

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JOÃO PEDRO LISBOA CAMARGO

**EFEITOS DE IRRADIÂNCIA E DE TEMPO DE EXPOSIÇÃO À UV-C NA
PRESERVAÇÃO DE ARAÇÁ AMARELO**

**FRANCISCO BELTRÃO
2024**

JOÃO PEDRO LISBOA CAMARGO

**EFEITOS DE IRRADIÂNCIA E DE TEMPO DE EXPOSIÇÃO À UV-C NA
PRESERVAÇÃO DE ARAÇÁ AMARELO**

**Effects of irradiance and time os exposure to UV-C on the preservation of
yellow araçá**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Bertoldo.

Coorientador: Prof. Dr. Luciano Lucchetta.

FRANCISCO BELTRÃO

2024



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

JOÃO PEDRO LISBOA CAMARGO

**EFEITOS DE IRRADIÂNCIA E DE TEMPO DE EXPOSIÇÃO À UV-C NA
PRESERVAÇÃO DE ARAÇÁ AMARELO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Alimentos apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 25/junho/2024

Guilherme Bertoldo
Doutorado em Engenharia Mecânica
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Ellen Porto Pinto
Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Naimara Vieira do Prado
Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

FRANCISCO BELTRÃO

2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus familiares, que mesmo distantes, sempre estiveram presentes, apoiando-me e incentivando-me a seguir em frente. Vocês são base da minha força, e sem vocês, eu não estaria aqui hoje.

A minha namorada, que esteve ao meu lado em todos os momentos, compartilhando alegrias e superando as dificuldades. Seu amor e apoio foram fundamentais para minha caminhada.

Aos meus amigos, que se tornaram uma segunda família para mim. Vocês tornaram a jornada acadêmica mais leve e divertida, e eu sou grato por cada momento que compartilhamos juntos.

Aos meus orientadores, que me guiaram com sabedoria e paciência, e que contribuíram imensamente para o meu crescimento acadêmico e pessoal. Agradeço por todo o conhecimento que vocês compartilharam comigo.

E a todos que fizeram parte da minha vida acadêmica, seja direta ou indiretamente, o meu muito obrigado. Cada um de vocês deixou uma marca na minha jornada e sou grato por isso. Esse trabalho é dedicado a todos vocês.

RESUMO

O Araçá Amarelo (*Psidium cattleianum* cultivar Ya-cy) é uma fruta originária da América do Sul, comumente encontrada no Brasil, pertencente à família *Myrtaceae*. Esta fruta possui alta suscetibilidade à deterioração, podendo apresentar sinais de deterioração dois a três dias após a colheita, quando mantida em temperatura ambiente. Devido a essa curta vida útil, torna-se indispensável o emprego de métodos e tecnologias de conservação para assegurar sua viabilidade de consumo em outras regiões, sem a necessidade de processamento. Nesse contexto, uma das alternativas viáveis seria a aplicação da radiação ultravioleta C (UV-C), conhecida por ser uma técnica segura e eficiente na preservação de alimentos minimamente processados. Esta técnica demonstra ser ambientalmente segura e eficaz na descontaminação, tendo o propósito primordial de eliminar microrganismos e, ao mesmo tempo, induzir um efeito estimulante no metabolismo secundário de defesa das plantas, resultando na produção de compostos antimicrobianos. As frutas foram submetidas a análises de acidez, pH, sólidos solúveis, perda de massa, índice de podridões, cor e compostos fenólicos. Os resultados foram analisados ao longo de seis dias, com observações nos dias 0, 3 e 6. Inicialmente todas as frutas estavam saudáveis, porém com o passar do tempo todos os tratamentos aumentaram significativamente os sintomas de podridões para todos os tratamentos, porém com menores valores para o tratamento 3. Os valores de acidez titulável apresentaram diferenças entre os tratamentos apenas no terceiro dia, com redução da acidez do tratamento 3 em relação aos demais. Os valores de pH tiveram variações, porém não houveram variações significativas. Todos os tratamentos resultaram em perda de massa, com o tratamento sem radiação mostrando a maior perda. A coloração dos frutos mostrou uma tendência de escurecimento, porém sem diferenças estatisticamente significativas. Os compostos fenólicos aumentaram nos tratamentos com radiação UV-C, destacando o tratamento 3 que apresentou a maior concentração entre os tratamentos. Porém observou-se um aumento significativo de compostos fenólicos apenas para os tratamentos 3 e 5. Em conclusão, a radiação UV-C influencia significativamente algumas propriedades do araçá amarelo, assim pode ser uma ferramenta eficaz para melhorar a qualidade e a conservação do araçá amarelo.

Palavras-chave: *Psidium cattleianum*; radiação UV-C; vida útil; conservação.

ABSTRACT

Yellow Araçá (*Psidium cattleianum* cultivar Ya-cy) is a fruit originating from South America, commonly found in Brazil, belonging to the Myrtaceae family. This fruit is highly susceptible to spoilage and may show signs of deterioration two to three days after harvest when kept at room temperature. Due to this short shelf life, it is essential to use conservation methods and technologies to ensure its viability for consumption in other regions, without the need for processing. In this context, one of the viable alternatives would be the application of ultraviolet C (UV-C) radiation, known to be a safe and efficient technique for preserving minimally processed foods. This technique proves to be environmentally safe and effective in decontamination, having the primary purpose of eliminating microorganisms and, at the same time, inducing a stimulating effect on the secondary defense metabolism of plants, resulting in the production of antimicrobial compounds. The fruits were subjected to analyzes of acidity, pH, soluble solids, mass loss, rot index, color and phenolic compounds. The results were analyzed over six days, with observations on days 0, 3 and 6. Initially all fruits were healthy, but over time all treatments significantly increased rot symptoms for all treatments, but with smaller values for treatment 3. The titratable acidity values showed differences between treatments only on the third day, with a reduction in the acidity of treatment 3 in relation to the others. The pH values varied, but there were no significant variations. All treatments resulted in mass loss, with the non-radiation treatment showing the greatest loss. The color of the fruits showed a tendency to darken, but without statistically significant differences. Phenolic compounds increased in treatments with UV-C radiation, highlighting treatment 3 which presented the highest concentration among the treatments. However, a significant increase in phenolic compounds was observed only for treatments 3 and 5. In conclusion, UV-C radiation significantly influences some properties of yellow araçá, thus it can be an effective tool to improve the quality and conservation of yellow araçá.

Keywords: *Psidium cattleianum*; UV-C radiation; lifespan; conservation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Araçazeiro	13
Figura 2 – Frutos de araçá amarelo	14
Figura 3 – Dados da literatura reportando a irradiação de alface minimamente processada com UV-C	17
Figura 4 – Araçá amarelo dispostos nas bandejas plásticas	18
Figura 5 – Araçá amarelo na câmara de irradiação	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Delineamento experimental em diferentes irradiâncias de tratamento com UV-C e tempo de exposição a luz	19
Tabela 2 – Índice de podridão em Araçá amarelo, cultivar Ya-cy, tratados e não tratados com radiação UV-C, armazenados a 4 °C em diferentes dias de armazenamento	24
Tabela 3 – Acidez titulável em Araçá amarelo, cultivar Ya-cy, tratados e não tratados com radiação UV-C, armazenados a 4 °C em diferentes dias de armazenamento.....	25
Tabela 4 – Índices de pH em Araçá amarelo, cultivar Ya-cy, tratados e não tratados com radiação UV-C, armazenados a 4 °C em diferentes dias de armazenamento.....	26
Tabela 5 – Índices de sólidos solúveis em Araçá amarelo, cultivar Ya-cy, tratados e não tratados com radiação UV-C, armazenados a 4 °C em diferentes dias de armazenamento	27
Tabela 6 – Perda de massa em relação ao tempo de armazenamento de Araçá amarelo, cultivar Ya-cy, tratados e não tratados com radiação UV-C, armazenados a 4 °C em diferentes dias de armazenamento	28
Tabela 7 – Índice de luminosidade (L*) em Araçá amarelo, cultivar Ya-cy, tratados e não tratados com radiação UV-C, armazenados a 4 °C em diferentes dias de armazenamento.....	29
Tabela 8 – Diferença total de cor (ΔE) em Araçá amarelo, cultivar Ya-cy, tratados e não tratados com radiação UV-C, armazenados a 4 °C em diferentes dias de armazenamento.....	29
Tabela 9 – Índice de cromaticidade de Araçá amarelo, cultivar Ya-cy, tratados e não tratados com radiação UV-C, armazenados a 4 °C em diferentes dias de armazenamento.....	30
Tabela 10 – Compostos fenólicos totais em Araçá amarelo, cultivar Ya-cy, tratados e não tratados com radiação UV-C, armazenados a 4 °C em diferentes dias de armazenamento.....	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS.....	11
2.1	Objetivo Geral.....	11
2.2	Objetivos Específicos	11
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
3.1	Frutas nativas	12
3.2	Araçá amarelo.....	12
3.3	Radiação UV-C.....	15
3.4	Efeitos das diferentes temperaturas e distâncias.....	17
4	MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1	Preparo das amostras.....	18
4.2	Tratamento do araçá amarelo com a radiação UV-C	18
4.3	Análises dos frutos	20
4.3.1	Acidez total titulável.....	20
4.3.2	Potencial hidrogeniônico (pH).....	20
4.3.3	Sólidos solúveis totais (SST).....	20
4.3.4	Cor	21
4.3.5	Índice de podridões	21
4.3.6	Perda de massa	22
4.3.7	Compostos fenólicos totais.....	22
4.3.8	Análise dos dados	23
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6	CONCLUSÃO	33
	REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

