



DAIANA RIBEIRO VILELA

**ESTABILIDADE DE POLPA DE UVAIA (*Eugenia pyriformis*
Cambess) CONGELADA**

**LAVRAS-MG
2020**

DAIANA RIBEIRO VILELA

**ESTABILIDADE DE POLPA DE UVAIA (*Eugenia pyriformis* Cambess)
CONGELADA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas
Orientador

Prof. Dr. Jaime Vilela de Resende
Coorientador

**LAVRAS-MG
2020**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Vilela, Daiana Ribeiro.

Estabilidade de polpa de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess)
congelada / Daiana Ribeiro Vilela. - 2020.

106 p. : il.

Orientador(a): Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.

Coorientador(a): Jaime Vilela de Resende.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Armazenamento prolongado. 2. Compostos bioativos. 3.
Frutas exóticas. I. Vilas Boas, Eduardo Valério de Barros. II. de
Resende, Jaime Vilela. III. Título.

DAIANA RIBEIRO VILELA

ESTABILIDADE DE POLPA DE UVAIA (*Eugenia pyriformis* Cambess) CONGELADA

STABILITY OF FROZEN UVAIA (*Eugenia pyriformis* Cambess) PULP

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 21 de outubro de 2020.

Dr.^a Elisângela Elena Nunes Carvalho UFLA

Dr. Jaime Vilela de Resende UFLA

Dr.^a Brígida Monteiro Vilas Boas IFSULDEMINAS

Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas
Orientador

Prof. Dr. Jaime Vilela de Resende
Coorientador

LAVRAS-MG
2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me iluminar, direcionar, dar forças, paciência e persistência para enfrentar todos os desafios internos e externos durante esse período.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Programa de Pós Graduação e ao Departamento de Ciência dos Alimentos pelo acolhimento e suporte para o desenvolvimento dos experimentos e por todo conhecimento adquirido.

À FAPEMIG, ao CNPq e à CAPES pelo apoio financeiro.

Ao meu orientador, professor Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, por todo o suporte, atenção e confiança durante esse período. Sou extremamente agradecida por ter certeza que não poderia ter feito escolha melhor em minha orientação, você é um exemplo e espelho de pessoa e profissional, obrigada de coração por tudo, és uma pessoa que tenho uma admiração inestimável.

Ao professor, Dr. Jaime Vilela de Resende, pela coorientação, atenção e disponibilidade durante a execução das etapas deste projeto.

Às professoras Dr.^a Elisângela Elena Nunes e Dr.^a Soraia Borges, pelo apoio, paciência, atenção, acolhimento e conselhos em vários momentos.

Aos funcionários e laboratoristas, Creuza, Pamela, Ana Alice, Poliana, Titi e Lidiane pela disponibilidade, atenção e apoio na realização das análises.

Aos amigos e colegas de laboratório, em especial à Mari, Laryane, Elídio, Rafael, Ana Lásara, Laila, Rafa, Bia, Hanna, Nádila, Hugo, Leandro e Cíntia, que muito contribuíram, em sugestões, ideias, e na realização das análises.

Em suma, a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram com realização deste trabalho.

RESUMO GERAL

O Brasil apresenta ampla diversidade em espécies frutíferas nativas, com grande potencial nutricional, sendo a uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) uma dessas frutíferas promissoras, mas pouco explorada no cenário agroindustrial atual, devido à elevada perecibilidade. O processamento surge como alternativa para incentivar o consumo e promover a conservação de polpas de frutas exóticas como a uvaia. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do congelamento sobre a estabilidade de polpa de uvaia durante o armazenamento a longo prazo. Para tal, frutos procedentes de Coqueiral – MG, Brasil, foram selecionados, lavados, sanitizados e congelados até que a quantidade necessária para a realização de todas as análises fosse atingida. Em seguida, os frutos foram descongelados em água corrente, despulpados e homogeneizados e a polpa embalada (50 g) em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade. As polpas foram submetidas a dois métodos de congelamento, ar forçado (AF) e ar estático (AE), e cinco tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses). As seguintes análises foram realizadas: sólidos solúveis, pH, acidez titulável, coloração (L^* , a^* e C^*), carotenoides totais, vitamina C, atividade antioxidante pelos métodos ABTS*, FRAP e complexo fosfomolibdêneo, compostos fenólicos totais, perfil de voláteis e fenólicos e microbiológicas (coliformes totais e termotolerantes, fungos filamentosos e leveduras). Observou-se tendência de redução do pH, aumento na acidez, escurecimento e perda de intensidade na coloração das polpas de uvaia. O teor de sólidos solúveis não foi influenciado pelo tipo de congelamento e manteve-se estável ao longo do armazenamento. A atividade antioxidante, teor de carotenoides e fenólicos totais reduziram ao longo do armazenamento, sendo o congelamento por AF mais eficaz que o AE na retenção dessas variáveis. O teor de vitamina C reduziu ao longo do armazenamento, mas que não foi influenciado pelo método de congelamento. Cinco compostos fenólicos foram identificados na polpa de uvaia, sendo o ácido gálico e clorogênico os mais expressivos. Doze compostos voláteis foram tentativamente identificados, sendo o hexanoato de etila, octanol, mirceno e germacreno D os voláteis majoritários. O fator tempo causou redução de 9 dos 12 compostos voláteis tentativamente identificados, embora de forma menos pronunciada no congelamento por AF. A qualidade microbiológica da polpa foi preservada ao longo do armazenamento, a despeito do método de congelamento. Conclui-se que a polpa de uvaia congelada pode ser considerada um veículo de compostos bioativos, com atividade antioxidante, segura microbiologicamente, mesmo após 12 meses de armazenamento, sendo o congelamento por AF mais efetivo que o por AE.

Palavras-chave: Armazenamento prolongado. Atividade antioxidante. Compostos bioativos. Frutas exóticas.

GENERAL ABSTRACT

Brazil has a wide diversity in native fruit species, with great nutritional potential. Uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) is one of these promising fruits, but little explored in the current agroindustrial scenario, due to its high perishability. Processing appears as an alternative to encourage consumption and promote the conservation of pulps of exotic fruits such as uvaia. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of freezing on the stability of uvaia pulp during long-term storage. For this purpose, fruits from Coqueiral - MG, Brazil, were selected, washed, sanitized and frozen until the necessary amount for the accomplishment of all the analysis was reached. Then, the fruits were unfrozen under water, pulped and homogenized and the pulp was packed (50 g) in low density polyethylene plastic bags. The pulps were frozen under two different methods, forced air (AF) and static air (AE), and stored for 12 months. The following analyses were performed, each three months: soluble solids, pH, titratable acidity, color (L^* , a^* and C^*), total carotenoids, vitamin C, antioxidant activity by ABTS*, FRAP and phosphomolybdic complex methods, total phenolic compounds, profile of volatile and phenolic and microbiological (total and thermotolerant coliforms, filamentous fungi and yeasts). Thus, there was a tendency to reduce pH, increase in acidity, browning and loss of intensity in the color of uvaia pulps. The content of soluble solids was not influenced by the type of freezing and remained stable throughout storage. The antioxidant activity, carotenoid content and total phenolics decreased during storage. Freezing by AF was more effective than AE in maintaining these variables. The vitamin C content decreased during storage, but was not influenced by the freezing method. Five phenolic compounds were identified in the uvaia pulp, with gallic and chlorogenic acid being the most expressive. Twelve volatile compounds were identified, ethyl hexanoate, octanol, myrcene and germacrene D being the major volatiles. The time factor caused a reduction of nine of the twelve volatile compounds identified, although less pronounced in freezing by AF. The microbiological quality of the pulp was preserved during storage, despite the freezing method. So, the frozen uvaia pulp can be considered a vehicle of bioactive compounds, with antioxidant activity, microbiologically safe, even after 12 months of storage, being the AF freezing more effective than AE.

Keywords: Extended storage. Antioxidant activity. Bioactive compounds. Exotic fruits.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

- Figura 1 - Uvaeira..... 16
- Figura 2 - Desenvolvimento fisiológico do fruto: (A) floração da uvaeira, (B) frutificação com frutos imaturos, (C) frutos imaturos e maduros e (D) frutos maduros. . 17
- Figura 3 - Uvaia: (A) frutos e (B) polpa e sementes. 18
- Figura 4 - Fluxograma geral de processamento de polpas. 21

SEGUNDA PARTE

- Figura 1 - Perfil de congelamento em polpas de uvaia. A: Curva de Congelamento por ar forçado (AF); B: Curva de Congelamento por ar estático (AE)..... 95
- Figura 2 - 966
- Figura 3 - Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação para o parâmetros de cor: (A): L*; (B): C* e (C): ângulo Hue (977
- Figura 4 - Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação para 5 carotenoides (A): α -caroteno; (B): β -caroteno; (C): γ -caroteno; (D): ζ -caroteno; (E): licopeno em polpas de uvaia congeladas por ar forçado (AF) e ar estático (AE) e armazenadas por 12 meses. 98
- Figura 5 - Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação para (A): fenólicos totais; (B): vitamina C; (C): AA pelo método FRAP; (D): AA pelo método complexo fosfomolibdênio; (E): AA pelo método ABTS; em polpas de uvaia congeladas por ar forçado (AF) e ar estático (AE) e armazenadas por 12 meses..... 99

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE

Tabela 1 - Contagens de coliformes totais, fungos filamentosos e leveduras em polpas de uvaia congeladas por ar forçado (AF) e ar estático (AE) e armazenadas por 12 meses.....	100
Tabela 2 - Compostos fenólicos detectados por HPLC em polpas de uvaia congeladas por ar forçado (AF) e ar estático (AE) e armazenadas por 12 meses.....	101
Tabela 3 - Compostos voláteis tentativamente identificados em polpas de uvaia congeladas por ar forçado (AF) e ar estático (AE) e armazenadas por 12 meses.	103

LISTA DE SIGLAS

PRIMEIRA PARTE

AA	Atividade antioxidante
AE	Ar estático
AF	Ar forçado
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
POD	Peroxidases
PPO	Polifenoloxidasas
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

AA	Atividade antioxidante
ABTS	2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)
AE	Ar estático
AF	Ar forçado
ANOVA	Análise de variância
AOAC	Do inglês <i>Association of Official Analytical Chemists</i>
AT	Acidez titulável
a_w	Atividade de água
CAR	Carboxen
DAD	Detector de arranjo de diodos
DIC	Delineamento inteiramente casualizado
DNPH	2,4-dinitrofenil-hidrazina
DRBC	Dicloran Rosa Bengala Cloranfenicol
DVB	Divinilbenzeno
FRAP	Do inglês <i>Ferric Reducing Antioxidant Power</i>
FT	Fenólicos totais
GC-MS	Cromatografia gasosa com espectrômetro de massa
HPLC	Do inglês <i>High Performance Liquid Chromatography</i>

ICMS	Comissão Internacional de Especificações Microbiológicas para Alimentos
IDR	Ingestão diária recomendada
NMP	Número mais provável
P.A	Para análise
PAL	Fenilalanina amônioliase
PDMS	Polidimetilsiloxano
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PFO	Polifenoloxidasas
POD	Peroxidasas
PR	Paraná
RS	Rio Grande do Sul
SP	São Paulo
SPME	Do inglês <i>Solid Phase Micro-Extraction</i>
SS	Sólidos solúveis
UFC	Unidade Formadora de Colônias
UV	Radiação ultravioleta

LISTA DE SÍMBOLOS

PRIMEIRA PARTE

Ca	Cálcio
K	Potássio
P	Fósforo
Mg	Magnésio
L*	Luminosidade
a*	Coordenada vermelho/verde
b*	Coordenada amarelo/azul
h°	Ângulo hue
C*	Grau de concentração ou pureza da cor

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

L*	Luminosidade
h°	Ângulo hue
C*	Grau de concentração ou pureza da cor
He	Hélio

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	13
1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Aspectos gerais da uvaieira	15
2.2	Características da uvaia	17
2.3	Polpa de frutas	19
2.3.1	Processamento de polpa de frutas	20
2.4	Congelamento	23
2.4.1	Ar forçado (AF)	25
2.4.2	Ar estático (AE)	26
2.5	Efeitos dos métodos de congelamento e armazenamento na qualidade de frutos e polpas	26
2.5.1	pH, acidez titulável e sólidos solúveis	27
2.5.2	Coloração	28
2.5.3	Compostos bioativos	30
2.5.3.1	Capacidade antioxidante	30
2.5.3.2	Vitamina C	32
2.5.3.3	Carotenoides	33
2.5.3.4	Compostos fenólicos	35
2.5.4	Compostos voláteis	36
2.5.5	Características microbiológicas	38
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
	SEGUNDA PARTE – ARTIGO	62
	ARTIGO 1- Estabilidade de polpa de uvaia (<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess) submetida ao congelamento por ar estático e forçado	62

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

As frutas são fundamentais na dieta dos seres humanos, pois são fontes de energia, vitaminas, fibras, minerais e compostos bioativos que, pela ação antioxidante, contribuem para a redução do risco de desenvolvimento de diversas doenças crônicas e degenerativas.

O Brasil se destaca pela sua rica biodiversidade, repleta de espécies frutíferas, cujos frutos, considerados exóticos pela sua excentricidade, despertam o interesse, tendo em vista seu potencial sensorial, nutricional e funcional, ainda pouco explorado. Dentre as frutas exóticas brasileiras, destaca-se a uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess), que exibe coloração amarela ou alaranjada, polpa macia, carnosa com sabor agridoce e aroma peculiar.

A disponibilidade de frutas exóticas, como a uvaia, para comercialização, ainda é pouco expressiva, principalmente devido à sazonalidade e alta perecibilidade. Logo, é fundamental avaliar-se a aplicação de técnicas de conservação como o congelamento, com o intuito de prolongar a vida útil da fruta, possibilitar o consumo fora da região de produção, além do período de safra, e servir como matéria-prima em indústrias de alimentos, cosméticos e fármacos.

O congelamento é um método de conservação eficaz na preservação de alimentos perecíveis a longo prazo. Neste método, a temperatura é reduzida abaixo de 0°C alterando o estado físico da água, pela formação de cristais de gelo. Sendo assim, tem-se uma redução na atividade de água e na velocidade das reações enzimáticas e oxidativas, e com isso, as condições são desfavoráveis ao crescimento de microrganismos deteriorantes, aumentando a vida útil e a segurança microbiológica do produto.

O tipo de congelamento reflete diretamente no tamanho, na forma dos cristais de gelo e na qualidade final do produto congelado. O congelamento por ar estático é o mais convencional, sendo realizado em freezer, no qual a temperatura é progressivamente reduzida até o congelamento total. Com isso, tem-se a formação de grandes cristais de gelo que podem impactar negativamente no aspecto sensorial e gerar perdas nutricionais durante o armazenamento posterior. Em contrapartida, no congelamento por ar forçado, a corrente de ar que circula geralmente em câmaras, resulta em um processo de congelamento mais rápido e eficiente, formando cristais de gelo menores, com melhor preservação da consistência e aparência da polpa.

Diversos estudos já foram realizados caracterizando polpas de frutas, recém processadas

ou congeladas, mas apenas um com uvaia (SGANZERLA *et al.*, 2018). No entanto, poucos estudos abordaram a aplicação de tecnologias de conservação pós-colheita sob armazenamento prolongado de frutos (BEHSNILIAN; MAYER-MIEBACH, 2017; GONÇALVES *et al.*, 2017; MONTEIRO *et al.*, 2017; TAN *et al.*, 2020), ressaltando-se que nenhum envolveu a uvaia. Nesse sentido, este trabalho é pioneiro, ao avaliar a eficácia de dois tipos de congelamento na manutenção da qualidade de polpas de uvaia armazenada por 12 meses, com base em análises físicas, químicas e microbiológicas. Estudos como este são fundamentais para determinar técnicas de conservação eficientes e tempos de armazenamento que preservem a integridade do produto, em termos nutricionais, sensoriais e de segurança. Tais resultados podem ser utilizados por produtores como incentivo a plantação de espécies exóticas, no manuseio e conservação de seus frutos e por indústrias de ingredientes de diferentes segmentos, a fim de disponibilizar matérias-primas diversificadas além do período de safra. Considerando-se o exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade de polpa de uvaia submetida a duas formas de congelamento (ar estático e ar forçado) durante 12 meses de armazenamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

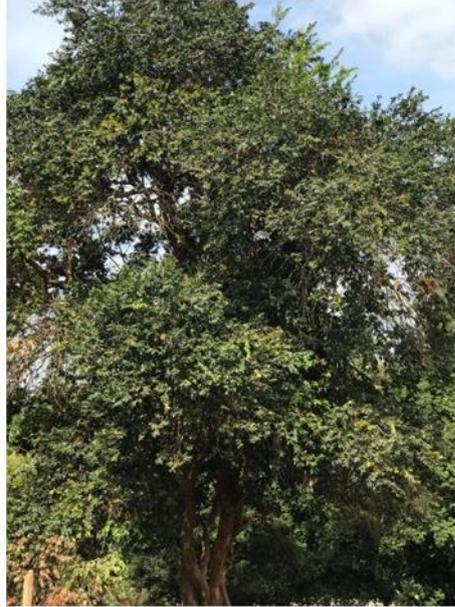
2.1 Aspectos gerais da uvaeira

A flora brasileira, é um patrimônio inestimável e fundamental para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas e naturais, apresenta uma rica biodiversidade. Atualmente, observa-se um aumento da procura do consumidor por frutas nativas no mercado, em especial pelas frutas nativas brasileiras, devido ao seu sabor exótico e agradável, o que impulsiona os setores industriais (DA SILVA *et al.*, 2019; DONADO-PESTANA *et al.*, 2018). Assim, a exploração sustentável de espécies frutíferas nativas de diversos biomas brasileiros se apresenta como alternativa para o melhor aproveitamento da propriedade rural, com geração de renda para os agricultores.

Muitas dessas espécies frutíferas nativas ainda permanecem inexploradas e negligenciadas como potenciais fontes de alimentos, apesar de seu alto potencial nutricional e econômico (SCHIASI *et al.*, 2018), sendo de interesse para a agroindústria e uma possível futura fonte de renda para a população local (BRANCO *et al.*, 2016). Dentre elas, destaca-se a uvaeira (*Eugenia pyriformis*) (FIGURA 1), que é nativa dos biomas Cerrado e Mata Atlântica brasileira (LOPES *et al.*, 2018). Ela é encontrada, principalmente, em estados do Sul e Sudeste do Brasil, bem como no Paraguai e Argentina (RAMOS *et al.*, 2017). A espécie *Eugenia pyriformis* pertence à família Myrtaceae, uma das mais representativas no Brasil (FARIAS *et al.*, 2020; SGANZERLA *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2018).

A uvaeira, além de ser uma árvore frutífera, pode ser utilizada também em projetos paisagísticos e para recomposição de florestas nativas (VIÇOSI *et al.*, 2019). A planta atinge até 15 metros de altura (KLEIN *et al.*, 2018), apresenta flores brancas e hermafroditas, que florescem entre os meses de agosto e setembro. O fruto da uvaeira é conhecido como uvaia, cuja maturação ocorre entre setembro e novembro (SGANZERLA *et al.*, 2018). As folhas apresentam características planas e piriformes (DA SILVA *et al.*, 2019).

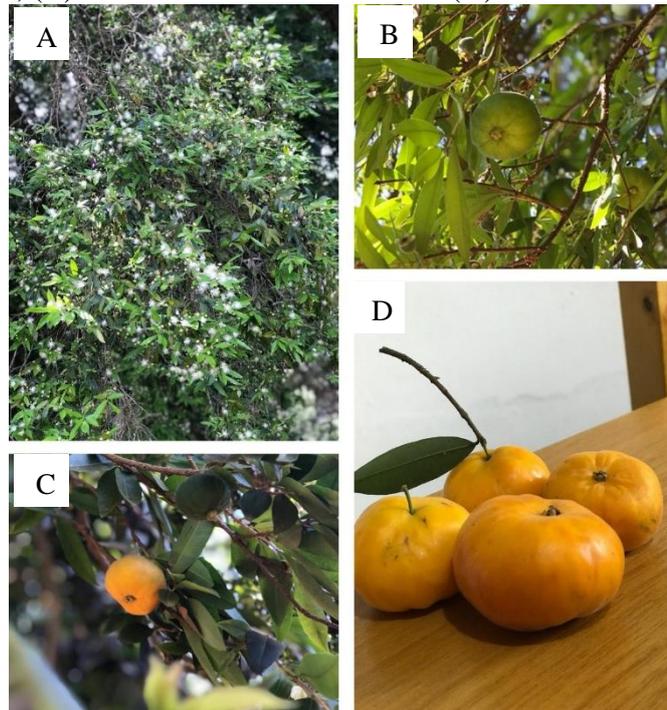
Figura 1 - Uvaeira.



Fonte: Do autor (2020).

O momento ideal para colheita dos frutos deve ser fundamentado nas modificações envolvidas com a coloração da casca, visto que varia do verde, quando imaturos (impróprios para o consumo), ao amarelo-alaranjado (estádio maduro - aptos para consumo). Quando os frutos atingem seu total amadurecimento, soltam-se e caem da planta, podendo ocasionar danos e prejuízo à aparência. O desenvolvimento fisiológico da uvaia é apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Desenvolvimento fisiológico do fruto: (A) floração da uvaeira, (B) frutificação com frutos imaturos, (C) frutos imaturos e maduros e (D) frutos maduros.



Fonte: Do autor (2020).

2.2 Características da uvaia

O nome uvaia tem sua origem na língua indígena tupi (iwa'ya) e significa “fruto ácido”, sendo também conhecida como uvalha, uvaia-do-mato, uvalheira, ubaia do campo e pitombo (KRUMREICH *et al.*, 2016).

Os frutos da uvaia (FIGURA 3) possuem sabor agradável, adocicado, acidulado (SGANZERLA *et al.*, 2018) e aroma exótico. São carnosos, com casca fina ligeiramente aveludada (SGANZERLA *et al.*, 2018), de 1,4 a 4 cm de comprimento e até 3 cm de diâmetro (RAMOS *et al.*, 2017), com formato podendo variar de ovóide a piriforme e com uma a quatro sementes (COSTA *et al.*, 2017). A coloração é amarela ou alaranjada e a textura varia de macia a firme (SILVA *et al.*, 2018). Apresenta fragilidade quanto ao amassamento, oxidação e ressecamento. Em razão dessas características, a uvaia é pouco comercializada em grande escala (GIAROLA; PEREIRA; RESENDE, 2015; JACOMINO *et al.*, 2018).

Figura 3 - Uvaia: (A) frutos e (B) polpa e sementes.



Fonte: Do autor (2020).

A uvaia possui uma curta vida útil pós-colheita, devido a sua estrutura frágil e alta taxa respiratória, sendo necessário para a preservação da sua qualidade, o uso de técnicas de processamento adequadas para prolongar o seu período de conservação (KRUMREICH *et al.*, 2016). Assim, uma das formas de aproveitamento de polpas de uvaia é por meio da fabricação de sucos, geleias, doces, sorvetes, entre outros (DA SILVA *et al.*, 2018).

Sganzerla *et al.* (2018) reportaram que a uvaia é composta por grande quantidade de água (93,29%), o que reflete em uma fruta altamente perecível, evidenciando assim a importância do processamento e congelamento da polpa dessa fruta. Valores próximos foram encontrados por Krumreich *et al.* (2016), sendo 94,6%.

Dados de caracterização da uvaia relatados por Silva *et al.* (2014a) mostram que esta fruta apresenta composição rica em minerais Ca (75,97 mg.kg⁻¹), K (991,45 mg.kg⁻¹), P (108,47 mg.kg⁻¹) e Mg (56,53 mg.kg⁻¹). Esses mesmos autores também avaliaram as características físico-químicas, entre eles o pH (3,06), acidez titulável (1,63 g ácido cítrico.100g⁻¹) e sólidos solúveis (7,75%). Sganzerla *et al.* (2018) avaliaram umidade (93,29 g.100g⁻¹), cinzas (0,44 g.100g⁻¹), lipídeos (0,38 g.100g⁻¹), proteínas (1,69 g.100g⁻¹), carboidratos (4,20 g.100g⁻¹) e calorías (27,00 kcal.100g⁻¹) da uvaia, enquanto Rufino *et al.* (2009) avaliaram os teores de amido (0,35%) e pectina (0,37%) e Da Silva *et al.* (2019) analisaram os teores de açúcares (11,62-20,18%) e fibras (31,86-44,10%). Pereira *et al.* (2012) relataram que o teor de acidez titulável (1,17% de ácido cítrico) da uvaia é maior que o de outras frutas da mesma família (Myrtaceae), tais como a goiaba amarela (0,88% de ácido cítrico) e gabioba (0,34% de ácido cítrico).

A uvaia apresenta excelente valor nutricional, sendo fonte de vitamina C, apresenta alto conteúdo de metabólitos secundários com atividade biológica, como carotenoides, flavonoides, e compostos fenólicos (FARIAS *et al.*, 2020), sendo o ácido gálico predominante no fruto (RAMIREZ *et al.*, 2012). Em relação ao teor de antocianinas, possui um baixo teor quando comparado ao de outros frutos, como jabuticaba e grumixama (HAMINIUK *et al.*, 2011).

Alto teor de carotenoides totais pode ser encontrado na uvaia, dos quais se destacam a luteína (33,8%) e o β -caroteno (21%), na qual agem como antioxidantes interagindo com radicais livres. O fruto ainda contém ácido ascórbico (vitamina C), sendo variável entre os acessos, uma vez que podem ser encontrados teores variando de 1,37 mg 100 g⁻¹ f.w. (cultivar Rugosa) até 64,82 mg 100 g⁻¹ f.w. (cultivar Doce de Patos de Minas) (DA SILVA *et al.*, 2019).

Alguns estudos *in vitro* relataram alta atividade antioxidante da uvaia quando comparada a outros frutos, como o açaí, fruto popularmente conhecido por ser uma fonte de antioxidantes naturais (HAMINIUK *et al.*, 2011; PEREIRA *et al.*, 2012). O conhecimento da composição química, físico-química e nutricional dos frutos é fundamental para se determinar o seu potencial uso, visando sua comercialização *in natura* ou na forma processada (SGANZERLA *et al.*, 2019). Os frutos nativos representam uma oportunidade para os produtores locais, visto que podem vendê-los, ou até mesmo utilizá-los como matéria-prima na elaboração de produtos como sorvetes, geleias e doces (SGANZERLA *et al.*, 2018). Com efeito, o processamento é uma alternativa viável, visto que os frutos nativos apresentam, normalmente, uma vida útil extremamente curta, quando maduros, gerando grandes perdas desde a colheita até o consumo, além do pequeno período de produção.

Assim, pesquisas que estudam técnicas de conservação pós colheita são de extrema necessidade, a fim de possibilitar a comercialização de frutas com segurança e qualidade, garantindo aos consumidores a disponibilidade de frutas exóticas de alto valor nutritivo, ao longo do ano.

