A_{645}$$

$$C_{LYC} = -0.0458A_{663} + 0.204A_{645} + 0.372A_{505} - 0.0806A_{453}$$

$$C_{CAR} = 0.216A_{663} - 1.22A_{645} - 0.304A_{505} + 0,452A_{453}$$

Flavonoides

A determinação de flavonoides foi realizada segundo Popova et al. (2004). Uma alíquota (4 mL) da amostra filtrada foi misturada com 1 mL de cloreto de alumínio 5%. A mistura foi agitada em vórtex e deixada em repouso durante 30 min em ambiente escuro. Em espectrofotômetro, a leitura da absorbância foi feita a 425 nm. Uma curva padrão de quercetina (0-20 μ M) foi utilizada para calibrar o ensaio.

Os resultados foram expressos em mg de quercetina equivalente por 100 g do fruto (mg QE 100g⁻¹).

Ácidos fenólicos

A determinação dos ácidos fenólicos foi procedida segundo Mazza et al. (1999). Uma alíquota 250 µl do filtrado foi misturada com 250 µl de etanol acidificado (0,1% de HCl em etanol 95%) e 4,55 ml de HCl 2%. A mistura foi deixada em repouso por 15 min. Em espectrofotômetro, a leitura da absorbância foi realizada a 320 nm em cubeta de quartzo. Uma curva padrão de ácido cafeico (0-580 µM) foi utilizada para calibrar o ensaio. Os resultados foram expressos em mg de ácido cafeico equivalente por 100 g do fruto (mg CAE 100 g⁻¹).

Fenólicos totais

A determinação de fenólicos totais foi realizada segundo Singleton et al. (1999). Uma alíquota de polpa filtrada (200 µl) foi misturada com 800 µl água destilada e 500 µl de Folin Ciocalteu 10% e 2,5 mL de carbonato de sódio 20%. A mistura foi agitada em vórtex e deixada em repouso por 1h. Em espectrofotômetro, a leitura da absorbância foi feita a 760 nm. Uma curva padrão de ácido gálico (0- 170 µM) foi utilizada para calibrar a análise. Os resultados foram expressados em mg de ácido gálico equivalente por 100 g do fruto (mg GAE 100 g⁻¹).

Sequestro do radical livre DPPH

O sequestro do radical DPPH foi determinado segundo Brand-Williams et al. (1995). Uma alíquota (100 µl) do filtrado foi misturada com 3,9 mL da solução metanólica de DPPH 60 µM. A mistura foi deixada em repouso por 1 h. Em espectrofotômetro, a leitura da absorbância foi feita a 515 nm. O sequestro do radical DPPH foi obtido segundo a fórmula:

$$Sequestro\ DPPH\ (\%) = \frac{Abs_i - Abs_a}{Abs_i} \times 100$$

Onde Abs_i é a absorbância inicial da solução DPPH 60 µM; Abs_a é a absorbância da mistura após 60 min de incubação. Uma curva de calibração de

Trolox (0-2 mM) foi utilizada para calibrar o ensaio. Os resultados foram expressos em mg de Trolox equivalente por 100 g do fruto (mg TE 100g⁻¹).

ABTS

O sequestro do radical ABTS foi determinado segundo Re et al. (1999). Uma alíquota do filtrado (30 µl) foi misturada com 3 ml da solução etanólica do radical ABTS 70 µM. A mistura foi deixada em repouso por 6 min e em espectrofotômetro, a leitura da absorbância foi feita a 734 nm. O sequestro do radical ABTS foi obtido segundo a fórmula:

$$\text{Sequestro ABTS (\%)} = \frac{\text{Abs}_i - \text{Abs}_a}{\text{abs}_i} \times 100$$

Onde *Abs_i* = absorbância inicial da solução ABTS 70 µM; *Abs_a* = absorbância da amostra após 6 min de incubação com o extrato. Uma curva de Trolox (0-2 mM) foi utilizada para calibrar o ensaio. Os resultados foram expressos em mg de Trolox equivalente por g de fruto (mg TE g⁻¹).

Poder redutor (FRAP)

O poder redutor do ferro (FRAP) foi determinado segundo Benzie e Strain (1996). Uma alíquota (30 µl) de filtrado foi misturada com 900 µl do reagente FRAP previamente aquecido a 37°C e 90 µl de água destilada. Após 1 h, a absorbância foi medida a 595 nm em espectrofotômetro. Uma curva de FeSO₄ (0-2 mM) foi utilizada para calibrar o ensaio. Os resultados foram expressos em mmol de ferro II por kg de fruto (mmol Fe²⁺ kg⁻¹).

Análises estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, homogeneidade e normalidade dos dados, quando significativo foram submetidos ao teste de Scott Knott (p<0,05), utilizando o software SISVAR 5.3. A análise de componentes principais (PCA) dos dados foi realizada utilizando o software XLSTAT-versão 2019.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise físico-química

Houve interação significativa entre híbridos e as partes dos frutos para os parâmetros vitamina C, pH, acidez titulável, licopeno e β -caroteno, já nos casos de clorofila *a*, clorofila *b*, não teve diferença significativa entre os híbridos e as partes dos frutos. Nas análises de flavonoides, ácidos fenólicos, fenólicos totais e capacidade antioxidante ABTS, DPPH e FRAP, houve diferença significativa entre os híbridos e as partes dos frutos (Tabelas 1, 2, 3 e 4).