O araçá amarelo (*Psidium cattleianum* cultivar *Ya-cy*) que tem origem no leste da América do sul é bastante comum no Brasil, especialmente em regiões úmidas, é uma fruta que pertence à família *Myrtaceae*, rica em tanino e vitamina C, que pode ser consumido *in natura* ou como doce em preparações culinárias (Pereira *et al.*, 2021).

O araçá tem uma vida útil curta, cerca de três a quatro dias sem refrigeração, tendo uma alta perecibilidade, o que, dificulta sua comercialização e disponibilidade para o consumidor (Andrade, 2019). Tornando-se necessária a utilização de métodos e tecnologias de conservação para garantir a viabilidade de consumo em outras regiões sem a necessidade de processamento.

Nesse contexto, a utilização de uma técnica para prolongar a sua vida útil é de grande importância e como alternativa poderia se utilizar a UV-C. O comprimento de onda mais eficaz está na faixa de 200 a 280 nm, chamados de UV-C (Falgueira *et al.*, 2011).

A utilização de luz ultravioleta C (UV-C) tem-se mostrado como uma técnica segura e eficaz para o tratamento e conservação de alimentos minimamente processados. De acordo com Fasanelo *et al.* (2023) alimentos minimamente processados são aqueles que passam por poucos processos, incluindo lavagem, sanitização, descascamento e corte. A aplicação de irradiação UV-C não gera compostos orgânicos clorados ou substâncias tóxicas, como são comuns em sanitizantes a base de cloro. Além disso, é uma técnica que tem um custo reduzido quando comparada com a radiação gama, alta pressão ou atmosferas modificadas. A sua utilização é ambientalmente segura e demonstra alta eficiência na descontaminação, reduzindo a proliferação de bactérias psicotróficas, coliformes, bolores e leveduras (Souza, 2014).

O principal propósito ao submeter os vegetais minimamente processados à radiação UV-C é promover a destruição de microrganismos, visando prolongar a vida útil (Filho; Borges, 2020). Os resultados desse tratamento são observados logo após a aplicação, uma vez que a radiação é absorvida pelos microrganismos presentes na superfície, causando danos ao DNA e provocando alterações nos ácidos nucleicos e membranas. Além disso, é possível observar um efeito estimulante no metabolismo secundário de defesa das plantas, resultando na produção de compostos

antimicrobianos. Também ocorre um aumento na capacidade do tecido irradiado em sintetizar fitoquímicos com propriedades antioxidantes, despertando o interesse dos pesquisadores em utilizar a radiação UV-C como ferramenta para enriquecer nutricionalmente os vegetais, especialmente os minimamente processados (Filho; Borges, 2020).

No entanto, é importante destacar que a exposição a doses elevadas de luz UV-C pode resultar em danos e enfraquecimento dos tecidos, favorecendo a proliferação de possíveis patógenos. Há uma inconsistência em relação à dose ideal de radiação UV-C necessária para alcançar os efeitos desejados sem causar danos irreversíveis aos tecidos vegetais. Devido a suscetibilidade das frutas e hortaliças minimamente processadas a novos estresses, torna-se crucial realizar uma seleção cuidadosa da dose de radiação UV-C, levando em consideração as características específicas de cada vegetal e variedade testada, afim de preservar a sua qualidade (Filho; Borges, 2020).

A radiação UV-C não ocorre naturalmente na natureza, sendo absorvida pela atmosfera durante a interação com o oxigênio, formando ozônio como resultado desse processo. Fontes artificiais de radiação UV, frequentemente empregadas para inativar patógenos, incluem lâmpadas que funcionam com vapor de mercúrio. Essas lâmpadas podem ser monocromáticas de baixa pressão, com um pico de emissão de fótons a um comprimento de onda de 254 nm, considerado altamente germicida, ou policromáticas de média pressão, emitindo fótons em uma faixa mais ampla de comprimento de onda, abrangendo a região de luz visível (Koutchma; Orłowska, 2012).

A radiação UV-C, com o comprimento de onda entre 250 e 260 nm, é letal para a maioria dos microrganismos, incluindo bactérias, vírus, protozoários, fungos, leveduras e algas. O efeito germicida é alcançado pela indução da formação de fotoprodutos no DNA bacteriano, especialmente dímeros de pirimidina, resultantes de ligações cruzadas entre bases sensíveis à radiação a 254 nm. Essas alterações comprometem a transcrição e reprodução celular, conduzindo à morte celular (Gayán; Condón; Álvarez, 2014).

Com base no que foi apresentado, a aplicação da radiação UV-C, é uma tecnologia emergente que surge como alternativa para prolongar a vida útil e a conservação de frutas, como o araçá.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar os efeitos do tratamento com radiação ultravioleta-C (UV-C) em diferentes irradiâncias e tempos de exposição na preservação do araçá amarelo (*Psidium cattleianum* cultivar Ya-cy), visando melhorar a conservação pós-colheita.

2.2 Objetivos Específicos

- Testar diferentes irradiâncias e tempos de exposição entre a fonte luminosa de UV-C e as frutas de araçá amarelo em conservação pós-colheita;
- Investigar a influência dos tratamentos pós-colheita na qualidade físico-química e microbiológica de araçá amarelo;
- Avaliar o período de conservação de araçá amarelo pós-colheita em função dos tratamentos realizados;
- Analisar o efeito no metabolismo secundário das frutas por meio da análise de compostos fenólicos.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Frutas nativas

O Brasil é um dos grandes produtores de frutas do mundo. A maior parte da produção brasileira de frutas é destinada ao mercado interno, concentrando suas exportações em um pequeno número de frutas, como maçã, mamão, manga, melão e uva (Oliveira; Pereira; Santos, 2018).

É importante destacar que as variadas frutas nativas brasileiras podem diversificar e enriquecer as dietas dos brasileiros. Embora sejam conhecidas, muitas vezes os frutos não são objetos de estudo, sendo limitados as regiões onde são cultivados, com seu consumo baseado na durabilidade e na demanda local. Desse modo, podem ser destacadas as frutas da família *Myrtaceae*. Essas frutas geralmente são consumidas *in natura* ou processadas pela indústria alimentícia. Mesmo não tendo uma presença expressiva no mercado, permanecendo desconhecidas para a maioria da população, acredita-se que a longo prazo, essas frutas tenham o potencial de terem relevância comercial. Uma das frutas com grande potencial é o araçá, podendo trazer vantagens aos consumidores diversificando o mercado de frutas (Vanin, 2020).

O araçá é uma fruta altamente perecível, portanto é importante ressaltar a utilização integral dos frutos (cascas, talos e sementes), reduzindo o desperdício e os custos de produção. Além disso, os benefícios relacionados ao consumo de frutas são observados somente nos frutos inteiros (Vanin, 2015; Sanches *et al.*, 2017).

3.2 Araçá amarelo

O araçazeiro é uma árvore de porte pequeno com características de arbusto, sendo reconhecido por suas folhas avermelhadas e pequenas quando jovens. Essa árvore produz o araçá, uma baga pequena, de formato arredondado, variando de tons amarelos a avermelhados. Sua polpa, tem coloração esbranquiçada, é adocicada, levemente ácida, suculenta, aromática e possui muitas sementes. A frutificação ocorre de setembro a março. O sabor do araçá relembra o da goiaba, sendo um pouco mais ácido e com aroma mais marcante, como a da goiaba a polpa é macia e repleta de sementes, porém menos carnosa, tendo um menor valor econômico. Pode ser

utilizado para produzir sorvetes, sucos, geleias ou doces (Wille *et al.*, 2004; Vanin, 2015).