2.3 Polpa de frutas

Polpa de fruta é definida no art. 19 do Decreto n° 6.871 de 4 de junho de 2009, por meio dos Padrões de Identidade e Qualidade de polpa de fruta (Instrução Normativa n° 37, de 1° de outubro de 2018) (BRASIL, 2018), como produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtido de fruta polposa, por processo tecnológico adequado, atendido o teor mínimo de sólidos totais em suspensão.

O valor nutricional, o apelo pelo aspecto sensorial e o potencial funcional, e a conveniência são fatores de grande influência para os consumidores no momento da compra de polpas. Os três primeiros fatores se associam com a composição química da polpa, enquanto a conveniência relaciona-se com a praticidade de preparo, volume embalado adequado à capacidade de consumo, bem como a facilidade de estocagem. O consumo de polpas congeladas de frutas vem ganhando cada vez mais destaque no mercado. Assim, o segmento do mercado alimentício que envolve polpa de frutas pode ser considerado como mais um nicho mercantilista, que oferece matéria-prima de fácil utilização para elaboração de diversos produtos, dentre eles, iogurtes, geleias, sucos, compotas, sorvetes, entre outros (OLIVEIRA; FEITOSA; SOUZA, 2018).

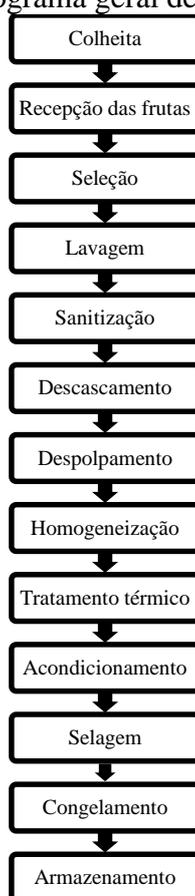
A conservação da polpa de fruta ocorre por meio do congelamento, configurando-se numa alternativa de consumo de frutas sazonais, como também viabiliza o consumo de frutas pouco divulgadas, principalmente as que são originárias do Nordeste, tanto para os mercados nacionais quanto internacionais, até mesmo no período de entressafra de produção (SGANZERLA *et al.*, 2019).

2.3.1 Processamento de polpa de frutas

O processamento tem a função de agregar valor econômico à fruta, além de contribuir para evitar desperdícios e reduzir possíveis perdas que podem acontecer no período de comercialização do produto *in natura*, visto que são altamente perecíveis e podem deteriorar com facilidade. Logo, o processamento e congelamento favorece o aproveitamento integral das frutas (SANTOS; SANTOS; AZEVEDO, 2014).

As polpas devem ser preparadas a partir de frutas limpas, sadias, isentas de parasitas e de detritos vegetais ou animais, não devem conter fragmentos de partes da fruta que não são comestíveis e nem de substâncias diferentes da sua composição normal (GADELHA *et al.*, 2009). Assim sendo, para o processamento de frutas, as seguintes etapas (FIGURA 4) devem ser seguidas:

Figura 4 - Fluxograma geral de processamento de polpas.



Fonte: Adaptado de Oliveira, Feitosa e Souza (2018).

Uma polpa de fruta de alta qualidade para ser obtida, alguns cuidados devem ser assumidos, iniciando-se com os tratamentos culturais e continuando com a colheita, transporte, armazenamento e processamento da fruta (SEBASTIANY; REGO; VITAL, 2010).

As frutas podem ser recebidas em caixas ou sacos, sempre limpas, sanitizadas e em bom estado de conservação, ou mesmo a granel. Devem ser pesadas, e também deve-se realizar as primeiras anotações sobre o estado de conservação e apresentação das frutas (TORREZAN, 2020).

Após a recepção das frutas, elas devem ser selecionadas manualmente em mesas de seleção ou mesmo esteiras, onde as impróprias (frutas estragadas, atacadas por insetos e fungos), maduras demais ou verdes, devem ser separadas, como também pedaços de folhas, caules, pedras ou qualquer outro produto estranho (KOPF, 2008; TORREZAN, 2020).

Em seguida, as frutas são selecionadas de acordo com o grau de maturação, coloração, rendimento (peso) e tamanho, visando-se a qualidade sensorial e nutricional adequada, responsável pela sua aceitação definitiva no mercado (SCALON; DELL'OLIO; FORNASIERI, 2004).

A etapa de lavagem é fundamental, uma vez que se realizada de modo inadequado, pode permitir a incorporação, na polpa, de contaminantes presentes na superfície da fruta, durante o descascamento e despulpamento (SEBASTIANY; REGO; VITAL, 2010). As frutas podem ser lavadas utilizando o método de imersão, aspersão ou agitação em água.

Em seguida à lavagem, realiza-se a sanitização, com o objetivo de reduzir a carga microbiana (KOPF, 2008). Para polpa de uvaia, Zillo *et al.* (2014) realizou a sanitização da fruta por meio de imersão dos frutos em solução de água clorada (Dicloro S-Triazinatriona Sódica Dihidratada - 200 ppm) por 15 minutos.

O descascamento (retirada da casca, extremidades e partes danificadas, pode ser realizado manualmente ou mecanicamente, de acordo com o tipo da fruta) é uma etapa crítica, na qual não se deve dispensar os cuidados com a higienização.

Após descascar as frutas, deve-se realizar o despulpamento imediatamente, objetivando reduzir o tempo de exposição das partes desintegradas (SEBASTIANY; REGO; VITAL, 2010). Essa etapa tem como objetivo separar a polpa do material fibroso, casca, semente e caroços e pode ser realizada utilizando despulpadeiras. O tipo de corte e despulpamento varia de acordo com o tipo de fruta.

Dependendo do tipo de fruta, o despulpamento deve ser precedido da homogeneização e trituração de todo o conteúdo de polpa, que pode ser realizado utilizando desintegrador ou liquidificador industrial. Essa etapa é muito importante pois objetiva obter um produto homogêneo ao final.

Em seguida, pode ser aplicado o tratamento térmico (pasteurização), sendo um método de conservação muito importante, visto que objetiva prolongar a vida útil do produto, por meio da inativação de enzimas deteriorantes e redução da carga microbiana (BRANCO *et al.*, 2016; CASTILLEJO *et al.*, 2017).

Apesar da pasteurização promover uma estabilização microbiana nas polpas, podem ocorrer alterações indesejáveis ao produto, tais como a degradação de compostos nutricionais, fitoquímicos e sensoriais, por isso o tratamento térmico deve ser aplicado de forma cautelosa, buscando otimizar o binômio tempo/temperatura de pasteurização, visando evitar esses danos ao produto (BRANCO *et al.*, 2016; CASTILLEJO *et al.*, 2017; RIBEIRO *et al.*, 2015).

O pH é o fator determinante da intensidade do tratamento a ser aplicado, objetiva garantir a esterilidade comercial do produto embalado. Dentre as frutas existentes, a maioria são ácidas, ou podem ser acidificadas e assim o tratamento térmico empregado pode ser brando (abaixo de 100°C, pasteurização) (KOPF, 2008).

De acordo com Miranda *et al.* (2012), há uma demanda por produtos processados com características semelhantes aos alimentos *in natura*, fazendo com que formas adequadas de acondicionamento também seja requerido. As polpas extraídas podem ser acondicionadas e comercializadas em embalagens tetra pak, baldes ou tambores de plástico, ou flexíveis (filmes plásticos ou recipientes de polietileno ou polipropileno) com capacidade variáveis (0,1 L, 1 L, 20 L ou 200 L). A embalagem influencia na vida útil do produto, assim, deve proporcionar proteção contra oxidação, luz e contaminações (BRUNINI; DURIGAN; OLIVEIRA, 2002).

A interação do produto com a embalagem pode ocasionar mudanças nos atributos sensoriais e resultar em sabores desagradáveis (MAIA *et al.*, 2007). O tipo de embalagem utilizada influencia na conservação do produto, assim sendo, deve-se utilizar uma embalagem adequada, a fim de manter a qualidade, segurança e atuar como barreira contra fatores responsáveis pela deterioração química (PAVLOVSKA; TANEVSKA, 2012).

As condições de armazenamento tais como embalagem, umidade relativa, temperatura e tempo de estocagem, determinam a velocidade das alterações dos componentes do produto, como mudança na textura, variações na coloração, na atividade de água, na acidez e no pH, alterando desse modo, a qualidade do produto final e afetando a sua estabilidade (BATTEY; DUFFY; SCHAFFNER, 2002).

Após o envase, as embalagens são fechadas a quente, com o auxílio de seladora manual e posteriormente são encaminhadas para a etapa de congelamento. O congelamento deve ser realizado o mais rápido possível, pois a velocidade de congelamento influencia as características do produto final (COLLA; PRENTICE-HERNÁNDEZ, 2003).

Para o congelamento, podem ser utilizadas câmaras frigoríficas ou freezers domésticos. Segundo Matta *et al.* (2005), o congelamento é um dos métodos mais indicados para armazenar um produto, uma vez que preserva o seu valor nutritivo e sensorial, com mínimas transformações, além de outros fatores responsáveis pela qualidade do produto.

2.4 Congelamento

A cadeia do frio é composta pela etapa de armazenamento, conservação, distribuição, transporte e manipulação dos produtos, com o controle da baixa temperatura e uma falha nessa cadeia pode ocasionar perda de qualidade dos produtos (CARLESSO; ROBAZZA; GALVÃO, 2016).

Assim, o congelamento consiste em reduzir a temperatura de um alimento abaixo do seu ponto de congelamento, ocasionando mudança de estado físico da água, com consequente

formação de cristais de gelo. A transformação da água em gelo e a concentração dos solutos dissolvidos na água não congelada diminuem a atividade de água do alimento. Assim, a preservação do alimento pode ser obtida através desta redução da atividade de água, além da combinação de baixas temperaturas e aplicação em alguns alimentos de pré-tratamentos tal como a pasteurização (FELLOWS, 2019).

No alimento o que congela é a água, chamada de água livre, no entanto, a outra porção denominada água ligada, encontra-se combinada a diversos solutos (GAVA; SILVA; FRIAS; 2009; GONÇALVES; 2017). Em um produto, antes que um cristal de gelo comece a ser formado, deve estar presente um núcleo de moléculas de água. As elevadas taxas de transferência de calor geram alta quantidade de núcleos e, como as moléculas migram para um núcleo que já existe, em vez de formar novos núcleos, o congelamento rápido produz quantidade elevada de pequenos cristais de gelo (FELLOWS, 2019).

Para a conservação dos alimentos, o método de congelamento é um dos mais utilizados (CARVALHO *et al.*, 2011), visa aumentar a vida de prateleira (MACHADO; MONTEIRO; TIECHER, 2019), no entanto pode ocasionar alterações indesejáveis nos aspectos sensoriais e nutricionais do produto (CARDOSO; PINHEIRO-SANT'ANA, 2015; RAWSON *et al.*, 2011).

Assim, o tipo de congelamento, o tamanho e a forma dos cristais de gelo, refletem de maneira direta na qualidade final do produto congelado (FELLOWS, 2019). O tempo efetivo de congelamento é determinado como o tempo total necessário para reduzir a temperatura de um produto desde um valor de temperatura inicial até uma determinada temperatura abaixo do ponto de congelamento. O tempo gasto geralmente é medido no centro térmico, onde a mudança de temperatura é mais lenta (KUMAR; KUMAR; KUMAR, 2018).

Dessa maneira, o congelamento pode ser realizado de forma rápida ou lenta. O congelamento lento, é um método barato, porém necessita de mais tempo para atingir a temperatura desejada, influenciando na qualidade do produto. Durante este tipo de congelamento, são formados grandes cristais de gelo que crescem nos espaços intercelulares, deformando e rompendo a parede celular das células adjacentes. Os cristais de gelo possuem uma pressão de vapor de água menor do que as regiões internas das células. Assim, a água se movimenta de dentro da célula para os cristais em formação. Dessa forma, as células desidratam e são afetadas por um dano permanente, isso devido ao aumento da concentração de solutos, deformação e colapso da estrutura celular. Durante o descongelamento, as células não reconstituem sua forma e turbidez, conseqüentemente o alimento amolece e ocorre perda de nutrientes e suculência (FELLOWS, 2019).

No entanto, durante o congelamento rápido, ocorre uma redução brusca da temperatura e, em geral, esse processo se completa em alguns minutos, com formação de cristais de gelo menores, nos espaços intercelulares e extracelulares. Nas células, os danos físicos são pequenos, não sendo formados gradientes de pressão de vapor de água. Portanto, a desidratação das células é mínima, assim, a textura do alimento é melhor preservada, dando origem a produtos de maior qualidade. Todavia, uma taxa de congelamento muito alta pode causar estresse em alguns alimentos, podendo ocasionar rompimento ou rachadura dos tecidos (FELLOWS, 2019).

Vários estudos tem sido desenvolvidos buscando avaliar os métodos de congelamento. Soares *et al.* (2015) avaliaram as características físico-químicas de polpa de coco verde submetida ao congelamento lento e rápido, durante 90 dias de armazenamento e observaram que houve estabilidade nos parâmetros avaliados durante o tempo de armazenamento, e que o congelamento rápido apresentou qualidade superior. Gonçalves *et al.* (2010), analisaram a qualidade do pequi submetido ao cozimento após congelamento por diferentes métodos e tempos de armazenamento, e observaram que o fruto sofreu alterações em suas características após congelamento e armazenamento congelado, sendo que quanto maior o tempo de armazenamento, maiores foram as alterações detectadas.

Dentre os variados tipos de congelamento, destacam-se os por ar forçado e estático, descritos a seguir.

2.4.1 Ar forçado (AF)

O método de congelamento por ar forçado é uma alternativa eficiente para remover a carga térmica de frutas e hortaliças, no qual se utiliza temperaturas baixas como elemento de resfriamento. No freezer é recomendado que o produto permaneça até que a temperatura no seu centro térmico seja reduzida ao desejado, e em seguida deve ser levado para a câmara de estocagem objetivando a manutenção dessa condição até a comercialização (BARBIN; NEVES FILHO; SILVEIRA JUNIOR, 2009).

Em sistemas de ar forçado o tempo de congelamento é dependente da taxa de fluxo de ar e da carga térmica do produto, o que influencia na quantidade de energia necessária para mover o ar ao redor do produto e dentro do sistema. A taxa de remoção de calor do sistema é um dos fatores que determinam a taxa de crescimento dos cristais e é maior em congelamentos mais rápidos (BEZERRA; FERNANDES; RESENDE, 2015).

O fluxo de ar pode oscilar de acordo com a velocidade e quantidade de ar que flui através dos produtos, conseqüentemente a sua variação resulta em um tempo de congelamento maior

ou menor (KUMAR; KUMAR; KUMAR, 2018). Alguns fatores influenciam a taxa de resfriamento/congelamento por ar forçado, dentre eles, a diferença de temperatura entre o fluxo de ar e o material a ser congelado, velocidade do ar de resfriamento, área de superfície de contato, orientação da montagem e empilhamento do produto a ser resfriado no interior do túnel de congelamento (KUMAR; KUMAR; KUMAR, 2018). Cortbaoui *et al.* (2006) relataram que o direcionamento correto do fluxo de ar dentro do equipamento e ao redor do produto podem reduzir os tempos de processamento.

No freezer é recomendado que a velocidade do ar que passa sobre o produto seja a mesma, desta forma, todos os produtos podem ser congelados de maneira uniforme (KUMAR; KUMAR; KUMAR, 2018).

Neste método, o ar frio que circula a grandes velocidades, permite o congelamento de forma mais rápida e assim, os cristais de gelo formados são menores e mais uniformes, e, com isso, menores danos são gerados aos produtos (ANDERSON *et al.*, 2004; VASCONCELOS; MELO FILHO, 2010).

2.4.2 Ar estático (AE)

O congelamento por ar estático é um método simples, porém é considerado menos eficiente que o congelamento por ar forçado, pois a transferência de calor ocorre por meio da convecção natural (FELLOWS, 2019; VASCONCELOS; MELO FILHO, 2010).

Um exemplo desse método é o tipo encontrado nos congeladores domésticos (*freezer*), onde o tempo de congelamento pode levar várias horas. O tempo necessário para se obter o congelamento irá depender de alguns fatores, dentre eles, a temperatura da câmara, qualidade do alimento, temperatura inicial do alimento ao entrar na câmara, tipo da forma e tamanho do produto a congelar (VASCONCELOS; MELO FILHO, 2010).

Efeitos danosos podem ser observados no congelamento lento (ar estático), uma vez que, nesse método crescem cristais de gelo nos espaços intercelulares, ocasionando deformação e rompimento das paredes celulares (ANDERSON *et al.*, 2004).

2.5 Efeitos dos métodos de congelamento e armazenamento na qualidade de frutos e polpas

Para avaliar a qualidade de polpas de frutas, alguns parâmetros como a acidez titulável, o potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis, vitamina C, açúcares redutores e totais são

importantes para a realização da padronização do produto e para verificar prováveis alterações que ocorreram durante o processamento (BENEVIDES *et al.*, 2008).

A acidez, o pH e o teor de sólidos solúveis são parâmetros que podem influenciar na conservação da polpa. Plaza *et al.* (2006) afirmam que os teores de vitamina C podem reduzir, dependendo dos tipos de condições a que as polpas de frutas são submetidas, como processamento, armazenamento e embalagem. Salgado, Guerra e Melo Filho (1999) estudaram o efeito do processamento sobre o teor de fibra alimentar em polpas de frutas e observaram maior valor de redução para a goiaba (61%) e menores valores para manga e pitanga (18%), quando comparados aos frutos *in natura* com a polpa processada.

O processamento de frutas pode ocasionar alterações indesejáveis em suas características originais. Desse modo, o congelamento e o armazenamento podem modificar as características físicas, químicas, teor de nutrientes, compostos bioativos e antioxidantes, dependendo da maneira de aplicação dessas técnicas de conservação.

2.5.1 pH, acidez titulável e sólidos solúveis

A avaliação do pH e da acidez é de suma importância para a indústria de alimentos. A medida do pH é utilizada como parâmetro de controle para avaliar a retenção de sabor e odor de produtos, a atividade enzimática, estabilidade de corantes artificiais, verificação do estado de maturação de frutas e a deterioração de alimentos por contaminação microbiana (LEAL; HENRIQUES; LUNA, 2008).

Nos frutos, a acidez é classificada em relação ao ácido cítrico, e ocorre devido à presença de ácidos orgânicos (compostos naturais), que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células, em suas formas livre e combinada com sais, ésteres, glicosídeos, entre outros. Em frutos, os principais ácidos encontrados são o cítrico, málico, acético e tartárico. Os ácidos orgânicos em alguns alimentos além de contribuir para a acidez, também apresentam a vantagem de serem precursores do aroma, visto que alguns compostos são voláteis, porém podem afetar, indiretamente, o metabolismo fenólico, alterando o pH (CHITARRA; CHITARRA, 2005; GALDON *et al.*, 2008; KADER, 2008).

Machado, Monteiro e Tiecher (2019), avaliaram a estabilidade química, físico-química e antioxidante de polpa de *physalis* sob congelamento durante 120 dias, e não observaram alteração ao se comparar o tempo zero e após 120 dias de armazenamento. No entanto, ao avaliar guacamole (produto de abacate), submetido ao congelamento lento e rápido durante 90

dias, Daiuto *et al.* (2010) observaram aumento da acidez titulável durante o período de armazenamento e o relacionaram a possível quebra de lipídeos em ácidos graxos.

Branco *et al.* (2016), não observaram diferença no valor de pH na polpa de jamelão com ou sem pasteurização, no entanto, ao avaliar pitangas congeladas por três meses pelo método de congelamento lento, Melo, Lima e Nascimento (2000) observaram redução do pH e aumento da acidez titulável. Para Sahari, Mohsen e Zohreh (2004), as modificações que ocorrem no pH e no teor de acidez são influenciadas pelo método de congelamento, tempo de armazenamento, reações enzimáticas e pela presença de micro-organismos.

Um produto *in natura* ou processado para satisfazer as exigências do consumidor e requisitos do mercado é necessário ser realizado um controle rigoroso da qualidade do vegetal (BORBA *et al.*, 2019), sendo que a relação entre o teor de sólidos solúveis e acidez, são importantes atributos para auxiliar neste controle de qualidade, pois determinam o sabor dos frutos (BRACKMANN *et al.*, 2011).

Através da medição dos sólidos solúveis, expresso em °Brix, também é possível estimar o potencial cariogênico de bebidas, visto que esta medida é diretamente proporcional à quantidade de açúcares (CUNHA *et al.*, 2011). De acordo com Freire *et al.* (2009), o teor de sólidos solúveis em polpas, pode ser influenciado pela pluviosidade durante o cultivo, clima e adição de água durante o processo de fabricação, ainda segundo Batista *et al.* (2015) o tempo de maturação e as variedades também influenciam no aproveitamento industrial de frutos.

Machado, Monteiro e Tiecher (2019), avaliaram polpas de *physalis* pasteurizadas e não pasteurizadas, e relataram pequeno decréscimo no teor de sólidos solúveis após serem armazenadas congeladas (-18 °C) por 120 dias. Redução no teor sólidos solúveis durante armazenamento congelado também foi observado em estudos com goiaba 'Paluma' (BRUNINI; OLIVEIRA; VARANDA, 2003), polpa de pitanga, (LOPES; MATTIETTO; MENEZES, 2005), e pitangas (MELO; LIMA; NASCIMENTO, 2000).

2.5.2 Coloração

As antocianinas, clorofilas e carotenoides são pigmentos naturais que conferem coloração, contribuindo para o aspecto visual dos alimentos e influenciam na sua aceitação ou rejeição. Se a coloração do produto não atender às especificações do padrão, a satisfação do cliente pode ser comprometida (LOLI; TOMIO, 2018).

Em relação às frutas, a maioria sofre mudanças na coloração, principalmente na casca, durante o amadurecimento. Assim, esse parâmetro é muito utilizado na determinação dos estádios de maturação de frutas e hortaliças (SILVA *et al.*, 2019).

Na avaliação de produtos agrícolas e alimentícios, a colorimetria é uma técnica utilizada com frequência. Uma de suas vantagens é ser uma análise não destrutiva, o que permite realizar a avaliação de estádios de maturação de frutas, determinando suas características sem remoções de amostras ou uso de materiais. Porém, apresentam como desvantagem o custo relativamente elevado dos equipamentos para agroindústrias, laboratórios e produtores de pequeno porte. A disponibilidade de colorímetros de baixo custo possibilitaria a realização da análise de cor de maneira rotineira de diversas matérias-primas sob condições variadas, entre elas, as alterações provocadas por aquecimentos, luminosidade, degradações causadas pelo efeito do tempo de armazenamento, efeitos do frio e determinação do estágio de maturação em frutas (MOTTA *et al.*, 2015).

A cor pode ser expressa através do sistema Hunter que compreende as coordenadas de cores L* (varia de 0: preto a 100: branco), C* (saturação), h° (tonalidade), a* (valores negativos indicam verde, enquanto os valores positivos indicam vermelho) e b* (valores negativos indicam azul e valores positivos indicam amarelo). Esses índices são usados como indicadores da deterioração da cor e fornecem informações úteis para o controle de qualidade de frutas e seus derivados, tais como polpa, sucos e néctares (LOLI; TOMIO, 2018; LOZANO; IBARZ, 1997; PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013).

Vários estudos tem sido desenvolvidos buscando avaliar a cor dos produtos. Schiassi *et al.* (2020) aplicaram a análise colorimétrica para avaliar as diferentes formulações de suco de frutas vermelhas desenvolvidos; Suárez *et al.* (2020), utilizaram a colorimetria para avaliar as diferenças existentes entre os sucos e geleias de amora elaborados com diferentes tipos de açúcares; Bueno *et al.* (2020) também aplicaram a colorimetria visando avaliar a existência de diferença ou não na cor entre as barras de cereais elaboradas com uva e jabuticaba submetidas ao congelamento e forneamento.

Motta *et al.* (2015) investigaram o índice de cor da casca de 10 frutos em função do tempo de armazenamento e observaram que existe um aumento significativo do índice de cor com o tempo de armazenamento. Bianchini *et al.* (2020) analisaram a influência da pasteurização na cor de polpa de uvaia e relatam que as polpas apresentaram uma maior tendência a formação de cor vermelha com o aumento da intensidade do tratamento térmico, provavelmente devido as possíveis reações de escurecimento não-enzimático, como a reação de *Maillard*.

Gonçalves *et al.* (2010) avaliaram a qualidade de pequi submetido ao cozimento após congelamento por diferentes métodos e tempos de armazenamento e relataram que a coloração do pequi foi influenciada isoladamente apenas pelo fator tempo de armazenamento, para as variáveis L^* , h° e C^* , uma vez que apresentaram redução destes parâmetros. Soares *et al.* (2015) observaram que o tipo de congelamento influenciou mais na qualidade do produto do que o tempo de armazenamento. Esses autores também relatam que o valor L^* foi maior nas amostras que foram congeladas pelo método de ar forçado (67,32) apresentando uma maior claridade quando comparadas com as amostras congeladas por ar estático (65,26), demonstrando uma maior eficiência do ar forçado na prevenção do escurecimento.

2.5.3 Compostos bioativos

2.5.3.1 Capacidade antioxidante

Nos alimentos, a capacidade antioxidante está associada aos seus compostos bioativos, sendo que os frutos destacam-se por serem ricos em antioxidantes naturais (FONSECA *et al.*, 2017). O consumo de antioxidantes naturais, auxilia na inibição da formação de radicais livres (substâncias reativas) e tem sido associado a uma menor incidência de doenças relacionadas com o estresse oxidativo (SINGH *et al.*, 2018), além de fornecerem outros benefícios à saúde, um vez que auxiliam na prevenção de alguns tipos de câncer, doenças cardiovasculares, inflamações, entre outras (FONSECA *et al.*, 2017). No entanto, o desempenho dos antioxidantes depende de vários fatores, tais como os tipos de radicais livres formados; onde e como são gerados; métodos utilizados para a identificação dos danos, além das doses ideais para obter proteção (SINGH *et al.*, 2018).

Dentre os principais compostos com capacidade antioxidante da dieta, se destacam os compostos fenólicos, ácido ascórbico (vitamina C), β -caroteno, α -tocoferol, zinco, cobre, selênio e manganês (KENNEDY, 2006; ZHANG; SHAO, 2015). Avaliar os compostos associados à capacidade antioxidante é de extrema importância, uma vez que são capazes de absorver radicais livres e conseqüentemente inibir a cadeia de iniciação, podendo também interromper a cadeia de propagação das reações oxidativas, que são ocasionadas pelos radicais livres no organismo humano (JIAO *et al.*, 2018).

Em polpas e frutas vários métodos tem sido utilizados para avaliar a sua capacidade antioxidante, dentre eles tem-se o método de DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil), ABTS (ácido 2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico), FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*),

ORAC (*Oxygen Radical Absorbance Capacity*), β -caroteno/ácido linoleico, entre outros (BRANCO *et al.*, 2016; DA SILVA *et al.*, 2019; RUFINO *et al.*, 2010; SCHIASSI *et al.*, 2018).