O endocarpo central do fruto é a parte que mais apresenta concentração de vitamina C, isso porque é onde são acumulados mais antioxidantes e nutrientes no fruto, sendo observado que o híbrido Sharoline foi mais expressivo neste parâmetro (Tabela 1). A vitamina C é usada como mensuração de todos os compostos orgânicos que apresentam atividade biológica de ácido ascórbico (DOLL; RICOU, 2013), sendo a melancia considerada uma boa fonte deste composto. O suco de melancia fresca contém 3,72 mg 100 g⁻¹ (OBEROI; SOGI, 2015), representando 20% da quantidade de vitamina C recomendada por dia (PACIER; MARTIROSYAN, 2015). O pH é influenciado por vários fatores como clima, manejo e genótipo. O híbrido Smile apresentou os maiores valores, enquanto que Fenway apresentou o menor pH de endocarpo central. O endocarpo central e o mesocarpo apresentaram menor pH que o endocarpo distal (Tabela 1). O pH dos frutos encontra-se dentro da faixa ótima descrita pela literatura de 5,01 a 5,71, com exceção do endocarpo central dos híbridos 'Fenway' e 'Smile', no entanto sendo considerados valores aceitáveis. O híbrido Smile apresentou pH variando de 5,27 e 5,71, em trabalho conduzido por Sousa et al. (2016), em condições de estresse salino.

A acidez titulável foi maior no endocarpo central dos frutos do híbrido 'Fenway', no endocarpo distal dos híbridos Champagne e Smile. No mesocarpo o híbrido Smile apresentou elevada acidez titulável (Tabela 1). A acidez titulável em mini-melancias apresentou valores de 0,2% em trabalho conduzido com o híbrido Champagne e Fancy, que não apresentaram influência dos tratamentos aplicados (COVA et al., 2022). Desta forma, os valores obtidos no presente estudo estão dentro do esperado para este tipo de fruto. A acidez também está relacionada a maior tempo de prateleira dos frutos, sendo importante para a escolha do genótipo a ser cultivado.

Tabela 1. Resumo das análises de variância das características físico-químicas em relação aos teores de vitamina C, pH e acidez titulável em híbridos de mini-melancia em relação à parte do fruto.

Características	Híbridos	Partes do fruto			Média	F (ANOVA)			CV %
		Endocarpo central	Endocarpo distal	Mesocarpo		Híbridos	Parte do fruto	H x P	
Vitamina C (mg 100g-1)	Champagne	12,0 bA	4,6 bB	3,6 aC	6,73 b	451,6**	1982,9**	229,2**	3,81
	Fenway	6,2 cA	3,7 cB	3,6 aB	4,48 d				
	Sharoline	12,5 aA	7,6 aB	3,4 aC	7,82 a				
	Smile	6,0 cA	4,82 bB	3,4 aC	4,74 c				
	Média	9,17 A	5,16 B	3,50 C					
pH	Champagne	5,3 bA	5,0 bB	5,0 bB	5,12 b	4596,2**	1577,2**	872,8**	0,34
	Fenway	6,0 dB	4,8 dC	5,0 cA	4,92 d				
	Sharoline	5,2 cA	5,0 cC	5,1 bB	5,07 c				
	Smile	6,4 aA	5,9 aB	5,2 aC	5,81 a				
	Média	5,5 A	5,2 B	5,1 C					
Acidez titulável (%)	Champagne	0,15 cA	0,15aA	0,13 bB	0,14 c	67,0**	60,0**	72,0**	4,14
	Fenway	0,24 aA	0,15 aB	0,14 bC	0,18 a				
	Sharoline	0,20 bA	0,14 aC	0,17 aB	0,17 b				
	Smile	0,12 dB	0,15 aA	0,16 aA	0,14 c				
	Média	0,17 A	0,15 B	0,15 B					

** Significativo ao nível de 99% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si de acordo com o teste de Scott-Knott ao nível de 95% de probabilidade.

Nas Análises Bioquímicas, o conteúdo de licopeno foi maior no endocarpo central do híbrido Sharoline e no endocarpo distal do híbrido Smile (Tabela 2), sendo o conteúdo de licopeno presente no endocarpo central do híbrido Sharoline 81,47 vezes maior que o encontrado em frutos 'Champagne', que apresenta polpa amarela. O mesocarpo dos frutos foi a parte que apresentou menor concentração deste composto bioativo como observado na tabela 1. Os valores de vitamina C, pH e acidez titulável foram maiores no endocarpo central e pode-se observar que isso se repete em outras análises. Pesquisas demonstram que a melancia é a maior fonte de licopeno existente, no entanto a maior parte deste composto na dieta humana é oriunda de produtos à base de tomate (MAOTO et al., 2019).

Frutos de melancia apresentam 40% a mais de licopeno em comparação a frutos de tomate, sendo uma excelente fonte deste composto bioativo (ZAMUZ et al., 2021; CHAPARRO et al., 2017). Frutos de melancia com coloração de polpa amarela, branca ou laranja apresentam teores de licopeno inferiores ao encontrado em frutos de polpa vermelha (ZHAO et al., 2013).

A variação do licopeno entre o endocarpo central e distal é uma característica muitas vezes ligada ao genótipo, pois a coloração da polpa pode variar em função das características genéticas. Os híbridos Sharoline e Smile apresentaram elevada concentração de licopeno, sendo superior à 'Champagne' em até 81,47 e 48,76 vezes respectivamente. Os frutos de Fenway, mesmo com polpa vermelha, tiveram menor concentração de licopeno que Sharoline e Smile cerca de 197%.

O licopeno é um carotenoide que apresenta 40 carbonos em sua composição que, devido a sua isomeria, é mais biodisponível e preferencialmente absorvidos em humanos (UNLU et al., 2007). Por sua ação antioxidante, torna-se um composto bioativo de elevada relevância para escolha quanto a qualidade, sendo recomendado de 4 a 35mg/dia (MORITZ; TRAMONTE, 2006).

O teor de β -caroteno foi superior no endocarpo central dos frutos do híbrido Sharoline, enquanto que o híbrido Smile apresentou valores elevados, tanto no endocarpo central como no distal. Assim como o conteúdo de licopeno, o teor de β -caroteno foi menor no mesocarpo dos frutos. Este é o segundo pigmento mais abundante em melancias e sofre influência genética e ambiental (ZAMUZ et al., 2021). A melancia contém quantidades consideráveis de β -caroteno (SHAO et al.,

2017), em 100 g fresca de poupa contém cerca de 4,82 mg g⁻¹, podendo ser influenciado pelo genótipo, tratos culturais e fatores ambientais (KIM et al., 2014).

