

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

MARA NÚBIA GUIMARÃES DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DE POLPA DE CAGAITA
(*Eugenia dysenterica* DC.) SUBMETIDA AO CONGELAMENTO
E ATOMIZAÇÃO**

Goiânia
2015



Termo de Ciência e de Autorização para Disponibilizar as Teses e Dissertações Eletrônicas (TEDE) na Biblioteca Digital da UFV

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás - UFV a disponibilizar gratuitamente através da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações - BDTD/UFV, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor(a):	Mara Núbio Guimarães dos Santos		
CPF:	024.903.181-79	E-mail:	santosmng@hotmail.com
Sou e-mail pode ser disponibilizado na página?	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		
Vínculo Emprego do autor			
Agência de fomento:	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior	Sigla:	CAPES
País:	Brasil	UF:	GO
CNPJ:	01567601/0001-43		
Título:	AVALIAÇÃO DE POLPA DE CAGAITA (<i>Eugenia dysenterica</i> DC.) SUBMETIDA AO CONGELAMENTO E ATOMIZAÇÃO		
Palavras-chave:	Eugenia dysenterica DC., conservação, pulverização, temperatura, atomização.		
Título em outra língua:			
Palavras-chave em outra língua:			
Área de concentração:	Ciência e Tecnologia de Alimentos		
Data defesa: (dd/mm/aaaa)	02/04/2015		
Programa de Pós-Graduação:	Ciência e Tecnologia de Alimentos		
Orientador(a):	Clarissa Damiani		
CPF:	278.957.918-00	E-mail:	clarissadamiani@hotmail.com
Co-orientador(a):	Flávia Alves da Silva		
CPF:	546.831.901-25	E-mail:	flaviocamp@gmail.com

3. Informações de acesso ao documento:

Liberação para disponibilização? total parcial

Em caso de disponibilização parcial, assinale as permissões:

Capítulos. Especifique: _____

Outras restrições: _____

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O Sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.

Mara Núbio Guimarães dos Santos

Data: 02 / 04 / 2015

¹ Em caso de restrição, esta poderá ser mantida por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Todo resumo e metadados ficarão sempre disponibilizados.

MARA NÚBIA GUIMARÃES DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DE POLPA DE CAGAITA
(*Eugenia dysenterica* DC.) SUBMETIDA AO CONGELAMENTO
E ATOMIZAÇÃO**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Goiás, como exigência para a obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a.: Clarissa Damiani

Coorientadores: Prof. Dr.: Flávio Alves da Silva e Prof^a. Dr^a. Livia de Lacerda de Oliveira Pineli.

Goiânia
2015

Ficha catalográfica elaborada automaticamente
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

Guimarães dos Santos, Mara Núbia
AVALIAÇÃO DE POLPA DE CAGAITA (Eugenia dysenterica DC.)
SUBMETIDA AO CONGELAMENTO E ATOMIZAÇÃO [manuscrito] /
Mara Núbia Guimarães dos Santos. - 2015.
CVII, 107 f.

Orientador: Profa. Dra. Clarissa Damiani; co-orientador Dr. Flávio
Alves da Silva; co-orientador Dr. Livia de Lacerda de Oliveira Pineli.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de
Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos, Goiânia, 2015.

Bibliografia.
Inclui siglas, fotografias, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de
tabelas.

1. Eugenia dysenterica DC. 2. conservação. 3. pulverização. 4.
temperatura. 5. atomização. I. Damiani, Clarissa, orient. II. Alves da
Silva, Flávio, co-orient. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

MARA NÚBIA GUIMARÃES DOS SANTOS

AValiação DE POLPA DE CAGAITA (*Eugenia dysenterica* DC.) SUBMETIDA AO
CONGELAMENTO E ATOMIZAÇÃO.

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 02 de abril de 2015, pela Banca Examinadora
constituída pelos membros:

Profª. Dra. Rosângela Vera
Membro – EA/UFG

Profª. Dra. Joice Vinhal Costa Oisine
Membro – II Goiano – Campus Uruaí.

Profª. Dra. Clarissa Damiani
Presidente – EA/UPG

Dedico aos meus pais Manoel Lúcio dos Santos e Elisabeth Guimarães dos Santos, incentivadores e apoiadores incondicionais de todos os momentos. Ao meu irmão, Marco Túlio Guimarães dos Santos. Aos meus avós paternos, Sebastião Canuto de Mendonça e Geralda Magela de Mendonça; maternos, José Martins Guimarães e Guilhermina Cândida Guimarães, sempre presentes nos meus momentos de maior alegria e de aprendizado para a vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, pela luz que me alumia nesta jornada de estudos e pela fé que me fortalece nos momentos cruciais e transforma em bênçãos os meus dias;

Aos meus pais, Manoel Lúcio dos Santos e Elisabeth Guimarães dos Santos, pelo amor, atenção, apoio incondicional de sempre, pela torcida e orações;

Ao mano, Marco Túlio Guimarães dos Santos, pelo auxílio prestado ao longo destes dois anos de estudo;

À professora, Dr^a. Clarissa Damiani, minha orientadora, pela atenção e pelo esforço em instruir-me, repassando conhecimentos e orientando a correção de rumos quando necessário, durante todo o curso;

Ao professor, Dr. Flávio Alves da Silva, coorientador, pela paciência em orientar-me e em ouvir minhas dificuldades inerentes ou não ao curso;

Às minhas colegas de mestrado pelos momentos de cumplicidade e pelo convívio, quase diário, em especial à Ladyslène Christhyns de Paula e Patrícia Almeida de Araújo Abreu, parceiras e apoiadoras em todo momento. A elas o meu apreço, o meu carinho e a minha gratidão!