Para avaliar a atividade antioxidante recomenda-se realizar mais de um método, por diversos motivos, entre eles, destacam-se as variações dos constituintes, diversidade das estruturas químicas contidas nos extratos vegetais, sensibilidade às condições de extração, além de ser difícil determinar apenas um único método que seja eficaz para a extração de todos os constituintes (PAZ *et al.*, 2009; REZAIRE *et al.*, 2014).

Avaliando a capacidade antioxidante de polpas pasteurizadas e não pasteurizadas de *Physalis peruviana* L., Machado, Monteiro e Tiecher (2019), verificaram um decréscimo nos teores de compostos antioxidantes, em ambas as polpas, ao longo do armazenamento. No entanto, Freire *et al.* (2013) observaram que houve conservação da atividade antioxidante por meio do congelamento de polpas de frutas. Como exemplo, a polpa de acerola (*Malpighia emarginata*) que foi armazenada a temperatura de -18°C manteve inalterada sua atividade antioxidante pelo período de três meses de armazenamento.

Analisando polpas de frutas congeladas (-20°C) comercializadas em Santarém-PA, Sousa *et al.* (2020) verificaram que as polpas de acerola, cupuaçu e maracujá sofrem variação no teor de antioxidantes entre as diferentes marcas analisadas. Carvalho, Mattietto e Beckman (2017) avaliaram a estabilidade de duas polpas de frutas tropicais mistas, armazenadas sob congelamento (-18°C), durante 365 dias, a partir de sucos tropicais mistos, e observaram que após esse período de armazenamento houve uma queda de 33,16% na capacidade antioxidante da formulação F1. Bianchini *et al.* (2020) avaliaram a capacidade antioxidante de polpas de uvaia pelos métodos de FRAP e ABTS, e relatam que a atividade antioxidante aumentou após o tratamento térmico, e de acordo com Branco *et al.* (2019) este aumento pode ter ocorrido devido à clivagem de ligações covalentes de alguns compostos fenólicos.

Da Silva *et al.* (2019) avaliaram a atividade antioxidante de diferentes cultivares de uvaia, utilizando os métodos de DPPH e ORAC, e através deste estudo concluíram que o acesso 'Rugosa Doce' apresentou a maior capacidade antioxidante, provavelmente devido à elevada quantidade de antioxidantes, tal como os compostos fenólicos, e o acesso 'Dura' foi o que apresentou os menores teores.

Pode ser verificado, com base nesses estudos, que as polpas de frutas podem apresentar elevada atividade antioxidante, mesmo após o processamento e armazenamento congelado.

2.5.3.2 Vitamina C

A vitamina C (ácido ascórbico) é um potente antioxidante e cofator em vários processos de regulação enzimática e biossíntese (ANG *et al.*, 2018). Esta vitamina é hidrossolúvel, termolábil, fotolábil e rapidamente oxidada ao ser exposta ao ar, e devido a sua alta sensibilidade à degradação durante o processamento e armazenamento, é utilizada em geral como indicador de qualidade nutricional e conservação de produtos derivados de frutas (DANIELLI *et al.*, 2009).

Na natureza, a vitamina C está distribuída em altas concentrações, podendo ser encontrada principalmente em frutas cítricas e seu teor pode variar dependendo da espécie, grau de maturação, época de colheita, condições do solo, clima, entre outros fatores pré e pós-colheita (CASTRO *et al.*, 2015).

O ácido ascórbico é considerado um potente antioxidante, sendo responsável por eliminar espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (LIRA *et al.*, 2012), e apresenta várias funções no organismo, tais como, auxílio na cicatrização de feridas e manutenção do colágeno, aumento da absorção de ferro, além de desempenhar papel importante na formação de dentes e ossos e prevenir o escorbuto (SCHMIDT *et al.*, 2019; ZILLO *et al.*, 2014), sendo que a dose recomendada para manutenção de nível de saturação da vitamina C no organismo é de aproximadamente 100 mg por dia (VANNUCCHI; ROCHA, 2012).

Diversas pesquisas já avaliaram o teor de vitamina C em produtos *in natura* e processados. Zillo *et al.* (2013), avaliaram a uvaia fresca e sua polpa congelada, ao longo do armazenamento e observaram semelhantes teores de ácido ascórbico, no entanto Zillo *et al.* (2014) não observaram nenhuma diferença ao avaliarem polpa de uvaia pasteurizada e não pasteurizada armazenadas sob congelamento.

Margado *et al.* (2019) analisaram polpa de araticum armazenada sob congelamento e observaram diminuição no teor de ácido ascórbico durante o período de armazenamento (402 dias). O tratamento térmico, realizado antes do congelamento, pode inativar a enzima ácido ascórbico oxidase e, conseqüentemente, impedir a oxidação enzimática da vitamina C (LEONG; OEY, 2012).

Gonçalves *et al.* (2010), ao estudarem pequi verificaram interação significativa para a variável vitamina C, entre os fatores de método de congelamento e tempo de armazenamento. Porém, diferença entre os métodos de congelamento (ar forçado e estático) foram observados somente no segundo e quarto mês de armazenamento, na qual o método por ar forçado foi mais eficiente para preservar a vitamina C. Ao longo do tempo de armazenamento, os teores de

vitamina C decresceram linearmente, sendo que, o método por ar forçado reteve melhor essa vitamina.

No entanto, em outros estudos foi observada redução da vitamina C, ocasionada pelo congelamento e armazenamento congelado. Machado, Monteiro e Tiecher (2019) avaliaram a estabilidade de polpa de physalis sob congelamento e relataram que houve diminuição no teor de vitamina C ao longo do armazenamento. Perda de vitamina C também foi observada por Oliveira *et al.* (2013) em polpas de acerola armazenadas por um período de 120 dias, por Silva *et al.* (2013) em physalis, após 28 dias de armazenamento a 5°C e por Hiwilepo-van Hal *et al.* (2012) em polpas de diferentes clones de acerola no final dos 330 dias de armazenamento congelado.

Em frutos armazenados sob congelamento a redução da vitamina C pode ser justificada pelo fato dessa vitamina ser hidrossolúvel e de fácil oxidação, principalmente quando há aplicação do calor ou armazenamento a baixas temperaturas (SUCUPIRA; XEREZ; SOUSA, 2012). A estabilidade dessa vitamina também pode ser afetada pelo pH do meio, pela presença de metais, enzimas, luz, entre outros fatores.

2.5.3.3 Carotenoides

A coloração dos alimentos é a propriedade sensorial que, normalmente, primeiro atrai os consumidores. Os carotenoides são corantes naturais presentes em frutas e hortaliças, utilizados como aditivos alimentares e possuem propriedades fisiológicas importantes. Em frutas a cor amarela, laranja e vermelha está diretamente relacionada à presença de pigmentos lipossolúveis, tais como os carotenoides (SCHMIDT *et al.*, 2019).

Além de colorir, os carotenoides são também substâncias bioativas e alguns deles possuem atividade pró-vitáminica A, promovendo benefícios à saúde (MESQUITA; TEIXEIRA; SERVULO, 2017), como redução de doenças degenerativas crônicas, ações antiinflamatórias e antioxidantes (KAULMANN; BOHN, 2014; RAPOSO; MORAIS; MORAIS, 2015; SCHMIDT *et al.*, 2019; VARGAS-MURGA *et al.*, 2016).

Os carotenoides também possuem a função de reagir com o oxigênio singlete, protegendo as células dos radicais livres (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007), além de capturar radicais peroxil mediante transferência de elétrons ou sequestro de átomos de hidrogênio (RUFINO, 2008).

Os carotenoides são tetraterpenos, formados a partir de unidades de isopreno, isopentenil pirofosfato e seu isômero dimetilalil difosfato, cada um com cinco átomos de

carbono (GHARIBZAHEDI; RAZAVI; MOUSAVI, 2013). Pela via do ácido mevalônico ou do metileritritol fosfato, essas moléculas podem ser obtidas e variam de acordo com o organismo produtor. Na via primária há o uso de Acetil-CoA para produzir isopentenil pirofosfato, e na via secundária há a redução de isopentenil pirofosfato e dimetilalil difosfato a partir de piruvato e gliceraldeído-3-fosfato (NISAR *et al.*, 2015).

Segundo Verruck, Prudencio e Silveira (2018), mais de 600 carotenoides já foram identificados, sendo divididos em dois grupos principais: os carotenos (compostos formados por carbono e hidrogênio) e as xantofilas (derivados obtidos por oxidação dos carotenos com formação dos grupos hidroxila, metoxila, carboxila e cetona).

Nos vegetais, o teor de carotenoides pode ser afetado pelo tipo de solo, condições climáticas e de cultivo, uso de agrotóxicos, exposição à luz solar, condições de processamento, estocagem, variedade dos vegetais, grau de maturação e parte da planta consumida (SILVA *et al.*, 2014b).

Essa variação no teor de carotenoides foi observada no estudo de Da Silva *et al.* (2019) em polpa de uvaia de diferentes acessos. Os autores verificaram que o acesso ‘Pêra’ contém 3,3% a mais de carotenoides quando comparado aos acessos ‘Comum’ e ‘Dura’. Através deste estudo de Da Silva *et al.* (2019), pode-se concluir que os frutos da uvaia são fonte de beta-caroteno, apresentando teores elevados aos de outras frutas da família Myrtaceae, arará (0,43 mg de beta caroteno 100 g⁻¹ f.w.) e cagaita (0,96 mg de beta-caroteno 100 g⁻¹ f.w.), frutas nativas brasileiras consideradas fontes de carotenoides (SCHIASI *et al.*, 2018).

Machado, Monteiro e Tiecher (2019) também avaliaram o efeito do congelamento em polpa de *Physalis* pasteurizada e não pasteurizada e observaram redução significativa no teor de carotenoides ao longo do armazenamento. De acordo com esses autores as perdas dos carotenoides se devem à oxidação enzimática e não enzimática, e conforme Rodriguez-Amaya, Kimura e Amaya-Farfan (2008) a perda por oxidação enzimática ocorre em seguida a ruptura das estruturas celulares, já a oxidação não enzimática em geral é caracterizada por uma fase lag, seguida de um decréscimo dos carotenoides.

Durante o armazenamento por 6 meses de polpas de araticum, Silva, Cardoso e Pinheiro-Sant’Ana (2015) também observaram que os teores de carotenoides diminuíram até o 30º dia e aumento no teor de carotenoides (all-*trans*- α -caroteno e all-*trans*- β -caroteno) foi verificado após esse período. Essas alterações podem ser influenciadas pela composição química, matriz alimentar, processamento térmico, os quais afetam a concentração desses compostos. Variações nos teores de carotenoides também foram observadas por Hoffmann *et al.* (2017) ao armazenarem polpa de butiá ao longo de 12 meses.

Zillo *et al.* (2013) relataram que os teores de carotenoides presentes na polpa de uvaia foram maiores no fruto *in natura* comparado com a polpa congelada. Decréscimo do teor de carotenoides em pitangas foi observado por Melo, Lima e Nascimento (2000), ao longo do armazenamento congelado. As perdas de carotenoides podem ocorrer devido à oxidação enzimática (ocorre logo após a ruptura das estruturas celulares) e não enzimática (em geral caracteriza-se por uma fase lag, seguida de um decréscimo dos carotenoides) (RODRIGUEZ-AMAYA *et al.*, 2008).

Frutos congelados (pequi) pelo método de ar forçado apresentaram melhor retenção de α -caroteno ao serem comparados com aqueles congelados pelo método de ar estático (GONÇALVES *et al.*, 2010).

2.5.3.4 Compostos fenólicos

As plantas produzem produtos secundários compostos por um grupo fenol (grupo hidroxila funcional em um anel aromático) (LIU *et al.*, 2019), e estes fenóis vegetais compõem um grupo heterogêneo com aproximadamente 10.000 compostos, sendo que alguns desses compostos são solúveis apenas em solventes orgânicos, no entanto, outros são ácidos carboxílicos e glicosídeos solúveis em água e ainda há outros que são grandes polímeros insolúveis (DE LA ROSA *et al.*, 2019; TAIZ; ZEIGER, 2004).

No metabolismo dos fenóis a enzima fenilalanina amonialiase (PAL) é influenciada pelas baixas temperaturas, nutrientes no solo e luz. As baixas temperaturas, aumentam a atividade desta enzima no metabolismo dos fenóis, além de atuar na síntese de compostos que ocasionam mudanças nas características das cores nas folhas e frutos (LATTANZIO *et al.*, 2001).

Os compostos fenólicos possuem uma extensa diversidade química o que faz com que exerçam várias funções nos vegetais (BORGES; AMORIM, 2020). De acordo com Tavares *et al.* (2016), dentre os compostos fenólicos, os taninos hidrolisáveis são os prováveis responsáveis pela adstringência de partes comestíveis das frutas. Flavonoides e outros derivados fenólicos atuam na captura e neutralização de espécies oxidantes, agindo por sinergismo com outros antioxidantes tais como as vitaminas C e E (TRUEBA; SANCHEZ, 2001; VERRUCK; PRUDENCIO; SILVEIRA, 2018).

Alguns estudos (GUERRA *et al.*, 2011; KALENDER *et al.*, 2012; MANSOURI *et al.*, 2013) também relatam que os compostos fenólicos aumentam a eficácia das enzimas

antioxidantes, fazendo com que auxiliem na prevenção e no tratamento de várias doenças crônicas tais como diabetes, doenças cardiovasculares e obesidade.

O processamento de alimentos pode ocasionar diferentes efeitos nos compostos fenólicos, dependendo da sua estrutura química, concentração, estado de oxidação, interações com outros componentes, localização na célula, entre outros fatores. Sendo assim, o processamento pode ocasionar uma diminuição, aumento ou pequenas mudanças no teor e na função desses compostos (VAN BOEKEL *et al.*, 2010).

Alguns estudos com polpas, frutas e derivados citam que pode ocorrer perda da estabilidade de fenólicos após processamento. Zillo *et al.* (2013) avaliaram a qualidade da uvaia *in natura* e da polpa congelada e relataram que os teores de compostos fenólicos foram maiores na polpa congelada quando comparado com o fruto *in natura*. Bianchini *et al.* (2020) avaliaram polpa de uvaia pasteurizada e não pasteurizada, e relatam que o teor de fenólicos aumentou após pasteurização a 85°C por 1 minuto.

Variações nos teores de compostos fenólicos foram observadas por Hoffmann *et al.* (2017) ao armazenarem polpa de butiá submetidos ao congelamento em freezer -18°C por 12 meses. Machado, Monteiro e Tiecher (2019) também observaram que o teor de compostos fenólicos em polpa de *physalis* reduziu ao longo do armazenamento sob congelamento, independentemente da aplicação ou não do tratamento térmico.

Os compostos fenólicos podem ser oxidados e degradados durante o processamento da polpa, tratamento térmico, e outros fatores tais como, cultivar, método de cozimento, tempo e temperatura podem influenciar na estabilidade destes compostos (RICKMAN *et al.*, 2007). Os fenóis também podem ser oxidados devido a atividade de peroxidases (POD) que são outro grupo de enzimas envolvidas nas reações de escurecimento (SOUZA; VIEIRA; PUTTI, 2018).

2.5.4 Compostos voláteis

Os frutos e seus derivados possuem uma composição complexa de constituintes voláteis. No entanto, apenas uma fração dos compostos voláteis está diretamente envolvida na qualidade do aroma e sabor das frutas, apresentando características odoríferas distintas. O conhecimento da composição volátil correlacionada às ferramentas sensoriais permitem descrever a qualidade de um determinado fruto. Esse segmento de pesquisa auxilia na denominação de origem, seleção de cultivares, manejo pré e pós-colheita e beneficiamento de frutas (DAMIANI *et al.*, 2009; GALVÃO *et al.*, 2011).

Os compostos voláteis são responsáveis por formarem o aroma de frutas e são produzidos durante a colheita, pós-colheita e armazenamento, por várias rotas, sendo dependentes de fatores relacionados à variedade, espécie e tipo de processamento (DE ANCOS *et al.*, 2006). Segundo Marostica e Pastore (2007), em determinados frutos, alguns compostos de impacto individual, foram determinados como responsáveis pelo aroma característico, porém os autores relatam que a maior parte dos aromas, parece ser formado pela combinação de vários compostos voláteis.

Da Silva *et al.* (2019) identificaram compostos voláteis em seis acessos de uvaia, sendo que detectaram um total de 77 compostos, e os principais encontrados foram os terpenos (14 monoterpenos e 22 sesquiterpenos), correspondendo a 46,75% dos compostos identificados. Segundo estes autores, pelo fato da uvaia ser fonte de terpenóides, esta fruta apresenta valor como matéria-prima para a indústria alimentícia e farmacêutica.

Além disso, uma alimentação rica em terpenóides auxilia na prevenção de doenças crônicas, tal como o câncer (DA SILVA *et al.*, 2019; YANG; DOU, 2010), e seus compostos, podem atuar positivamente sobre a β -talassemia e anemia falciforme (GIORDANA *et al.*, 2018).

De acordo com a literatura, para muitas frutas tropicais exóticas, a identificação dos compostos voláteis ainda precisa ser investigada. Além disso, também verifica-se que alguns compostos, tais como os ésteres e terpenos são os voláteis de maior destaque nas frutas os quais predominariam no aroma. Ainda, de acordo com dados da literatura a técnica da microextração em fase sólida por headspace (HS-SPME - *HeadSpace Solid Phase MicroExtraction*) é uma das mais empregadas para extrair os voláteis (SOUZA-SILVA *et al.*, 2015; RONDAN-SANABRIA *et al.*, 2019).

O perfil de voláteis, é um parâmetro utilizado para avaliar a qualidade de produtos e pode ser afetado durante o armazenamento (TORRI; SINELLI; LIMBO, 2010), uma vez que, em frutas, após o corte, os compostos voláteis mudam devido a reação de enzimas, ativadas durante o processamento da fruta (FARNETI *et al.*, 2015), assim é necessário utilizar técnicas tal como a utilização de baixas temperaturas de armazenamento, visando preservar suas características voláteis (GUNTHER *et al.*, 2015; RAFFO *et al.*, 2012).

O período de armazenamento congelado pode ocasionar pequenas variações na temperatura e pode levar à recristalização da água, induzindo a uma variedade de mecanismos prejudiciais (oxidação, sinérese, desidratação, degradação do aroma e degradação da textura), dependendo do tipo de alimento e da repetição dos ciclos de congelamento-descongelamento.

A repetição desses ciclos ocasiona a formação de cristais de gelo maiores, sendo prejudicial a tecidos e leva a alterações de aroma (KAEWTATHIP; CHAROENREIN, 2012).

O efeito de diferentes temperaturas de refrigeração sobre os compostos voláteis da mangaba foi avaliado por Lima *et al.* (2015) ao longo de 20 dias de armazenamento, que identificaram que o grupo controle, sem armazenamento, apresentou maiores concentrações de ésteres. Iguarán *et al.* (2016) também avaliaram os compostos voláteis de polpa e observaram uma redução de ésteres em frutas frescas processadas.

No abacaxi, ciclos de congelamento-descongelamento tiveram um efeito sobre a concentração de compostos voláteis, quando aumentava-se o número de ciclos, diminuía os compostos voláteis totais. Esse fato era esperado, visto que as células de frutas são danificadas pelo congelamento, ocasionando perda de aroma pela oxidação desses compostos (KAEWTATHIP; CHAROENREIN, 2012).

Avaliando os compostos voláteis em durian (*Durio zibethinus* cv. D24) minimamente processados e armazenados durante 4°C, Voon *et al.* (2007) observaram que todos os compostos de éster diminuíram significativamente após uma semana de armazenamento, exceto o acetato de etila que diminuiu após 2 semanas. Outro estudo relata aumento nas concentrações de linalool em morangos e polpa, quando submetidos à alta pressão (BERMEJO-PRADA *et al.*, 2015). Os autores relatam que esse aumento pode acontecer devido a atividade da β -glicosidase durante armazenamento, visto que essa enzima atua na liberação de voláteis em frutos.

2.5.5 Características microbiológicas

Para se obter polpas de frutas congeladas de qualidade, devem ser considerados os parâmetros microbiológicos, visando avaliar a presença ou ausência de microrganismos, os riscos que o produto pode oferecer à saúde do consumidor, as condições de higiene e a vida útil do produto. Utilizando técnicas de processamento e armazenamento com condições adequadas de temperatura, é possível obter polpas de frutas com qualidade satisfatória (CASTRO *et al.*, 2015).

De modo geral, quanto menor for a temperatura de armazenamento de polpas de frutas, menor será a taxa de degradação. Na temperatura de congelamento, apesar da baixa atividade de água, sempre existe água residual de forma livre que não fica congelada e se torna disponível para reagir. Assim, o congelamento e armazenamento congelado não inativam enzimas e apresentam diversos efeitos sobre os microrganismos, uma vez que alguns deles apresentam resistência às baixas temperaturas (FELLOWS, 2019).

Em frutas, a maioria da microbiota está presente em sua parte externa, visto que o seu interior é praticamente estéril, desde que a casca não apresente ruptura. Essa barreira externa impede a entrada de microrganismos e evita o crescimento no seu interior. Porém, em alguns casos, como na obtenção de polpas, essa barreira externa é quebrada, ocasionando oportunidade para colonização de microrganismos patogênicos (bolors, bactérias lácticas, leveduras e outros microrganismos ácido tolerante, tais como as bactérias acéticas e algumas espécies de *Bacillus*), que para se desenvolverem, dependem ainda da temperatura, atividade de água, pH, entre outros fatores (BEUCHAT, 2002; JANISIEWICZ *et al.*, 1999; MUKHERJEE *et al.*, 2004; OLAIMAT; HOLLEY, 2012).

Em produtos derivados de frutas, a microbiota que contamina estes produtos geralmente é oriunda das condições da matéria-prima, etapa de lavagem das frutas, equipamentos, condições higiênico-sanitárias dos manipuladores e ambiente industrial (SANTOS; COELHO; CARREIRO, 2008). Durante o processamento das frutas, a assepsia dos equipamentos utilizados é fundamental, para se evitar a contaminação por microrganismos, visto que esses podem se manter viáveis por meses sob congelamento a -25°C (PENTEADO; CASTRO; RESENDE, 2014).

De acordo com Sousa *et al.* (2020) um fruto ou polpa produzidos em ambiente sem condições higiênicas, pode ocasionar sérios problemas à saúde, podendo ocasionar doenças gastrointestinais e/ou contaminação por patógenos.

Avaliando a estabilidade de polpas de frutas congeladas comercializadas em Santarém-PA, Sousa *et al.* (2020), verificaram que todas as polpas não apresentaram crescimento de coliformes a 45°C e *Salmonella* sp., estando de acordo com a legislação. Azevedo *et al.* (2017), também observaram ausência de coliformes totais e *Salmonella* spp. em polpa de tucumã embalada a vácuo, após cinco meses de armazenamento sob congelamento e resfriamento. De acordo com Castro *et al.* (2015) a ausência da contagem destes microrganismos em polpas de frutas, está relacionada à qualidade do produto, que se dá, possivelmente, por meio de técnicas de processamento e/ou armazenamento adequadas.

No entanto Dantas *et al.* (2012) avaliaram a estabilidade de 19 marcas de polpas de frutas e observaram em seu estudo que para coliformes totais foram detectados valores acima do permitido pela legislação, o que demonstra que o processamento das polpas avaliadas não seguiram as condições higiênico-sanitário recomendadas.

Ao avaliar polpas de açaí congelada, Faria, Oliveira e Costa (2012) relataram que 75% das amostras estavam contaminadas por coliformes totais, sendo que desse total, 16,7% eram coliformes termotolerantes (fecais). Presença de coliformes termotolerantes também foram

verificados por Janzanti, Santos e Monteiro (2014) em polpas de maracujá mesmo após a pasteurização. Segundo Greco *et al.* (2012), contagens elevadas desses microrganismos podem ocasionar deterioração das polpas, além de representar risco à saúde devido à produção de micotoxinas por algumas espécies de fungos filamentosos.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), através da RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), define os padrões microbiológicos para cada alimento. Sendo que para as polpas de frutas, concentradas ou não, com ou sem tratamento térmico, refrigeradas ou congeladas, esta resolução define parâmetros apenas para coliformes a 45°C (termotolerantes) e para *Salmonella* ssp., sendo no máximo 10^2 UFC g⁻¹ e ausência em 25 g, respectivamente, não apresentando limite para a contagem padrão total e para bolores e leveduras.

No âmbito do Ministério da Agricultura (Instrução Normativa nº 49, de 26 de setembro de 2018) (BRASIL, 2018), a legislação vigente, fixa os limites máximos microbiológicos, para polpa de frutas, tais como: fungos filamentosos e leveduras (máximo 5×10^3 UFC g⁻¹ para polpa *in natura*, congelada ou não e 2×10^3 UFC g⁻¹ para polpa, conservada quimicamente, e/ou que sofreu tratamento térmico); coliformes termotolerantes (máximo 1 g⁻¹) e *Salmonella* spp. (ausente em 25 g do produto).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Respaldo pelo referencial teórico exposto, corrobora-se o pioneirismo do projeto de dissertação executado e apresentado, na próxima seção, na forma de artigo científico.

Objetivou-se avaliar a estabilidade de polpa de uvaia submetida a duas formas de congelamento (ar estático e ar forçado) durante 12 meses de armazenamento.

Comprovou-se que a polpa de uvaia é rica em compostos bioativos, como vitamina C, fenólicos e carotenoides e que o congelamento pode ser utilizado com alternativa efetiva para a conservação desses compostos, sem comprometimento da qualidade da polpa, e, conseqüentemente, na expansão do consumo de frutas exóticas como a uvaia.

O tipo de congelamento a ser aplicado afeta a qualidade sensorial e nutricional da polpa de fruta. O congelamento por ar forçado é mais eficiente por demandar menor tempo de congelamento e formar cristais de gelo menores e mais uniformes, que danificam com menor intensidade a estrutura celular do produto. Além disso, é mais efetivo que o ar estático na retenção de compostos bioativos e capacidade antioxidante da polpa de uvaia, ao longo de 12 meses de armazenamento.

O armazenamento congelado à longo prazo da polpa de uvaia, independentemente do método de congelamento, afeta as características sensoriais e nutricionais da polpa, pois o congelamento não inibe completamente as reações químicas e a ação de enzimas oxidativas.