A clorofila *a* apresentou maior concentração no mesocarpo dos frutos, sendo o híbrido Champagne o que apresentou maiores concentrações. No endocarpo dos frutos há pouca concentração deste pigmento (Tabela 2).

Os pigmentos clorofilados estão diretamente ligados à fotossíntese e a tecidos com esta atividade (TAIZ; ZEIGER, 2017). Em melancia, a casca apresenta grande quantidade de pigmentos fotossintéticos, não apresentando perda acentuada com o amadurecimento dos frutos, como ocorre em outros frutos. Todos os híbridos avaliados apresentavam coloração de casca verde intensa, influenciando na quantidade de clorofila do mesocarpo, parte mais próxima à casca.

O híbrido Champagne apresentou elevada concentração de clorofila *b* no endocarpo central e distal dos frutos e menor conteúdo no mesocarpo, ao contrário dos demais híbridos avaliados, que apresentaram maior concentração de clorofila *b* no mesocarpo. Já o híbrido Sharoline apresentou elevada quantidade de clorofila *b* no endocarpo central (Tabela 2).

O conteúdo de clorofila em frutos de melancia é feito em sua maioria na casca dos frutos, ou nas partes vegetativas (OSAE et al., 2022; LIU et al., 2020; KASOTE et al., 2021). Com a maturação dos frutos de melancia, a tendência é que haja a redução do conteúdo de clorofila reduza e tenha um aumento acentuado de licopeno e carotenoides nos frutos (MELÉN DEZ- MARTÍNEZ et al., 2010). Desta forma, os frutos do híbrido Champagne podem não ter atingido o pico máximo de maturação, apresentando elevada quantidade de clorofila *b*.

Tabela 2. Resumo das análises de variância das características bioquímicas em relação aos teores de clorofila a, clorofila b, licopeno e β - caroteno em híbridos de mini-melancia em relação à parte do fruto.

Características	Híbridos	Partes do fruto			Média	F (ANOVA)			CV %
		Endocarpo central	Endocarpo distal	Mesocarpo		Híbridos	Parte do fruto	H x P	
Licopeno ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$)	Champagne	31,7 dA	50,1 cA	33,4 dA	38,7 d				
	Fenway	869,6 cA	749,3 bA	182,3 cB	600,4 c				
	Sharoline	2.582,9 aA	736,2 bB	344,5 bC	1.221,2 b	702,6**	504,5**	300,8**	8,69
	Smile	1.239,4 bB	2.443,3 aA	636,2 aC	1.439,7 a				
	Média	1.180,9 A	994,9 B	299,1 C					
β-caroteno ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$)	Champagne	402,9 cA	353,5 bA	279,4 bA	345,3 c				
	Fenway	716,0 bA	314,6 bB	30,8 cC	353,8 c				
	Sharoline	1.073,3 aA	346,5 bB	28,1 cC	482,6 b	120,3**	189,1**	34,1**	14,84
	Smile	1.103,4 aB	1.326,2 aA	455,3 aC	961,6 a				
	Média	823,8 A	585,2 B	198,4 C					
Clorofila a ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$)	Champagne	56,3 aB	34,0 aB	257,8 aA	116,0 a				
	Fenway	20,6 aB	26,3 aB	165,2 bA	70,7 a				
	Sharoline	41,3 aB	29,6 aB	155,3 bA	75,4 a	1,23 ns	39,9**	0,81ns	31,94
	Smile	9,0 aB	57,3 aB	150,9 bA	72,4 a				
	Média	31,8 B	36,8 B	182,3 A					
Clorofila b ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$)	Champagne	74,2 aA	35,2 aA	46,1 bA	51,8 a				
	Fenway	39,5 aB	55,1 aB	142,6 aA	79,1 a				
	Sharoline	79,1 aB	54,0 aB	203,8 aA	112,3 a	1,96 ns	8,86**	2,79*	33,94
	Smile	14,4 aB	85,4 aB	164,7 aA	88,2 a				
	Média	51,8 B	57,4 B	130,3 A					

^{ns} Não significativo ($p > 0,05$). * Significativo ao nível de 95% de probabilidade. ** Significativo ao nível de 99% de probabilidade e. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si de acordo com o teste de Scott-Knott ao nível de 95% de probabilidade.

O endocarpo central dos frutos dos híbridos Champagne e Sharoline apresentou maior concentração de flavonoides, sendo 67,45 e 63,32% maior que a obtida no híbrido Fenway (Tabela 3). O endocarpo distal em frutos de 'Smile' apresentou elevada concentração de flavonoides, sendo superior em até 90,7% ao obtido nos demais híbridos. No mesocarpo a maior concentração de flavonoides foi obtida nos frutos de 'Fenway' (Tabela 3).

Em frutos de melancia de polpa vermelha é relatada elevada concentração de flavonoides (IBRA et al., 2017). Os flavonoides presentes em frutos de melancia são importantes antioxidantes, que auxiliam na prevenção de doenças, além disso, as cascas e mesocarpo podem ser uma fonte a mais deste composto (AUGUSTIA et al., 2019). Os valores de flavonoides encontrados no presente estudo são muito superiores aos relatados por Augustia et al. (2019), sendo um excelente indicador de qualidade dos frutos avaliados.

A melancia é uma boa fonte de flavonoides, sendo relatado por Tlili et al. (2011a, b) a concentração de 111 a 176 mg (ER kg m⁻¹), dependendo do genótipo (ZAMUZ et al., 2021). Em suco de melancia (polpa pulverizada), a concentração de flavonoides obtidas por Kim et al. (2014) foi de 14,1 mg QUE 100 g⁻¹, valores superiores aos obtidos no presente estudo. No entanto, as concentrações de compostos podem variar em função do híbrido, adubação e fatores climáticos, além disso, o ponto de maturação dos frutos influencia na qualidade nutricional dos frutos. Contudo, os frutos avaliados representam uma boa fonte de flavonoides.

O conteúdo de ácidos fenólicos foi maior no endocarpo central dos frutos, sendo mais expressivo nos frutos do híbrido Smile, havendo uma redução deste composto no endocarpo distal e menor concentração no mesocarpo dos frutos (Tabela 3).