À Sr^a. Salma de Rezende Bastos, Sr. Cesar Moisés Bastos, Andrêssa de Rezende Bastos e Caio Rezende Bastos, por me abrirem as portas de sua casa em São Sebastião-DF, por me orientarem e por me auxiliarem no vai e vem em Brasília, com pesadas bagagens, o que foi fundamental em determinado período deste meu curso;

Ao meu especial e mui prezado amigo, Bruno da Silva Ferreira, pelo apoio de sempre e por ter sido um bom ouvinte e conselheiro nos momentos mais cruciais. E aos "tios", Nadelcione Ferreira Lima Silva e Helena Lourenço da Silva Lima, por me receberem em sua casa como um membro de sua família, pelo apoio e cuidados especiais que sempre me dedicaram;

Ao meu amigo, Alípio Teles Nery Neto, a minha gratidão pela verdadeira e sincera amizade e pelo apoio incondicional. E aos seus pais, Antonino Lopes Nery e Maria Vanilda Lourenço de Lima Nery que, também, tão bem me acolheram em sua casa em Brasília, em todos os momentos em que precisei, o meu muito obrigada;

À Dryele Sousa Lopes, namorada de Alípio, pelo apoio, amizade, carinho e empatia imediata. À sua mãe, Marleide Pereira de Sousa e sua irmã Rayane de Sousa Lopes, por me receberem e me deixarem completamente à vontade em sua casa;

À Dr^a. Livia de Lacerda de Oliveira Pineli, professora da Faculdade de Ciências da Saúde, da Universidade de Brasília, pelas conversas, períodos de tempo dedicados, pelo apoio ao meu projeto e por ter aceitado se tornar minha coorientadora;

À Dr^a. Patrícia Beltrão Lessa Constant, professora adjunta do Departamento de Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Sergipe, pela atenção e apoio prestados durante o desenvolvimento do projeto, pelas conversas, que foram muito importantes para a realização deste trabalho;

Ao Dr. Guilherme Martins Gelfuso, do Laboratório de Ensaio Químicos em Farmácia, Tecnologia Farmacêutica, Faculdade de Ciências da Saúde, da Universidade de Brasília, pela cordial recepção e boa vontade na orientação dos trabalhos no laboratório, especialmente, na manipulação do equipamento *spray dryer*;

Aos técnicos de Laboratório de Ensaio Químicos em Farmácia, Faculdade de Ciências da Saúde, da Universidade de Brasília, em especial, ao Sr. Carlos Antonio Ribeiro da Silva, que sempre me auxiliou quando foi preciso;

Às estagiárias, Maria Isadora Gabriel Sampaio e Júlia Fontes Torres, pelo apoio e companhia, às vezes, até bem tarde no laboratório, e pelas caronas após o trabalho;

Ao Professor, Dr. Thomas Christopher Rhys Williams, pelo espaço cedido no Laboratório de Fisiologia Vegetal, da UnB, para o preparo das amostras de teores de açúcares;

À Maria do Desterro Pereira Ferreira Ibiapina, pelo auxílio com a leitura dos teores de Açúcares por HPLC nos laboratórios da UnB, e por ser uma ouvinte tão paciente nos momentos de maior aperto ou exaspero. À Izabel Lucena Gadioli, também, pela ajuda durante a análise dos teores de açúcares por HPLC;

À Embrapa Cerrados, em especial à Dr^a. Sônia Maria Costa Celestino, pela oportunidade de realizar parte do meu projeto, no Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos desta Empresa. Meu muito obrigada, Dr^a. Sônia, pelo tempo e atenção a mim dedicados, pelos conhecimentos passados, pelas palavras de otimismo e motivação, que jamais serão esquecidas;

Aos técnicos e estagiária do Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Embrapa Cerrados, Daniela Andrade Faria, Márcio Luiz Gonçalves e Manaíra Ferreira Franco Xavier, pela excelente recepção, pelo apoio que me emprestaram e pelo aprendizado que me proporcionaram;

À Helena Teixeira Godoy, da Unicamp-SP, pela parceria nas análises de vitamina C e β -caroteno pelo método HPLC;

À Dr^a. Elisângela Elena Nunes Carvalho, do Departamento de Ciência dos Alimentos, da Universidade Federal de Lavras/MG, pela parceria com a análise de compostos voláteis;

Ao Dr^o Edson Pablo Silva, pelo apoio com as análises de perfil de minerais e compostos voláteis;

Ao Ruver Rodrigues Feitosa Ramalho, pela atenção e paciência com que sempre me recebeu e auxiliou, sanando dúvidas em relação à análise de compostos voláteis, mesmo nos momentos em que se encontrava muito ocupado em seus afazeres;

Ao meu dileto amigo, Marcus Vinícius Santana, pelo apoio que sempre me emprestou, sobretudo, nos dois anos de mestrado. E de forma muito especial, pelo auxílio com as análises estatísticas contidas no projeto;

Ao meu querido amigo Túlio Rabelo de Aquino, pela amizade, incentivo e apoio que sempre me emprestou durante o período do mestrado;

A Dr^a. Joice Vinhal Costa Orsine e Dr^a. Rosângela Vera, membros da banca examinadora, pela valiosa contribuição emprestada à minha dissertação;

Enfim, meu muito obrigada a todas as pessoas que me apoiaram, direta ou indiretamente, na pessoa da minha amiga de tantos momentos difíceis, Nilva Costa Dias.

*"Tem esperança aquele que sabe esperar
confiantemente, aquele que sabe que as
adversidades de hoje se constituem no esterco que
prepara a terra para a farta colheita de amanhã."
(José Carlos de Lucca)*