Logo, os resultados obtidos podem ser utilizados por produtores como incentivo a plantação de espécies exóticas, no manuseio e conservação de seus frutos e por indústrias de ingredientes de diferentes segmentos, a fim de disponibilizar matérias-primas diversificadas além do período de safra.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINI-COSTA, T. S.; ABREU, L. N.; ROSSETTI A. G. Efeito do congelamento e do tempo de estocagem da polpa de acerola sobre o teor de carotenóides. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 56-58, abr. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbf/v25n1/a17v25n1.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2019.
- ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ, M. *et al.* Effects of the strawberry (*Fragaria ananassa*) purée elaboration process on non-anthocyanin phenolic composition and antioxidant activity. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 164, p. 104-112, Dec. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030881461400689X?via%3Dihub>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- ANDERSON, B. A. *et al.* Thawing and freezing of selected meat products in household refrigerators. **International Journal of Refrigeration**, [England], v. 27, n. 1, p. 63-72, Jan. 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140700703000938>. Acesso em: 11 mar. 2019.
- ANG, A. *et al.* Vitamin C and immune cell function in inflammation and cancer. **Biochemical Society Transactions**, [London], v. 46, n. 5, p. 1147–1159, Oct. 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6195639/>. Acesso em: 16 set. 2019.
- AZEVEDO, S. C. M. *et al.* Study of the conservation of the nutritional properties of *in natura* Tucumã pulp (*Astrocaryum aculeatum*) using vacuum packaging. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 20, e2016107, July 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-67232017000100438&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 13 mar. 2019.
- BARBIN, D. F.; NEVES FILHO, L. C.; SILVEIRA JUNIOR, V. Processo de congelamento em túnel portátil com convecção forçada por exaustão e insuflação para paletes. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 29, n. 3, p. 667- 675, set. 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612009000300033&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 23 mar. 2019.
- BATISTA, P. F. *et al.* Quality of different tropical fruit cultivars produced in the lower basin of the São Francisco Valley. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 1, p. 176-184, Mar. 2015. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/3374>. Acesso em: 14 set. 2019.
- BATTEY, A. S.; DUFFY, S.; SCHAFFNER, D. W. Modelling yeast spoilage in cold filled ready to drink beverages with *Saccharomyces cerevisiae*, *Zygosaccharomyces bailii* and *Candida lipolytica*. **Applied and Environmental Microbiology**, [United States], v. 68, n. 4, p. 1901-1906, May 2002. Disponível em: <https://aem.asm.org/content/68/4/1901>. Acesso em: 3 fev. 2019.

BEHSNILIAN, D.; MAYER-MIEBACH, E. Impact of blanching, freezing and frozen storage on the carotenoid profile of carrot slices (*Daucus carota* L. cv. *Nutri Red*). **Food Control**, [England], v. 73, p. 761-767, Oct. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713516305217>. Acesso em: 13 jan. 2019.

BENEVIDES, S. D. *et al.* Qualidade da manga e polpa de manga Ubá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 571-578, jul./set. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v28n3/a11v28n3.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2019.

BERMEJO-PRADA, A. *et al.* Effect of hyperbaric storage at room temperature on the volatile profile of strawberry juice. **LWT - Food Science and Technology**, [United States], v. 62, n. 1, p. 906-914, June 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643814005088>. Acesso em: 27 jan. 2019.

BEUCHAT, L. R. Ecological factor influencing survival and growth of humans pathogens on raw fruits and vegetables. **Microbes and Infections**, [United States], v. 4, n. 4, p. 413-423, Apr. 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1286457902015551?via%3Dihub>. Acesso em: 5 jan. 2019.

BEZERRA, T. S.; FERNANDES, T. N.; RESENDE, J. V. Effects of added sucrose and pectin on the rheological behavior and freezing kinetics of passion fruit pulp studied by response surface methodology. **Journal of Food Science and Technology**, [India], v. 52, n. 6, p. 3350-3357, May 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-014-1400-0>. Acesso em: 3 jan. 2019.

BIANCHIN, C. B. *et al.* Influência da pasteurização nas características químicas, físicas e microbiológicas de polpa de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess). **Research, Society and Development**, Itajubá, v. 9, n. 7, p. 1-16, jun. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342594878_Influencia_da_pasteurizacao_nas_caracteristicas_quimicas_fisicas_e_microbiologicas_de_polpa_de_uvaia_Eugenia_pyriformis_Cambess. Acesso em: 14 ago. 2020.

BOF, C. M. J. *et al.* Effect of freezing and processing technologies on the antioxidant capacity of fruit pulp and jelly. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 55, n. 1, p. 107-114, Jan./Feb. 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-89132012000100014&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 2 jan. 2019.

BORBA, K. R. *et al.* Determinação de sólidos solúveis em tomates utilizando espectroscopia de infravermelho médio. **Siagro**, Brasília, p. 675-679, jan. 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1116591/1/PDETERMINACAODESOLIDOSSOLUVEISEMTOMATESUTILIZANDOESPECTROSCOPIADEINFRAVERMELHO MEDIO.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2020.

BORGES, L. P.; AMORIM, V. A. Metabólitos secundários de plantas secondary plant metabolites. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v. 11, n. 1, p. 54-67, jan. 2020. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/344380546_METABOLITOS_SECUNDARIOS_DE_PLANTAS_-_SECONDARY_PLANT_METABOLITES. Acesso em: 22 ago. 2020.

BRACKMANN, A. *et al.* Avaliação de genótipos de morangueiro quanto à qualidade e potencial de armazenamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, p.542-547, out. 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305226809002>. Acesso em: 19 ago. 2020.

BRANCO, I. G. *et al.* Drying kinetics and quality of uvaia (*Hexachlamys edulis* (O. Berg)) powder obtained by foam-mat drying. **International Journal of Food Science & Technology**, [United States], v. 51, n. 7, p. 1703-1710, May 2016. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijfs.13145>. Acesso em: 23 jan. 2019.

BRANCO, I. G. *et al.* Influence of pasteurization on antioxidant and in vitro anti-proliferative effects of jambolan (*Syzygium cumini*(L.) Skeels) fruit pulp. **Industrial Crops and Products**, [Amsterdam], v. 89, p. 225–230, Oct. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669016302850>. Acesso em: 13 out. 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n.º 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 jan. 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa n.º 37, de 1 de outubro de 2018. Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade de polpa de fruta. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 out. 2018.

BRUNINI, M. A.; DURIGAN, J. F.; OLIVEIRA, A. L. Avaliação das alterações em polpa de manga ‘Tommy-Atkins’ congeladas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 651-653, dez. 2002. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452002000300019&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 23 jun. 2019.

BRUNINI, M. A.; OLIVEIRA, A. L.; VARANDA, D. B. Avaliação da qualidade de polpa de goiaba 'Paluma' armazenada a -20°C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 394-396, fev. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbf/v25n3/18651.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2020.

BUENO, T. M. *et al.* Effect of roasting and cooling on cereal bars developed with grape and jaboticaba residues. **Research, Society and Development**, Itabira, v. 9, n. 11, p. e2879119783, Nov. 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/9783>. Acesso em: 12 nov. 2020.

CARLESSO, R.; ROBAZZA, W. D. S.; GALVÃO, A. C. Perfil de congelamento do carré suíno: um estudo de caso. **Boletim Do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 34, n. 1, jan./jun. 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/48994>. Acesso em: 21 ago. 2019.

CARVALHO, A. V. *et al.* Avaliação físico-química e sensorial de mandioca pré-processada armazenada sob congelamento. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 29, n. 2, p. 223-228, jul./dez. 2011. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/25487>. Acesso em: 22 set. 2020.

CARVALHO, A. V.; MATTIETTO, R. de A.; BECKMAN, J. C. Estudo da estabilidade de polpas de frutas tropicais mistas congeladas utilizadas na formulação de bebidas. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 20, p. e2016023, jan. 2017. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Estudo-da-estabilidade-de-polpas-de-frutas-mistas-Carvalho-Mattietto/a811a24e47fb3d43aa9168ad40745f3b56b9b895>. Acesso em: 12 set. 2020.

CASTILLEJO, N. *et al.* Preservation of bioactive compounds of a green vegetable smoothie using short time-high temperature mild thermal treatment. **Food Science and Technology International**, [London], v. 23, n. 1, p. 46-60, Jan. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27352798/><https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27352798/>. Acesso em: 12 nov. 2020.

CASTRO, T. M. N. *et al.* Parâmetros de qualidade de polpas de frutas congeladas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 74, n. 4, p. 426-436, dez. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/306450595_Parametros_de_qualidade_de_polpas_de_frutas_congeladas. Acesso em: 23 ago. 2019.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: FAEPE, 2005.

COLLA, L. M.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. Congelamento e descongelamento – sua influência sobre os alimentos. **Vetor**, Rio Grande, v. 13, p. 53-66, fev. 2003. Disponível em: <http://www.repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/6803/428-742-1-PB.pdf?sequence=1>. Acesso em: 23 set. 2019.

CONTINI, C. *et al.* Drivers of plant-based convenience foods consumption: Results of a multicomponent extension of the theory of planned behavior. **Food Quality and Preference**, [England], v. 84, p. 7633-7650, Sept. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950329319307219>. Acesso em: 18 out. 2020.

CORTBAOUI, P. *et al.* Forced air cooling system for Zea mays. **Journal of Food Agriculture and Environment**, [Finland], v. 4, n. 1, p. 100-105, Jan. 2006. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=FI2016100206>. Acesso em: 17 ago. 2019.

COSTA, K. *et al.* Germinação de sementes inteiras e fracionadas para a seleção de matrizes de uvaia. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 9, n. 3, p. 47-59, nov. 2017. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/969>. Acesso em: 15 ago. 2019.

CUNHA, D. A. *et al.* Avaliação do efeito erosivo em microscopia eletrônica de varredura e propriedades físico-químicas de bebidas gaseificadas de baixa caloria. **Revista Brasileira Ciências da Saúde**, Paraíba, v. 15, n. 1, p. 3-10, jan. 2011. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-609211?src=similardocs>. Acesso em: 13 set. 2020.

DAIUTO, E. R. *et al.* Estabilidade físico-química de um produto de abacate acondicionado em diferentes embalagens e conservado pelo frio. **Revista Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 1, p. 97-105, set. 2010. Disponível em: <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/1395/917>. Acesso em: 3 ago. 2019.

DAMIANI, C. *et al.* Volatile compounds profile of fresh-cut peki fruit stored under different temperatures. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 435-439, Apr./June 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612009000200032. Acesso em: 22 ago. 2019.

DANIELLI, F. *et al.* Determinação de vitamin C em amostras de suco de laranja in natura e amostras comerciais de suco de laranja pasteurizado e envasado em embalagem Tetra Pak. **Revista do Instituto de Ciências da Saúde**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 361-365, jan. 2009. Disponível em: https://www.unip.br/presencial/comunicacao/publicacoes/ics/edicoes/2009/04_out_dez/V27_n4_2009_p361-365.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020.

DANTAS, R. L. *et al.* Qualidade microbiológica de polpas de frutas comercializadas na cidade de Campina Grande – PB. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 125-130, jun. 2012. Disponível em: <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev142/Art1421.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2020.

DA SILVA, A. *et al.* Chemical composition, nutritional value and bioactive compounds in six uvaia accessions. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 294, p. 547-556, May 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814619307939>. Acesso em: 23 ago. 2019.

DA SILVA, A. P. G. *et al.* Characteristics of the fruits of two uvaia populations grown in Salesópolis, SP, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 2, e-511, May 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452018000200905. Acesso em: 22 jun. 2019.

DE ANCOS, B. *et al.* Frozen storage effects on anthocyanins and volatile compounds of raspberry fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [United States], v. 48, n. 3, p. 873-879, Apr. 2000. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf990747c>. Acesso em: 3 jun. 2019.

DE LA ROSA, L. A. *et al.* **Phenolic compounds. Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables**. 1st ed. Amsterdam: Elsevier, 2019. 510 p.

DONADO-PESTANA, C. M. *et al.* Polyphenols from Brazilian native Myrtaceae fruits and their potential health benefits against obesity and its associated complications. **Current Opinion in Food Science**, [Netherlands], v. 19, p. 42-49, Feb. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214799317302187>. Acesso em: 23 jun. 2019.

FARIA, M.; OLIVEIRA, L. B. D.; COSTA, F. E. C. Determinação da qualidade microbiológica de polpas de açaí congeladas comercializadas na cidade de Pouso Alegre – MG. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, Araraquara, v. 23, n. 2, p. 243-249, abr. 2012. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/DETERMINA%C3%87%C3%83O-DA-QUALIDADE-MICROBIOL%C3%93GICA-DE-POLPAS-Faria-Oliveira/5c481957ec7adf647fa4234fb1987c564ce433bd>. Acesso em: 13 jun. 2019.

FARIAS, D. P. *et al.* A critical review of some fruit trees from the Myrtaceae family as promising sources for food applications with functional claims. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 306, Feb. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814619317558?via%3Dihub>. Acesso em: 13 jun. 2020.

FARNET, B. *et al.* Dynamic volatile organic compound fingerprinting of apple fruit during processing. **LWT - Food Science and Technology**, [Amsterdam], v. 63, n. 1, p. 21-28, Sep. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002364381500184X>. Acesso em: 19 ago. 2020.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: princípios e práticas**. 4. ed. São Paulo: Artmed, 2019.

FERREIRA, R. M. A. *et al.* Ponto de colheita da acerola visando à produção industrial de polpa. **Revista Verde**, Mossoró, v. 4, n. 2, p. 13-16, abr./jun. 2009. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/165>. Acesso em: 13 dez. 2019.

FONSECA, J. C. *et al.* Antioxidant and allelopathic activities of *Smilax brasiliensis* Sprengel (Smilacaceae). **South African Journal of Botany**, [Netherlands], v. 111, p. 336-340, July 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629916341837>. Acesso em: 3 out. 2019.

FREIRE, J. M. *et al.* Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 12, out. 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782013001200028&script=sci_arttext&tlng=en. Acesso em: 19 out. 2019.

FREIRE, M. T. A. *et al.* Caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de polpa de cupuaçu congelada (*Shum*). *Theobroma grandiflorum*. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 9-16, abr. 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/250389714_Caracterizacao_fisico-quimica_microbiologica_e_sensorial_de_polpa_de_cupuacu_congelada_Theobroma_grandiflorum_Schum. Acesso em: 19 set. 2020.

GADELHA, A. J. F. *et al.* Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de abacaxi, acerola, cajá e caju. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 115-118, jan./mar. 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20611999000300006&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 18 out. 2019.

GALDON, B. R. *et al.* Organic acid contents in onion cultivars (*Allium cepa* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [United States], v. 56, n. 15, p. 6512-6519, Aug. 2008. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf800282h>. Acesso em: 16 out. 2019.

GALVÃO, M. S. *et al.* Volatile compounds and descriptive odor attributes in umbu (*Spondias tuberosa*) fruits during maturation. **Food Research International**, [United States], v. 44, n. 7, p. 1919-1926, Aug. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996911000329>. Acesso em: 13 out. 2019.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FREITAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2009. 5011 p.

GHARIBZAHEDI, S. M. T.; RAZAVI, S. H.; MOUSAVI, S. M. Microbial canthaxanthin: perspectives on biochemistry and biotechnological production. **Engineering in Life Sciences**, [Germany], v. 13, n. 4, p. 408-417, May 2013. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/elsc.201200153>. Acesso em: 19 out. 2019.

GIAROLA, T. M. O.; PEREIRA, C. G.; RESENDE, J. V. Fortification with iron chelate and substitution of sucrose by sucralose in light uvaia sherbet (*Eugenia pyriformis* Cambess): physical, chemical and sensory characteristics. **Journal of Food Science and Technology**, [India], v. 52, n. 9, p. 5522-5533, Sept. 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-014-1643-9>. Acesso em: 12 out. 2019.

GIORDANA, F. *et al.* Selected terpenes from leaves of *Ocimum basilicum* L. induce hemoglobina accumulation in human K562 cells. **Fitoterapia**, [Amsterdam], v. 127, p. 173-178, June 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29447985/>. Acesso em: 12 jan. 2020.

GONÇALVES, G. A. S. **Estabilidade de polpa de mangaba (*Hancornia Speciosa* Gomes) congelada e armazenada**. 2017. 186 p. Tese (Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

GONÇALVES, G. A. S. *et al.* Physicochemical and volatile profile alterations in pasteurized and frozen strawberry pulp during storage. **Journal of Food Processing and Preservation**, [Westport], v. 42, n. 1, p. e13317, Mar. 2017. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfpp.13317>. Acesso em: 19 dez. 2019.

GONÇALVES, G. A. S. *et al.* Qualidade do pequi submetido ao cozimento após congelamento por diferentes métodos e tempos de armazenamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 5, p. 581-588, out. 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-737X2010000500003&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 19 nov. 2019.

GRECO, M. *et al.* Toxigenic *Alternaria* species from Argentinean blueberries. **International Journal of Food Microbiology**, [Netherlands], v. 154, n. 3, p. 187-191, Mar. 2012.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168160512000074?via%3Dihub>.

Acesso em: 9 dez. 2019.

GUERRA, J. F. C. *et al.* Dietary acai modulates ROS production by neutrophils and gene expression of liver antioxidant enzymes in rats. **Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition**, [Japan], v. 49, n. 3, p. 188-194, Nov. 2011. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22128218/>. Acesso em: 25 jul. 2020.

GUNTHER, C. S. *et al.* The impact of cold storage and ethylene on volatile ester production and aroma perception in 'Hort16A' kiwifruit. **Food Chemistry** [Oxford], v. 169, p. 5-12, Feb. 2015. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030881461401108X>. Acesso em: 18 jul. 2020.

HAMINIUK, C. W. I. *et al.* Chemical, antioxidant and antibacterial study of Brazilian fruits. **International Journal of Food Science and Technology**, [England], v. 46, n. 7, p. 1529-

1537, May 2011. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.2011.02653.x?deniedAccessCustomisedMessage=&userIsAuthenticated=false>. Acesso em: 29 dez. 2019.

HIWILEPO-VAN HAL, P. *et al.* Kinetics of thermal degradation of vitamin C in marula fruit (*Sclerocarya birrea subsp. caffra*) as compared to other selected tropical fruits. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 49, n. 2, p. 188-191, Dec. 2012. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643812000540>. Acesso em: 29 jun. 2019.

HOFFMANN, J. F. *et al.* Stability of bioactive compounds in butiá (*Butia odorata*) fruit pulp and nectar. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 237, n. 15, p. 638-644, Dec. 2017. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814617309664>. Acesso em: 19 jun. 2019.

IGUARÁN, E. J. C. *et al.* Volatile compounds of the volatile fraction from lulo pulp (S. Quitoense L.) under different storage conditions. **Scientia Vitae**, São Roque, v. 23, n. 1, p. 831-835, Jan. 2016. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/300926614_Volatile_compounds_of_the_volatile_fraction_from_lulo_pulp_S_Quitoense_L_under_different_storage_conditions. Acesso em: 13 mar. 2020.

JACOMINO, A. P. *et al.* Uvaia - *Eugenia pyriformis* Cambes. In: SUELI, R.; SILVA, E. O.; DE BRITO, E. S. (eds.). **Exotic Fruits: reference guide**. Oxford: Academic Press, 2018. p. 435-438.

JANISIEWICZ, W. J. *et al.* Fate of *Escherichia coli* O157:H7 on fresh-cut apple tissue and its potential for transmission by fruit flies. **Applied Environmental Microbiology**, [United States], v. 65, n. 1, p. 1-5, Jan. 1999. Disponível em: <https://aem.asm.org/content/65/1/1>.

Acesso em: 9 abr. 2019.

JANZANTTI, N. S.; SANTOS, G. C.; MONTEIRO, M. Shelf life of fresh and pasteurized organic passion fruit (*Passiflora edulis f. flavicarpa* deg.) pulp. **Journal of Food Processing and Preservation**, [Westport], v. 38, n. 1, p. 262-270, Feb. 2014. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-4549.2012.00772.x>. Acesso em: 19 abr. 2019.

JIÃO, Y. *et al.* Assessment of phenolic contributors to antioxidant activity of new kiwifruit cultivars using cyclic voltammetry combined with HPPLC. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 268, p. 77-85, Dec. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814618310185>. Acesso em: 22 set. 2020.

JÚNIOR, J. S. L. *et al.* Caracterização física e físico-química de frutos de cajá-umbu (*Spondias* spp.). **Food Science and Technology**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 757-761, out./dez. 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612005000400021. Acesso em: 15 abr. 2019.

KADER, A. A. Flavor quality of fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [England], v. 88, n. 11, p. 1863-1868, Aug. 2008. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.3293>. Acesso em: 9 abr. 2019.

KAEWTHATHIP, T.; CHAROENREIN, S. Changes in volatile aroma compounds of pineapple (*Ananas comosus*) during freezing and thawing. **International Journal of Food Science and Technology**, [England], v. 47, n. 5, p. 985-990, Mar. 2012. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.2011.02931.x>. Acesso em: 29 abr. 2019.

KALENDER, Y. *et al.* Protective effects of catechin and quercetin on antioxidant status, lipid peroxidation and testis-histoarchitecture induced by chlorpyrifos in male rats. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, [Amsterdam], v. 33, n. 2, p. 141-148, Mar. 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22209726/>. Acesso em: 22 set. 2020.

KAULMANN, A.; BOHN, T. Carotenoids, inflammation, and oxidative stress—implications of cellular signaling pathways and relation to chronic disease prevention. **Nutrition Research**, [United States], v. 34, n. 11, p. 907-929, Nov. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0271531714001171?via%3Dihub>. Acesso em: 19 abr. 2019.

KENNEDY, E. T. Evidence for nutritional benefits in prolonging wellness. **American Journal of Clinical Nutrition**, [Bethesda], v. 83, n. 2, p. 410S-414S, Feb. 2006. Disponível em: <https://academic.oup.com/ajcn/article/83/2/410S/4650119>. Acesso em: 19 jul. 2019.

KLEIN, E. J. *et al.* Use of supercritical CO₂ and ultrasound-assisted extractions to obtain α/β -amyrin-rich extracts from uvaia leaves (*Eugenia pyriformis* Cambess.). **The Journal of Supercritical Fluids**, [United States], v. 137, p. 1-8, July 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0896844617307726>. Acesso em: 19 jun. 2019.

KOPF, C. **Técnicas de processamento de frutas para a agricultura familiar**. Boletim Técnico, Guarapuava 2008. 59 p.

KRUMREICH, F. *et al.* Análises físico-químicas e estabilidade de compostos bioativos presentes em polpa de uvaia em pó obtidos por métodos de secagem e adição de maltodextrina e goma arábica. **Revista Thema**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 4-17, jan. 2016. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/An%C3%A1lises-f%C3%ADsico-qu%C3%ADmicas-e-estabilidade-de-em-polpa-Krumreich-D%E2%80%99Avila/19ae78d3a5bde9e974bd21ef4643db9e408c0cff>. Acesso em: 15 jun. 2019.

KUMAR, S.; KUMAR, A.; KUMAR, S. Air flow and product arrangement in food freezing environment: a review. **Journal of Postharvest Technology**, [United Kingdom], v. 6, n. 1, p. 87-96, Feb. 2018. Disponível em: <http://jpht.info/index.php/jpht/article/view/20475>. Acesso em: 13 jun. 2019.

LATTANZIO, V. *et al.* Low temperature metabolism of apple phenolics and quiescence of phlyctaena vagabonda. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, [United States], v. 49, n. 12, p. 5817-5821, Dec. 2001. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11743768/>. Acesso em: 22 jun. 2020.

LEAL, A. A. X.; HENRIQUES, C. A.; LUNA, A. S. Revalidação do método analítico de determinação de pH associado a troca de equipamento. **Revista Analytica**, São Paulo, n. 33, p. 52-55, fev. 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000123&pid=S0100-4042201200040003100022&lng=en. Acesso em: 18 jun. 2019.

LEONG, S. Y.; OEY, I. Effects of processing on anthocyanins, carotenoids and vitamin C in summer fruits and vegetables. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 133, n. 4, p. 1577–1587, Aug. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814612002397>. Acesso em: 16 jun. 2019.

LIMA, J. P. *et al.* The antioxidative potential and volatile constituents of mangaba fruit over the storage period. **Scientia Horticulturae**, [Netherlands], v. 194, p. 1-6, Oct. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423815300200>. Acesso em: 9 jun. 2019.

LIMA, R. M. T. *et al.* Estabilidade química, físico-química e microbiológica de polpas de acerola pasteurizadas e não-pasteurizadas de cultivo orgânico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 2, p. 367-373, fev. 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782012000200028. Acesso em: 19 jun. 2019.

LIRA, F. A. S. *et al.* Influência da vitamina C na modulação autonômica cardíaca no repouso e durante o exercício isométrico em crianças obesas. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, Recife, v. 12, n. 3, p. 259-267, ago./set. 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1519-38292012000300006&script=sci_arttext. Acesso em: 22 ago. 2020.

- LIU, Y. *et al.* Phenolic compounds and antioxidant activity in red- and in green fleshed kiwifruits. **Food Research International**, [United States], v. 116, p. 291-301, Feb. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996918306537>. Acesso em: 30 jul. 2020.
- LOLI, A. C.; TOMIO, G. V. O vermelho do tomate em diferentes níveis de maturação calculado por índices de refletância. **Revista Tech & Campo**, Guarapuava, v. 1, n. 1, p. 17-31, jan./jun. 2018. Disponível em: <http://revista.camporeal.edu.br/index.php/tech/article/view/127>. Acesso em: 29 jun. 2019.
- LOPES, A. S.; MATTIETTO, R. A.; MENEZES, H. C. Stability of frozen pitanga pulp. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 25, n. 3, p.553-559, Sept. 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612005000300026&script=sci_abstract. Acesso em: 27 jun. 2019.
- LOPES, J. M. M. *et al.* A preliminary exploration of the potential of *Eugenia uvalha* Cambess juice intake to counter oxidative stress. **Food Research International**, [United States], v. 105, p. 563-569, Mar. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996917308372?via%3Dihub>. Acesso em: 17 jun. 2019.
- LOZANO, J. E.; IBARZ, A. Colour changes in concentrated fruit pulp during heating at high temperatures. **Journal of Food Engineering**, [England], v. 31, n. 3, p. 365-373, Feb. 1997. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877496000799>. Acesso em: 7 jun. 2019.
- MACHADO, T. F.; MONTEIRO, E. R.; TIECHER, T. Chemical, physicochemical and antioxidant stability of freezing pasteurized and unpasteurized pulp. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 22, e2017149, Mar. 2019. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1981-67232019000100405&lng=en&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 27 jun. 2019.
- MAIA, G. A. *et al.* Efeito do processamento sobre componentes do suco de acerola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 130-134, jan./mar. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v27n1/22.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2019.
- MANSOURI, M. T. *et al.* Neuroprotective effects of oral gallic acid against oxidative stress induced by 6-hydroxydopamine in rats. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 138, n. 2-3, p. 1028-1033, Jun. 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23411210/>. Acesso em: 22 jul. 2020.
- MARGADO, C. M. A. *et al.* Shelf life of frozen araticum's pulp vacuum-packed or not vacuum-packed. **Revista Desafios**, Tocantins, v. 6, n. 1, p. 1-8, Mar. 2019. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/desafios/article/view/6783/14993>. Acesso em: 16 nov. 2020.
- MAROSTICA, M. R.; PASTORE, G. M. Tropical fruit flavor. *In*: BERGE, R. G. (ed.). **Flavor and Fragrance**. Springer, Berlin, 2007. p. 189-201.

MARTIM, S. R.; NETO, J. C.; OLIVEIRA, I. M. de A. Características físico-químicas e atividade da peroxidase e polifenoloxidase em genótipos de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Willd ex-Spreng Schum) submetidos ao congelamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 2265-2276, Sept. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/271585665_Caracteristicas_fisico-quimicas_e_atividade_da_peroxidase_e_polifenoloxidase_em_genotipos_de_cupuacu_Theobroma_grandiflorum_Willd_ex-Spreng_Schum_submetidos_ao_congelamento. Acesso em: 25 dez. 2019.