Figura 1 - Araçazeiro



Fonte: Instituto Brasileiro de Florestas (2020).

Dos variados gêneros de fruteira da família *Myrtaceae*, pode se destacar quatro deles, *Eugenia*, *Acca*, *Myrciaria* e *Psidium*, que possuem relevância econômica nos dias de hoje. O gênero *Eugenia* possui cerca de mil espécies, sendo uma das maiores da família, e está distribuído principalmente nas América Central e Sul, podendo destacar a pitangueira. No gênero *Myrciaria*, encontramos as jaboticabeiras, que compreendem mais de uma dezena de espécies nativas nas regiões central, sudeste e sul do Brasil. No gênero *Acca*, a principal espécie é a *A. sellowiana* (Berg) *Burret*, conhecida como goiabeira-serrana, nativa da América do Sul. O gênero *Psidium* possuem cerca de 100 espécies, destacando-se a goiabeira (*P. guajava* L.) por ter maior interesse econômico, dentro dessas espécies podem ser encontradas *P.*

cattleyanum Sabine e *P. guineense* Swartz, conhecidas como araçá ou araçazeiro, sendo uma fruta exótica e com altos teores de vitamina C. Existem três centros de maior diversidade desse gênero, destacando a região Sul do Brasil (Franzon *et al.*, 2009).

Segundo Damiani *et al.* (2012) o araçá é composto por água (89,91%), açúcares (5,54%), celulose (2,55%), ácido málico (1,54%), cinzas (0,80%) e gordura (0,20%). Anteriormente Andrade, Aragão e Ferreira (1993) analisaram sua umidade (85-86%), pH (3,0), ácido cítrico (1,87%), sólidos solúveis (11° Brix), açúcares (5,05%), carotenoides (0,103 mg) e vitamina C (389,34 mg de vitamina C em 100 g de amostra). Contudo, vale ressaltar que sua composição pode variar de acordo com o clima, altitude, solo, origem do material genético, o período de produção e maturação do fruto.

Figura 2 – Frutos de araçá amarelo.



Fonte: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (s.d.).

O araçá possui propriedades funcionais atrativas, isso se deve ao fato de que contém quantidades consideráveis de compostos fenólicos, ácido ascórbico e carotenoides. Alguns estudos sugerem que o araçá pode melhorar os níveis de glicose no sangue, reduzir lipoproteína de baixa densidade (LDL) e os níveis de colesterol total no sangue e deposição de gordura no fígado, efeito testado em roedores (Egea *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2021).

No Brasil, não há cultivo de araçá voltado para o comércio em grande escala ou para aplicações industriais. Geralmente é consumida *in natura*, devido a sua alta perecibilidade, dura de dois a três dias após sua colheita quando mantida em temperatura ambiente (Vanin *et al.*, 2021). A vida útil do araçá pode ser estendida se forem armazenados sob refrigeração (Damiani *et al.*, 2012).

A fim de tornar o consumo acessível a um maior número de pessoas e garantir a disponibilidade da fruta por um período maior são necessárias tecnologias alimentares, consistindo em processamento do fruto, na forma de produtos derivados. O processamento da fruta, pode ser na forma de geleias, compotas, doces, farinhas e outros produtos alimentícios, podendo agregar valor econômico, tornando em uma alternativa como fonte de renda aos produtores (Damiani *et al.*, 2012).

Os compostos bioativos, presentes em pequenas quantidades nos alimentos, não são considerados componentes nutricionais essenciais, mas desempenham um papel significativo na saúde. Originados pelos sistemas de defesa das plantas, esses metabólitos secundários, como as vitaminas C e E, e fitoquímicos, possuem propriedades antioxidantes. No contexto brasileiro, onde uma vasta variedade de frutas nativas oferece uma rica fonte desses compostos, os antioxidantes, especialmente os compostos fenólicos. Esses compostos como flavonoides, ácidos fenólicos e polifenóis, não apenas conferem características sensoriais nos alimentos, como cor e aroma, mas também desempenham um papel crucial na neutralização de radicais livres, limitando os efeitos adversos dos processos oxidativos no corpo humano. Alguns estudos indicam que o consumo regular desses alimentos pode estar associado ao controle de doenças cardiovasculares, graças aos efeitos hipolipidêmicos de alguns flavonoides, contribuindo assim para a busca de uma dieta que não apenas nutra o corpo, mas também promova a saúde e funcionalidade (Vanin, 2015).

3.3 Radiação UV-C

Nos últimos anos, tem crescido a demanda dos consumidores por alimentos altamente nutritivos que mantenham suas propriedades organolépticas intactas e sejam microbiologicamente seguros. Foram desenvolvidas diferentes abordagens para reduzir a carga microbiana nos alimentos e evitar alterações físico-químicas indesejáveis, como ultrassom, alta pressão hidrostática, plasma e luz ultravioleta. A aplicação de luz UV tem sido adotada para diversos fins, incluindo o tratamento de superfícies que entram em contato com alimentos, desinfecção de água e ar. A luz UV abrange uma vasta gama de comprimentos de onda na região não ionizante do espectro eletromagnético, entre 10 nm (raios X) e 400 nm (luz visível). A irradiância é medida em W/m^2 , e a dose de irradiação varia de acordo com o tempo de tratamento,

a distância até a fonte, juntamente com outros parâmetros, sendo comumente expressa em J/m^2 . A aplicação da luz UV na produção de alimentos tem despertado interesse devido à ausência de subprodutos tóxicos ou impacto nas propriedades organolépticas (Pinto *et al.*, 2022).

A radiação ultravioleta é dividida em três regiões: UV-A, que possui comprimentos de onda mais longos, variando de 320 a 400 nm; UV-B, caracterizada por comprimentos de onda médios, situando-se entre 280 e 320 nm; e UV-C, que engloba comprimentos de onda mais curtos, variando de 200 a 280 nm (Vanin, 2015).

A aplicação de radiação ultravioleta (UV) como método de desinfecção é uma prática crucial em ambientes onde a esterilização é fundamental. Ao empregar a luz UV para esse fim, é essencial considerar vários fatores, como o tipo de exposição (pulsada ou contínua), o tipo de reator (contínuo ou fluxo contínuo), a distância da fonte de luz, ângulo de incidência e as condições de tratamento, incluindo temperatura. A eficiência dessa técnica está relacionada a sensibilidade dos microrganismos. A UV-C é considerada a mais germicida devido a sua coincidência com a maior absorvância do DNA (254 nm), comprometendo assim a função celular dos microrganismos (Soro *et al.*, 2023).

A técnica de irradiação por UV começou a ser aplicada no Estados Unidos desde a década de 1930, inicialmente em superfícies e no ar de ambientes esterilizados, como hospitais. Ao longo do tempo, essa tecnologia foi adaptada para a esterilização de embalagens em sistema *Ultra High Temperatura* (UHT). Isso inclui a desinfecção de embalagens de iogurte, copos plásticos e tampas de alumínio e até mesmo superfícies de frutas e hortaliças. Essa aplicação tem o propósito de aumentar a resistência dos tecidos contra microrganismos que podem causar deterioração (Guedes *et al.*, 2009).

A radiação ultravioleta na faixa UV-C demonstra capacidade de ativar mecanismos de defesa nos tecidos das plantas. Esse estímulo desencadeia o acúmulo de substâncias antimicrobianas, fortalecendo a resistência a estrutura da parede celular das plantas, impulsionando a atividade de enzimas envolvidas no sistema antioxidante, que atua contra o estresse oxidativo. Essa radiação também tem o poder de induzir o metabolismo de carotenoides e compostos fenólicos, substâncias reconhecidas por suas propriedades benéficas a saúde (Tiecher, 2010).

3.4 Efeitos das diferentes temperaturas e distâncias

A eficiência da utilização da radiação UV-C na inativação de microrganismos em alimentos está sujeita a vários fatores. Segundo Kim *et al.* (2013) há falta de consideração nos estudos acerca do impacto da temperatura e outros aspectos, que também podem desempenhar um papel crucial na inativação dos microrganismos. Temperaturas mais baixas podem diminuir a potência da radiação UV-C, afetando assim a intensidade da irradiação, sendo um dos principais fatores para a inativação efetiva (Fan; Huang; Chen, 2017). Além disso, a exposição direta dos microrganismos à luz UV-C é fundamental para a inativação microbiana, e a distância, que está diretamente ligada a irradiância, entre a fonte de radiação e o produto influencia significativamente essa interação. Bermúdez-Aguirre e Barbosa-Cánovas (2013) observam que uma redução na distância aumenta a intensidade da luz UV recebida pelos microrganismos, o que pode resultar em uma maior inativação. Os valores desses parâmetros utilizados nos estudos sobre irradiação de alface minimamente processada com UV-C são descritos na Figura 3.