O conteúdo de fenólicos totais foi maior no endocarpo central dos frutos do híbrido Smile, sendo observada menor concentração no mesocarpo destes mesmos frutos. No endocarpo distal, o conteúdo de fenólicos totais foi menor nos híbridos Champagne e Fenway. No entanto, a concentração no mesocarpo foi maior para 'Fenway' e Sharoline (Tabela 3).

Já foram identificados cerca de 71 fenólicos em polpa de melancia (ABU-REIDAH et al., 2013), sendo a concentração de fenólicos totais maior no endocarpo central dos frutos (TARAZONA-DÍAZ et al., 2011), além disso, os teores de fenólicos

totais são dependentes da cultivar utilizada (ZAMUZ et al., 2021). São descritos teores de polifenóis totais em polpa de melancia variando entre 137 e 260 mg de ácido gálico (ILAHY et al., 2019).

Desta forma, a concentração de ácidos fenólicos e fenólicos totais são inerentes aos híbridos avaliados, sendo 'Smile' superior em concentração de fenólicos totais no endocarpo interno. A concentração de compostos funcionais no endocarpo do fruto é importante, pois esta fração é a mais consumida, no caso da concentração no mesocarpo, demonstrando a necessidade de estratégias para o aproveitamento de todas as partes do fruto.

Tabela 3. Resumo das análises de variância das características bioquímicas em relação aos teores de flavonoides, ácidos fenólicos e fenólicos totais em híbridos de mini-melancia em relação à parte do fruto.

Característica	Híbridos	Partes do fruto			Média	F (ANOVA)			CV %
		Endocarpo central	Endocarpo distal	Mesocarpo		Híbridos	Parte do fruto	H x P	
Flavonoides (µg QE 100g-1)	Champagne	1.833,3 aA	666,6 bB	400,0 aB	966,6 b	26,5**	25,4**	28,4**	23,44
	Fenway	596,6 cB	250,0 bB	950,0 aA	598,8 c				
	Sharoline	1.626,6 aA	600,0 bB	530,0 aB	918,8 b				
	Smile	1.313,3 bB	2.690,0 aA	730,0 aC	1577,7 a				
	Média	1.342,5 A	1051,6 B	652,5 C					
Ácidos fenólicos (mg CAE 100g-1)	Champagne	50,2 bA	22,3 bB	10,2 aC	27,6 b	61,4**	111,3**	17,2**	21,93
	Fenway	20,8 dA	7,0 cB	10,2 aB	12,7 c				
	Sharoline	34,7 cA	22,0 bB	10,9 aC	22,5 b				
	Smile	87,3 aA	55,8 aB	10,2 aC	51,1 a				
	Média	48,3 A	26,8 B	10,4 C					
Fenólicos totais (mg GAE 100g-1)	Champagne	83,4 bA	52,7 cC	70,9 bB	69,0 b	9,6**	43,8**	51,7**	6,28
	Fenway	76,0 cB	55,9 cC	96,0 aA	76,0 a				
	Sharoline	71,8 cB	69,0 bB	101,9 aA	81,0 a				
	Smile	95,5 aA	83,2 aB	51,2 cC	76,6 a				
	Média	81,7 A	65,2 B	80,0 A					

** Significativo ao nível de 99% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si de acordo com o teste de Scott-Knott ao nível de 95% de probabilidade. QE – Quercetina equivalente. CAE – Ácido cafeico equivalente. GAE - Ácido gálico equivalente.

O conteúdo de ABTS, DPPH e FRAP representa a capacidade antioxidante da amostra, em que o híbrido Smile apresentou maior conteúdo de ABTS no endocarpo central e distal, enquanto que, ao avaliar o mesocarpo, o híbrido Champagne apresentou maior concentração deste composto (Tabela 4).

Quanto à DPPH, o teor foi maior no endocarpo central nos híbridos 'Sharoline' e 'Smile'. Já no endocarpo distal houve maior concentração de DPPH no fruto de 'Fenway' (Tabela 4). No mesocarpo dos frutos foram observadas as menores concentrações deste composto, independente do híbrido, enquanto que nos frutos de 'Fenway' observou-se baixas concentrações até mesmo no endocarpo distal.

Com relação aos valores de poder redutor antioxidante férrico - FRAP, no endocarpo central, os híbridos Champagne e Fenway apresentaram elevada concentração, sendo superior ao constatado em frutos de Sharoline em 24,23 e 29,91%, respectivamente. As maiores concentrações de FRAP foram obtidas no endocarpo distal de frutos do híbrido 'Fenway' (1.030,0) e Smile (Tabela 4). No mesocarpo dos frutos foram obtidas as menores concentrações de FRAP.

A atividade antioxidante tem sido amplamente explorada através da avaliação de DPPH e ABTS (SREEDHAR et al., 2010). Em trabalho conduzido por Neglo et al. (2021), foi avaliada a atividade antioxidante ABTS em casca de melancia semelhante a vitamina C, sendo observado menor conteúdo de DPPH. Além disso, os autores encontraram maior quantidade de antioxidantes na casca dos frutos do que no endocarpo, ao contrário do que foi observado no presente estudo.

Tabela 4. Resumo das análises de variância das características bioquímicas em relação ao sequestro dos radicais 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico (ABTS) e 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) e poder redutor do ferro (FRAP) em híbridos de mini-melancia em relação à parte do fruto.