MATTA, V. M.; FREIRE JUNIOR, M.; CABRAL, L. M. C.; FURTADO, A. A. L. Polpa de fruta congelada. **Embrapa Informação Tecnológica**, 2005. 35 p.

MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, P. P. Temperature and the storage of surinam cherries. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 629-634, Dec. 2000. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0103-90162000000400006&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 23 dez. 2019.

MESQUITA, S. S.; TEIXEIRA, C. M. L. L.; SERVULO, E. F. C. Carotenoides: propriedades, aplicações e mercado. **Revista Virtual Química**, Niterói, v. 9, n. 2, p. 672-688, abr. 2017. Disponível em: <http://static.sites.sbq.org.br/rvq.sbq.org.br/pdf/MesquitaNoPrelo.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2019.

MIRANDA, T. G. *et al.* Avaliação do morango em calda submetido a diferentes concentrações de açúcar e condições de armazenamento. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 2, p. 307-315, abr./jun. 2012. Disponível em: <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/1875/1875>. Acesso em: 19 nov. 2019.

MONTEIRO, S. S. *et al.* Influence of preservation by heat and cold on the physicochemical and microbiological characteristics, bioactive compounds of pulp from sapota-do-Solimões (*Quararibea cordata*). **CyTA - Journal of Food**, [United Kingdom], v. 16, n. 1, p. 85-95, July 2017. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476337.2017.1340342>. Acesso em: 3 nov. 2019.

MOTTA, J. D., *et al.* Índice de cor e sua correlação com parâmetros físicos e físico-químicos de goiaba, manga e mamão. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 6, n. 1, p. 74-82, fev. 2015. Disponível em: <https://www.comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/698>. Acesso em: 13 nov. 2019.

MUKHERJEE, A. *et al.* Preharvest evaluation of coliforms, *Escherichia coli*, Salmonella and *Escherichia coli* O157:H7 in organic and conventional produce grown by Minnesota farmers. **Journal of Food Protection**, [United States], v. 67, n. 5, p. 894-900, May 2004. Disponível em: <https://meridian.allenpress.com/jfp/article/67/5/894/169886/Preharvest-Evaluation-of-Coliforms-Escherichia>. Acesso em: 17 nov. 2019.

NISAR, N. *et al.* Carotenoid metabolism in plants. **Molecular Plant**, [United States], v. 8, n. 1, p. 68-82, Jan. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674205214000367>. Acesso em: 27 nov. 2019.

OLAIMAT, A. N.; HOLLEY, R. A. Factors influencing the microbial safety of fresh produce: a review. **Food Microbiology**, [England], v. 32, n. 1, p. 1-19, May 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0740002012000986?via%3Dihub>. Acesso em: 2 nov. 2019.

OLIVEIRA, E. N. A.; FEITOSA, B. F.; SOUZA, R. L. A. **Tecnologia de processamento de frutas: doces, geleias e compotas**. Natal: Editora IFRN, 2018. p. 316.

OLIVEIRA, E. S. *et al.* Qualidade de polpas de frutas congeladas comercializadas em Campos de Goytacazes – RJ. **Revista Vértices**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 73-80, maio 2012. Disponível em: <http://docplayer.com.br/42038922-Qualidade-de-polpas-de-frutas-congeladas-comercializadas-em-campos-dos-goytacazes-rj.html>. Acesso em: 22 out. 2019.

OLIVEIRA, I. A. de. **Análise sistêmica da cadeia produtiva da polpa de frutas dos territórios Açú-Mossoró e Sertão do Apodi (RN)**. 2015. 130 p. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Tecnologia e Sociologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

OLIVEIRA, L. S. *et al.* Quality changes and anthocyanin and vitamin C decay rates of frozen acerola purée during long-term storage. **Journal of Food Processing and Preservation**, [Westport], v. 37, n. 1, p. 25-33, Feb. 2013. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-4549.2011.00610.x>. Acesso em: 2 out. 2019.

OLIVEIRA, L. S. *et al.* The influence of processing and long-term storage on the antioxidant metabolism of acerola (*Malpighia emarginata*) purée. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 151-160, Dec. 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04202011000200007. Acesso em: 22 nov. 2019.

ORDÓÑEZ, J. A. *et al.* Tecnologia de Alimentos. **Componentes dos Alimentos e Processos**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 279 p.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A-J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. **Food Bioprocess Technology**, [United States], v. 6, n. 1, p. 36-60, May 2013. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-012-0867-9>. Acesso em: 12 out. 2019.

PAVLOVSKA, G.; TANEVSKA, S. Influence of temperature and humidity on the degradation of ascorbic acid in vitamin C chewable tablets. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetric**, [United States], v. 111, n. 3, p. 1971-1977, Jan. 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10973-011-2151-z>. Acesso em: 12 set. 2019.

PAZ, M. *et al.* Desenvolvimento de bebida mista à base de água de coco, polpa de acabaxi e acerola. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 59, n. 4, p. 41-47, dez. 2009. Disponível em: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222009000400013. Acesso em: 13 set. 2020.

PENTEADO, A. L.; CASTRO, M. F. P. M.; REZENDE, A. C. B. Salmonella enterica serovar Enteritidis and Listeria monocytogenes in mango (*Mangifera indica* L.) pulp: growth, survival and crosscontamination. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [England], v. 94, n. 13, p. 2746-2751, Oct. 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.6619>. Acesso em: 2 set. 2019.

PEREIRA, M. C. *et al.* Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [United States], v. 60, n. 12, p. 3061-3067, Mar. 2012. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf205263f>. Acesso em: 22 set. 2019.

PLAZA, L. *et al.* Effect of refrigerated storage on vitamin C and antioxidant activity of orange juice processed by high-pressure or pulsed electric fields with regard to low pasteurization. **European Food Research and Technology**, [Germany], v. 223, n. 4, p. 487-493, Aug. 2006. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-005-0228-2>. Acesso em: 23 set. 2019.

RAFFO, A. *et al.* Impact of different distribution scenarios and recommended storage conditions on flavor related quality attributes in ripening fresh tomatoes. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, [United States], v. 60, n. 42, p. 10445-10455, Sept. 2012. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf3028528>. Acesso em: 15 maio de 2020.

RAMIREZ, M. R. *et al.* Evaluation of the polyphenolic content, anti-inflammatory and antioxidant activities of total extract from *Eugenia pyriformes* Cambess (uvaia) fruits. **Journal of Food Biochemistry**, [United States], v. 36, n. 4, p. 405-412, Aug. 2012. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-4514.2011.00558.x>. Acesso em: 3 set. 2019.

RAMOS, K. K. *et al.* Mathematical modeling of uvaia byproduct drying and evaluation of quality parameters. **Food Science and Biotechnology**, [South Korea], v. 26, n. 3, p. 643-651, June 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10068-017-0078-2>. Acesso em: 3 ago. 2019.

RAPOSO, M. F.; MORAIS, A. M.; MORAIS, R. M. Carotenoids from marine microalgae: A valuable natural source for the prevention of chronic diseases. **Marine Drugs**, [Switzerland], v. 13, n. 8, p. 5128-5155, Aug. 2015. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-3397/13/8/5128>. Acesso em: 13 ago. 2019.

RAWSON, A. *et al.* Effect of thermal and non thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: review of recent advances. **Food Research International**, [United States], v. 44, n. 7, p. 1875-1887, Aug. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996911001554>. Acesso em: 13 jul. 2020.

REZAIRE, A. *et al.* Amazonian palm *Oenocarpus bataua* (“patawa”): chemical and biological antioxidant activity: phytochemical composition. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 149, p. 62-70, Apr. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814613015227>. Acesso em: 14 jul. 2020.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Edgard Brillucher, 2007.

RICKMAN, J. C.; BARRETT, D. M.; BRUHN, C. M. Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part 1. Vitamins C and B and phenolic compounds. **Journal of the Science of Food Agriculture**, [United States], v. 87, p. 930-944, Mar. 2007. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.2825>. Acesso em: 19 abr. 2020.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Reliability of carotenoid analysis: an update. **International Journal of Food Science Technology**, [United States], v. 7, p. 83-89, Feb. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/sa/v71n5/11.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2019.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenoides: Tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos**. Brasília: MMA/SBF, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/292260585_J_Fontes_Brasileiras_de_Carotenoides_Tabela_Brasileira_de_Composicao_de_Carotenoides_em_Alimentos. Acesso em: 17 ago. 2020.

RONDAN-SANABRIA, G. G. *et al.* Compostos voláteis da acerola (*Malpighia emarginata*) obtidos por HS-SPME em dois estágios de maturação. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 42, n. 1, p. 261-270, mar. 2019. Disponível em http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2019000100028&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 25 nov. 2020.

RUFINO, M. S. M. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 nontraditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 121, n. 4, p. 996-1002, Aug. 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/34191/1/PA10008.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2019.

RUFINO, M. S. M. *et al.* Quality for fresh consumption and processing of some non-traditional tropical fruits from Brazil. **Fruits**, [France], v. 64, n. 6, p. 361-370, Nov. 2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/631941/quality-for-fresh-consumption-and-processing-of-some-non-traditional-tropical-fruits-from-brazil>. Acesso em: 17 ago. 2019.

RUFINO, M. S. M. **Propriedades funcionais de frutas tropicais brasileiras não tradicionais**. 2008. 237 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2008.

SAHARI, M. A.; MOHSEN, B. F.; ZOHREH, H. E. Effect of low temperature on the ascorbic acid content and quality characteristics of frozen strawberry. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 86, n. 3, p. 357-363, July 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814603004734>. Acesso em: 7 ago. 2019.

SALGADO, S. M.; GUERRA, N. B.; MELO FILHO, A. D. Polpa de fruta congelada: efeito do processamento sobre o conteúdo de fibra alimentar. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 3, p. 303-308, set./dez. 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rn/v12n3/v12n3a09>. Acesso em: 7 jul. 2019.

SANTOS, C. A. A.; COELHO, A. F. S.; CARREIRO, S. C. Avaliação microbiológica de polpas de frutas congeladas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 913-915, out./dez. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v28n4/a23v28n4.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2020.

SANTOS, J. S.; SANTOS, M. L. P.; AZEVEDO, A. S. Validação de um método para determinação simultânea de quatro ácidos orgânicos por cromatografia líquida de alta eficiência em polpas de frutas congeladas. **Química Nova**, São Paulo, v. 37, n. 3, p. 540-544, maio/jun. 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422014000300025&script=sci_arttext. Acesso em: 17 jul. 2019.

SCALON, S. P. Q.; DELL'OLIO, P.; FORNASIERI, J. L. Temperatura e embalagens na conservação pós-colheita de *Eugenia uvalha* Cambess – Mirtaceae. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n.6, p. 1965-1968, dez. 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782004000600048&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 17 jun. 2019.

SCHIASSI, M. C. E. V. *et al.* Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 245, p. 305-311, Apr. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814617317454>. Acesso em: 10 jun. 2019.

SCHIASSI, M. C. E. V. *et al.* Optimization for sensory and nutritional quality of a mixed berry fruit juice elaborated with coconut water. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 40, n. 4, p. 985-992, May 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0101-20612020005009211&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 13 set. 2020.

SCHMIDT, H. O. *et al.* Vitamin and bioactive compounds diversity of seven fruit species from south Brazil. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [England], v. 99, n. 7, p. 3307-3317, May 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.9544>. Acesso em: 23 jun. 2019.

SINGH, B. *et al.* Phenolic compounds as beneficial phytochemicals in pomegranate (*Punica granatum* L.) peel: a review. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 261, p. 75-86, Sept. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814618306538>. Acesso em: 13 jul. 2020.

SEBASTIANY, E.; REGO, E. R.; VITAL, M. J. S. Avaliação do processo produtivo de polpas de frutas congeladas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 69, n. 3, p. 318-326, jun. 2010. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.9544>. Acesso em: 13 jun. 2019.

SEBASTIANY, E.; REGO, E. R.; VITAL, M. J. S. Qualidade microbiológica de polpas de frutas congeladas. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 68, n. 2, p. 224-231, ago. 2009. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/c5f8/cc02e531cba23bd796e6d273d0a658a8d138.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2019.

SGANZERLA, W. G. *et al.* Geographical discrimination of uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) by principal component analysis. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [United States], v. 99, p. 6778-6787, Aug. 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.9961>. Acesso em: 11 maio 2020.

SGANZERLA, W. G. *et al.* Nutritional, physicochemical and antimicrobial properties of uvaia pulp (*Eugenia pyriformis* Cambess). **Communications in Plant Sciences**, Jaboticabal, v. 8, p. 1-7, Jan. 2018. Disponível em: <https://cpsjournal.org/2018/02/06/nutritional-physicochemical-and-antimicrobial-properties-of-uvaia-pulp-eugenia-pyriformis-cambess/>. Acesso em: 1 maio 2020.

SILVA, A. P. G. *et al.* Characteristics of the fruits of two uvaia populations grown in Salesópolis, SP, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 2, e-511, May 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452018000200905. Acesso em: 28 maio 2020.

SILVA, D. F. *et al.* Conservação pós-colheita de fisális e desempenho produtivo em condições edafoclimáticas de Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 6, p. 826-832, dez. 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-737X2013000600011&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 7 abr. 2020.

SILVA, D. F. P. *et al.* Degradação de antioxidantes e sólidos solúveis em polpa de pêssego. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 26, n. 343, p. 1136-1140, fev. 2014b. Disponível em: <https://docplayer.com.br/55387288-Degradacao-de-antioxidantes-e-solidos-soluveis-em-polpa-de-pessego.html>. Acesso em: 18 maio 2020.

SILVA, L. L.; CARDOSO, L. M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Influência do branqueamento, pasteurização e congelamento nas características físico-químicas, nos carotenoides e no valor de vitamina A de polpa de araticum (*Annona crassiflora* Mart.). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 74, n. 1, p. 30-38, fev. 2015. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-783220>. Acesso em: 18 abr. 2020.

SILVA, N. A. *et al.* Phenolic compounds and carotenoids from four fruits native from the Brazilian Atlantic Forest. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [United States], v. 62, n. 22, p. 5072-5084, June 2014a. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf501211p>. Acesso em: 21 maio 2020.

SILVA, S. N. *et al.* Composição físico-química e colorimétrica da polpa de frutos verdes e maduros de *Cereus jamacaru*. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 30, p. 11-17, jan. 2019. Disponível em: <https://magistraonline.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/view/621>. Acesso em: 23 maio 2020.

SOARES, G. L. *et al.* Caracterização físico-química de polpa de coco verde submetida ao congelamento lento e rápido. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 3, p.185-190, ago. 2015. Disponível em: <http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/2182>. Acesso em: 11 abr. 2020.

SOUSA, Y. A. *et al.* Avaliação físico-química e microbiológica de polpas de frutas congeladas comercializadas em Santarém-PA. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 23, fev. 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1981-67232020000100400&script=sci_arttext. Acesso em: 16 nov. 2020.

SOUZA, A. V.; VIEIRA, M. R. S.; PUTTI, F. F. Correlações entre compostos fenólicos e atividade antioxidante em casca e polpa de variedades de uva de mesa. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 21, e2017103, fev. 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1981-67232018000100426&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 3 abr. 2020.

SOUZA-SILVA, É. A. *et al.* A critical review of the state of the art of solid-phase microextraction of complex matrices II. Food analysis. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, [Netherlands], v. 71, p. 236-248, Sept. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165993615001624>. Acesso em: 25 nov. 2020.

SUÁREZ, N. F. *et al.* Consumer profile: blackberry processing with different types of sugars. **Food Science and Technology**, Campinas, p. 1-8, Oct. 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612020005026204&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 22 out. 2020.

SUCUPIRA, N. R.; XEREZ, A. C. P.; SOUSA, P. H. M. Perdas vitamínicas durante o tratamento térmico de alimentos. **Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 14, n. 2, p. 121-128, abr. 2012. Disponível em: <https://revista.pgsskroton.com/index.php/JHealthSci/article/view/1025>. Acesso em: 23 abr. 2020.

TAIZ, L.; ZEIGERT, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAN, X. Y. *et al.* Effect of freezing on minimally processed durian for long term storage. **Scientia Horticulturae**, [Netherlands], v. 264, 109170, Apr. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423819310568>. Acesso em: 3 jun. 2020.

TAVARES, I. M. C. *et al.* Comprehensive study of the phenolic composition of the edible parts of jambolan fruit (*Syzygium cumini* (L.) Skeels). **Food Reserch International**, [United States], v. 82, p. 1–13, Apr. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996916300187>. Acesso em: 27 jul. 2020.

TORREZAN R. **Frutas**. 2020. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000fid57plx02wyiv80z4s4737f5asrp.html. Acesso em: 11 nov. 2020.

TORRI, L.; SINELLI, N.; LIMBO, S. Shelf life evaluation of fresh-cut pineapple by using an electronic nose. **Postharvest Biology and Technology**, [Amsterdam], v. 56, n. 3, p. 239-245 June 2010. Disponível em: Acesso em: 25 jul. 2020.

TRUEBA, G. P.; SANCHEZ, G. M. Los flavonoides como antioxidantes naturales. **Latin American Journal of Pharmacy**, Buenos Aires, v. 20, n. 4, p. 297-306, jan. 2001. Disponível em: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/6979>. Acesso em: 19 jul. 2020.

VAN BOEKEL, M. *et al.* A review on the beneficial aspects of food processing. **Molecular Nutrition & Food Research**, [Germany], v. 54, n. 9, p. 1215-1247, Sept. 2010. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/mnfr.200900608>. Acesso em: 13 mar. 2020.

VANNUCCHI, H.; ROCHA, M. de M. **Funções plenamente reconhecidas de nutrientes: ácido ascórbico (vitamina C)**. São Paulo: ILSI Brasil, 2012.

VARGAS-MURGA, L. *et al.* Fruits and vegetables in the Brazilian Household Budget Survey (2008-2009): carotenoid content and assessment of individual carotenoid intake. **LWT: Journal of Food Composition and Analysis**, [United States], v. 50, p. 88-96, June 2016. Disponível em: <https://bv.fapesp.br/en/publicacao/122511/fruits-and-vegetables-in-the-brazilian-household-budget-survey/>. Acesso em: 23 mar. 2020.

VASCONCELOS, M. A. S.; MELO FILHO, A. B. **Conservação de Alimentos**. Recife: Edufrpe, 2010. 130 p.

VERRUCK, S.; PRUDENCIO, E. S.; SILVEIRA, S. M. Compostos bioativos com capacidade antioxidante e antimicrobiana em frutas. **Revista CSBEA**, Pinhalzinho, v. 4, n. 1, p. 111-124, nov. 2018. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/revistacsbea/article/view/13312>. Acesso em: 17 set. 2020.

VIÇOSI, K. A. *et al.* Adubação nitrogenada no desenvolvimento inicial de uvaia. **Journal of Neotropical Agriculture**, Cassilândia, v. 6, n. 1, p. 82-86, jan./mar. 2019. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/2612>. Acesso em: 23 fev. 2020.

VOON, Y. Y. *et al.* Volatile flavour compounds and sensory properties of minimally processed durian (*Durio zibethinus* cv. D24) fruit during storage at 4 °C. **Postharvest Biology and Technology**, [Netherlands], v. 46, n. 1, p. 76-85, Oct. 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521407001457>. Acesso em: 12 jan. 2020.

YANG, H.; DOU, Q. P. Targeting apoptosis pathway with natural terpenoids: Implications for treatment of breast and prostate cancer. **Current Drug Targets**, [Sharjah], v. 11, n. 6, p. 733–744, June 2010. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3306610/>. Acesso em: 19 maio 2020.

ZHANG, X.; SHAO, X. Characterization of polyphenol oxidase and peroxidase and the role in browning of loquat fruit. **Czech Journal of Food Science**, [Praha], v. 33, n. 2, p. 109-117, Apr. 2015. Disponível em: <https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/148542.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2020.

ZILLO, R. R. *et al.* Parâmetros físico-químicos e sensoriais de polpa de uvaia (*Eugenia Pyriformis*) submetidas à pasteurização. **Bioenergia em Revista: Diálogos**, Piracicaba, v. 4, n. 2, p. 20-33, jul./dez. 2014. Disponível em: <http://www.fatecpiracicaba.edu.br/revista/index.php/bioenergiaemrevista/article/view/133>. Acesso em: 23 jan. 2020.

ZILLO, R. R. *et al.* Qualidade físico-química da fruta in natura e da polpa de uvaia congelada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 293-298, set. 2013. Disponível em: https://www.academia.edu/19442117/QUALIDADE_F%C3%80SICO_QU%C3%80MICA_DA_FRUTA_IN_NATURA_E_DA_POLPA_DE_UVAIA_CONGELADA. Acesso em: 3 jan. 2020.

SEGUNDA PARTE – ARTIGO**ARTIGO 1- Estabilidade de polpa de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) submetida ao congelamento por ar estático e forçado**

Normas da Revista Científica: Journal of Food Processing and Preservation
ISSN: 1745-4549
(versão preliminar)

Daiana Ribeiro Vilela¹, Leandro Levate Macedo¹, Mariana Crivelari da Cunha¹, Laryanne Lopes de Carvalho Dias¹, Elisangela Elena Nunes Carvalho¹, Jaime Vilela de Resende¹, e Eduardo Valério de Barros Vilas Boas^{1*}

¹Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 37200-900, Brasil.

*Autor correspondente: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, Campus Universitário, Departamento de Ciência dos Alimentos, Caixa Postal 3037, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 37200-900, Brasil.
E-mail: evbvboas@ufla.br

Título curto: Alterações em polpa de uvaia congelada sob armazenamento prolongado.

Resumo A uvaia é uma fruta exótica altamente perecível, com isso, o processamento e a utilização de técnicas de conservação pós-colheita são alternativas para viabilizar o seu consumo e comercialização. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do congelamento por ar estático (AE) e ar forçado (AF) sobre a estabilidade física, química e microbiológica de polpa de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) durante 12 meses de armazenamento. A polpa de uvaia exibiu alterações de coloração com tendência ao escurecimento, redução do pH, carotenoides, fenólicos totais, vitamina C e atividade antioxidante (AA) e aumento da acidez titulável (AT) ao longo do armazenamento, a despeito do método de congelamento, embora o teor de sólidos solúveis (SS) não tenha sido influenciado por nenhum dos fatores. Cinco compostos fenólicos e 12 voláteis foram identificados, sendo os majoritários, ácidos gálico e clorogênico, dentre os fenólicos e hexanoato de etila e octanol, dentre os voláteis. O método de congelamento por AF foi mais eficaz que por AE na retenção de fenólicos, carotenoides, atividade antioxidante e voláteis, ao longo do armazenamento. As boas práticas de fabricação garantiram a qualidade microbiológica da polpa, preservada por 12 meses, a despeito do método de congelamento. A polpa de uvaia congelada pode ser considerada um veículo de compostos bioativos, com atividade antioxidante, segura microbiologicamente, mesmo após 12 meses de armazenamento.

Palavras-chave: Armazenamento prolongado; Atividade antioxidante; Compostos bioativos; Frutas exóticas; Qualidade.

Aplicações Práticas

A polpa de uvaia apresenta sabor e aroma peculiares podendo ser utilizada como matéria-prima alternativa às opções convencionais em diferentes produtos (iogurtes, sorvetes, bebidas fermentadas, sucos e geleias). Por ser uma fruta sazonal e extremamente perecível, o congelamento da polpa é uma alternativa para prolongar a vida útil da uvaia. As características

microbiológicas, físico-químicas, teor de compostos antioxidantes, perfil de fenólicos e voláteis são importantes parâmetros de qualidade de polpa de frutas congeladas e podem ser afetados pelo tempo de armazenamento e método de congelamento aplicado. Portanto, a avaliação da influência desses fatores na qualidade da polpa de uvaia é relevante e pode ser aplicada na indústria de alimentos para manter a qualidade da polpa.

1 INTRODUÇÃO

A busca por uma vida mais saudável abre espaço para a expansão do consumo de frutas e hortaliças. Sabe-se que esses alimentos possuem um papel fundamental na dieta alimentar, pois são fontes de energia, vitaminas, fibras, minerais e compostos bioativos que, pela ação antioxidante, contribuem para a prevenção de diversas doenças crônicas e degenerativas. Nesse âmbito, o consumo de frutas exóticas vem crescendo em todo o mundo, devido ao reconhecimento do elevado valor nutricional e efeitos preventivos e benéficos à saúde (Contini, Boncinelli, Marone, Scozzafava, & Casini, 2020).

Dentre as frutas exóticas, destaca-se a uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess), pertencente à família Myrtaceae e nativa dos biomas Cerrado e Mata Atlântica brasileira. Seus frutos exibem coloração amarela ou alaranjada, sabor e aroma agradáveis, com polpa macia, carnosa, suculenta e sabor ácido (Da Silva et al., 2019).

O conhecimento da composição química de um fruto é fundamental para determinar o seu potencial sensorial, nutricional e funcional, visando seu consumo e comercialização. Estudos têm comprovado o alto valor nutricional e potencial funcional da uvaia, sendo ela veículo de minerais, vitaminas e compostos bioativos, em especial fenólicos e carotenoides, potentes antioxidantes (Sganzerla et al., 2019; Branco, Kikuchi, Argandoña, Moraes, & Haminiuk, 2016).

Conhecida por poucos, boa parte da uvaia que circula no mercado interno é oriunda da flora nativa, sendo seu período de produção curto, o que limita sua utilização. O fruto apresenta casca frágil e suscetível a danos mecânicos, o que resulta em uma vida pós-colheita curta, mesmo sob refrigeração (Branco, Kikuchi, Argandoña, Moraes, & Haminiuk, 2016). Logo, a alta perecibilidade da uvaia, aliada à sua sazonalidade, tornam clara a necessidade de investimentos em seu processamento, visando a garantia da disponibilidade do fruto ao longo do ano.

De fato, a uvaia possui grande potencial industrial de consumo e pode ser utilizada como matéria-prima na produção de bebidas, iogurtes, compotas e sorvetes. Sua qualidade nutricional e seu apelo sensorial podem ser explorados pelas indústrias de alimentos, cosméticos e fármacos (Sganzerla et al., 2019).

Dentre as técnicas de conservação de frutas, destaca-se o congelamento, considerado um dos métodos mais eficazes na preservação, a longo prazo, de atributos de qualidade de alimentos perecíveis. Neste método, a temperatura do alimento é reduzida abaixo do seu ponto de congelamento ($<0^{\circ}\text{C}$), alterando o estado físico da água, pela formação de cristais de gelo.

Em baixas temperaturas, as condições são desfavoráveis ao crescimento de microrganismos deteriorantes e as reações enzimáticas e oxidativas acontecem em uma velocidade reduzida, aumentando a vida útil e a segurança microbiológica do produto. Porém, podem ocorrer modificações no teor de alguns compostos, como vitaminas, fenólicos e carotenoides (Gonçalves, Resende, Carvalho, Resende, & Vilas Boas, 2018; 2019; Gonçalves et al., 2020; 2017a; Monteiro et al., 2017).