Figura 3 – Dados da literatura reportando a irradiação de alface minimamente processada com UV-C.

Referência	Forma de exposição	Temperatura (°C)	Distância (cm)	Intensidade UV (W/m ²)	Tempo (min)	Doses (kJ/m ²)
Allende & Artés (2003a, 2003b)	Um lado	-	60	-	-	0,41-8,41
Allende et al. (2006)	Dois lados	5 e 10	15	-	-	1,18-11,8
Bachelli (2016)	Dois lados	-	27	34,3	0,68-1,75	1,2-3,6
Bermúdez-Aguirre & Barbosa-Cánovas (2013)	-	24 - 25	31 e 70	6,5 e 16	0-60	0-57,6
Birmpa et al. (2013)	-	25	8	20	10-60	12-72
Kim et al. (2013)	Dois lados	4 e 25	10 e 50	13,6-68	0,5-10	0,41-40,8

Fonte: Filho; Borges (2020).

A utilização de radiação ultravioleta é descrita por diversos autores, como uma técnica para redução da carga microbiana, e conseqüentemente, conservação do alimento. Dentre os estudos anteriores, Vanim (2015) utilizou a irradiação UV-C em arará amarelo a uma distância de 30 centímetros durante 10 minutos de exposição.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Preparo das amostras

Os frutos da variedade de araçá amarelo (*Psidium cattleianum* cultivar Ya-cy) foram cedidos pela UTFPR – Campus de Dois Vizinhos. Após a colheita, os frutos foram transportados para a UTFPR - Campus Francisco Beltrão, onde foi realizada a seleção por estado de conservação. Os frutos foram utilizados para realização das avaliações de caracterização dos frutos inteiros. Os frutos foram higienizados em solução de hipoclorito de sódio 50 ppm durante 5 minutos, sendo uma das partes destinada ao tratamento com radiação UV-C, outra parte utilizada como o grupo controle. Uma parte dos frutos foram mantidos para realização das análises físico-químicas.

Foram dispostos em média 11 frutos por bandeja plástica, após a higienização, para posterior tratamento com radiação UV-C e armazenamento sob refrigeração a 4°C.

Figura 4 – Araçá amarelo dispostos nas bandejas plásticas.



Fonte: Autoria própria (2024).

4.2 Tratamento do araçá amarelo com a radiação UV-C

O estudo foi organizado em cinco tratamentos, que incluem o controle, duas distâncias de exposição ao UV-C (20 cm e 40 cm) (ou seja, duas irradiâncias) e dois

tempos de exposição à luz (4 minutos e 8 minutos), todos com três repetições (Tabela 1). Os resultados foram analisados a 0, 3 e 6 dias após os tratamentos. Esse procedimento foi realizado na câmara de radiação, no Laboratório de Frutas e Hortaliças da UTFPR – Campus Francisco Beltrão. As frutas foram submetidas ao tratamento com radiação UV-C segundo método descrito por Tomás-Barberán e Espín (2001) e Pinto *et al.*, (2022). Seguiu-se os seguintes parâmetros: taxa de fluência da radiação de $65,6 \text{ J.m}^{-2}$, a radiação foi aplicada com comprimento de onda de 254 nm, dispostas em uma única camada em bandejas plásticas as quais foram submetidas à radiação em cabine equipada com duas lâmpadas UV-C (90 W Philips®). As frutas foram submetidas a armazenamento sob refrigeração a 4°C .

Tabela 1. Delineamento experimental em diferentes irradiâncias de tratamento com UV-C e tempo de exposição a luz.

Tratamento	Distância (cm)	Tempo (minutos)
1	0	0
2	20	4
3	20	8
4	40	4
5	40	8

Fonte: A autoria própria (2023)

A irradiância foi medida por sensor de raio ultravioleta UV Guva-S12SD, detectando raios UV com comprimento de onda entre 240-370 nm.

Figura 5 – Araçá amarelo na câmara de irradiação.



Fonte: A autoria própria (2024).

4.3 Análises dos frutos

Foram realizadas avaliações de parâmetros físico-químicos das frutas de araçá amarelo. Acidez, pH, sólidos solúveis, cor foram realizados a fim de caracterizar o fruto, também sendo analisados o índice de podridões, perda de massa e compostos fenólicos totais. As análises foram feitas no Complexo de Laboratórios da UTFPR – Campus Francisco Beltrão. Observando-se que as análises foram realizadas nos três grupos de frutos: aqueles tratados com UV-C (duas distâncias de tratamento) e os não submetidos ao tratamento. Foram realizadas avaliações em três tempos de armazenamento (0, 3 e 6 dias).

4.3.1 Acidez total titulável

Mediu-se a acidez por titulometria potenciométrica, sendo indicada para soluções claras ou levemente coloridas, conforme Instituto Adolfo Lutz (2008). Foi pesado 5,0 g de amostra em béquer de 250 mL e diluído em 100 mL de água destilada, homogeneizando moderadamente, em seguida foi adicionado o eletrodo na solução e a amostra foi titulada com hidróxido de sódio (NaOH 0,1 M) até uma faixa de pH 8,2 – 8,4. O resultado foi expresso em g de ácido cítrico 100 g⁻¹.

4.3.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

A determinação de pH foi realizada em pHmetro, calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0. Sendo realizada conforme recomendações do Instituto Adolfo Lutz (2008).

4.3.3 Sólidos solúveis totais (SST)

O teor de sólidos solúveis totais foi determinado diretamente por refratometria, utilizando refratômetro digital, a temperatura de 20 °C, sendo os resultados expressos em °Brix. Conforme recomendações da *Association of Official Analytical Chemistry* (2010).

4.3.4 Cor

A análise de cor foi realizada com colorímetro e avaliando os parâmetros L^* , a^* e b^* , em que L^* indica a luminosidade (0 = preto e 100 = Branco) e a^* e b^* representam coordenadas de cromaticidade ($+a^*$ = vermelho; $-a^*$ = verde; $+b^*$ = amarelo; $-b^*$ = azul). A partir destes parâmetros foram calculados o Índice de escurecimento (Browning index) (equação 1), diferença total de cor (equação 3) e ângulo Hue (equação 4).

$$BI = \left[\frac{100(X-0,31)}{0,172} \right] \quad (1)$$

Onde x é:

$$X = \frac{(A+1,75*L)}{(5,64*L+a-3,012*b)} \quad (2)$$

$$\Delta E = [(\Delta E)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{0,5} \quad (3)$$

$$H = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (4)$$

4.3.5 Índice de podridões

Para o índice de podridões, foi realizada uma inspeção visual das frutas para identificar e quantificar aquelas que apresentam sintomas de doença (micélios aparentes) expressa em percentual. A incidência de podridões dos frutos foi considerada em nível de severidade de incidência. O resultado foi expresso em porcentagem de frutas em uma amostra que apresentam sinais de podridões em relação ao número total de frutas avaliadas.

4.3.6 Perda de massa

Foi obtida através da diferença entre a massa da matéria fresca do dia da instalação do experimento (dia 0) e as massas obtidas após 3 e 6 dias, expresso em percentual.

4.3.7 Compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos totais foram quantificados a partir do método adaptado de Larrauri *et al.* (1997). Primeiramente, foi preparada uma curva padrão de ácido gálico com água ultrapura. O procedimento de curva padrão foi realizado segundo Singleton e Rosse (1965) substituindo 1g de fruta por 1 mL de cada solução de ácido gálico com água ultrapura, com diluições variando de 10 a 100 mg.100 g⁻¹ de ácido gálico, seguidos de leitura em um espectrofotômetro a 725 nm para determinar a equação da reta (equação 5).

$$y = 2,2202x + 0,0843 \quad (5)$$

Primeiramente foi obtido o extrato da fruta, onde foram pesados 25 g de fruta triturada em um béquer de 100 mL, adicionado 40 mL de metanol 50% e homogeneizado e deixado de repouso durante 60 minutos à temperatura ambiente.