RESUMO

O Cerrado brasileiro apresenta grande diversidade de espécies nativas, mas a forma de expansão agrícola tem ignorado o alto potencial desse bioma. Dentre os frutos do Cerrado, tem-se a cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.), com grande potencial de consumo, principalmente, pelas possibilidades de utilização na culinária. A alta perecibilidade da maioria dos frutos, aliado à sua sazonalidade, têm impulsionado o desenvolvimento de processos tecnológicos, com vistas ao melhor aproveitamento destes frutos, além da extensão de sua vida pós-colheita. Diante desses fatores, este estudo teve como proposta, avaliar o efeito do congelamento e atomização sobre os compostos bioativos da cagaita, bem como avaliar a vida útil da polpa de cagaita atomizada, armazenada durante 45 dias, à temperatura de 30 °C. O trabalho foi realizado com frutos de cagaita, coletados maduros, pela manhã, na Universidade Federal de Goiás, em Goiânia-GO, para a obtenção da polpa congelada, e, posteriormente, atomizada. As amostras foram avaliadas quanto ao teor de compostos fenólicos totais, flavonóides totais, taninos condensados, potencial antioxidante (por ABTS e DPPH), vitamina C, β -caroteno (por HPLC), teores de açúcares (frutose, glicose, sacarose) (por HPLC), perfil de minerais, compostos voláteis. Os resultados demonstraram influência dos métodos de conservação (congelamento e atomização), podendo-se considerar que o método de secagem por *spray dryer* apresentou melhor performance, quando comparado a técnica de congelamento da polpa de cagaita, com maiores teores de compostos fenólicos totais, flavonóides totais e taninos condensados, após a secagem da polpa, contribuindo para aumento do potencial antioxidante (ABTS). Porém, os métodos de conservação de alimentos estudados não foram eficazes para a preservação do teor da vitamina C da cagaita *in natura*. Os métodos de conservação (congelamento e atomização) apresentaram teores de açúcares diferentes (frutose, glicose), mas não apresentaram teores de sacarose para nenhum método. Utilizando-se a técnica de atomização, observou-se a possibilidade de extração de diferentes compostos voláteis, em menor percentual de área, em comparação com a fruta *in natura* e também com a polpa congelada. Durante o tempo de armazenamento (45 dias) à 30 °C observou-se a manutenção e aumento dos compostos bioativos presentes na polpa de cagaita atomizada, indicando que a atomização pode ser uma técnica para conservação da fruta. O trabalho contribuiu para uma maior valorização e aproveitamento do Cerrado brasileiro e, ao mesmo tempo, incentivando a preservação desse bioma.

ABSTRACT

The Brazilian Cerrado presents great diversity of native species, but the form of agricultural expansion has ignored the high potential of this biome. Among the fruits of the Cerrado, has the cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.), with great potential for consumption mainly by the possible uses in culinary. The high perishability of most fruits, combined with seasonality, have driven the development of technological processes, with a view to better use of these fruits, beyond the scope of its postharvest life. Given these factors, this study aimed to evaluate the effect of freezing and atomization on the bioactive compounds of cagaita and evaluate the working life of cagaita atomized pulp stored for 45 days at a temperature of 30 °C. The study was conducted with fruit cagaita collected mature in the morning at the Federal University of Goiás, in Goiânia, GO, to obtain the frozen pulp, and then atomized. The samples were analyzed for content of total phenolics, total flavonoids, tannins, antioxidant potential (for ABTS and DPPH), vitamin C, β -carotene (HPLC), sugars (fructose, glucose, sucrose) (for HPLC), mineral profile, volatile compounds. The results showed influence of conservation methods (freezing and atomization). May be considered that the drying method spray dryer showed better performance when compared to freezing technique cagaita pulp, one time showed higher levels of total phenolics, total flavonoides and condensed tannins, after drying the pulp, contributing to increase the antioxidant potential (ABTS). However, food preservation methods studied were not effective for the preservation of the vitamin C content of cagaita fresh. The methods of preservation (freezing and spray) showed different levels of sugars (fructose, glucose), but showed no sucrose contents to nenhum method. Using the spray technique, there is the possibility of extracting volatile compounds different in the lowest percentage of area compared with fresh fruit and also the frozen pulp. During the storage time (45 days) at 30 °C was observed the increase of the maintainer and bioactive compounds present in the pulp atomized cagaita, indicating that the atomization may be a technique for preserving fruit. The work contributed to a greater appreciation and enjoyment of the Brazilian Cerrado and at the same time, encouraging the preservation of this biome.

LISTA DE SIGLAS

Aa - Atividade de água
ABTS - 2,2'-azinobis-3-etil-benzotiazolina-6-sulfonado
AGE - Ácido Gálico Equivalente
AIDS - Síndrome da Imunodeficiência Adquirida
Al - Alumínio
As - Arsênio
ANOVA - Análise de Variância
AOAC - Association of Official Analytical Chemists
B - Boro
BHA - Hidroxianisol de Butila
BHT - Hidroxitolueno de Butila
BOD - Demanda Bioquímica do Oxigênio
Cd - Cádmo
CG-MS - Gas chromatography–mass spectrometry
CLAE - Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência
C - Carbono
Ca - Cálcio
Cl - Cloro
Co - Cobalto
Cr - Cromo
Cu - Cobre
DAD - Detecção por Arranjo de Diodos
DF - Distrito Federal
DPPH - 2,2-difenil-1-picril hidrazina
EC - Concentração Eficaz
EM - Espectro de Massa
ERO - Espécie Reativa de Oxigênio
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
F - Fluor
Fe - Ferro
HCl - Ácido Clorídrico
Hg - Mercúrio
HPLC - High Performance Liquid Chromatography
I - Iodo
K - Potássio
KPa - Kilo Pascal
LDL - Low Density Lipoprotein
MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MEV - Microscopia Eletrônica de Varredura
Mg - Magnésio
Mn - Manganês
Mo - Molidênio
Na - Sódio
NaCl - Cloreto de Sódio
Ni - Níquel
P - Fósforo
Pb - Chumbo

PET - Politereftalato de etileno
pH - potencial Hidrogeniônico
RID - Detector por Índice de Refração
RPM - Rotação por minuto
S - Enxofre
Sb - Antimônio
Se - Selênio
Si - Silício
Sn - Estanho
TROLOX - 6-hidroxi-2,5,7-tetramethylcromo-2-ácido carboxílico
UFLA - Universidade Federal de Lavras
UnB - Universidade de Brasília
UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas
Vitamina A - Carotenóide
Vitamina B₁ - Tiamina
Vitamina B₂ - Riboflavina
Vitamina B₃ - Niacina
Vitamina B₅ - Ácido Pantotênico
Vitamina B₆ - Piridoxina
Vitamina B₇ - Biotina
Vitamina B₉ - Folacina
Vitamina B₁₂ - Cianocobamina
Vitamina C - Ácido Ascórbico
Vitamina E - Tocoferol
Zn - Zinco