O tipo de congelamento e, conseqüentemente, o tamanho e forma dos cristais de gelo refletem diretamente na qualidade final do produto congelado (Gonçalves et al., 2017a). O efeito do processo de congelamento é verificado por alterações na consistência da polpa e em sua composição causadas por reações químicas durante o armazenamento posterior. A

consistência da polpa e aparência global é mantida melhor em congelamento rápido (Dalvi-Isfahan et al., 2019).

Diversos estudos já foram realizados caracterizando polpas de frutas recém processadas e congeladas, mas apenas um com uvaia (Sganzerla et al., 2018). No entanto, poucos estudos abordaram a aplicação de tecnologias de conservação pós-colheita sob armazenamento prolongado de frutos (Gonçalves, Resende, Carvalho, Resende, & Vilas Boas, 2017c; 2018; 2019; Gonçalves et al., 2020; Tan, Misran, Daim, Ding, & Pak Dek, 2020; Behsnilian & Mayer-Miebach, 2017; Monteiro et al., 2017) ressaltando-se que nenhum envolveu a uvaia.

Nesse sentido, este trabalho é pioneiro ao avaliar a eficácia de dois métodos de congelamento na manutenção da qualidade e segurança de polpa de uvaia armazenada a longo prazo. Estudos como este são fundamentais para determinar técnicas de conservação eficientes e tempos de armazenamento que preservem a integridade do produto, em termos nutricionais, sensoriais e de segurança. Tais resultados podem ser utilizados por produtores como incentivo à plantação de espécies exóticas, no manuseio e conservação de seus frutos e por indústrias de ingredientes de diferentes seguimentos, a fim de disponibilizar matérias-primas diversificadas além do período de safra.

Considerando-se o exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade de polpa de uvaia submetida a duas formas de congelamento, por ar estático (AE) e ar forçado (AF), durante 12 meses de armazenamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção e preparação de amostras

Frutos de uvaieira (*Eugenia pyriformis*), oriundos do município de Coqueiral, Minas Gerais, Brasil (21.1894° S, 45.4411° W) foram colhidos, em batelada, ao longo dos meses de setembro a novembro de 2018, lavados em água corrente e submetidos à sanitização por

imersão em água clorada com hipoclorito de sódio (100 mg.L^{-1} por 10 minutos). Após a sanitização, os frutos íntegros foram drenados com papel absorvente e embalados em sacos de polietileno e congelados até que toda a parcela experimental necessária para a execução de todas as análises fossem coletadas. Posteriormente, os frutos foram descongelados em água corrente, despulpados, em que o caroço foi separado manualmente e homogeneizados em liquidificador (Mondial, Turbo Power L-99 FB, Barueri, SP, Brasil). As polpas foram acondicionada em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD), $0.18 \mu\text{m}$, nas dimensões $10 \times 15 \times 0,10 \text{ cm}$ (50 g por embalagem), os quais foram selados em Seladora Pedal (Sulpack, modelo SP 350, Caxias do Sul, RS, Brasil). As amostras obtidas foram divididas em dois lotes e congeladas: 1) utilizando ar forçado (AF) com velocidade média do ar $1,64 \pm 0,06 \text{ m.s}^{-1}$ e temperatura $-25 \pm 4^\circ\text{C}$ em câmara de congelamento (kitFrigor, São Paulo, Brasil); 2) utilizando ar estático (AE) com temperatura de -18°C em um congelador horizontal (Consul, modelo CHA31C, São Bernardo do Campo, SP, Brasil). Após atingir o congelamento por AF, as amostras foram retiradas da câmara e armazenadas em congelador horizontal, junto com as amostras congeladas por AE, sob temperatura de -18°C , durante 12 meses.

2.2 Delineamento experimental

Um delineamento inteiramente casualizado (DIC) foi utilizado, em fatorial 2×5 , com dois métodos de congelamento (1- Congelamento por AE; 2- Congelamento por AF) e cinco tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses), com três repetições. A parcela experimental foi constituída por 150 g de polpa acondicionada em três embalagens de 50 g de polpa.

2.3 Análises

2.3.1 Histórico de temperatura

Termopares tipo T (cobre-constantan) foram inseridos nos centros geométricos das embalagens para a obtenção dos históricos de temperaturas das amostras durante o congelamento com AF e AE. Os termopares foram conectados a um sistema de condicionamento de sinais (National Instruments, modelo SCXI, Hungria). As medições de temperatura foram feitas em intervalos de 30 segundos utilizando o software LabVIEW 8.5.

2.3.2 Microbiológicas

As análises foram realizadas em triplicata nos tempos de armazenamento de 0 e 12 meses, utilizando porções de 25 g das polpas, pesadas assepticamente e homogeneizadas com 225 mL de água peptonada a 0,1%. Posteriormente, diluições seriadas foram realizadas. Contagens de fungos filamentosos e leveduras foram determinadas por espalhamento em superfície no meio DRBC (Dicloran Rosa Bengala Cloranfenicol) (Merck KGaA, Germany), após incubação a 25°C por 7 dias. Os resultados foram expressos em unidade formadora de colônias (UFC). g⁻¹. A análise de coliformes totais e termotolerantes foi realizada utilizando a técnica do número mais provável (NMP). Os resultados foram expressos em NMP.g⁻¹. As análises foram conduzidas com base nas metodologias descritas pela Comissão Internacional de Especificações Microbiológicas para Alimentos (ICMSF, 1983) e Silva et al. (2007).

2.3.3 Sólidos solúveis (SS), pH e acidez titulável (AT)

SS, pH e AT foram determinados de acordo com AOAC (2016) após homogeneização da polpa em água na proporção 1:1 (m.v⁻¹). O teor de SS foi determinado utilizando um refratômetro digital. O pH foi determinado usando um medidor de pH e AT por titulação com solução de hidróxido de sódio 0,1 N (NaOH). Os resultados de SS e AT foram expressos em g.100 g⁻¹, sendo a AT estimada com base no ácido cítrico.

2.3.4 Coloração

As medições de cor foram realizadas utilizando um colorímetro instrumental (Konica Minolta spectrophotometer, modelo CM5, São Paulo, SP, Brasil). A escala de cores CIELab foi empregada para medir o grau de claridade (L^*), (b^*), ângulo de tonalidade Hue (h°) e grau de saturação (C^*) das polpas de uvaia.

2.3.5 Compostos bioativos e atividade antioxidante (AA)

A extração e quantificação de carotenoides (α -caroteno, β -caroteno, ζ -caroteno, γ -caroteno e licopeno) foi realizado de acordo com o método proposto por Rodrigues-Amaya (2001). Amostras de 5 g foram adicionadas em 20 mL de acetona P.A gelada. A mistura foi homogeneizada por 20 minutos em agitador (Nova ética, modelo 109-2TCM, Vargem Grande Paulista, SP, Brasil) para a extração. Em seguida, a amostra foi filtrada em papel filtro com porosidade 14 μm , e o resíduo foi lavado com 20 mL de acetona, por três vezes. O filtrado foi transferido para um funil de separação recoberto com papel alumínio. Uma alíquota de 30 mL de éter de petróleo e 100 mL água foi vertida, nesta ordem, através de um funil de separação. Decorrido o tempo de separação das fases, descartou-se a fase incolor e o procedimento repetido três vezes para a remoção completa da acetona. Em seguida, o extrato que permaneceu no funil foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL e o volume completado com éter de petróleo. O extrato permaneceu em frasco escuro até o momento da leitura. As amostras foram analisadas em comprimentos de onda de 444, 450, 456, 462 e 470 nm para o α -caroteno, β -caroteno, ζ -caroteno, γ -caroteno e licopeno, respectivamente.

Os teores dos carotenoides foram calculados de acordo com a equação 1 (Eq. 1) e os resultados expressos em $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de amostra.

$$\text{Teor de carotenoides } \frac{\mu\text{g}}{\text{g}} = \frac{A \times V \text{ (mL)} \times 10^6}{A^{1\% \text{ 1cm}} \times M \text{ (g)}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que: A= absorvância da solução nos comprimentos de onda 444, 450, 456, 462 e 470 nm. V= volume total do extrato (100 mL); $A^{1\% 1cm}$ = coeficiente de absorvidade molar do pigmento no solvente éter de petróleo, M= massa da amostra tomada para a análise. Os coeficientes de extinção adotados para o α -caroteno, β -caroteno, ζ -caroteno, γ -caroteno e licopeno no éter de petróleo foram 2800, 2592, 3292, 3100 e 3450, respectivamente.

Os extratos utilizados nas análises de compostos fenólicos totais e AA foram preparados baseado no método desenvolvido de Larrauri, Rupérez, e Saura-Calixto (1997). De forma simplificada, 5 g da polpa congelada foram homogeneizadas em 25 mL de metanol 50% (v.v⁻¹), durante 1 hora em banho ultrassônico (Unique, modelo USC-1600A, Rodovia, SP, Brasil), em condições ambientais. O extrato obtido foi centrifugado em uma centrífuga (Beckman, GS-15R, Germany) a 8832 x g durante 15 minutos à 5°C e filtrado em papel de filtro com porosidade 14 μ m. O filtrado (1) foi armazenado e o resíduo que permaneceu no papel filtro foi raspado e homogeneizado em 25 mL de acetona 70% (v.v⁻¹), repetindo-se o procedimento anterior, até obter-se o filtrado (2). A junção dos filtrados (1) e (2), correspondeu ao extrato utilizado nas análises. O extrato foi congelado até a realização da análise.

Os compostos fenólicos totais foram determinados pelo método Fast Blue, de acordo com Medina (2011). As leituras da absorvância foram mensuradas utilizando um espectrofotômetro (VIS 325-1,000 nm, modelo Biospectro SP-22, São Paulo, SP, Brasil), no comprimento de onda de 420 nm. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico 100 g⁻¹ de amostra.

Para a extração de vitamina C, 5 g de cada amostra de polpa, 45 mL de ácido oxálico (0,5%) e uma pitada de kiesselgur foram agitados por 30 minutos e as misturas foram filtradas. As amostras foram analisadas em um espectrofotômetro com absorvância de 520 nm para quantificar o teor de ácido ascórbico (vitamina C) pelo método colorimétrico com 2,4-

dinitrofenil-hidrazina (DNPH), conforme proposto por Strohecker e Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico 100 g^{-1} de amostra.

A atividade antioxidante foi determinada por três métodos. A AA pelo método do Poder Antioxidante de Redução do Ferro (FRAP) foi determinada segundo a metodologia descrita por Rufino et al. (2010), com resultados expressos em μM de sulfato ferroso g^{-1} de amostra. A AA pelo complexo fosfomolibdênio foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Prieto, Pineda e Aguilar (1999), em que as leituras espectrofotométricas foram realizadas no comprimento de onda de 695 nm e os resultados expressos em mg de ácido ascórbico 100 g^{-1} de amostra. A AA pela Captura do Radical Livre ABTS* (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) foi determinada segundo a metodologia descrita por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995) adaptada por Rufino et al. (2007). As leituras espectrofotométricas foram realizadas no comprimento de onda de 734 nm e os resultados foram expressos em μM de trolox. g^{-1} de amostra.

2.3.6 Perfil de fenólicos

A extração e análise de perfil de fenólicos foram baseadas na metodologia proposta por Ramaya et al. (2013).

Na etapa de extração dos compostos fenólicos individuais, a amostra (2,5 g) foi homogeneizada em 20 mL de solução contendo 70% de metanol em água (v.v⁻¹). Em seguida, foram colocadas em banho ultrassônico em condições ambientais por 1 hora. Os extratos foram centrifugados a $1400 \times \text{g}$ por 15 minutos à 4°C e filtrados em papel de filtro Whatman N° 2, com porosidade (14 μm).

A análise de compostos fenólicos individuais foi realizada utilizando a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) (Prominence HPLC System, Shimadzu Scientific Instruments, Tampa, FL, United States) e detector de arranjo de diodos (DAD) (modelo SPDM-

20A, Shimadzu, Barueri, SP, Brasil). Resumidamente, para a injeção das amostras no cromatógrafo, os extratos foram novamente filtrados em filtro de seringa, com porosidade de 0,45 μm (Filtrilo, Colombo, PR, Brazil). As análises cromatográficas foram realizadas usando uma Coluna Shim-pack VP-ODS 250mm x 4,6mm x 5 μm e pré-coluna Shim-pack GVP-ODS 10mm x 4,6mm x 5 μm . Utilizou-se como fase móvel A (água: ácido acético 98: 2 v. v⁻¹) e como fase móvel B (metanol / água / acético ácido 70: 28: 2 v/v), à um fluxo de 1,0 mL. min⁻¹, sob gradiente de eluição (0,01min-0%B, 5min-20%B; 25min-40%B; 43min-45%B; 50min-80%B; 55min-0%B; 65min-STOP). O volume de injeção foi de 20 μL e as análises foram realizadas a 35°C e os resultados avaliados à 280 nm.

Os compostos fenólicos foram identificados comparando os tempos de retenção e espectros de absorção de UV - Vis com os padrões adquiridos (catequina, vanilina, resveratrol e ácidos gálico, clorogênico, cafeico, ferrúlico, *trans*-cinâmico, *p*-, *o*- e *m*-cumárico). Os resultados foram expressos em mg composto fenólico 100 g⁻¹ de amostra.

2.3.7 Perfil de Compostos Voláteis

Os compostos voláteis foram extraídos por microextração em fase sólida (SPME), e tentativamente identificados por espectrometria de massa por cromatografia gasosa. Uma fibra de polidimetilsiloxano/carboxen/divinilbenzeno – 1 cm (PDMS/CAR/DVB, 65 μm , Supelco) foi empregada para a extração dos compostos voláteis presentes na amostra. 4 g de polpa congelada foram transferidas para um frasco com uma capacidade de 20 mL, sem agitação e a extração dos compostos voláteis foi realizada a 40°C por 30 minutos, onde a fibra foi exposta ao espaço superior do frasco contendo a amostra. Decorridos os 30 min de exposição à fibra, a seringa foi imediatamente levada ao injetor GC-MS, no qual os compostos voláteis foram dessorvidos a 220°C durante 2 min e transferidos diretamente para a coluna cromatográfica. Um sistema de cromatografia de gás (modelo Shimadzu GCQP-2010 Plus), juntos com um detector

seletivo de massa (modelo QP5050 A), equipado com uma coluna capilar de sílica fundida DB5 (30 m x 0,25 mm e 0,25 µm de espessura), com sua fase estacionária como 5% difenil e 95% polidimetilsiloxano (DB5), foi utilizado para separar e identificar os compostos extraídos. A temperatura do injetor era 220°C, e a coluna foi programada para ter uma temperatura inicial de 40°C, com 4°C adicionados a cada minuto até a temperatura atingir 200°C. O fluxo taxa do gás transportador (hélio) foi de 1,0 mL / min, SPLIT 1:5, com um volume injetado de 1 µL e pressão inicial da coluna de 100 kPa. As condições do espectrômetro de massa (MS) foram: o seletivo detecção de massas operadas por impacto eletrônico e energia de impacto de 70 eV; sendo as temperaturas da fonte de íons e interface de 200°C e 240°C, respectivamente. O intervalo de varredura foi de 45 e 600 Da. Cada componente foi identificado por comparação de seus índices de retenção em relação à co-injeção de uma solução padrão de *n*-alcanos (C8-C20, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO) e por comparação dos espectros de massa do banco de dados da biblioteca Wiley (Wiley 8. FFNSC.1.2. Lib e LIB) e da literatura (Adams, 2007). Os índices de retenção foram calculados usando a equação Van den Dool & Kratz (1963) e comparados com os índices de retenção da literatura (Adams, 2007). As concentrações dos constituintes presentes na fração volátil foram expressas pela porcentagem de área do cromatograma total de íons (área normalizada em porcentagem).

2.3.7 Estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e quando o F foi significativo, as médias foram submetidas ao teste de Tukey, para avaliar o efeito do fator método de congelamento e à análise de regressão polinomial, para avaliar o efeito do tempo de armazenamento, utilizando-se o software Statistica v.10, considerando-se o nível de significância de 0,05.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Histórico de temperaturas durante congelamento

As curvas de congelamento das polpas de uvaia submetidas aos métodos AF e AE são apresentadas nas Figuras 1A e 1B, respectivamente.

O tempo de congelamento das amostras foi definido quando as leituras dos termopares inseridos no centro geométrico das amostras atingiram a temperatura de -18°C para os métodos de congelamento AF e AE, o que aconteceu com o tempo de 2,62 horas (aproximadamente 9438,60 segundos) para o congelamento com AF e 7,6 horas (aproximadamente 27447,70 segundos) para o congelamento com AE. A temperatura de início de congelamento da polpa de uvaia foi de $-2,7 \pm 0,13^{\circ}\text{C}$. A temperatura de início de congelamento é tomada como a temperatura após o pico de subresfriamento e no início de um patamar de temperatura que caracteriza a mudança de fase da polpa de fruta e é uma propriedade que varia com o teor de sólidos solúveis da polpa e independe do método congelamento. Para atingir essa temperatura, os métodos AF e AE demandaram 1646,02 e 3900 segundos, respectivamente.

O método AF demandou menor tempo de congelamento, resultando em uma redução de aproximadamente 65,60% em relação ao método AE, o que aponta que o AF determina início da nucleação de forma mais rápida que AE. Após o início da cristalização, ocorre a mudança de fase com a formação de gelo e a velocidade da frente de congelamento é uma importante resposta, pois influencia o tamanho, a quantidade e a localização de cristais de gelo formados e também as propriedades físico-químicas da fração não congelada (Colla & Prentice-Hernández, 2003).

3.2 Análise Microbiológica

Na legislação brasileira, o regulamento técnico geral de padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta é definido a partir da “Instrução Normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018, e estabelece normas legais para limites microbiológicos máximos em polpa de frutas.

Para fungos filamentosos e leveduras, a quantidade máxima permitida é de 5×10^3 UFC.g⁻¹ ou mL⁻¹ de polpa natural, congelada ou não, e 2×10^3 UFC.g⁻¹ ou mL⁻¹ para polpa preservada quimicamente e/ou polpa que foi submetida a tratamento térmico. O limite máximo para coliformes fecais é de 1 UFC.g⁻¹ ou mL⁻¹ (BRASIL, 2018). As amostras não apresentaram contaminação por coliformes a 35°C, em nenhum período de armazenamento, o que aponta a ausência de coliformes fecais (Tabela 1), demonstrando que as condições de manuseio, processamento e armazenamento foram realizadas corretamente. A contagem de fungos filamentosos e leveduras nas polpas de uvaia não ultrapassou o limite permitido pela legislação no tempo 0, salientando-se que a 12 meses de armazenamento, esses microrganismos não foram detectados. Com efeito, no período em que o produto permanece congelado, os microrganismos podem ser submetidos à injúrias ou morrer, principalmente pelos danos mecânicos às paredes celulares e membranas, devido à formação de cristais intracelulares, perda do balanço eletrolítico resultante da desidratação e aumento da concentração de solutos devido à formação de gelo (Colla & Prentice-Hernández, 2003), o que justifica os resultados do 12º mês de armazenamento.

Logo, os resultados microbiológicos obtidos sugerem o sucesso na adoção das boas práticas de fabricação e, ainda, que ambos métodos de congelamento (AF e AE) permitiram a preservação da qualidade microbiológica da polpa durante os 12 meses de armazenamento. Este trabalho corrobora com alguns estudos que reportaram a eficácia do congelamento no controle do desenvolvimento microbiano em alimentos (Gonçalves et al., 2017a; Monteiro et al., 2017).

3.3 SS, pH e AT

O tempo e o método de congelamento não influenciaram o teor de SS da polpa de uvaia, que apresentou média de 7,17 g 100.g⁻¹. A variável pH foi influenciada pela interação entre tempo de armazenamento e método de congelamento, enquanto a AT apenas pelo tempo de armazenamento ($p < 0,05$). Redução do pH e aumento da AT foram notadas ao longo do armazenamento, a despeito do método de congelamento (Figura 2).

Entretanto, a redução do pH foi mais evidente nas polpas congeladas sob AE, embora o método de congelamento não tenha afetado diferentemente a AT, dentro de cada tempo de armazenamento. Após 12 meses de armazenamento, constatou-se redução de 1,55 e 1,88% no pH e aumento de 6 e 8,7% na AT, comparando-se AF e AE, respectivamente.

Redução no pH também foi reportada por Damiani et al. (2013) em polpa de araçá adicionada de ácido cítrico (1%), pasteurizada e congelada por 12 meses e por Gonçalves, Resende, Carvalho, Resende, e Vilas Boas (2017c) para polpas de morango congeladas, até o 4º mês de armazenamento. Já Lima et al. (2012) reportaram estabilidade do pH de polpas de acerola (pasteurizadas e não pasteurizadas) armazenadas sob congelamento durante 360 dias.

O controle das variáveis SS, pH e AT ao longo do armazenamento é importante para manter a qualidade sensorial visto que modificações significativas impactam diretamente no sabor. Com isso, a matéria-prima pode perder o padrão de qualidade desejado pelo consumidor. Não obstante, as alterações observadas, possivelmente, não são relevantes comercialmente, considerando que a polpa é utilizada como ingrediente e provavelmente será diluída para a elaboração de bebidas, sucos, iogurtes, entre outros (Gonçalves, Resende, Carvalho, Resende, & Vilas Boas, 2017c).

A estabilidade dos SS e o baixo percentual de variação no pH e AT podem ser justificados pela eficácia dos métodos de congelamento na preservação da qualidade microbiológica da polpa de uvaia durante o armazenamento prolongado (Tabela 1). Os açúcares solúveis são a principal fonte na obtenção de energia pelos microrganismos, podendo

gerar produtos como ácidos orgânicos, álcoois, gás carbônico (Monteiro et al., 2017; Damiani et al., 2013; Trindade, Resende, Silva, & Rosa, 2002). Considerando-se que os SS reúnem predominantemente açúcares e ácidos orgânicos, a possível conversão de açúcares em ácidos por microrganismos, tende a alterar a acidez sem alterar a concentração de SS (Damiani et al., 2013), como notado no presente trabalho.

3.4 Coloração

A coloração da polpa de uvaia foi monitorada durante seu armazenamento, com base nas variáveis L^* , h° e C^* , visto que a preservação da coloração original é fundamental para a aceitação da polpa no mercado. A variável L^* foi influenciada exclusivamente pelo tempo de armazenamento, enquanto as variáveis h° e C^* pela interação entre método de congelamento e tempo de armazenamento (Figura 3).

Redução linear da coordenada L^* da polpa de uvaia foi observada ao longo do armazenamento, atingindo 24,5% no 12º mês, sendo que o método de congelamento não influenciou essa variável. A redução do L^* sugere o escurecimento da polpa ao longo do armazenamento, provavelmente associado à atuação de enzimas oxidativas, como as polifenoloxidasas (PFO) e peroxidases (POD), visto que a atividade destas enzimas não é completamente cessada, mesmo após o congelamento de polpas de frutas (Zhang & Shao, 2015). Com o processamento, ocorre a descompartimentação celular que propicia o contato entre substratos fenólicos e suas enzimas oxidativas, culminando com a polimerização dos fenólicos oxidados e conseqüente formação de melaninas, responsáveis pelo escurecimento. Essas enzimas também podem causar perdas nutricionais e estão associadas a mudanças deteriorativas indesejáveis no aroma, sabor e textura de produtos vegetais (Mantovani & Clemente, 2010).

O h° das polpas congeladas oscilou entre 67,23 e 70,12 durante o armazenamento, confirmando a coloração amarelo alaranjada típica da polpa de uvaia. Embora o h° tenha sido influenciado interativamente por fatores como o método de congelamento e tempo de armazenamento, nenhum modelo testado foi significativo ao longo do armazenamento, considerando-se os baixos coeficientes de determinação (Figura 3C). O h° manteve-se estável durante 12 meses de armazenamento na polpa congelada sob AF, enquanto a estabilidade foi notada até o 9º mês de armazenamento da polpa sob AE, seguida de elevação. Ao final do armazenamento, as polpas congeladas por AE apresentaram aumento de cerca de 2% no h° , o que sugere ligeira perda da coloração amarelo alaranjada original, não observada nas polpas sob AF. Assim, benéfico efeito da AF, comparado ao AE, sobre a estabilidade de h° foi comprovado no final do armazenamento.

Redução linear de C^* foi observada ao longo do armazenamento da polpa de uvaia, a despeito do método de congelamento, mais intenso nas polpas sob AE, a partir do 6º mês. Reduções de 25,17 e 31,70% nos valores de C^* das polpas submetidas aos métodos AF e AE, respectivamente, foram notadas entre 0 e 12 meses. Logo, o congelamento sob AF propiciou melhor retenção de C^* , em comparação ao AE, nos últimos 6 meses de armazenamento. A redução de C^* pode influenciar negativamente o apelo visual da polpa, visto que essa coordenada representa a saturação ou intensidade da cor. Cores neutras possuem baixa saturação, enquanto cores puras possuem alta saturação, assim, quanto maior o C^* , mais viva a coloração na percepção humana (Ferreira & Spricigo, 2017).

Comportamentos distintos de L^* , h° e C^* (aumento, redução e estabilidade), afetando diferentemente a coloração de diversas polpas congeladas, ao longo do armazenamento, têm sido reportados (Aquino, Carnelossi, & Castro, 2011; Damiani et al., 2013; Lima et al., 2012; Gonçalves, Resende, Carvalho, Resende, & Vilas Boas, 2017c). Os resultados relativos à

coloração da polpa de uvaia comprovam o congelamento por AF mais efetivo que por AE, na preservação de sua coloração original, ao longo do armazenamento.

3.5 Compostos bioativos e Atividade Antioxidante (AA)

Carotenoides, fenólicos totais e AA, medida por três diferentes métodos, foram influenciados interativamente pelos fatores método de congelamento e tempo de armazenamento, enquanto a vitamina C foi influenciada apenas pelo tempo de armazenamento ($p < 0,05$; Figuras 4 e 5).

3.5.1 Carotenoides

Uma tendência de redução dos carotenoides individuais estudados foi notada durante armazenamento de polpa de uvaia, muito mais expressiva na polpa sob AE (Figura 4).

Ressalta-se que a polpa congelada sob AE apresentou maiores teores de carotenoides no início do armazenamento quando comparada à sob AF.

Os maiores teores foram mantidos até o 3º mês, para β -caroteno e licopeno, até o 6º mês para α e γ -caroteno e até o 9º mês de armazenamento para ζ -caroteno, nenhuma outra diferença sendo observada.

Os carotenoides α e β -caroteno foram os majoritários na uvaia, sendo importantes antioxidantes e com atividade pró vitamina A (Mesquita, Teixeira, & Servulo, 2017).

No armazenamento, as perdas de carotenoides ocorrem, principalmente, devido à oxidação enzimática, dependente da atividade de água (a_w) do produto. Com o congelamento, ocorre drástica redução da a_w , de forma mais acelerada no congelamento rápido (AF), o que pode influenciar na velocidade de degradação de carotenoides já no início do armazenamento, justificando sua maior preservação, sob o congelamento com AF (Monteiro et al., 2017; Zielinski et al., 2014).