Posteriormente, foram colocados em tubos Falcon e centrifugadas as soluções com os extratos da fruta a 4.000 rpm durante 45 minutos, foi pipetado 1 mL de extrato da fruta sobrenadante em um balão volumétrico de 100 mL, 60 mL de água ultrapura e 5 mL de reagente de Folin. Após 8 minutos foram adicionados 20 mL de carbonato de sódio 20%, completado o volume com água ultrapura e deixados ao abrigo da luz, por 2 horas. A amostra foi filtrada e realizada e novamente lidas em espectrofotômetro a uma frequência de 725 nm. A prova em branco foi feita utilizando 1 mL de água ultrapura em substituição ao extrato da fruta. As leituras de absorbância foram substituídas na equação da reta e, considerando as diluições, os resultados foram calculados em Ácido Gálico equivalente.

4.3.8 Análise dos dados

Os dados obtidos para as análises de acidez total titulável, sólidos solúveis, cor, índice de podridões, perda de massa e compostos fenólicos totais foram submetidos ao teste de normalidade, análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$) através do software Statistica.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta a porcentagem de frutas que mostraram sinais de podridões em todos os tratamentos, como fatores físicos, manchas, descoloração e crescimento de fungos ou mofo.

Tabela 2 – Índice de podridão em Araçá amarelo, cultivar Ya-cy, tratados e não tratados com radiação UV-C, armazenados a 4°C em diferentes dias de armazenamento.

Tratamento	Índice de podridão (% de frutos com sintomas de doenças)					
	0d		3d		6d	
Trat 1	0	± 0 Ac	22	±5 Ab	37	±5 Aa
Trat 2	0	± 0 Ac	21	±5 Ab	38	±3 Aa
Trat 3	0	± 0 Ab	19	±4 Aa	25	±7 Ba
Trat 4	0	± 0 Ac	15	±6 Ab	43	±3 Aa
Trat 5	0	± 0 Ac	26	±5 Ab	40	±3 Aa

[#]Médias ± desvio padrão. Trat1= sem tratamento; Trat 2= UVC (20 cm, 4 min); Trat 3= UVC (20 cm, 8 min); Trat 4= UVC (40 cm, 4 min); Trat 5= UVC (40 cm, 8min). Letras minúsculas distintas na mesma linha e letras maiúsculas distintas na mesma coluna indicam diferença pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2024).

O índice de podridões aumenta com o tempo de armazenamento, pois os frutos naturalmente se deterioram ao longo do tempo. Com exceção do tratamento 3, os outros tratamentos não tem diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). O tratamento 3 no dia 0 se difere significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) dos outros dias de armazenamento. No entanto, ao sexto dia o tratamento 3, tem diferenças significativas pelo teste de Tukey, dos outros tratamentos, destacando que teve a menor incidência de podridões em araçá amarelo. Os resultados indicam que a aplicação de UV-C pode influenciar a incidência de podridões em araçá amarelo durante armazenamento a 4 °C. A radiação UV-C pode ativar as defesas naturais das plantas. Isso faz com que as plantas produzam mais substâncias antimicrobianas, fortalecendo a estrutura externa das plantas, além de estimular enzimas que ajudam a combater o estresse oxidativo (Tiecher, 2010).

A acidez total está descrita na Tabela 3, de acordo com cada tratamento em relação ao tempo.

Tabela 3 – Acidez titulável em Araçá amarelo, cultivar Ya-cy, tratados e não tratados com radiação UV-C, armazenados a 4°C em diferentes dias de armazenamento.

Tratamento	Acidez total (% de ácido cítrico)					
	0d		3d		6d	
Trat 1	0,43	± 0,03 Aa	0,48	±0,09 Aa	0,43	±0,03 Aa
Trat 2	0,43	± 0,03 Aa	0,42	±0,04 ABa	0,29	±0,01 Ab
Trat 3	0,43	± 0,03 Aa	0,34	±0,02 Ba	0,38	±0,08 Aa
Trat 4	0,43	± 0,03 Aa	0,37	±0,03 ABa	0,40	±0,08 Aa
Trat 5	0,43	± 0,03 Aa	0,38	±0,06 ABa	0,42	±0,03 Aa

#Médias ± desvio padrão. Trat1= sem tratamento; Trat 2= UVC (20 cm, 4 min); Trat 3= UVC (20 cm, 8 min); Trat 4= UVC (40 cm, 4 min); Trat 5= UVC (40 cm, 8min). Letras minúsculas distintas na mesma linha e letras maiúsculas distintas na mesma coluna indicam diferença pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2024).

No dia 0, não houveram diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Ao terceiro dia, observa-se uma ligeira redução na acidez em todos os tratamentos com UV-C, porém sem diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) em relação ao tempo de armazenamento. O tratamento 3 teve diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) em relação ao tratamento 1, porém os tratamentos 2, 4 e 5 foram semelhantes. No sexto dia, o tratamento 2 difere significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) dos outros dias de armazenamento, enquanto os outros tratamentos, apesar da ligeira variação nos valores de acidez não apresentam diferenças estatisticamente significativas, sugerindo que os tratamentos com UV-C não afetaram significativamente a acidez dos frutos de araçá amarelo. A acidez é inversamente proporcional ao pH, quanto maior a acidez menor o pH, e vice-versa, então pode-se dizer que o araçá amarelo é uma fruta com acidez elevada e, conseqüentemente, um pH baixo.

A Tabela 4 evidencia que o pH médio do araçá amarelo variou de 3,7 a 3,9, indicando uma acidez considerável na fruta. No dia 0, todos os tratamentos apresentaram um pH inicial semelhante, com valores médios de 3,9. Não havendo diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Após três dias de armazenamento, os valores de pH permaneceram relativamente estáveis em todos os tratamentos, mas essas diferenças não foram estatisticamente significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Com o passar de 6 dias, observou-se uma leve tendência de diminuição dos valores de pH nos tratamentos, exceto para o tratamento

4, que manteve o pH em 3,7, porém também não apresentaram diferenças estatisticamente significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) entre os tratamentos e os dias de armazenamento. Os resultados indicam que a aplicação de UV-C não tem um impacto significativo nos valores de pH dos frutos de araçá amarelo durante o armazenamento a 4 °C. Esses valores foram consistentemente superiores aos fornecidos por Fochezatto (3,64), Melo (3,55) e Nora (3,35). Além disso, houve uma tendência de queda no pH ao longo do tempo em todos os tratamentos, possivelmente devido a processos naturais de maturação ou fermentação (Nora, 2012; Melo, 2013; Fochezatto, 2018).

Tabela 4 – índice de pH em Araçá amarelo, cultivar Ya-cy, tratados e não tratados com radiação UV-C, armazenados a 4°C em diferentes dias de armazenamento.

Tratamento	pH					
	0d		3d		6d	
Trat 1	3,9	± 0,2 Aa	3,9	±0,2 Aa	3,73	±0,03 Aa
Trat 2	3,9	± 0,2 Aa	3,9	±0,4 Aa	3,78	±0,01 Aa
Trat 3	3,9	± 0,2 Aa	4,0	±0,3 Aa	3,8	±0,1 Aa
Trat 4	3,9	± 0,2 Aa	3,7	±0,3 Aa	3,7	±0,1 Aa
Trat 5	3,9	± 0,2 Aa	3,8	±0,2 Aa	3,73	±0,02 Aa

#Médias ± desvio padrão. Trat1= sem tratamento; Trat 2= UVC (20 cm, 4 min); Trat 3= UVC (20 cm, 8 min); Trat 4= UVC (40 cm, 4 min); Trat 5= UVC (40 cm, 8min). Letras minúsculas distintas na mesma linha e letras maiúsculas distintas na mesma coluna indicam diferença pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2024).

A tabela 5 apresenta os valores de sólidos solúveis nos frutos de araçá. Inicialmente, todos os valores tratamentos apresentaram valores de sólidos solúveis semelhantes, porém sem diferenças estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) entre os tratamentos. No entanto, após 3 dias, observou-se um aumento nos valores de sólidos solúveis em todos os tratamentos com UV-C, embora os tratamentos com UV-C tenham mostrados valores de sólidos solúveis ligeiramente mais altos, as diferenças não foram estatisticamente significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) quando comparados os tratamentos. Após 6 dias de armazenamento, todos os tratamentos, apresentaram valores estáveis de sólidos solúveis, mas as variações observadas entre os tratamentos não foram suficientemente significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os tratamentos 2, 3 e 4, quando comparados ao tempo de armazenamento, os valores de sólidos solúveis dos dias 3 e 6 foram estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) do dia 0. Os valores de sólidos solúveis

registrados para o araçá variaram de 8,533 a 10,733 °Brix. Os índices encontrados para esta fruta são coerentes, como já descritos na literatura por Medina *et al.* (2011) e Silva *et al.* (2016). Com o avanço do período e o processo de maturação, estes valores podem aumentar como descritos por Pereira *et al.* (2012) e Crizel *et al.* (2017).