UNIDADES

C - Celsius
Da - Dalton
eV - Elétron-volt
g - Grama
kg - Quilograma
km - Quilometro
mg - Miligrama
L - Litro
mL - Mililitro (10^{-3})
 μ L - Microlitro (10^{-6})
m - Metro
mm - Milímetro
 μ m - Micrômetro (10^{-6})
 μ mol - Micromol
min - Minuto
 $m/z s^{-1}$ - Massa/carga por segundo
N - Normal
nm - Nanometro

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1.** a)- Campo limpo na Estação Ecológica de Itirapina, SP; b)- Campo sujo; c)- Campo cerrado; e d)- Mata de galeria..... 19
- Figura 2.** a)- tronco de cagaiteira; b)- folhas da cagaiteira; c)- flores de cagaita; d)- Fruto maduro e sementes de cagaita..... 21
- Figura 3.** a)- Fruto verde; b)- Fruto de "vez"; c)- Fruto maduro; d)- Fruto maduro no chão..... 22
- Figura 4.** Estrutura da glicose e frutose..... 37

CAPÍTULO 2

- Figura 5.** Etapas do processamento de polpa de cagaita congelada..... 55
- Figura 6.** Etapas do processamento de polpa de cagaita atomizada..... 56

CAPÍTULO 3

- Figura 7.** Etapas do processamento de polpa de cagaita atomizada..... 84
- Figura 8.** Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação do teor de polifenóis totais (A), flavonóides totais (B) e potencial antioxidante pelo método ABTS (C), presentes na polpa de cagaita atomizada, armazenada a 30 °C, durante 45 dias..... 95
- Figura 9.** Morfologia das micropartículas da polpa de cagaita submetida ao processo de secagem por *spray dryer*, armazenadas por 45 dias (30 °C). T0= 0 dias; T1=15 dias; T2=30 dias; e T3=45 dias..... 99

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1.	Compostos bioativos, teores de açúcares, umidade e atividade de água da cagaita <i>in natura</i> , e da polpa congelada e atomizada.....	64
Tabela 2.	O perfil de minerais da cagaita <i>in natura</i> , polpa de cagaita e polpa de cagaita atomizada.....	68
Tabela 3.	Compostos voláteis majoritários da cagaita <i>in natura</i> , polpa congelada e polpa atomizada.....	69

CAPÍTULO 3

Tabela 4.	Os teores de vitamina C, β -caroteno, taninos condensados, potencial antioxidante por DPPH, teor de açúcares (glicose, frutose, sacarose), atividade de água, umidade e higroscopicidade, da polpa de cagaita atomizada armazenada à temperatura de 30 °C por 45 dias.....	92
Tabela 5.	Compostos voláteis majoritários presentes na polpa de cagaita armazenada por 45 dias (30 °C).....	97

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	18
2.1	O Cerrado.....	18
2.2	A Cagaita.....	20
2.2.1	Características Gerais.....	20
2.2.2	Utilização.....	22
2.2.3	Aspectos Nutricionais da Cagaita.....	23
2.3	Polpa Congelada de Frutas.....	23
2.4	Desidratação de Frutas.....	25
2.4.1	Atomização.....	26
2.4.1.1	Agente Carreador.....	27
2.5	Antioxidantes.....	28
2.6	Vitaminas.....	29
2.6.1	Importância da Vitamina A e C.....	31
2.7	Compostos Fenólicos.....	32
2.7.1	Flavonóides.....	34
2.7.2	Taninos.....	34
2.8	Minerais.....	35
2.9	Açúcares.....	36
2.10	Compostos Voláteis.....	38
	REFERÊNCIAS.....	39

CAPÍTULO 2

	INFLUÊNCIA DO CONGELAMENTO E ATOMIZAÇÃO SOBRE OS COMPOSTOS BIOATIVOS DE CAGAITA.....	52
	RESUMO.....	52
	ABSTRACT.....	53
1	INTRODUÇÃO.....	54
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	55
2.1	Obtenção dos Frutos.....	55
2.2	Produção da Polpa Congelada e Atomizada.....	55
2.2.1	Polpa Congelada.....	55
2.2.2	Polpa Atomizada.....	56
2.3	Análises Físicas e Químicas.....	57
2.3.1	Atividade de água.....	57
2.3.2	Teor de Umidade.....	57
2.3.3	Vitamina C e β -caroteno.....	57
2.3.4	Determinação de Polifenóis Totais.....	58
2.3.5	Flavonóides Totais.....	59
2.3.6	Taninos Condensados.....	59
2.3.7	Atividade Antioxidante.....	60
2.3.8	Perfil de Minerais.....	61

2.3.9	Teores de Açúcares.....	61
2.3.10	Compostos Voláteis.....	62
2.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	63
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
4	CONCLUSÃO.....	73

	REFERÊNCIAS.....	74
--	-------------------------	-----------

CAPÍTULO 3

	EFEITO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO SOBRE OS COMPOSTOS BIOATIVOS DA POLPA DE CAGAITA SUBMETIDA À SECAGEM POR <i>SPRAY DRYER</i>.....	80
--	--	-----------

	RESUMO.....	80
--	--------------------	-----------

	ABSTRACT.....	81
--	----------------------	-----------

1	INTRODUÇÃO.....	82
----------	------------------------	-----------

2	MATERIAL E MÉTODOS.....	83
----------	--------------------------------	-----------

2.1	Obtenção dos Frutos e da Polpa Congelada.....	83
------------	--	-----------

2.2	Obtenção da Polpa de Cagaita Atomizada.....	83
------------	--	-----------

2.3	Análises Físicas e Químicas.....	85
------------	---	-----------

2.3.1	Vitamina C e β -Caroteno.....	85
-------	-------------------------------------	----

2.3.2	Determinação de Polifenóis Totais.....	86
-------	--	----

2.3.3	Flavonóides Totais.....	86
-------	-------------------------	----

2.3.4	Taninos Condensados.....	87
-------	--------------------------	----

2.3.5	Atividade Antioxidante.....	87
-------	-----------------------------	----

2.3.6	Teores de Açúcares.....	88
-------	-------------------------	----

2.3.7	Compostos Voláteis.....	89
-------	-------------------------	----

2.3.8	Atividade de água.....	90
-------	------------------------	----

2.3.9	Teor de Umidade.....	90
-------	----------------------	----

2.3.10	Higroscopicidade.....	90
--------	-----------------------	----

2.3.11	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	90
--------	--	----

2.4	Análise Estatística.....	91
------------	---------------------------------	-----------

3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	92
----------	------------------------------------	-----------

4	CONCLUSÃO.....	101
----------	-----------------------	------------

	REFERÊNCIAS.....	102
--	-------------------------	------------

	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	107
--	----------------------------------	------------

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

Os frutos das espécies nativas do Cerrado apresentam elevado valor nutricional, além de atrativos sensoriais nos quesitos cor, sabor e aroma, que são peculiares e intensos. Entretanto, de modo geral, esse grande potencial ainda é pouco explorado comercialmente (PIRES, 2012).