A redução de carotenoides corrobora com os resultados de autores como Tan, Misran, Daim, Ding, e Pak Dek (2020), que relataram diminuição de β -caroteno após 12 meses de armazenamento em durian a -20°C e de Behnilian e Mayer-Miebach (2017) que relataram redução de licopeno após 24 meses de armazenamento de cenouras congeladas. De fato, a degradação de carotenoides aumenta com o tempo de armazenamento dos alimentos (Rodriguez-Amaya, 1993).

3.5.2 Fenólicos Totais (FT)

Ajustes polinomiais significativos para FT, ao longo do armazenamento da polpa de uvaia congelada, não foram obtidos, considerando-se os baixos coeficientes de determinação (Figura 5A).

Entretanto, comparando-se as polpas no início e término de armazenamento, nota-se reduções de 32,83 e 72,24% nos FT, utilizando-se os métodos AF e AE, respectivamente. Polpas congeladas sob ambos métodos não diferiram quanto o teor de fenólicos totais, ao longo do armazenamento, à exceção 12^o mês, quando as polpas congeladas sob AF apresentaram os maiores teores (Figura 5A). Assim, o AF foi mais eficaz na contenção da perda de fenólicos totais, embora visível apenas no 12^o mês de armazenamento, resultado coerente com o de Gonçalves, Resende, Carvalho, Resende, e Vilas Boas (2017b), que reportaram que esse método de congelamento foi mais eficaz que o AE na retenção de fenólicos durante os primeiros 4 meses de armazenamento de polpa de morango. As reações de degradação oxidativa durante o processamento de polpa de frutas, resultante da liberação e ação de enzimas como as polifenoloxidasas podem levar a redução de compostos fenólicos e podem ser intensificadas, mesmo em armazenamento de polpas congeladas (Manach, Scalbert, Morand, Remesy, & Jimenez, 2004), o que parece ter ocorrido com a polpa de uvaia.

A polpa de uvaia pode ser comparada com outras polpas congeladas comumente encontradas no mercado e sabidamente ricas em fenólicos, como de morango (190,38 mg 100 g⁻¹, Gonçalves, Resende, Carvalho, Resende, & Vilas Boas, 2017b) e açaí (454,01 mg 100 g⁻¹, Rufino et al., 2010). Apesar da redução, mesmo ao final do armazenamento, a polpa de uvaia continua sendo um bom veículo de fenólicos para o consumidor, principalmente quando congelada sob AF.

3.5.3 Vitamina C

O teor de vitamina C reduziu, em média 62,88%, ao longo dos 12 meses de armazenamento da polpa de uvaia, embora não tenha sido afetado pelo método de congelamento ($p < 0,05$, Figura 5B). A redução da vitamina C foi mais pronunciada nos 6 primeiros meses de armazenamento e pode ser associada à ação de enzimas, como as polifenoloxidasas e peroxidases. Essas enzimas catalisam a oxidação de mono e de hidroxifenóis a ortoquinonas, passíveis de serem reduzidas pela vitamina C, via ácido ascórbico oxidase. Logo, nesse dinâmico processo de oxirredução, os teores de vitamina C tendem a diminuir em polpas congeladas (Monteiro et al., 2017; Gonçalves, Resende, Carvalho, Resende, & Vilas Boas, 2017b). Apesar da redução, as polpas ainda continuam sendo ótimos veículos de vitamina C e podem contribuir para o atendimento da ingestão diária recomendada (IDR) desse nutriente, 90 mg para homens e 75 mg para mulheres adultos (Food and Nutrition Board, 2000). Assim, cerca de 50 g de polpa de uvaia recém congelada seriam necessários para atender as necessidades diárias de homens e mulheres adultos, enquanto cerca de 100 a 120 g da polpa armazenada por 12 meses atenderiam as necessidades diárias de uma mulher e de um homem adultos, respectivamente. Facilmente, estas porções seriam ingeridas, por exemplo, na forma de suco.

3.5.4 Atividade Antioxidante (AA)

Os compostos antioxidantes são associados à prevenção de diversas doenças não transmissíveis, sendo capazes de doar íons hidrogênio, formando radicais pouco reativos, anulando o potencial inicial dos radicais livres, altamente reativos (Sun, Heilmann, & König, 2015). As principais substâncias descritas com atividade antioxidante na dieta alimentar são o ácido ascórbico (vitamina C), os compostos fenólicos e o β -caroteno, sendo os fenólicos e carotenoides os que mais contribuem para as propriedades antioxidantes de alimentos (Zhang, Chen, Zhao, & Xi, 2016).

A atividade antioxidante das polpas de uvaia, determinada pelos métodos FRAP, Complexo Fosfomolibdênio e ABTS*, é apresentada na Figura 5 (C, D e E, respectivamente)

A AA reduziu ao longo do tempo, a despeito dos métodos de determinação e métodos de congelamento. Entre os tempos inicial e final, a AA determinada pelos métodos FRAP, fosfomolibdênio e ABTS* reduziram em 58,06 e 57,26%; 33,14 e 37,91%; e 46,06 e 60,02% nas polpas congeladas sob AF e AE, respectivamente.

Polpas congeladas sob AF apresentaram maior atividade antioxidante que aquelas sob AE, aos 3 meses, pelo método FRAP (Figura 5C), aos 0, 9 e 12 meses, pelo método Fosfomolibdênio (Figura 5D) e aos 3, 6 e 12 meses, pelo método ABTS* (Figura 5E). O método AE determinou maior atividade antioxidante apenas no 9º mês de armazenamento, pelo método ABTS*, nenhuma outra diferença sendo notada. A redução na AA ao longo do armazenamento pode ser associada à degradação de compostos bioativos, com capacidade antioxidante, como carotenoides, vitamina C e compostos fenólicos (Figura 4 e Figura 5A e B) ao longo do armazenamento, o que converge com os relatos de Monteiro et al. (2017) e Gonçalves, Resende, Carvalho, Resende, e Vilas Boas (2017b) que estudaram polpa congelada de sapota-do-Solimões (*Quararibea cordata*) e morango, respectivamente. De forma geral, o congelamento

da polpa de uvaia por AF mitigou a redução da atividade antioxidante, ao longo do armazenamento, em comparação à AE.

3.6 Perfil fenólico

Considerando-se os 11 padrões estudados (catequina, vanilina, resveratrol e ácidos gálico, clorogênico, cafeico, ferrúlico, *trans*-cinâmico, *p*-, *o*- e *m*-cumárico), apenas cinco fenólicos foram identificados na polpa de uvaia, a saber: ácidos gálico, clorogênico, cafeico, *m*-cumárico e *trans*-cinâmico (Tabela 2).

Os ácidos gálico e clorogênico foram influenciados pela interação entre tempo de armazenamento e método de congelamento, enquanto os ácidos *m*-cumárico e *trans*-cinâmico exclusivamente pelo tempo de armazenamento. Já o ácido cafeico, identificado somente no tempo 0, foi influenciado pelo método de congelamento.

As concentrações de ácidos gálico, clorogênico, *trans*-cinâmico e *m*-cumárico flutuaram ao longo do armazenamento, independentemente do método de congelamento.

O congelamento por AF determinou maiores concentrações de ácido gálico na polpa de uvaia aos 3, 9 e 12 meses, enquanto o AE ditou maiores concentrações de ácido clorogênico no 9º mês de armazenamento.

Em função dos baixos coeficientes de determinação, ajustes polinomiais não foram considerados. Quanto ao ácido cafeico, a polpa recém congelada sob AE apresentou maiores concentrações, em comparação à AF. Os ácidos gálico e clorogênico foram os majoritários na polpa de uvaia.

Comparando-se os teores de fenólicos da polpa de uvaia recém congelada e após 12 meses de armazenamento, notou-se, ao considerar os métodos de congelamento por AF e AE, respectivamente, aumento de 132,10% e 31,40% em ácido gálico; aumento de 15,20% e 34,00%

em ácido clorogênico; aumento de 10,02% e redução de 22,13% em ácido *m*-cumárico e redução de 32,23% e 54,02% em ácido trans-cinâmico (Tabela 2).

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários produzidos pela rota metabólica do ácido chiquímico, formados a partir da fenilalanina. O aminoácido fenilalanina é primeiramente convertido em ácido cinâmico pela ação da enzima fenilalanina amônia-liase (PAL). Uma série de hidroxilações e metilações enzimáticas fornecem ácido cumárico, ácido cafeico, entre outros. A hidroxilação do ácido cinâmico na posição *para*, por exemplo, fornece o ácido *p*-cumárico. Um dos destinos biossintéticos do ácido *p*-cumárico, é a biossíntese de chalconas que são os precursores de todos os flavonoides (Mendes et al., 2020).

O tempo causou alterações nos compostos previamente identificados e eles possivelmente foram convertidos em outros compostos na rota fenilpropanoide. A conversão destes ácidos aos seus ésteres correspondentes pode fornecer alguns compostos voláteis (Gonçalves, Resende, Carvalho, Resende, & Vilas Boas, 2017b).

A redução de compostos fenólicos também pode ocorrer devido ao processamento e congelamento das polpas, que culminam na oxidação enzimática desses compostos por polifenóis oxidados (Gonçalves, Resende, Carvalho, Resende, & Vilas Boas, 2017b).

Os compostos fenólicos se destacam pelo potencial como antioxidantes naturais, capazes de combater os radicais livres e as espécies reativas de oxigênio, contribuindo na prevenção de diversas doenças como problemas cardiovasculares, arteriosclerose e trombose (Yu & Beta, 2015). Muitos autores relataram os benefícios à saúde como ação antioxidante (Song et al., 2020); anti-câncer (Eroglu, Avci, Vural, & Kurar, 2018), antibacteriano (Nankar, Prabhakar, & Doble, 2017) e anti-viral (Wu et al., 2017), redução da pressão arterial (Variya, Bakrania, & Patel, 2019) e redução do colesterol e melhor controle do açúcar no sangue (Amalan, Vijayakumar, Indumathi, & Ramakrishnan, 2016).

3.7 Perfil de voláteis

Neste estudo, 12 compostos voláteis foram tentativamente identificados na polpa de uvaia (Tabela 3). O perfil de compostos voláteis da polpa da uvaia foi constituído predominantemente de ésteres e terpenos. Foram tentativamente identificados 7 ésteres (butanoato de etila, acetato de octila, hexanoato de hexila, butanoato de octila, acetato de hexila, octanoato de etila, hexanoato de etila), 4 terpenos (mirceno, beta-pineno; germacreno D; beta-cariofileno) e 1 álcool (octanol). No estudo de caracterização de acessos de uvaia, realizado por Da Silva et al. (2019), os terpenos foram os principais compostos voláteis (46,75%), seguido dos ésteres (29,87%), álcoois alifáticos (9,09%), aldeídos (2,59%), e aldeídos alifáticos (5,19%), hidrocarbonetos aromáticos (2,59%), alcenos (2,59%) e cetona (1,29%).

Os compostos voláteis majoritários na uvaia foram hexanoato de etila, octanol, mirceno e germacreno D (Tabela 3). Segundo resultados encontrados no estudo realizado por Miyazawa (2009), os compostos de maior importância odorífera para o aroma de uvaia foram hexanoato de etila, butanoato de etila, hexanoato de metila, butanoato de metila, 2- butenoato de etila e hexanoato de hexila, beta-mirceno e beta-pineno, responsáveis pelo sabor adocicado e ácido desta fruta exótica.

Dos compostos identificados, todos foram influenciados pela interação entre tempo de armazenamento e método de congelamento, exceto o beta-pineno que não foi influenciado pelo método de congelamento. Em função dos baixos coeficientes de determinação, ajustes polinomiais não foram considerados.

As concentrações de mirceno, beta-pineno e octanoato de etila flutuaram ao longo do armazenamento, independentemente do método de congelamento. Entretanto, o congelamento por AF determinou maiores concentrações de mirceno na polpa de uvaia nos tempos 0 e 9, enquanto o AE ditou maiores concentrações nos tempos 6 e 9.

Comparando-se a polpa de uvaia recém congelada , sob AF e AE e após 12 meses de armazenamento notou-se redução nos teores de mirceno de 19,97% e 36,00%, germacreno D de 64,02 e 81,66%, acetato de octila de 51,76 e 57,42%, beta-cariofileno de 27,47 e 34,57%, hexanoato de hexila de 37,50 e 47,6%; butanoato de octila 12,15 e 24,61%; butanoato de etila de 53,01 e 74,02%; octanoato de etila de 8,55 e 14,42% e hexanoato de etila de 34,96 e 41,49% e aumento de 29,17 e 53,63% para o octanol; 71,20 e 66,68% para o acetato de hexila; 12,13 e 7,72% para o beta-pineno, respectivamente.

Comparando-se os compostos voláteis tentativamente identificados na polpa de uvaia com frutas do mesmo gênero *Eugenia*, foi verificada a presença dos compostos beta-cariofileno, beta-mirceno, beta-ocimeno e germacreno D tanto em pitangas como no araçá-boi (Miyazawa, 2009). O único composto volátil comum nas frutas cagaita, pitanga, araçá-boi foi o beta-pineno, também identificado na uvaia (Miyazawa, 2009).

Durante o período de armazenamento congelado, podem ocorrer perda dos compostos responsáveis pelo aroma e, também, o acúmulo de aromas indesejáveis e indicadores do desenvolvimento de off-flavors (odor e gosto indesejável) (Pérez & Sanz, 2001).

O tempo causou alterações nos compostos previamente identificados. O comportamento de redução exibida por 9 de 12 compostos voláteis possivelmente se deve a ação, ao longo do armazenamento, de enzimas oxidativas (PFO) e POD) que podem promover a degradação desses compostos, facilmente oxidáveis (Gonçalves et al., 2018).

De modo geral, a redução dos compostos no congelamento por AF foi menos pronunciada que em AE. Em AF, o congelamento acontece de forma mais rápida, devido a maior taxa de remoção de calor, formando mais e menores cristais de gelo que são capazes de preservar melhor os compostos presentes, além da melhor retenção da atividade enzimática (Gonçalves et al., 2017c).

A tendência de aumento nas concentrações de octanol, acetato de hexila e beta-pineno pode estar associada a alguma atividade enzimática residual da síntese desses compostos. Além disso, o aumento de octanol pode ter ocorrido pela hidrólise das ligações de ésteres voláteis presentes na polpa (Gonçalves et al., 2017c).

Como já citado, compostos terpenóides como beta-pineno, mirceno, germacreno e ésteres como o butanoato de etila e hexanoato de etila contribuem diretamente para o perfil aromático da polpa de uvaia. O butanoato de etila por exemplo é responsável pelo aroma doce, frutal, e ácido (Miyazawa, 2009). Portanto, as modificações mencionadas no perfil volátil da polpa de uvaia podem ter afetado seu aroma característico. Entretanto, análises sensoriais são necessárias para se comprovar isso.

Considerando que o aroma fornecido pelo octanol é descrito por queimado, tostado, fumaça, borracha queimada, o aumento acentuado desse composto ao longo do tempo em ambos os métodos de congelamento, pode contribuir significativamente para a depreciação do aroma de polpa de uvaia armazenada por um longo período (Miyazawa, 2009), mas, mais uma vez, análise sensorial é fundamental para confirmar se a magnitude das alterações é alta o bastante para promover alterações significativas no aroma e sabor da polpa de uvaia, ao longo do armazenamento.

Os terpenóides são os principais responsáveis pelo sabor característico de diversas frutas como camu-camu (Franco & Shibamoto, 2000) e pitanga (Oliveira et al., 2006). Tais compostos são biossintetizados pela via isoprenóide, sendo o ácido mevalônico o precursor desta rota metabólica. Esse ácido é transformado e rearranjado formando monoterpenos (10 carbonos) e sesquiterpenos (15 carbonos), os quais são importantes na formação do aroma da fruta. A degradação dos carotenoides da polpa de uvaia (Figura 4) pode gerar terpenoides, e por isso, pode ter contribuído para as alterações dos terpenoides identificadas ao longo do armazenamento (Da Silva et al., 2019). A polpa de uvaia é uma fonte de terpenóides, e pode

servir de matéria-prima para a confecção de aromas para indústrias alimentícias e farmacêuticas. Além disso, uma dieta alimentar rica em terpenóides tem sido relacionada à redução de riscos de contrair doenças crônicas, incluindo cânceres, e a capacidade de inibir proliferação celular tumoral (Da Silva et al., 2019).

4 CONCLUSÕES

A polpa de uvaia congelada é um veículo de compostos bioativos, com atividade antioxidante, segura microbiologicamente, mesmo após 12 meses de armazenamento.

O congelamento é uma técnica eficiente de conservação de polpas de uvaia a longo prazo. O congelamento por ar forçado é mais eficiente e efetivo que por ar estático na retenção da coloração, pH, carotenoides, fenólicos e capacidade antioxidante da polpa de uvaia, ao longo de 12 meses de armazenamento.

O armazenamento congelado a longo prazo, independentemente do método, promove modificações no perfil de fenólicos e compostos voláteis de polpas de uvaia.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Brasil (CAPES, Código de Financiamento 001, Procad 8881.068456/2014-01), pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brasil (CNPq, Bolsa de Produtividade em Pesquisa 302699/2019-8) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, Brasil (FAPEMIG, PPM00355-17).

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

- Amalan, V., Vijayakumar, N., Indumathi, D., & Ramakrishnan, A. (2016). Antidiabetic and antihyperlipidemic activity of p-coumaric acid in diabetic rats, role of pancreatic GLUT 2: In vivo approach. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, *84*, 230-236. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.09.039>
- AOAC (2016). *Official methods of analysis of AOAC International*, 20th ed. AOAC International, Gaithersburg.
- Aquino, A. C. M. S., Carnelossi, M. A. G., & Castro, A. A. (2011). Estabilidade do ácido ascórbico e dos pigmentos da polpa de acerola??? Acerola??? congelada por método convencional e criogênico. *Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, *29*, 147-156. <https://doi.org/10.5380/cep.v29i1.22787>
- Behsnilian, D., & Mayer-Miebach, E. (2017). Impact of blanching, freezing and frozen storage on the carotenoid profile of carrot slices (*Daucus carota* L. cv. *Nutri Red*). *Food Control*, *73*, 761-767. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.09.045>
- Branco, I. G., Kikuchi, T. T., Argandoña, E. J. S., Moraes, I. C. F., & Haminiuk, C. W. I. (2016). Drying kinetics and quality of uvaia (*Hexachlamys edulis* (O. Berg)) powder obtained by foam-mat drying. *International Journal of Food Science & Technology*, *51*, 1703-1710. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.03.011>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, *28*, 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Brasil. (2018). Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa n.º 37, de 1 de outubro de 2018. *Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade de polpa de fruta*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 out. 2018.
- Colla, L. M., & Prentice-Hernández, C. (2003). Congelamento e descongelamento: a sua influência sobre alimentos. *Vetor*, *13*, p. 53-66.
- Contini, C., Boncinelli, F., Marone, E., Scozzafava, G., & Casini, L. (2020). Drivers of plant-based convenience foods consumption: Results of a multicomponent extension of the theory of planned behavior. *Food Quality and Preference*, *84*, 7633-7650. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103931>
- Dalvi-Isfahan, M., Jhab, P. K., Tavakolia, J., Daraei-Garmakhanyd, A., Xanthakise, E., & Le-Bailb, A. (2019). Review on identification, underlying mechanisms and evaluation of freezing damage. *Journal of Food Engineering*, *255*, 50-60. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.03.011>
- Damiani, C., Lage, M. E., Silva, F. A., Pereira, D. E. E. P., Becker, F. S., & Vilas Boas, E. V. B. (2013). Changes in the physicochemical and microbiological properties of frozen araçá pulp during storage. *Food Science and Technology*, *33*, 9-27. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013000500004>

- Da Silva, A. P. G., Spricigo, P. C., Purgatto, E., De Alencar, S. M., Sartori, S. F., & Jacomino, A. P. (2019). Chemical composition, nutritional value and bioactive compounds in six uvaia accessions. *Food Chemistry*, 294, 547-556. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.121>
- Eroglu, C., Avci, E., Vural, H., & Kurar, E. (2018). Anticancer mechanism of Sinapic acid in PC-3 and LNCaP human prostate cancer cell lines. *Gene*, 671, 127-134. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2018.05.049>
- Ferreira, M. D., & Spricigo, P. C. (2017). Colorimetria - princípios e aplicações na agricultura. In Ferreira, M. D. (Org.). *Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças* (pp. 209-220). São Carlos: Embrapa Instrumentação.
- Food and Nutrition Board (2000). *Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids*. Washington: National Academies Press.
- Franco, M. R. B., & Shibamoto, T. (2000). Volatile composition of some Brazilian fruits: umbu-cajá (*Spondias citherea*), camu-camu (*Myrciaria dubia*), araçá-boi (*Eugenia stipitala*) and cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 1263-1265. <https://doi.org/10.1021/jf9900074>
- Gonçalves, G. A. S., Resende, N. S., Carvalho, E. E. N., Resende, J. V., & Vilas Boas, E. V. B. (2017b). Effect of pasteurization and freezing method on bioactive compounds and antioxidant activity of strawberry pulp. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 68, 682-694. <https://doi.org/10.1080/09637486.2017.1283681>
- Gonçalves, G. A. S., Resende, N. S., Carvalho, E. E. N., Resende, J. V., & Vilas Boas, E. V. B. (2019). Effect of processing and frozen on the phenolic profile, bioactive compounds, antioxidant capacity, and enzymatic activity of mangaba pulp. *Current Nutrition and Food Science*, 15, 48-60. <https://doi.org/10.2174/1573401313666171004144858>
- Gonçalves, G. A. S., Resende, N. S., Carvalho, E. E. N., Resende, J. V., & Vilas Boas, E. V. B. (2017c). Physicochemical and volatile profile alterations in pasteurized and frozen strawberry pulp during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42, e13317. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13317>
- Gonçalves, G. A. S., Resende, N. S., Carvalho, E. E. N., Resende, J. V., & Vilas Boas, E. V. B. (2018) The Effect of Pasteurization, Freezing and Prolonged Storage on Volatile Compounds of Mangaba Pulp. *Journal of Food and Nutrition Research*, 6, 561-569. <https://doi.org/10.12691/jfnr-6-9-4>
- Gonçalves, G. A. S., Resende, N. S., Gonçalves, C. S., Alcântara, E. M., Carvalho, E. E. N., Resende, J. V., ... Vilas Boas, E. V. B. (2017a). Temporal dominance of sensations for characterization of strawberry pulp subjected to pasteurization and different freezing methods. *LWT - Food Science and Technology*, 77, 413-421. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.077>

- Gonçalves, G. A. S., Resende, N. S., Gonçalves, C. S., Carvalho, E. E. N., Resende, J. V., & Vilas Boas, E. V. B. (2020). How freezing methods affect the sensory profile of pasteurized and unpasteurized mangaba pulp. *Ciência e Agrotecnologia*, *44*, 1-12. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202044003020>
- ICMSF - Comissão Internacional de Especificações Microbiológicas para Alimentos (1983). *Microorganisms in Food*, 2nd ed. Toronto, Canadá: University of Toronto.
- Larrauri, J. A., Rupérez, P., & Saura-Calixto, F. (1997). Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *45*, 1390-1393. <https://doi.org/10.1021/jf960282f>
- Lima, R. M. T., Figueiredo, R. W., Maia, G. A., Sousa, H. M., Figueiredo, E. A. T., & Rodrigues, C. S. (2012). Estabilidade química, físicoquímica e microbiológica de polpas de acerola pasteurizadas e não-pasteurizadas de cultivo orgânico. *Ciência Rural*, *42*, 367-373. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000005>
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Remesy, C., & Jimenez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, *79*, 727-747. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>
- Mantovani, C., & Clemente, E. (2010). Peroxidase and polyphenoloxidase activity in tomato in natura and tomato purée. *Acta Scientiarum: Technology*, *32*, 91-97. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v32i1.4828>
- Medina, M. B. (2011). Determination of the total phenolics in juices and superfruits by a novel chemical method. *Journal of Functional Foods*, *3*, 79-87. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.02.007>
- Mendes, N. S., Pereira, S. M. F., Arantes, M. B. S., Glória, L. L., Nunes, C. R., Passos, M. P., & Oliveira, D. B. (2020). Bioanalytical method validation for the quantification of the chlorogenic acid in *Capsicum baccatum* through High Performance Liquid Chromatography (HPLC-DAD). *Food Chemistry*, *325*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126929>
- Mesquita, S. S., Teixeira, C. M. L. L., & Servulo, E. F. C. (2017). Carotenoides: Propriedades, Aplicações e Mercado. *Revista Virtual de Química*, *9*, 672-688. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20170040>
- Miyazawa, T. M. Compostos voltaremos da uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess). 2009. 109p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2009.
- Monteiro, S. S., Karnopp, G., Michelon, N., Arantes, A. C. N. R., Monego, M. A., Kipper, D. K., ... Da Rosa, C. S. (2017). Influence of preservation by heat and cold on the physicochemical and microbiological characteristics, bioactive compounds of pulp from sapota-do-Solimões (*Quararibea cordata*). *CyTA - Journal of Food*, *16*, 85-95. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1340342>

- Nankar, R., Prabhakar, P. K., & Doble, M. (2017). Hybrid drug combination: Combination of ferulic acid and metformin as anti-diabetic therapy. *Phytomedicine*, *37*, 10-13. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2017.10.015>
- Oliveira, A. L., Lopes, R. B., Cabral, F. A., & Eberlin, M. N. (2006). Volatile compounds from pitanga fruit (*Eugenia uniflora* L.). *Food Chemistry*, *99*, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.012>
- Pérez, A. G., & Sanz, C. (2001). Effect of high-oxygen and highcarbondioxide atmospheres on strawberry flavour and other quality traits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *49*, 2370-2375. <https://doi.org/10.1021/jf001438l>
- Prieto, P., Pineda, M., & Aguilar M. (1999). Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Anal Biochemistry*, *269*, 337-341. <https://doi.org/10.1006/abio.1999.4019>
- Ramaya, S. D., Bujang, J. S., Zakaria, M. H., King, W. S., & Sahrir, M. A. S. (2013). Sugar, ascorbic acid, total phenolic content and total antioxidant activity in passion fruit (*Passiflora*) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *93*, 1198–1205. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5876>
- Rodrigues-Amaya, D. B. (2001). *A guide to carotenoid analysis in foods*. Washington, EUA: ILST Press.
- Rodriguez-Amaya, D. B. (1993). Nature and distribution of carotenoids in foods. In Chatalambous, F. (Ed.). *Shelf life of foods and beverages – chemical, biological, physical and nutritional aspects* (pp. 547-589). Amsterdam: Elsevier Science.
- Rufino, M. S. M., Alves, R. E., De Brito, E. S., Morais, S. M., Sampaio, C. G., & Saura-Calixto, F. (2007). *Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS^{*+}*. Fortaleza, Brazil: Embrapa.
- Rufino, M. S. M., Alves, R. E., De Brito, E. S., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F., & Mancini-Filho, J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 nontraditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, *121*, 996-1002. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.037>
- Sganzerla, W. G., Beling, P. C., Ferreira, A. L. A., Azevedo, M. S., Ferrareze, J. P., Komatsu, R. A., ... Veeck, A. P. L. (2019). Geographical discrimination of uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) by principal component analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *99*, 6778-6787. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9961>
- Sganzerla, W. G., Beling, P. C., Ferrareze, J. P., Komatsu, R. A., Nunes, M. R., & Veeck, A. P. L. (2018). Nutritional, physicochemical and antimicrobial properties of uvaia pulp (*Eugenia pyriformis* Cambess). *Communications in Plant Sciences*, *8*, 1-7. <https://doi.org/10.26814/cps2018001>