Tabela 5 – Índices de sólidos solúveis em Araçá amarelo, cultivar Ya-cy, tratados e não tratados com radiação UV-C em diferentes dias de armazenamento.

Tratamento	Sólidos solúveis (°Brix)					
	0d		3d		6d	
Trat 1	8,5	±0,7 Aa	8	±2 Aa	10	±2 Aa
Trat 2	8,5	±0,7 Ab	10,6	±0,7 Aa	10,1	±0,7 Aab
Trat 3	8,5	±0,7 Ab	11,5	±0,6 Aa	10,6	±0,6 Aa
Trat 4	8,5	±0,7 Ab	10,5	±0,7 Aa	10,7	±0,7 Aa
Trat 5	8,5	±0,7 Aa	11	±1 Aa	10,1	±0,6 Aa

#Médias ± desvio padrão. Trat1= sem tratamento; Trat 2= UVC (20 cm, 4 min); Trat 3= UVC (20 cm, 8 min); Trat 4= UVC (40 cm, 4 min); Trat 5= UVC (40 cm, 8min). Letras minúsculas distintas na mesma linha e letras maiúsculas distintas na mesma coluna indicam diferença pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2024).

Durante o processo de amadurecimento, as frutas passam por mudanças, incluindo a perda de água pela evaporação, o que resulta em uma perda de massa. Aliás, o processo de respiração aumenta à medida que a fruta amadurece, o que também pode levar a perda de massa (Oliveira *et al.*, 2022). Diante disso, A Tabela 6 apresenta os valores em porcentagem da perda de massa dos diferentes tratamentos de araçá amarelo.

Tabela 6 – Perda de massa em relação ao tempo de armazenamento de Araçá amarelo, cultivar Ya-cy, tratados e não tratados com radiação UV-C, armazenados a 4°C em diferentes dias de armazenamento.

Tratamento	Perda de massa (% de perda de massa)					
	0d	3d		6d		
Trat 1	0	±0 Aa	0,5	±0,3 Aa	1,4	±0,7 Aa
Trat 2	0	±0 Ac	0,7	±0,2 Ab	1,2	±0,2 Aa
Trat 3	0	±0 Ab	0,6	±0,2 Aa	0,9	±0,3 Aa
Trat 4	0	±0 Ac	0,4	±0,2 Ab	1,1	±0,7 Aa
Trat 5	0	±0 Aa	0,7	±0,5 Aa	1,1	±0,6 Aa

#Médias ± desvio padrão. Trat1= sem tratamento; Trat 2= UVC (20 cm, 4 min); Trat 3= UVC (20 cm, 8 min); Trat 4= UVC (40 cm, 4 min); Trat 5= UVC (40 cm, 8min). Letras minúsculas distintas na mesma linha e letras maiúsculas distintas na mesma coluna indicam diferença pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2024).

Todos os tratamentos resultaram em um aumento da perda de massa ao longo do tempo (Tabela 6). Porém, existem diferenças entre os tratamentos, com alguns mostrando aumentos mais acentuados do que outros. Pode-se observar que o tratamento 1 teve a maior perda de massa com 1,4%, sendo que este tratamento não envolveu o uso de radiação UV-C. Os tratamentos 2, 3 e 4 apresentaram diferenças estatisticamente significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) entre os tempos de armazenamento, não tendo um impacto significativo entre os tratamentos. No entanto, estes valores não são significativos e não representam consequências em termos econômicos e de qualidade. Perdas acima de 4%, normalmente são consideradas impactantes qualitativamente e economicamente.

Os resultados de índice de luminosidade (Tabela 7) indicam que a aplicação de UV-C não tem um impacto significativo nos tratamentos dos frutos de araçá amarelo. Apenas o tratamento 4 teve diferenças perceptíveis pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) quando comparado os tempos de armazenamento. A redução nos índices de luminosidade pode estar associada ao início da degradação dos frutos de araçá amarelo.

Tabela 7 – Índice de luminosidade (L*) em Araçá amarelo, cultivar Ya-cy, tratados e não tratados com radiação UV-C, armazenados a 4 °C em diferentes dias de armazenamento.

Tratamento	Índice de luminosidade					
	0d		3d		6d	
Trat 1	69	±1 Aa	67	±3 Aa	67	±2 Aa
Trat 2	69	±1 Aa	67	±3 Aa	65	±2 Aa
Trat 3	69	±1 Aa	66	±3 Aa	66	±3 Aa
Trat 4	69	±1 Aa	67,1	±0,7 Aab	64	±2 Ab
Trat 5	69	±1 Aa	66	±3 Aa	65	±4 Aa

Trat1= sem tratamento; Trat 2= UVC (20 cm, 4 min); Trat 3= UVC (20 cm, 8 min); Trat 4= UVC (40 cm, 4 min); Trat 5= UVC (40 cm, 8min). Letras minúsculas distintas indicam diferença entre os tratamentos e letras maiúsculas distintas indicam diferença entre os dias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: A autoria própria (2024).

Na Tabela 8, mostra a diferença total de cor, representada pela variável ΔE , em relação ao tratamento UV-C no araçá amarelo.

Tabela 8 – Diferença total de cor (ΔE) em Araçá amarelo, cultivar Ya-cy, tratados e não tratados com radiação UV-C, armazenados a 4°C em diferentes dias de armazenamento.

Tratamento	Diferença total de cor (ΔE)					
	0d		3d		6d	
Trat 1	66	±3 Aa	67	±3 Aa	66	±2 Aa
Trat 2	66	±3 Aa	67	±3 Aa	69	±3 Aa
Trat 3	66	±3 Aa	63	±3 Aa	67	±1 Aa
Trat 4	66	±3 Aa	67	±5 Aa	65	±2 Aa
Trat 5	66	±3 Aa	66	±4 Aa	64,2	±0,6 Aa

Trat1= sem tratamento; Trat 2= UVC (20 cm, 4 min); Trat 3= UVC (20 cm, 8 min); Trat 4= UVC (40 cm, 4 min); Trat 5= UVC (40 cm, 8min). Letras minúsculas distintas indicam diferença entre os tratamentos e letras maiúsculas distintas indicam diferença entre os dias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: A autoria própria (2024).

Inicialmente, todos os tratamentos apresentaram valores semelhantes, mas sem diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), e após 3 dias, não houve mudanças significativas nas cores dos frutos. Após 6 dias de armazenamento, embora

tenha havido algumas variações nos valores de diferença total de cor entre os tratamentos, essas variações não foram estatisticamente significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Isso sugere que a irradiação UV-C, nas condições utilizadas, não afeta de maneira substancial a cor dos frutos de araçá amarelo durante o armazenamento.

A cromaticidade é uma medida de cor essencial para garantir a qualidade do araçá amarelo, a intensidade da cor está relacionada com o grau de maturação da fruta. Na Tabela 9, apresenta a cromaticidade do araçá amarelo tratado com UV-C.

Tabela 9 – Índice de cromaticidade em Araçá amarelo, cultivar Ya-cy, tratados e não tratados com radiação UV-C, armazenados a 4°C em diferentes dias de armazenamento.

Tratamento	Índice de cromaticidade					
	0d		3d		6d	
Trat 1	54	±5 Aa	55	±4 Aa	55	±3 Aa
Trat 2	54	±5 Aa	56	±5 Aa	56	±5 Aa
Trat 3	54	±5 Aa	50	±4 Aa	55	±2 Aa
Trat 4	54	±5 Aa	56	±5 Aa	52	±3 Aa
Trat 5	54	±5 Aa	54	±4 Aa	51	±3 Aa

Trat1= sem tratamento; Trat 2= UVC (20 cm, 4 min); Trat 3= UVC (20 cm, 8 min); Trat 4= UVC (40 cm, 4 min); Trat 5= UVC (40 cm, 8min). Letras minúsculas distintas indicam diferença entre os tratamentos e letras maiúsculas distintas indicam diferença entre os dias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2024).