Dentre os frutos nativos do Cerrado, tem-se a cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.), planta arbórea, originária do Cerrado ou Cerradão, que frutifica entre os meses de outubro e dezembro, destacando-se pela capacidade de produzir grande quantidade de frutos de 500 a 2000 por planta (SILVA et al. 1994; SILVA; TASSARA 2003). É natural das regiões de São Paulo, de Minas Gerais, da Bahia, do Tocantins, de Mato Grosso, de Mato Grosso do Sul, do Pará, do Maranhão, do Piauí, de Goiás e do Distrito Federal (BRITO et al., 2003; CORRÊA, 1984).

A cagaita, assim como a maioria das frutas, é considerada alimento perecível porque apresenta atividade metabólica elevada, notadamente após a colheita, levando aos processos de deterioração (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Portanto, torna-se importante adotar técnicas adequadas de conservação para que se tenha menor desperdício, permitindo o prolongamento de sua vida útil (RODRIGUES, 2010). Dois métodos bastante comuns são o congelamento e secagem.

O congelamento é uma das técnicas de conservação de alimentos. Nesse método, parte da água do alimento sofre mudança em seu estado, formando cristais de gelo (FELLOWS, 2006). Assim, a atividade de água do alimento é reduzida, o que proporciona o aumento da vida útil do produto. O congelamento retarda, mas não cessa as reações físico-químicas e bioquímicas que levam à deterioração dos alimentos. Como consequência, durante o armazenamento congelado, ocorre mudança lenta e progressiva na qualidade sensorial dos produtos alimentícios (RAHMAN; RUIZ, 2007).

Com relação à secagem, há atenção especial voltada para o desenvolvimento de técnicas de secagem para frutas, no intuito de reduzir o desperdício e as perdas pós-colheita, tendo como resultado o aproveitamento dos excedentes de safra e a comercialização de “*comodities sazonais*”. Devido ao seu valor nutricional e comercial, as frutas requerem atenção primordial em relação à adoção de técnica de desidratação, que permite torná-las um

meio adequado de nutrientes e vitaminas, enriquecendo produtos existentes no mercado, ou ocasionando a criação de novos produtos isentos de conservantes (MARQUES, 2008).

Dentre as técnicas de secagem de frutas, tem-se a atomização, que é um método contínuo de secagem, no qual um líquido, ou pasta, é transformado em produto seco, na forma de pó, caracterizando-se por um tempo de secagem relativamente curto. O processo consiste, basicamente, na atomização do líquido em compartimento que recebe fluxo de ar quente, de modo que a rápida evaporação da água permite manter baixa a temperatura das partículas. Assim, esta técnica favorece a secagem de produtos sensíveis ao calor (alimentícios, biológicos e farmacêuticos), sem afetar, demasiadamente, sua qualidade (RÉ, 1998).

Neste contexto, têm-se como objetivo avaliar a estabilidade dos compostos bioativos em polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*), quando submetida ao processo de congelamento e atomização.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O Cerrado

O Cerrado está localizado entre 5° e 20° de latitude Sul e 45° a 60° de longitude Oeste, estando grande parte localizado no Planalto Central do Brasil. Sua extensão abrange os Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Goiás, Tocantins, Maranhão, Piauí, Bahia, Minas Gerais, São Paulo e o Distrito Federal. É a segunda maior formação vegetal brasileira, limitando-se na porção norte com o domínio da Amazônia; a leste e a nordeste, com o domínio da Caatinga; e a leste e sudeste, com o domínio da Floresta Atlântica (SILVA; ASSAD; EVANGELISTA, 2008).

O Cerrado faz fronteira com a maioria dos outros biomas brasileiros, à exceção dos Campos Sulinos e do ecossistema Marinho (AGUIAR; MACHADO; MARINHO-FILHO, 2004). Tal vizinhança, aliada à sua extensão territorial, traz como consequência a variabilidade de clima e solo e produz condições para que vários outros biomas possam coexistir em algumas das suas formações vegetacionais, contribuindo com a diversidade da fauna e da flora (RIBEIRO; WALTER, 2008; SILVA et al., 1994).

O clima da região do Cerrado é estacional, com período chuvoso que dura de outubro a março, seguido por período seco, de abril a setembro. As temperaturas são, no geral, amenas, entre 22 °C a 27 °C em média (KLINK; MACHADO, 2005). Com invernos secos e verões chuvosos, o clima predominante do Cerrado é classificado como tropical chuvoso, apresentando média anual de precipitação da ordem de 1500 mm, variando de 750 a 2000 mm (ADÁMOLI et al., 1987).

A flora do Cerrado é muito diversificada, distinguindo-se vários tipos fisionômicos, sendo predominantes as formações de cerrado (agrupamento de árvores baixas com ramificações irregulares, troncos retorcidos, com casca grossa, folhas coriáceas e caducas, distribuídas sobre um estrato herbáceo e subarbustivo); cerradão (apresenta árvores maiores, pouco retorcidas, com boa cobertura vegetal, dando aspecto de mata, e uma vegetação herbácea e arbustiva, ocupando diferentes estratos); campo sujo (vegetação essencialmente herbácea e arbustiva); campo limpo (vegetação herbácea com raros arbustos e ausência de árvores); veredas (buritis e árvores distribuídas em campo limpo, em locais de solos úmidos), e mata de galeria (vegetação densa, com árvores grandes, distribuídas ao longodos vales, rios

e outros tipos de cursos d'água) (RIBEIRO et al., 1983; SILVA et al., 1992), conforme pode ser visualizado na Figura 1.