Características	Híbridos	Partes do fruto			Média	F (ANOVA)			CV %
		Endocarpo central	Endocarpo distal	Mesocarpo		Híbridos	Parte do fruto	H x P	
ABTS (mg TE 100g-1)	Champagne	10,6 bA	9,3 bA	10,5 aA	10,2 b	129,1**	23,6**	7,2**	8,66
	Fenway	8,8 cA	5,8 cB	6,1 bB	6,9 d				
	Sharoline	10,2 bA	8,2 bB	7,3 bB	8,6 c				
	Smile	15,8 aA	16,2 aA	11,7 aB	14,6 a				
	Média	11,3 A	9,9 B	8,9 C					
DPPH (mg TE 100g-1)	Champagne	74,9 bB	100,6 aA	64,9 aC	80,1 a	16,2**	65,9**	17,5**	5,58
	Fenway	77,0 bA	62,2 cB	66,6 aB	68,6 b				
	Sharoline	90,1 aA	84,1 bA	63,8 aB	79,4 a				
	Smile	89,6 aA	86,2 bA	66,9 aB	80,9 a				
	Média	82,9 A	83,3 A	65,6 B					
FRAP (µmol Fe2+ kg)	Champagne	803,3 aA	450,0 cB	293,3 bC	515,5 c	96,3**	463,0**	44,6**	6,65
	Fenway	840,0 aB	1.030,0 aA	323,3 aC	731,1 a				
	Sharoline	646,6 cA	463,3 cB	236,6 bC	448,8 d				
	Smile	720,0 bB	846,6 bA	380,0 aC	648,8 b				
	Média	752,2 A	697,5 B	308,3 C					

** Significativo ao nível de 99% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si de acordo com o teste de Scott-Knott ao nível de 95% de probabilidade. TE — Trolox equivalente.

Análise de correlação

O parâmetro pH apresentou correlação fortemente positiva para as variáveis β -caroteno (0,732), flavonoides (0,66), ácidos fenólicos (0,923) e ABTS (0,891), indicando que os parâmetros são co-dependentes entre si (Tabela 5).

Desta forma, o pH dos frutos influenciou na produção de compostos antioxidantes. Em trabalho conduzido por Silva et al. (2022), plantas conduzidas sob estresse salino apresentaram valores menores de pH e redução no teor de vitamina C, reforçando a correlação entre o pH e compostos antioxidantes.

Em contrapartida, a clorofila *a* possui correlação negativa moderadamente forte para as variáveis DPPH (-0,634) e FRAP (-0,727), indicando que tais parâmetros apresentam uma relação inversa, em que altas concentrações de clorofila *a* proporcionam menores concentrações de DPPH e FRAP. A clorofila *a* é o principal pigmento fotossintetizante, ocorrendo diversas reações de oxi-redução durante a fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2017). A elevada concentração de redutor antioxidante férrico - FRAP e DPPH podem interferir nas reações fotossintéticas.

Quanto à variável licopeno, verificou-se correlação forte e moderadamente forte para β -caroteno (0,863) e flavonoide (0,638), respectivamente. A correlação de Pearson indica que as variáveis analisadas são dependentes, ou seja, o aumento do teor de licopeno está interligado ao teor de β -caroteno e flavonoides. À medida que o fruto amadurece, há uma diminuição das quantidades de clorofila *a* e concentração de licopeno e β -caroteno nos frutos de melancia, pois estes são os principais pigmentos presentes nestes frutos, responsáveis pela coloração da polpa (ZHAO et al., 2013). A alta concentração de flavonoides está relacionada ao amadurecimento do fruto.

Da mesma forma, β -caroteno possui fortemente positiva para as variáveis flavonoides (0,717), ácidos fenólicos (0,744) e ABTS (0,803). Contudo, apresenta relação moderadamente forte para a variável DPPH (0,591).

As variáveis flavonoides, de acordo com a correlação de Pearson, apresentam correlação positiva moderadamente forte para ácidos fenólicos (0,698) e ABTS (0,695), enquanto que flavonoides apresentam correlação positiva forte e moderada para as variáveis ABTS (0,801) e DPPH (0,576), respectivamente. Isso demonstra que os resultados avaliados são codependentes, ou seja, o resultado de um parâmetro interferirá nos demais. Assim, o aumento de

flavonoide tem relação com o teor de ABTS.

A concentração de β -caroteno está relacionada ao amadurecimento do fruto. No caso da melancia, a presença de flavonoides, ácidos fenólicos e ABTS é reflexo das características dos frutos, que apresentam elevada concentração de antioxidantes quando maduros, muitos deles relacionados aos pigmentos presentes na polpa, como licopeno e β -caroteno (ZAMUZ et al., 2021).

Tabela 5. Coeficientes de correlação de Pearson para o pH, acidez titulável (ATT), teor de ácido ascórbico (AA), clorofila a, clorofila b, fenólicos totais, dos radicais 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico (ABTS) e 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) e poder redutor do ferro (FRAP).

Variáveis	ATT	AA	Chla	Chlb	Lyc	β -car	Flv	Afe	FT	ABTS	DPPH	FRAP
pH	-0,373	0,110	-0,269	-0,246	0,471	0,732	0,660	0,923	0,430	0,891	0,444	0,248
ATT	-	0,257	-0,264	0,045	0,290	0,170	-0,070	-0,263	-0,117	-0,250	0,031	0,261
AA		-	-0,455	-0,285	0,357	0,373	0,472	0,420	0,061	0,139	0,418	0,342
Chla			-	0,526	-0,421	-0,514	-0,274	-0,507	0,132	-0,167	-0,634	-0,727
Chlb				-	-0,121	-0,421	-0,046	-0,435	0,276	-0,268	-0,542	-0,530
Lyc					-	0,863	0,638	0,453	0,060	0,510	0,421	0,442
β -car						-	0,717	0,744	0,045	0,803	0,591	0,560
Flv							-	0,698	0,326	0,695	0,427	0,373
Afe								-	0,395	0,801	0,576	0,431
FT									-	0,130	-0,126	-0,135
ABTS										-	0,469	0,223
DPPH											-	0,183
FRAP												-

Os coeficientes em negrito representam correlações significativas ($\alpha=0,05$).

Análise de PCA

Visando estabelecer um modelo descritivo para agrupar os híbridos de minmelancia e as diferentes partes do fruto em função dos teores de compostos funcionais e a atividade antioxidante associada, a análise de componentes principais (PCA) foi aplicada ao conjunto de dados. A PC1 e PC2 explicam 63,50% dos dados obtidos (Figura 3).