Os resultados indicam que a aplicação de UV-C não tem um impacto nos valores do índice de cromaticidade dos frutos de araçá amarelo durante o armazenamento a 4 °C. no dia 0, todos os tratamentos apresentaram valores semelhantes, mas sem diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), e no terceiro dia, as variações entre os tratamentos não foram estatisticamente significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Após 6 dias de armazenamento. Ocorreram algumas variações nos valores do índice de cromaticidade entre os tratamentos, entretanto essas variações não foram significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Analisando os parâmetros de cor, não é possível confirmar que a radiação UV-C causou escurecimento no araçá amarelo, visto que não tiveram diferenças

significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Isso pode ser devido a variabilidade da amostra. A diminuição de cor pode estar provavelmente associada a tendência de oxidação dos carotenoides totais, uma vez que a ultraestrutura responsável pela estabilidade é comprometida durante a manipulação, processamento e armazenamento. A reação de oxidação ocorre naturalmente quando os carotenos entram em contato com o oxigênio do ar, sob exposição a luz, umidade relativa, presença de enzimas oxidativas e atividade de água (Lima *et al.*, 2001).

Os compostos fenólicos, conhecidos por suas características antioxidantes, exibiram concentrações distintas entre os vários tratamentos (Tabela 10), com a maior concentração observada no tratamento 3 (20 cm, 8 minutos). A justificativa para essa distribuição pode estar relacionada a função dos compostos fenólicos na proteção das plantas. Quando expostas à radiação UV-C, as plantas necessitam de maior proteção antioxidante, o que se reflete em suas concentrações de compostos fenólicos (Menezes, 2024). Os dados do terceiro dia foram excluídos devido a erros ocorridos no dia da análise.

Tabela 10 – Compostos fenólicos totais em Araçá amarelo, cultivar Ya-cy, tratados e não tratados com radiação UV-C, armazenados a 4°C em diferentes dias de armazenamento.

Tratamento	Fenólicos totais (mg AGE 100g ⁻¹)			
	0d		6d	
Trat 1	65	±18 Aa	61	±3 Ca
Trat 2	65	±18 Aa	67	±9 Ca
Trat 3	65	±18 Ab	130	±10 Aa
Trat 4	65	±18 Aa	96	±14 Ba
Trat 5	65	±18 Ab	77,7	±0,8 BCa

#Médias ± desvio padrão. Trat1= sem tratamento; Trat 2= UVC (20 cm, 4 min); Trat 3= UVC (20 cm, 8 min); Trat 4= UVC (40 cm, 4 min); Trat 5= UVC (40 cm, 8min). Letras minúsculas distintas na mesma coluna e letras maiúsculas distintas na mesma linha indicam diferença pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2024).

Os níveis de compostos fenólicos presentes no araçá amarelo apresentaram um pequeno aumento observado nos tratamentos com UV-C (Tabela 10). De acordo com Filho e Borges (2020), a aplicação de radiação UV-C resulta em um aumento na habilidade do tecido irradiado de sintetizar fitoquímicos antioxidantes, induzindo a um aumento nos compostos fenólicos. Isso ocorre porque a radiação UV-C é uma forma de estresse abiótico que pode afetar o DNA, as proteínas e as células das plantas,

afetando o desenvolvimento, a morfologia e a fotossíntese. Para contrabalancear esses efeitos prejudiciais, as plantas usam seus mecanismos de defesa, principalmente a produção de metabólitos secundários, entre os quais se destacam os compostos fenólicos, que tem grande capacidade de absorver a radiação UV-C, reduzindo a penetração da radiação incidente ou atuando como eliminadores de espécies reativas de oxigênio.

Durante o processo de maturação dos frutos climatéricos, como tomates, bananas, mangas e goiabas, observa-se uma redução nos compostos fenólicos (Cabia *et al.*, 2011). Esse fenômeno, está presente no tratamento 1, sem radiação UV-C, podendo ser explicado pelas mudanças químicas e enzimáticas que ocorrem em certos fenóis à medida que os frutos amadurecem.

Medina *et al.* (2011) registraram valores mais altos para a polpa de araçá amarelo (variando entre 402,68 a 528,3 mg AGE 100g⁻¹ de fruto em extrato aquoso). Neri-Numa *et al.* (2012) e Vanin (2015) também relataram valores superiores aos encontrados neste estudo (184,05 e 142,68 mg AGE 100g⁻¹, respectivamente).

6 CONCLUSÃO

A radiação UV-C tem um impacto significativo em algumas propriedades físicas e químicas do arará amarelo. O percentual de podridões aumentou significativamente com o tempo para todos os tratamentos, porém, em menor grau, para o tratamento 3. No sexto dia de análise, o tratamento 3 produziu o menor percentual de podridão entre os tratamentos (25%). Em relação a acidez, houve diferenças entre os tratamentos apenas no dia 3, com redução da acidez no tratamento 3 em relação aos demais. Ao longo dos dias, observou-se variação significativa de acidez apenas para o tratamento 2, com redução do terceiro para o sexto dia de armazenamento. Não houve variação significativa de pH entre dias e tratamentos. Para sólidos solúveis, não houve variação significativa entre tratamentos, mas observou-se um aumento nos sólidos solúveis ao longo dos dias para os tratamentos 2, 3 e 4. Quanto a perda de massa, não houve diferença significativa entre tratamentos para os dias avaliados, sendo a maior perda de massa observada de 1,4%, considerada desprezível do ponto de vista econômico. A luminosidade não apresentou diferença significativa entre tratamentos para os dias avaliados, mas observou-se redução significativa ao longo dos dias apenas para o tratamento 4. Não houve variação significativa na diferença total de cor e cromaticidade entre dias e entre tratamentos. Em relação aos compostos fenólicos, observou-se diferença significativa entre tratamento no sexto dia, com o tratamento 3 apresentando a maior concentração entre os tratamentos. Ao longo dos dias, observou-se aumento significativo de compostos fenólicos apenas para os tratamentos 3 e 5.

A eficácia dos diferentes tratamentos de radiação UV-C varia dependendo da duração e distância da exposição, sugerindo que um balanceamento desses fatores poderia otimizar a qualidade e a preservação dos frutos.

Considerando todos os parâmetros, o tratamento com 20 cm de distância da fonte de radiação UV-C e 8 minutos de exposição, foi mais eficaz na conservação do arará amarelo. Ele mostrou uma diminuição na podridão, menor perda de massa, uma boa estabilidade na acidez titulável e pH, e a maior concentração de compostos fenólicos. Além disso, teve os menores índices de escurecimento entre os tratamentos com UV-C. Assim, esse tratamento parece ser a melhor opção para conservação do arará amarelo.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. de S.; ARAGÃO, C. G.; FERREIRA, S. A. do N. Caracterização física e química dos frutos de araçá-pera (*Psidium acutangulum* D.C.). **Acta Amazonica [online]**. 1993, v. 23, n 2-3. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-43921993233217>. Acesso em: 16 out. 2023.
- ANDRADE, N. C. de. **Produção de doce em pasta de araçá (*Psidium cattleianum*)**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologia) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/15846/1/NCA24092019.pdf>. Acesso em: 9 out. 2023.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 18th ed, 3th Review, Washington: AOAC, 2010.
- BERMÚDEZ-AGUIRRE, D.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Disinfection of selected vegetables under nonthermal treatments: Chlorine, acid citric, ultravioleta light and ozone. **Food Control**. v. 29, 1 ed., p. 82-90. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.05.073>. Acesso em: 14 nov. 2023.
- CABIA, N. C. *et al.* Fenólicos totais, polifenoloxidade e coloração em abacate 'Hass' submetido a radiação UV-C. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500039>. Acesso em: 05 jun. 2024.
- CATI- Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. **Produção Vegetal: Araçá**. 2020. São Paulo. Disponível em: <https://www.cati.sp.gov.br/portal/produtos-e-servicos/publicacoes/acervo-tecnico/araca>. Acesso em: 03 jul. 2024.
- CRIZEL, R.; LEMKE, E.; ARANHA, B. Potencial funcional de polpas de araçá amarelo (*Psidium cattleianum*) e de butiá (*Butia odorata*). **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa - Congrega**, [s. l.], 2017.
- DAMIANI, C. *et al.* Antioxidant potential of *Psidium guinnessis* Sw. Jam during storage. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 42, n. 1. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000100013>. Acesso em: 16 out. 2023.
- EGEA, M. B. *et al.* Comparative analysis of aroma compounds and sensorial features of strawberry and lemon guavas (*Psidium cattleianum* Sabine). **Food Chemistry**. v. 164, p. 272-277. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.028>. Acesso em: 16 out. 2023.
- FALGUERA, V. *et al.* Ultraviolet processing of liquid food: A review: Part 2: Effects on microorganisms and on food componentes and properties. **Food Research International**. v. 44, p. 1580-1588. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.025>. Acesso em: 09 out. 2023.