Figura 1. a)- Campo limpo na Estação Ecológica de Itirapina, SP; b)- Campo sujo; c)- Campo cerrado; e d)- Mata de galeria. (MOTTA-JÚNIOR; GRANZINOLLI; DEVELEY, 2008).

Durante as últimas décadas, a acelerada exploração agropecuária, desenvolvida no Cerrado, teve como consequência, além do desenvolvimento sócio-econômico da região, a remoção da vegetação nativa, por meio dos desmatamentos realizados, em grande parte, sem planejamento e fiscalização, prejudicando a biodiversidade, a sustentabilidade e causando desequilíbrios ecológicos ao ecossistema (MENDONÇA et al., 2008).

O ambiente dos Cerrados é bastante rico em espécies frutíferas nativas, disponibilizando enorme quantidade de frutos comestíveis, com formatos variados, cores atrativas e sabores característicos, muitos de ótima qualidade e que são aproveitados em diferentes formas pelas populações locais. Esses frutos constituem, ainda, importante fonte de alimentos para animais silvestres (pássaros, roedores, tatus, canídeos, etc.) e mesmo para o gado. Os animais silvestres funcionam como dispersores naturais de sementes, podendo-se admitir que o caráter atrativo e alimentício dos frutos resulta de um processo de co-evolução entre plantas e animais, por um longo período de tempo (CHAVES; NAVES, 1998).

O Cerrado apresenta manancial de espécies que podem ser consideradas como “plantas do futuro”, ainda subutilizadas pela população brasileira, seja por desconhecimento científico ou por falta de incentivos para sua comercialização. Dentre estas, as frutíferas sobressaem-se, existindo muitas famílias diferentes que produzem frutos comestíveis, com

formatos variados, cores bem atrativas e sabores característicos, que podem ser utilizados para o consumo *in natura* ou para produção de doces, geleias, sucos e licores (RODRIGUES, 2010).

O uso sustentável das espécies do Cerrado pode tornar excelente alternativa para agregar valor às matérias-primas disponíveis na região, melhorar a saúde da população, colaborar na renda das comunidades rurais e favorecer a conservação das espécies nativas (PINTO, 2006).

Dentre as espécies frutíferas do bioma Cerrado destaca-se a cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC., Myrtaceae), cujos frutos são consumidos *in natura* ou processados (BRANDÃO; FERREIRA, 1991; RIBEIRO et al., 1992).

2.2 A Cagaita

2.2.1 Características Gerais

A cagaiteira pertence à família Myrtaceae, subfamília Eugenioideae, tribo Eugeniinae. O nome da família vem do termo grego *myrtos*, que significa perfume. A família é representada no Cerrado por 14 gêneros, com 211 espécies conhecidas, e é considerada uma das famílias mais representativas desse bioma. As 50 espécies conhecidas, encontram-se plantas de hábitos diversos, variando desde ervas até árvores, compondo quase todos os tipos fitofisionômicos do Cerrado (MENDONÇA et al., 1998).

É uma árvore frutífera, nativa dos cerrados, de altura mediana, alcançando de 4 a 10 metros de altura, de tronco e ramos tortuosos, casca grossa e fissurada (NAVES; ALMEIDA NETO; ROCHA, 1995; RIBEIRO; PROENÇA; ALMEIDA, 1986; RIZZINI, 1971), como apresentado na Figura 2A. Suas folhas são aromáticas, curto-pecioladas, glabras e luzidias na face superior, coriáceas, com nervuras visíveis, de 4-9 cm de comprimento por 3-5 cm de largura (Figura 2B) (LORENZI, 2002; MARTINOTTO et al., 2008), conforme Figura 2B.

Suas flores brancas de quatro pétalas, muito vistosas, formam panículas fasciculadas, com cálice de quatro lacínios ovados e ciliados, e estames muito exsertos e claros, características das plantas hermafroditas, geralmente, grandes e que costumam nascer isoladas umas das outras (CORRÊA, 1984; RIZZINI, 1971), conforme Figura 2C. A polinização é feita, principalmente, por abelhas, com as flores abrindo-se pela manhã e mantendo-se abertas por um dia, seguindo um padrão de floração que denomina-se “big bang”, ou seja, com

floração muito intensa por um curto período (CHAVES; TELLES, 2006; SILVA; CHAVES; NAVES, 2001).

Seus frutos podem ser caracterizados como bagas globosas e suculentas, pericarpo membranoso, com peso entre 14 à 20 g, comprimento de 3 à 4 cm e diâmetro de 3 à 5 cm, de cor predominantemente amarelo-clara e sabor suavemente ácido, e agradável ao paladar (NAVES; ALMEIDA NETO; ROCHA, 1995; RIBEIRO; PROENÇA; ALMEIDA, 1986; RIZZINI, 1971). Suas sementes elipsoides e achatadas (RIZZINI, 1971) apresentam coloração creme e formato oval, medindo de 0,8 a 2,0 cm de diâmetro (DONADIO; MÔRO; SERVIDONE, 2002), conforme Figura 2D.