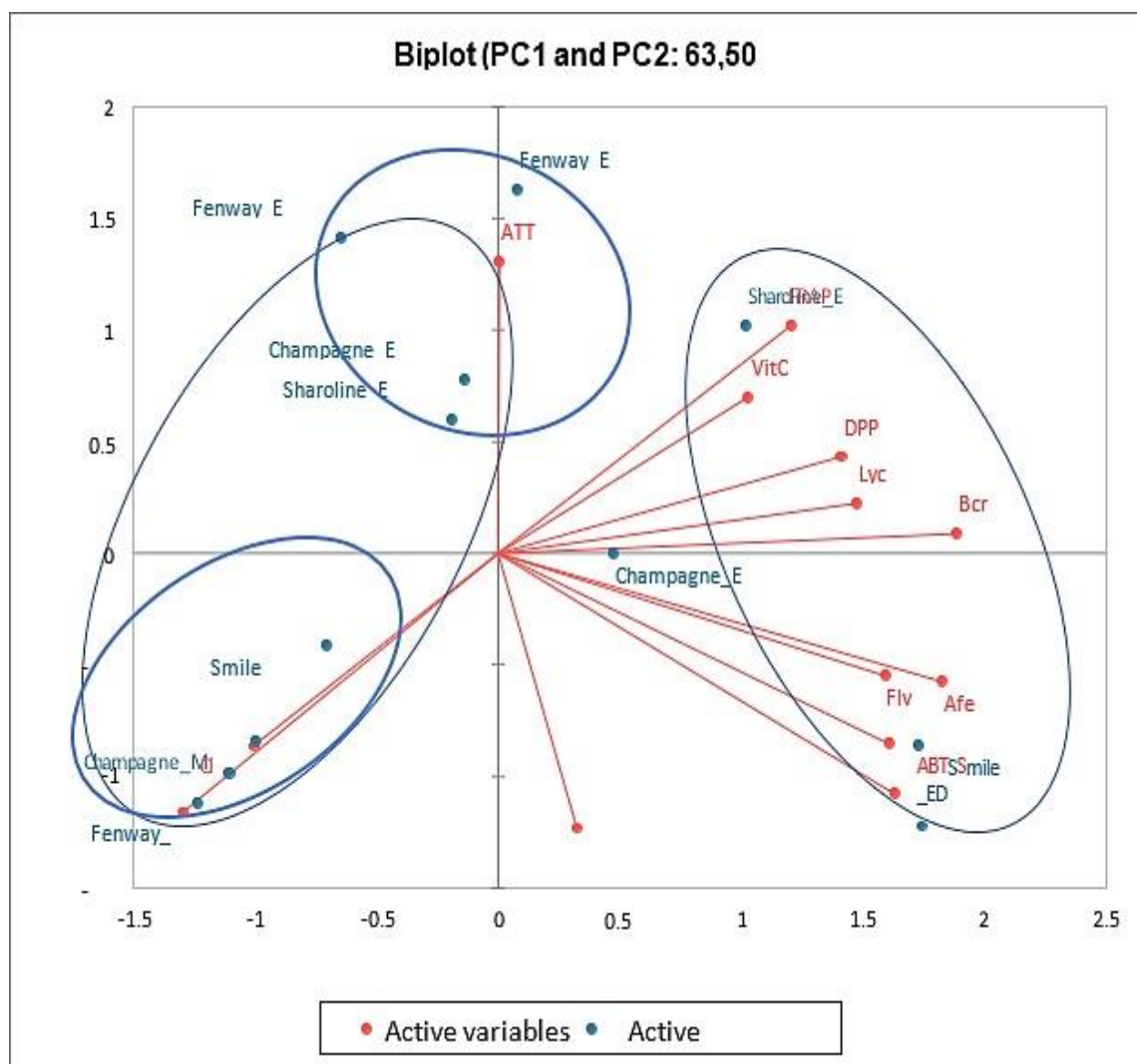


Figura 3. Biplot dos dois primeiros componentes obtidos pela PCA realizada com os dados de parâmetros bioquímicos: pH, acidez titulável — ATT, vitamina C — VitC, compostos funcionais: clorofila a — Chla, clorofila b — Chlb, licopeno — Lyc, β -caroteno — β -car, flavonoides — Flv, ácidos fenólicos — Afe, fenólicos totais — FT; e dados atividade antioxidante: sequestro dos radicais 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzo- thiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS), 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) e poder redutor do ferro (FRAP).

As flexas indicam os cossenos quadrados dos parâmetros bioquímicos e os pontos representam as amostras de mini-melancia e respectivas partes do fruto. O endocarpo central dos híbridos Sharoline, Champagne e Smile apresentaram maior concentração de FRAP, vitamina C, DPPH, licopeno, β - caroteno, flavonoides, ABTS e ácidos fenólicos e pH. Enquanto que o endocarpo distal do híbrido Smile apresentou maior concentração de FRAP, vitamina C, DPPH, licopeno, β -caroteno, flavonoides, ABTS e ácidos fenólicos e pH.

O endocarpo central e distal do híbrido Fenway apresentou maior acidez titulável, assim como o endocarpo distal dos híbridos Champagne e Sharoline (Figura 3). O mesocarpo dos híbridos avaliados apresentou maior presença de clorofila *a* e *b*, demonstrando que houve maturação suficiente dos frutos, além disso, a concentração de clorofila na polpa é antagônica a pigmentos relacionados à maturação.