- Silva, N., Junqueira, V. C. A., Silveira, N. F. A., Taniwaki, M. H., Santos, R. F. S., & Gomes, R. A. R. (2007). *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos*, 3rd ed. São Paulo, Brazil: Livraria Varela.
- Song, H., Zhang, L., Wu, L., Huang, W., Wang, M., Zhang, L., ... Lu, B. (2020). Phenolic acid profiles of common food and estimated natural intake with different structures and forms in five regions of China. *Food Chemistry*, 126675. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126675>
- Strohecker, R., & Henning, H. M. (1967). *Analisis de vitaminas: Métodos comprobados*. Madrid, Spain: Paz Montalvo, 428p.
- Sun, Q., Heilmann, J., & Konig, B. (2015). Natural phenolic metabolites with antiangiogenic properties - a review from the chemical point of view. *Journal of Organic Chemistry*, 11, 249-264. <https://doi.org/10.3762/bjoc.11.28>
- Tan, X. Y., Misran, A., Daim, L. D. J., Ding, P., & Pak Dek, M. S. (2020). Effect of freezing on minimally processed durian for long term storage. *Scientia Horticulturae*, 264, 109170. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109170>
- Trindade, R. C., Resende, M. A., Silva, C. M., & Rosa, C. A. (2002). Yeasts Associated with Fresh and Frozen Pulps of Brazilian Tropical Fruits. *Systematic and Applied Microbiology*, 25, 294-300. <http://dx.doi.org/10.1078/0723-2020-00089>
- Van Den Dool, H., & Kratz, D. J. (1963). A generalization of the retention index system including liner temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography*, 11, 463-467. [http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)80947-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9673(01)80947-X)
- Variya, B. C., Bakrania, A. K., & Patel, S. S. (2019). Antidiabetic potential of gallic acid from *Emblca officinalis*: Improved glucose transporters and insulin sensitivity through PPAR- γ and Akt signaling. *Phytomedicine*, 73, 152906. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2019.152906>
- Wu, Z-M., Yu, Z-J., Cui, Z-Q., Peng, L-Y., Li, H. R., Zhang, C-L., ... Fu, B. D. (2017). In vitro antiviral efficacy of caffeic acid against canine distemper virus. *Microbial Pathogenesis*, 110, 240-244. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.07.006>
- Yu, L., & Beta, T. (2015). Identification and Antioxidant Properties of Phenolic Compounds during Production of Bread from Purple Wheat Grains. *Molecules*, 20, 15525-15549. <https://doi.org/10.3390/molecules200915525>
- Zhang, Q., Chen, W., Zhao, J., & Xi, W. (2016). Functional constituents and antioxidant activities of eight Chinese native goji genotypes. *Food Chemistry*, 200, 230-236. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.046>
- Zhang, X., & Shao, X. (2015). Characterisation of polyphenol oxidase and peroxidase and the role in browning of loquat fruit. *Czech Journal of Food Sciences*, 33, 109-117. <https://doi.org/10.17221/384/2014-CJFS>

Zielinski, A. A. F., Avila, S., Ito, V., Nogueira, A., Wosiacki, G., & Haminiuk, C. W. I. (2014). The association between chromaticity, phenolics, carotenoids, and in vitro antioxidant activity of frozen fruit pulp in Brazil: an application of chemometrics. *Journal of Food Science*, 79, 510-516. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12389>

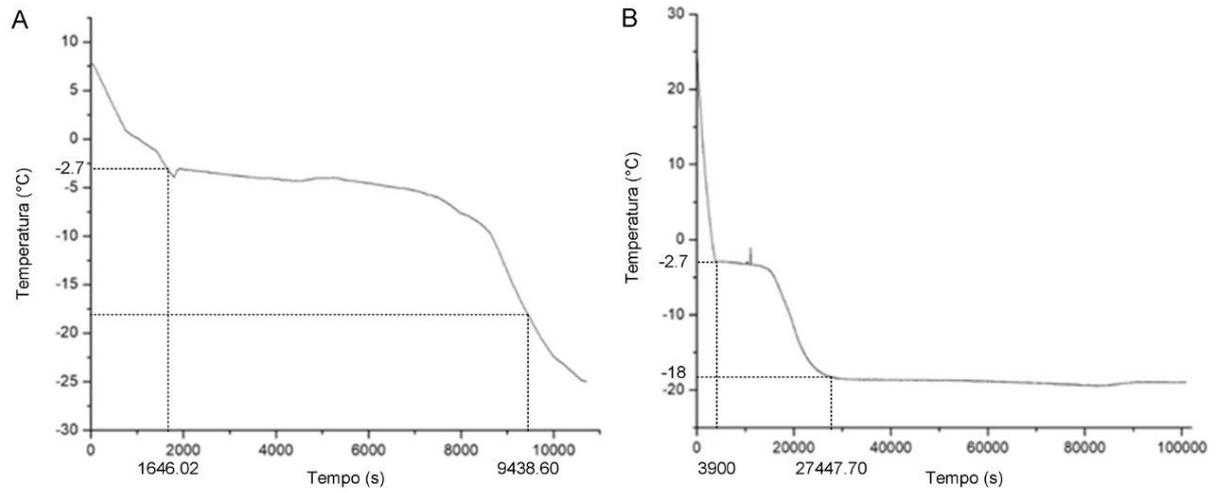
Figuras

Figura 1 Perfil de congelamento em polpas de uvaia. A: Curva de Congelamento por ar forçado (AF); B: Curva de Congelamento por ar estático (AE).

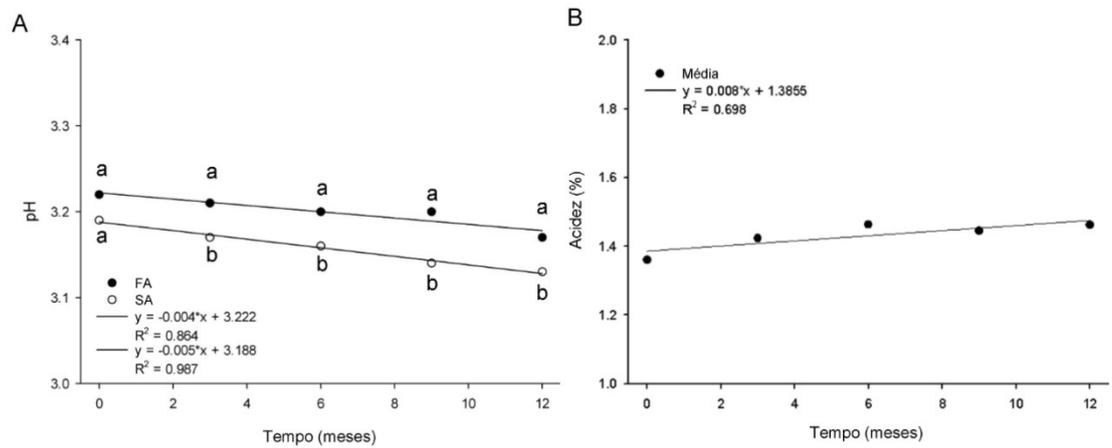


Figura 2 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação para as variáveis pH, e acidez titulável (AT) em polpas de uvaia congeladas por ar forçado (AF) e ar estático (AE) e armazenadas por 12 meses.

*Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância em um mesmo tempo de armazenamento.

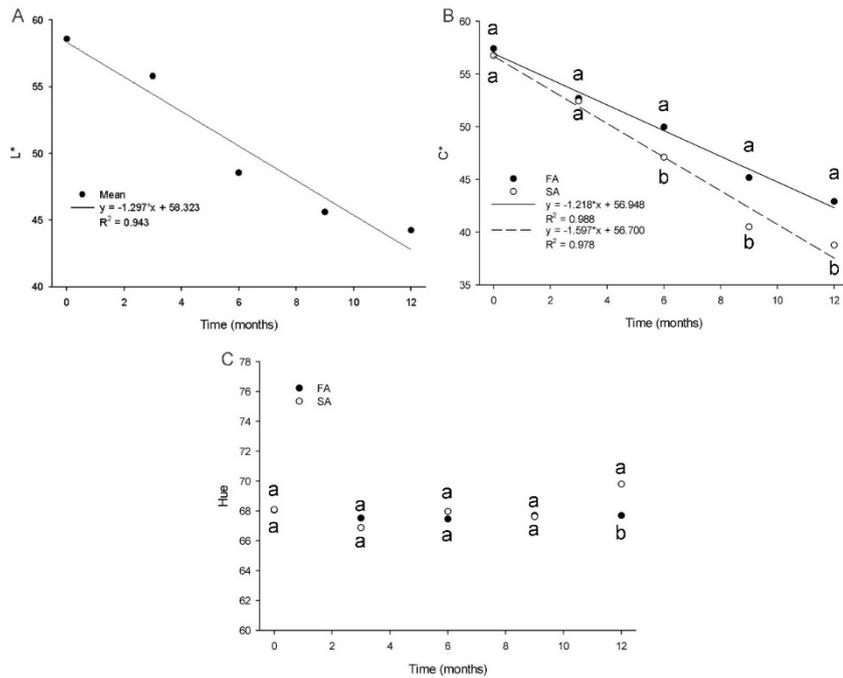


Figura 3 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação para o parâmetros de cor: (A): L*; (B): C* e (C): ângulo Hue (h°) em polpas de uvaia congeladas por ar forçado (AF) e ar estático (AE) e armazenadas por 12 meses.

*Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância em um mesmo tempo de armazenamento.

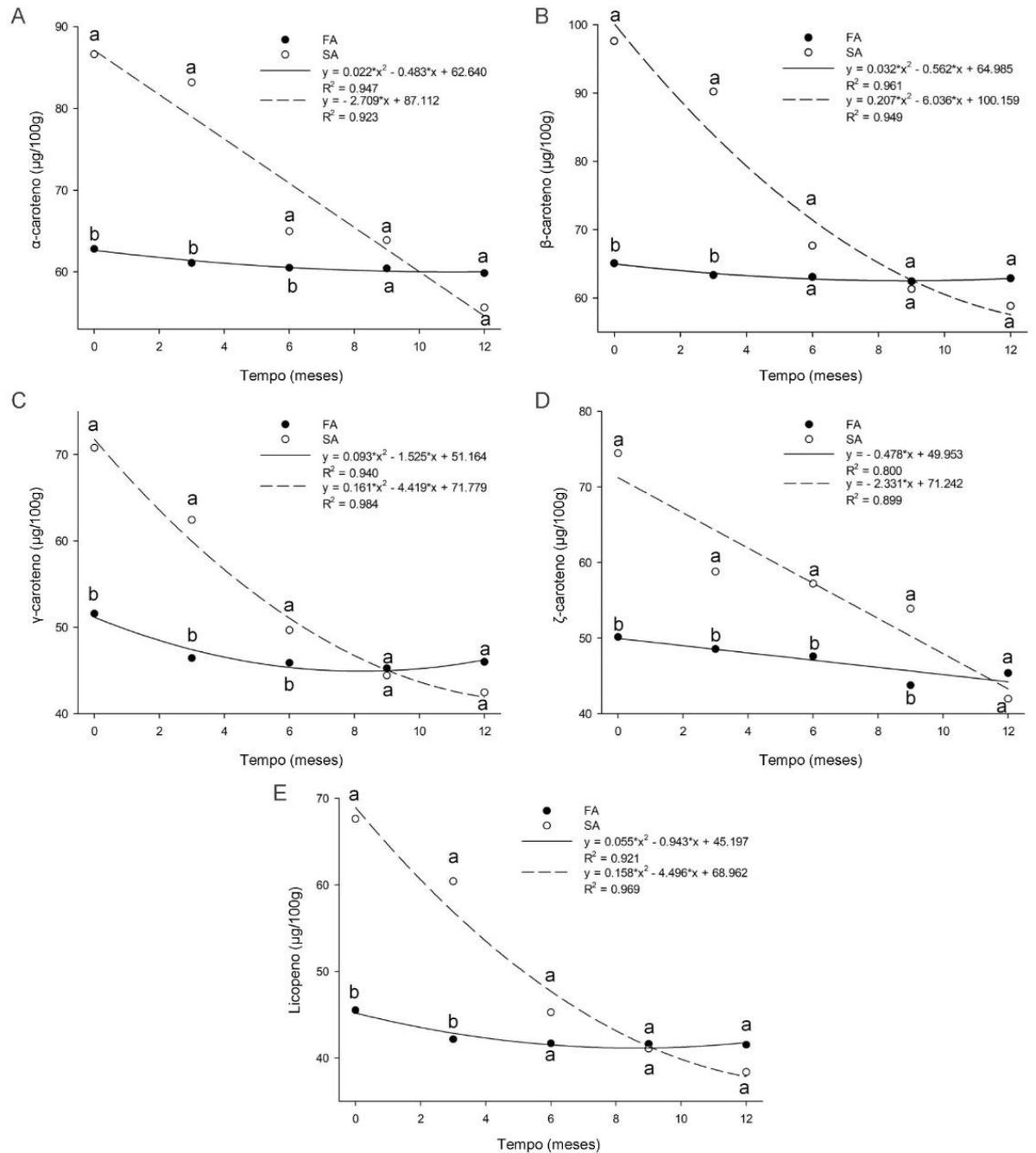


Figura 4 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação para 5 carotenoides (A): α -caroteno; (B): β -caroteno; (C): γ -caroteno; (D): ζ -caroteno; (E): licopeno em polpas de uvaia congeladas por ar forçado (AF) e ar estático (AE) e armazenadas por 12 meses.

*Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância em um mesmo tempo de armazenamento.

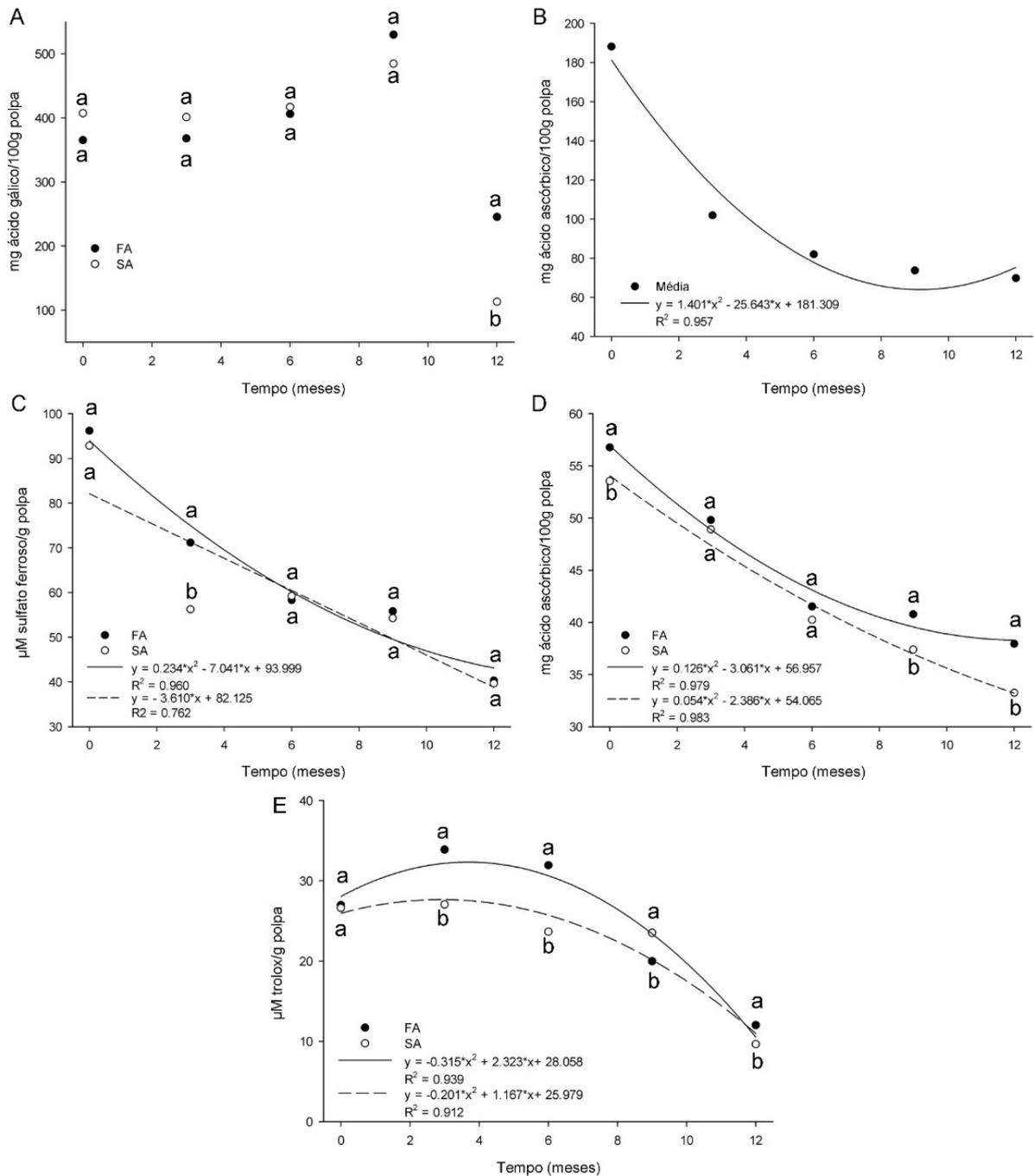


Figura 5 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação para (A): fenólicos totais; (B): vitamina C; (C): AA pelo método FRAP; (D): AA pelo método complexo fosfomolibdênio; (E): AA pelo método ABTS; em polpas de uvaia congeladas por ar forçado (AF) e ar estático (AE) e armazenadas por 12 meses.

*Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância em um mesmo tempo de armazenamento.

Tabelas

Tabela 1 Contagens de coliformes totais, fungos filamentosos e leveduras em polpas de uvaia congeladas por ar forçado (AF) e ar estático (AE) e armazenadas por 12 meses

Método de congelamento	Análise microbiológica	Tempo (meses)	
		0	12
Ar forçado (AF)	Fungos e leveduras (Log UFC. g ⁻¹)	2,71 ^{Ba}	< 2,00 ^{Ab}
	Coliformes a 35°C (NMP. g ⁻¹)	Ausente	Ausente
Ar estático (AE)	Fungos e leveduras (Log UFC. g ⁻¹)	2,86 ^{Aa}	< 2,00 ^{Ab}
	Coliformes a 35°C (NMP. g ⁻¹)	Ausente	Ausente

*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, na vertical, e minúsculas, na horizontal, não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 2 Compostos fenólicos detectados por HPLC em polpas de uvaia congeladas por ar forçado (AF) e ar estático (AE) e armazenadas por 12 meses

Composto	Tempo (meses)	AF	AE
Ácido gálico	0	1,196±0,019 ^{BCa}	1,62±0,043 ^{ABa}
	3	1,961±0,111 ^{Ba}	1,288±0,109 ^{Bb}
	6	1,514±0,058 ^{BCa}	1,051±0,051 ^{Ba}
	9	1,866±0,065 ^{Aa}	1,138±0,432 ^{Bb}
	12	2,778±0,019 ^{Aa}	2,129±0,598 ^{Ab}
Ácido clorogênico	0	1,910±0.056 ^{Aa}	1,797±0,358 ^{ABa}
	3	2,084±0.064 ^{Aa}	1,669±0,024 ^{Ba}
	6	1,242±0.336 ^{Ba}	0,863±0,299 ^{Ca}
	9	1,210±0.028 ^{Bb}	2,052±0,046 ^{ABa}
	12	2,215±0.180 ^{Aa}	2,412±0,367 ^{Aa}
Ácido cafeico	0	1,567±0.120 ^b	2,015±0,164 ^a
	3	ND	ND
	6	ND	ND
	9	ND	ND
	12	ND	ND
Ácido cumárico	0	0,565±0.018 ^{Aa}	0,527±0,053 ^{Ab}
	3	0,860±0.021 ^{Aa}	0,871±0,023 ^{Aa}
	6	0,737±0.094 ^{Aa}	0,696±0,094 ^{Ab}
	9	0,707±0.463 ^{Aa}	0,883±0,092 ^{Aa}
	12	0,622±0.032 ^{Ba}	0,412±0,107 ^{Ba}

	0	0,175±0.045 ^{Aa}	0,245±0,098 ^{ABa}
	3	0,190±0.018 ^{Aa}	0,279±0,014 ^{Aa}
Ácido <i>trans</i> -cinâmico	6	0,180±0.001 ^{Aa}	0,190±0,011 ^{ABa}
	9	0,106±0.133 ^{Aa}	0,118±0,007 ^{Ba}
	12	0,119±0.0182 ^{Aa}	0,112±0,021 ^{Ba}

*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, na vertical, e minúsculas, na horizontal, não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 3 Compostos voláteis tentativamente identificados em polpas de uvaia congeladas por ar forçado (AF) e ar estático (AE) e armazenadas por 12 meses

Composto	IR Lit ¹	IR EXP ²	Tempo (meses)	AF ³	AE ³
Ésteres					
Butanoato de etila	802	804	0	3,21±0,03 ^{Aa}	2,75±0,13 ^{Ab}
			3	2,42±0,22 ^{Ba}	2,12±0,02 ^{Bb}
			6	2,10±0,18 ^{Ca}	1,92±0,06 ^{Ba}
			9	1,85±0,07 ^{Ca}	1,44±0,07 ^{Cb}
			12	1,51±0,07 ^{Da}	0,71±0,04 ^{Db}
Acetato de octila	1211	1211	0	0,66±0,05 ^{Aa}	0,59±0,02 ^{Ab}
			3	0,50±0,01 ^{Ba}	0,40±0,03 ^{Bb}
			6	0,45±0,03 ^{BCa}	0,39±0,02 ^{Ba}
			9	0,39±0,02 ^{Ca}	0,34±0,01 ^{Ba}
			12	0,32±0,02 ^{Da}	0,25±0,02 ^{Cb}
Hexanoato de hexila	1382	1383	0	0,37±0,02 ^{Aa}	0,21±0,02 ^{Ab}
			3	0,32±0,02 ^{Ba}	0,17±0,01 ^{ABb}
			6	0,29±0,01 ^{BCa}	0,14±0,01 ^{BCb}
			9	0,26±0,01 ^{CDa}	0,12±0,01 ^{Cb}
			12	0,23±0,02 ^{Da}	0,11±0,01 ^{Cb}
Butanoato de octila	1388	1387	0	1,92±0,03 ^{Aa}	1,43±0,02 ^{Ab}
			3	1,83±0,04 ^{Ba}	1,29±0,02 ^{Bb}
			6	1,79±0,01 ^{BCa}	1,19±0,01 ^{Cb}
			9	1,73±0,02 ^{CDa}	1,10±0,02 ^{Db}
			12	1,68±0,02 ^{Da}	1,08±0,06 ^{Db}

Acetato de hexila	1007	1015	0	0,32±0,02 ^{Da}	0,25±0,01 ^{Db}
			3	0,43±0,01 ^{Ca}	0,40±0,01 ^{Ca}
			6	0,52±0,02 ^{Ba}	0,44±0,01 ^{ABb}
			9	0,53±0,01 ^{ABa}	0,45±0,02 ^{Ab}
			12	0,55±0,01 ^{Aa}	0,42±0,02 ^{BCb}
Octanoato de etila	1198	1199	0	0,43±0,02 ^{Ca}	0,37±0,01 ^{Cb}
			3	0,49±0,01 ^{Ba}	0,42±0,01 ^{Bb}
			6	0,55±0,01 ^{Aa}	0,49±0,02 ^{Ab}
			9	0,40±0,02 ^{Ca}	0,42±0,02 ^{Ba}
			12	0,39±0,01 ^{Ca}	0,32±0,01 ^{Db}
Hexanoato de etila	1002	1001	0	14,08±0,10 ^{Aa}	13,11±0,09 ^{Ab}
			3	12,82±0,13 ^{Ba}	11,55±0,29 ^{Bb}
			6	11,44±0,06 ^{Ca}	10,29±0,03 ^{Cb}
			9	11,29±0,02 ^{Ca}	9,40±0,12 ^{Db}
			12	9,16±0,05 ^{Da}	7,67±0,44 ^{Eb}
Terpenos					
Mirceno	988	989/992	0	8,74±0,25 ^{Ba}	7,35±0,08 ^{Cb}
			3	7,10±0,08 ^{Da}	5,63±0,09 ^{Db}
			6	8,12±0,02 ^{Ca}	8,04±0,06 ^{Ba}
			9	11,57±0,10 ^{Aa}	8,78±0,03 ^{Ab}
			12	6,99±0,14 ^{Da}	4,77±0,03 ^{Eb}

			0	0,14±0,01 ^{Da}	0,13±0,01 ^{Ca}
			3	0,21±0,02 ^{ABa}	0,21±0,02 ^{ABa}
Beta-pineno	977	981	6	0,24±0,02 ^{Aa}	0,23±0,01 ^{Aa}
			9	0,19±0,02 ^{Ba}	0,19±0,02 ^{Ba}
			12	0,15±0,02 ^{Ca}	0,14±0,01 ^{Ca}
			0	6,42±0,09 ^{Aa}	4,92±0,13 ^{Ab}
			3	5,11±0,10 ^{Ba}	3,86±0,11 ^{Bb}
Germacreno D	1479	1484	6	4,32±0,09 ^{Ca}	2,04±0,07 ^{Cb}
			9	3,78±0,08 ^{Da}	1,58±0,03 ^{Db}
			12	2,31±0,10 ^{Ea}	0,90±0,06 ^{Eb}
			0	2,27±0,05 ^{Aa}	1,95±0,07 ^{Ab}
			3	2,04±0,07 ^{Ba}	1,81±0,02 ^{Bb}
Beta-Cariofileno	1417	1420	6	1,90±0,03 ^{Ca}	1,58±0,04 ^{Cb}
			9	1,78±0,04 ^{Ca}	1,55±0,04 ^{Cb}
			12	1,64±0,02 ^{Da}	1,28±0,07 ^{Db}
Álcool					
Octanol			0	8,54±0,07 ^{Da}	8,26±0,04 ^{Da}
			3	9,16±0,15 ^{Ca}	9,24±0,08 ^{Ca}
	1072	1074	6	9,31±0,10 ^{Cb}	10,74±0,06 ^{Ba}
			9	10,40±0,52 ^{Bb}	12,47±0,34 ^{Aa}
			12	11,03±0,05 ^{Ab}	12,69±0,12 ^{Aa}

*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, na vertical, e minúsculas, na horizontal, não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

¹ Índices de retenção Literatura (IR Lit)

² IR EXP: índice de retenção experimental

³ Valores médios de três repetições ± desvio padrão.