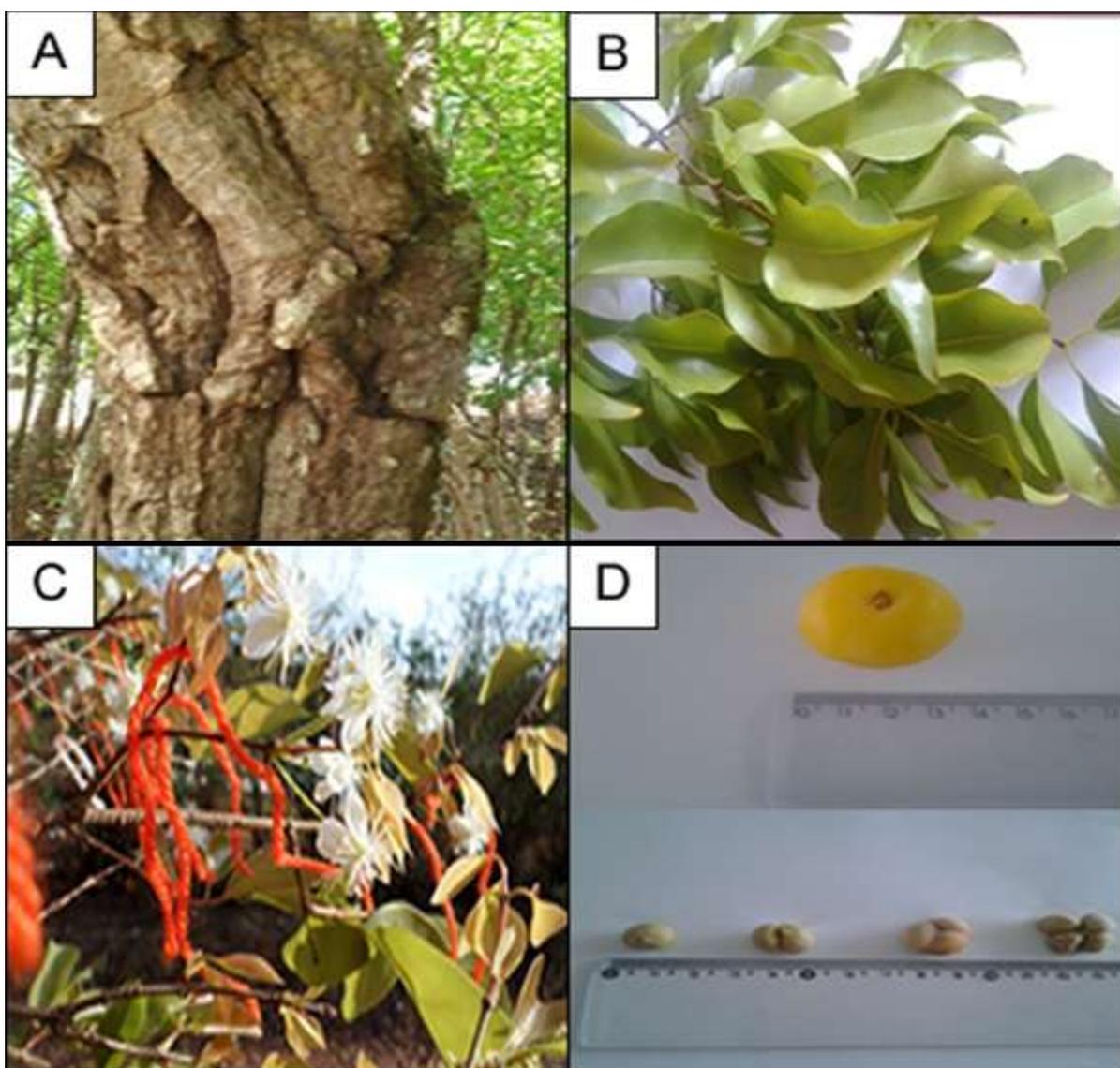


Figura 2. A)- tronco de cagaiteira; B)- folhas da cagaiteira; C)- flores de cagaiteira; D)- Fruto maduro e sementes de cagaiteira.

A cagaiteira destaca-se por sua grande capacidade produtiva, variando de 500 a 2000 frutos por planta (SILVA et al., 1994; SILVA; TASSARA 2003). Segundo Silva (1999), os

frutos da cagaiteira apresentam características físicas que indicam a possibilidade de sua exploração, tanto para consumo *in natura* quanto para industrialização (Figura 3).