CONCLUSÃO

Entre os híbridos de mini-melancia avaliados, 'Sharoline' foi o híbrido com maior teor de vitamina C. Porém, 'Smile' e Sharoline foram os híbridos que apresentaram os melhores resultados quanto aos compostos funcionais, possuindo teores superiores de licopeno, β -caroteno, flavonoides, ácidos fenólicos e fenólicos totais nas partes do endocarpo central e distal, que são as partes mais importante para o consumo, atribuindo a esses dois híbridos bons resultados de atividade antioxidante, indicando a esses híbridos o aproveitamento da fruta para a alimentação e utilização agro-industrial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABU-REIDAH, I. M.; ARRAEZ-ROMAN, ´D.; SEGURA-CARRETERO, A.; FERNANDEZ-GUTIERREZ, A. Profiling of phenolic and other polar constituents from hydro-methanolic extract of watermelon (*Citrullus lanatus*) by means of accurate-mass spectrometry (HPLC-ESI-QTOF-MS). **Food Research International**, v. 51, n.1, p. 354–362. 2013. [https://doi.org/ 10.1016/j.foodres.2012.12.033](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.12.033)
- ALEMIKA, T. E.; OJERINDE, O. S.; SAMALI, A.; MUSTAPHA, B. K.; GAMANIEL, K. S. Nutraceutical potentials of Nigerian grown *Citrullus lanatus* (Watermelon) seed. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 14, n. 2, p. 253. 2018. <https://doi.org/10.4314/jpb.v14i2.20>
- AOAC INTERNATIONAL, **Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists Journal of** , Volume 80, Edição 3, 1º de maio de 1997, Páginas 591– 602, análises de teores de vitamina c em amostras de frutas. <https://doi.org/10.1093/jaoac/80.3.591>.
- AUGUSTIA, V. A.S.; OKTAVIANI, I. I.; SETYATI, W. **Anthocyanin and flavonoid extracted from watermelon rind (*Citrullus lanatus*) with two different colors of watermelon flesh: Yellow and red**. In: Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd, 2020. p. 261-265. [10.4028/www.scientific.net/MSF.998.261](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.998.261)
- BARROS, D. T. S.; DAS GRAÇAS SOUZA, A.; DE ALBUQUERQUE NETO; J. C.; DOS SANTOS, W. M.; DE SOUZA CAVALCANTI, L.; DOS SANTOS NETO, A. L.; DE SOUZA, A. A. **Desempenho de mini-melancias tutoradas sob diferentes densidades de semeadura**. Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp, p. 1236-1251, 2017.
- BENZIE I, STRAIN J. 1996. Ensaio do poder antioxidante/redutor férrico: medida direta da atividade antioxidante total de fluidos biológicos e versão modificada para medição simultânea do poder antioxidante total e concentração de ácido ascórbico. **Métodos em Enzimologia, Academic Press** 299: 15-27.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Uso do método dos radicais livres para avaliar a atividade antioxidante DPPH. **Lebensm-Wiss.Techonol.**, London, v.28, p.25-30, 1995.
- CAMPAGNOL, R.; MATSUZAKI, R. T.; DA COSTA MELLO, S. **Sistemas de condução vertical de mini-melancia em ambiente protegido**. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 1, 2016. <https://doi.org/10.1590/hb.v34i1.466>.
- CHAPARRO, L.; CASTILLO, S.; VAILLANT, F.; SERVENT, A.; DORNIER, M. **Efecto de la microfiltración y diafiltración en el contenido de carotenoids y compuestos aromáticos del jugo de sandía (*Citrullus lanatus* L.)** Bioagro, v.29 v. 3, p. 185-196. 2017.
- COVA, A. M. W., DE AZEVEDO NETO, A. D., DA SILVA, N. D., SILVA, P. C. C., SANTOS, A. L., GHEYI, H. R., & DA SILVA, L. L. Osmotic adjustment, production, and post-harvest quality of mini watermelon genotypes differing in salt tolerance. **Scientia Horticulturae**, v. 306, p. 111463, 2022.

DE OLIVEIRA, M. M. T et al. **Qualidade de frutos de híbridos de melancia com sementes. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata.** Vol 118 (1): 71-77. 2019.

DOLL, S; RICO, B. Severe vitamin C deficiency in a critically ill adult: a case report. **European journal of clinical nutrition**, 67(8), 881-882.2013.
<https://doi.org/10.1038/ejcn.2013.42>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAOSTAT. (2020). Dados agrícolas da FAOSTAT Disponível em:< <https://www.fao.org/faostat/en/>>.

ILAHY, R., TLILI, I., SIDDIQUI, M. W., HDIDER, C., & LENUCCI, M. S. **Inside and beyond color: Comparative overview of functional quality of tomato and watermelon fruits.** *Frontiers in Plant Science.* Frontiers Media S.A. v. 10, p. 769, 2019. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00769>

KASOTE, D. M.; LEE, J. H.; JAYAPRAKASHA, G. K.; PATIL, B. S. Manganese oxide nanoparticles as safer seed priming agent to improve chlorophyll and antioxidant profiles in watermelon seedlings. *Nanomaterials*, v. 11, n. 4, p. 1016, 2021.
<https://doi.org/10.3390/nano11041016>

KIM, C. H.; PARK, M. K.; KIM, S. K.; CHO, Y. H. Antioxidant capacity and anti-inflammatory activity of lycopene in watermelon. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(9), 2083-2091. 2014. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12517>

LIU, D.; YANG, H.; YUAN, Y.; ZHU, H.; ZHANG, M.; WEI, X.; XIAOJUAN, D.S.; SHICHAO, W.; YANG, L. Comparative transcriptome analysis provides insights into yellow rind formation and preliminary mapping of the Clyr (Yellow Rind) gene in watermelon. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 192, 2020.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00192>

MAOTO, M. M.; BESWA, D.; JIDEANI, A. I.O. **Watermelon as a potential fruit snack. International Journal of food properties**, v. 22, n. 1, p. 355-370, 2019.
<https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1584212>

MAZZA, G; VELIOGLU, Y.S.; GAO, L.; OOMAH, B.D. Atividade antioxidante e fenólicos totais em frutas, vegetais e produtos de grãos selecionados.. **J. Agric. Food Chem.**, Washington, v.46, p.4113-4117, 1998.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; ESCUDERO-GILETE, M. L.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. **Study of the influence of carotenoid structure and individual carotenoids in the qualitative and quantitative attributes of orange juice colour.** *Food Research International*, v. 43, n. 5, p. 1289–1296.2010.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.03.012>.