FAN, X.; HUANG, R.; CHEN, H. Application of ultravioleta C technology for surface decontamination of fresh produce. **Trends in Food Science & Technology**. v. 70, p. 9-19. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.004>. Acesso em: 14 nov. 2023.

FASANELO, M. G *et al.* Pesquisa de *Salmonella sp.* em frutas minimamente processadas comercializadas em Sinop – MT. 2023. **Scientific Eletronic Archives**. Disponível em: <https://doi.org/10.36560/17120241839>. Acesso em: 28 jun. 2024.

FIGUEIREDO, M. J. *et al.* [org.]. VIII ENAG & VIII CITAG 2022: Inovações em ciência e tecnologia de alimentos. *In: OLIVEIRA, V. C. et al. Determinação do estágio de maturação de frutos*. 1 ed. Bananeiras, PB: Agron Food Academy, 2022. p. 675-684. Disponível em: <https://agronfoodacademy.com/determinacao-do-estagio-de-maturacao-de-frutos/>. Acesso em: 20 maio 2024.

FILHO, C. A. B.; BORGES, C. D. Efeitos da radiação UV-C em alface e maçã minimamente processadas: uma revisão. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 23, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.32118>. Acesso em: 13 nov. 2023.

FOCHEZATTO, E. S. **Composição físico-química, nutricional e compostos bioativos do araçá amarelo (*Psidium cattleianum* Sabine)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Nutrição) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

FRANZON, R. C. *et al.* **Araçás do gênero *Psidium*: principais espécies, ocorrência, descrição e usos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2010/31584/1/doc-266.pdf>. Acesso em: 14 out. 2023.

GAYÁN, E.; CONDÓN, S.; ÁLVAREZ, I. Biological Aspects in Food Preservation by Ultraviolet Light: a Review. **Food Bioprocess Technology**. v. 7, p. 1-20. 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-013-1168-7#citeas>. Acesso em: 13 nov. 2023.

GUEDES, A. M. *et al.* Tecnologia de ultravioleta para preservação de alimentos. **B. CEPPA**, v. 27, n. 1, p. 59-70. Curitiba, 2009. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/328053961.pdf>. Acesso em: 17 out. 2023.

Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed, 1 ed. digital. São Paulo, 2008. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf. Acesso em: 20 nov. 2023.

Instituto Brasileiro de Florestas. **Araçá Amarelo**. Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/lista-de-especies-nativas/araca-amarelo>. Acesso em: 03 jul. 2024.

KIM, Y-H. *et al.* Effect of various conditions on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* in fresh-cut lettuce using ultraviolet radiation. **International Journal of Food Microbiology**. v. 166, p. 349-355. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.08.010>. Acesso em: 14 nov. 2023.

KOUTCHMA, T; ORLOWSKA, M. Ultraviolet Light for Processing Fruits and Fruits Products. *In*: RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. N. **Advances in Fruit Processing Technologies**. Imprensa CRC, 2012. p. 1-36. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=EaXo2wLGVjsC&lpg=PP1&hl=pt-BR&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 13 nov. 2023.

LIMA, K. S. C. *et al.* Efeito da irradiação ionizante gama na qualidade pós-colheita de cenouras (*Daucus carota* L.) cv. nantes. **Food Science and Technology**. v. 21, n. 2. 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612001000200015>. Acesso em: 05 jun. 2024.

MEDINA, A. L. *et al.* Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) fruit extracts with antioxidante and antimicrobial activities and antiproliferative effect on human cancer cells. **Food Chemistry Journal**, 4^a ed., p. 916-922, 2011.

MENEZES, J. F. *et al.* Avaliação da composição físico-química e compostos fenólicos das folhas, florete e caule de brócolis. **Simpósio de Alimentos 2024: Sustentabilidade na produção e industrialização de alimentos**. 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Cesar-Tonicioli-Rigueto/publication/379523904_AVALIACAO_DA_COMPOSICAO_FISICO-QUIMICA_E_COMPOSTOS_FENOLICOS_DAS_FOLHAS_FLORETE_E_CAULE_D_E_BROCOLIS/links/660d5e6ef5a5de0a9ff717d6/AVALIACAO-DA-COMPOSICAO-FISICO-QUIMICA-E-COMPOSTOS-FENOLICOS-DAS-FOLHAS-FLORETE-E-CAULE-DE-BROCOLIS.pdf. Acesso em: 20 maio 2024.

NERI-NUMA, I. A. *et al.* Evaluation of the antioxidant, antiproliferative and antimutagenic potential of araçá-boi fruit (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh — Myrtaceae) of the Brazilian Amazon Forest. **Food Research International**, v. 50, 1^a ed., p. 70–76, 2013.

NORA, C. D. **Caracterização, atividade antioxidante “in vivo” e efeito do processamento na estabilidade de compostos bioativos de araçá vermelho e guabiju**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

OLIVEIRA, I. M; PEREIRA, L. A. G; SANTOS, C. S. A ESPECIALIZAÇÃO PRODUTIVA DO NORTE DE MINAS GERAIS: os circuitos espaciais de produção da citricultura. **Geo UERJ**, [S. l.], n. 44, 2024. DOI: 10.12957/geouerj.2024.57769. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/geouerj/article/view/57769>. Acesso em: 4 abr. 2024.

PEREIRA, E. dos S. *et al.* Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine): bioactive compounds, antioxidante activity and pancreatic lipase inhibition. **Ciência Rural**. v. 51, n. 11. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200778>. Acesso em: 17 out. 2023.

PEREIRA, M. C. *et al.* Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 60, n. 12, p. 3061–3067, 2012.

PINTO, E. P. *et al.* Phenolic compounds are dependente on cultivation conditions in face of UV-C radition in ‘Concord’ grape juices (*Vitis labrusca*). **LWT**. v. 154, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112681>. Acesso em: 22 nov. 2023.

RUFINO, M. do S. M. *et al.* Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. **Embrapa – Comunicado Técnico online**. n. 127. Fortaleza, CE: 2007. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/426953/metodologia-cientifica-determinacao-da-atividade-antioxidante-total-em-frutas-pela-captura-do-radical-livre-dpph>. Acesso em: 22 nov. 2023.

SANCHES, A. G. *et al.* Aspectos qualitativos e amadurecimento do araçá amarelo tratado com radiação UV-C. **Nativa**. v. 5, n. 5. 2017. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/4552>. Acesso em: 08 set. 2023.

SILVA, M. C. B. *et al.* Biometria de frutos e sementes, análise química e rendimento de polpa de araçá amarelo (*Psidium cattleianum* Sabine). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v. 18, n. 3, p. 313-323. Campina Grande, 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/70334457-Biometria-de-frutos-e-sementes-analise-quimica-e-rendimento-de-polpa-de-araca-amarelo-psidium-cattleianum-sabine.html>. Acesso em: 20 maio 2024.

SORO, A. B. *et al.* Current challenges in the application of the UV-LED technology for food decontamination. **Trends in Food Science & Technology**. v. 131, p. 262-276. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.12.003>. Acesso em: 12 set. 2023.

SOUZA, J. F. de. **Utilização de luz ultravioleta contínua (UV-C) e luz pulsada para conservação de mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/12f479f7-5393-43e6-b69a-96041bb0d826/content>. Acesso em: 09 out. 2023.

TIECHER, A. **Efeito da radiação UV-C na expressão gênica e nas respostas bioquímico-fisiológicas em frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.)** Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010. Disponível em:

https://repositorio.ufpel.edu.br/bitstream/handle/123456789/1317/Dissertacao_Aline_Tiecher.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 17 out. 2023.

TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ESPÍN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 81, p. 853-876. 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsfa.885>. Acesso em: 14 nov. 2023.

VANIN, C. da R. *et al.* “Yellow Araçá” flour (*Psidium cattleianum* cv. Ya-cy) in cereal bars – nutritional and functional potential. **Food Science and Technology**. Campinas, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/fst.29320>. Acesso em: 17 out. 2023.

VANIN, C. da R. **Araçá amarelo: atividade antioxidante, composição nutricional e aplicação em barra de cereais**. 2015. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1653>. Acesso em: 14 out. 2023.

WILLE, G. M. F. C. *et al.* Desenvolvimento de tecnologia para a fabricação de doce em massa com araçá-pêra (*Psidium acutangulum* D. C.) para o pequeno produtor. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 28, n. 6. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000600019>. Acesso em: 14 out. 2023.