MORITZ, B.; TRAMONTE, V.L.C. Bioavailability of lycopene. *Rev. Nutr.* v. 19, n.2. 2006. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732006000200013>

NAGATA, Masayasu; YAMASHITA, Ichiji (1992). Método simples para determinação simultânea de Clorofila e Carotenóides em frutas e hortaliças.. **NIPPON SHOKUJIN KOGYO GAKKAISHI**, 39(10), 925–928.
[doi:10.3136/nskkk1962.39.925](https://doi.org/10.3136/nskkk1962.39.925).

NEGLO, D.; TETTEY, C. O.; ESSUMAN, E. K.; KORTEI, N. K.; BOAKYE, A. A.; HUNKPE, G.; AMARH, F.; KWASHIE, P.; DEVI, W. S. Comparative antioxidant and antimicrobial activities of the peels, rind, pulp and seeds of watermelon (*Citrullus lanatus*) fruit. **Scientific African**, v. 11, p. e00582, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00582>

OSAE, B. A., AMANULLAH, S., LIU, H., LIU, S., SAROJ, A., ZHANG, C., LIU, T.; GAO, P.; LUAN, F. CAPS marker-base genetic linkage mapping and QTL. **analysis for watermelon ovary, fruit and seed-related traits**. *Euphytica*, v.218, n. 4, p. 1-18, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10681-022-02990-5>

PETKOWICZ, C. L. O.; VRIESMANN, L. C.; WILLIAMS, P. A. Pectins from food waste: Extraction, characterization and properties of watermelon rind pectin. **Food Hydrocolloids**, v. 65, p. 57-67, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.10.040>

POPOVA, M., BANKOVA, V., BUTOVSKA, D., PETKOV, V., DAMYANOVA, B. N., SABATINI, A. G., MARCAZZAN, G. L., & BOGDANOV, S. (2004), **Métodos validados para a quantificação de constituintes biologicamente ativos de própolis do tipo álamo**. *Análise fitoquímica*.15, 235-240. PMID:15311843. <http://dx.doi.org/10.1002/pca.777>.

RE, R.; PELEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. Atividade antioxidante aplicando um ensaio de descoloração de cátion radical ABTS aprimorado. **Biologia e Medicina dos Radicais Livres**, New York, v.26, n.9-10, p.1231-1237, 1999.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação. **CFSEMG.Viçosa, Minas Gerais**. 1999. p. 359.

SHAO, P.; QIU, Q.; XIAO, J.; ZHU, Y.; SUN, P. **Chemical stability and in vitro release properties of β -carotene in emulsions stabilized by *Ulva fasciata* polysaccharide**. *International journal of biological macromolecules*, 102, 225-231. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.03.186>

SIDDIQUI, W. A.; SHAHZAD, M.; SHABBIR, A.; AHMAD, A. Evaluation of anti-urolithiatic and diuretic activities of watermelon (*Citrullus lanatus*) using in vivo and in vitro experiments. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 97, p. 1212- 1221, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.10.162>.

SILVA, S. S. D.; LIMA, G. S. D.; DE LIMA, V. L.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A.D. A.; OLIVEIRA, J. P. Production and post-harvest quality of mini-watermelon crop under irrigation management strategies and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 51-58, 2021. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n1p51-58>

SINGLETON, V.L. et al. **Análise de fenóis totais e outros substratos de oxidação e antioxidantes por meio do reagente FolinCiocalteu**. Métodos de Enzimologia, New York, v.299, p.152-178, 1999.

SOUSA, A. B.; DUARTE, S. N.; SOUSA NETO, O. N. D.; SOUZA, A.; SAMPAIO, P. R.; DIAS, C. T. D. S. (2016). Production and quality of mini watermelon cv. Smile irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 897-902, 2016. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n1p51-58>

SREEDHAR, V.; NATH, L. R.; GOPAL, N. M.; NATH, M. S. In-vitro antioxidant activity and free radical scavenging potential of roots of *Vitex trifoliata*. **Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences**, v. 1, n. 4, p. 1036-1044, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A.. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora. 2017. 888 p.

TARAZONA-DÍAZ, P., M.; VIEGAS, J.; MOLDAO-MARTINS, M.; AGUAYO, E. **Bioactive compounds from flesh and by-product of fresh-cut watermelon cultivars**. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 5, p. 805–812. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4250>

TLILI, I.; HDIDER, C.; LENUCCI, M. S.; ILAHY, R.; JEBARI, H.; DALESSANDRO, G. Bioactive compounds and antioxidant activities during fruit ripening of watermelon cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, n. 7, p. 923–928. 2011 a. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.03.01>.

TLILI, I.; HDIDER, C.; LENUCCI, M. S.; ILAHY, R.; JEBARI, H.; DALESSANDRO, G. Bioactive compounds and antioxidant activities of different watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansfeld) cultivars as affected by fruit sampling area. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, n. 3, p. 307–314. 2011b. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.06.005>

UNLU, N. Z.; BOHN, T.; FRANCIS, D. M.; NAGARAJA, H. N.; CLINTON, S. K.; SCHWARTZ, S. J. Lycopene from heat-induced cis-isomer-rich tomato sauce is more bioavailable than from all-trans-rich tomato sauce in human subjects. **British Journal of Nutrition**, v. 98, n.1, p.140–146. 2007. <https://doi.org/10.1017/S0007114507685201>

ZAMUZ, S.; MUNEKATA, P. E.; GULLÓN, B.; ROCCHETTI, G.; MONTESANO, D.; LORENZO, J. M. *Citrullus lanatus* as source of bioactive components: An up-to-date review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 111, p. 208-222, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.002>.

ZANEBON, O., & PASCUET, N. S. (Coord.). (2008). **Métodos Físico-químicos para análise de alimentos**. (4a ed.). São Paulo, SP: Instituto Adolfo Lutz. 2008. Food and Agriculture Organization of the United Nations- FAOSTAT. (2020). Dados agrícolas da FAOSTAT Disponível em: < <https://www.fao.org/faostat/en/> >

ZHAO, W., LV, P.; GU, H. (2013). Studies on carotenoids in watermelon flesh. **Agricultural Sciences**, v. 4, n. 7A, p. 13–20. <https://doi.org/10.4236/as.2013.47a003>.