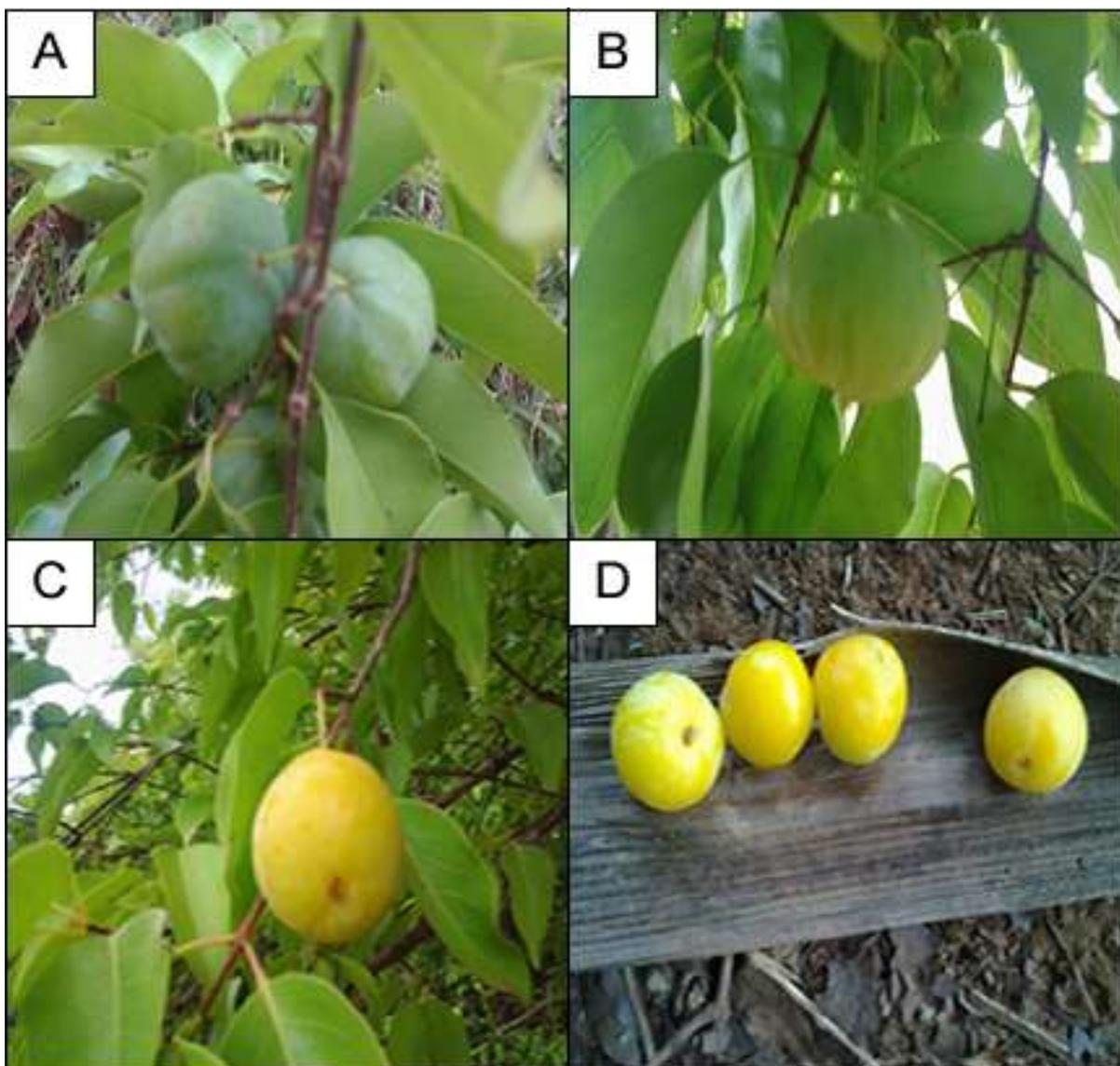


Figura 3. A)- Fruto verde; B)- Fruto de "vez"; C)- Fruto maduro; D)- Fruto maduro no chão.

2.2.2 Utilização

A cagaiteira apresenta potencial para utilização como planta ornamental, para fornecimento de cortiça e, sua madeira (lenho), pode ser utilizada em obras da construção civil e para lenha e carvão (BRANDÃO; FERREIRA, 1991; RIBEIRO; SILVA; FONSECA, 1992).

Suas folhas e cascas são utilizadas na medicina popular, acreditando-se que apresentam propriedades antidiarréicas (ao contrário dos frutos maduros), além de redutoras da diabetes e da icterícia e suas causas (BRANDÃO; FERREIRA, 1991; RIBEIRO; SILVA; FONSECA, 1992).

Os frutos, ainda imaturos, podem ser utilizados, também, como forragem para o gado (RIBEIRO; PROENÇA; ALMEIDA, 1986) e, da polpa, fabrica-se vinagre e álcool, por meio do processo de fermentação (CALBO; LIMA; CALBO, 1990; CORRÊA, 1984).

A cagaiteira é considerada uma espécie de interesse econômico, principalmente, em função do aproveitamento de seus frutos na culinária. Além do consumo *in natura*, há muitos doces e bebidas com o sabor de sua polpa (RIBEIRO; PROENÇA; ALMEIDA, 1986).

2.2.3 Aspectos Nutricionais da Cagaita

Silva et al., (2008) analisaram em 2005, a composição química da cagaita do estado de Goiás e obtiveram em base úmida: valor energético total ($20,01 \text{ kcal } 100\text{g}^{-1}$), umidade ($94,34 \pm 0,06 \text{ g}/100\text{g}$), proteínas ($0,82 \pm 0,07 \text{ g}/100\text{g}$), lipídios ($0,44 \pm 0,03 \text{ g}/100\text{g}$), carboidratos ($3,08 \pm 0,08 \text{ g}/100\text{g}$), fibra alimentar ($1,04 \pm 0,08 \text{ g}/100\text{g}$) e resíduo mineral fixo ($0,28 \pm 0,02 \text{ g}/100\text{g}$)

Estudos de Ribeiro, (2011), incluíram análise da composição centesimal de polpas de cagaita com ou sem casca, tendo sido observado que estas são, basicamente, constituída de carboidratos e água. A umidade da polpa sem casca foi de 90,08% e da polpa com casca foi de 88,55%. Os valores de carboidratos encontrado foram de 7,62 g/100g para a polpa sem casca e 8,73 g/100g com casca.

De acordo com Franco (1992) e Almeida (1998), a cagaita é considerada boa fonte de vitamina C (18-72 mg/100g), vitamina B2 (0,4 mg/100g), cálcio (172,8 mg/100 g), magnésio (62,9 mg/100g) e ferro (3,9 mg/100g).

O congelamento de polpa de frutas é um método de conservação que visa preservar as características da fruta fresca, permitindo o seu consumo nos períodos de entressafra (ROSENTHAL et al., 2003).

2.3 Polpa Congelada de Frutas

Conforme a Instrução Normativa nº 01, de 07 de janeiro de 2000, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a polpa de fruta é definida como o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtido de frutos polposos, por meio de processo tecnológico adequado, com teor mínimo de sólidos totais, proveniente da parte comestível do fruto (BRASIL, 2000).

A produção de polpas congeladas tornou-se forma favorável de aproveitamento integral das frutas na época da safra, evitando maiores problemas relacionados à sazonalidade (BARRET et al., 1994).

Por apresentar características de praticidade, a polpa congelada está conquistando popularidade, não apenas entre os consumidores caseiros, mas também em restaurantes, hotéis, lanchonetes, hospitais, entre outros, onde é utilizada, principalmente, na produção de sucos (OLIVEIRA et al., 1999).

A polpa deve ser preparada com frutas sãs, limpas, isentas de matéria terrosa, de parasitas e detritos de animais ou vegetais, além de não conter fragmentos das partes não comestíveis da fruta, nem substâncias estranhas à sua composição normal. Não deve conter sujidades, parasitas e larvas (BRASIL, 2000). A polpa é considerada simples quando originada de uma única espécie de fruta, ou mista, se originada de duas ou mais espécies (MATTA et al., 2005).

Segundo a legislação, é permitido a adição de acidulantes como regulador de acidez, conservadores químicos e corantes naturais, nos mesmos limites estabelecidos para sucos de frutas (BRASIL, 2000).

O processamento de polpas é uma atividade agroindustrial importante, pois agrega valor econômico à fruta, evitando desperdícios e reduzindo perdas que podem ocorrer quando a comercialização do produto é feita *in natura*, além de possibilitar ao produtor nova alternativa na utilização das frutas (ROSENTHAL et al., 2003).

A polpa é obtida por esmagamento das partes comestíveis de frutas carnosas, por processos tecnológicos adequados. Não deve conter substâncias estranhas à sua composição normal, com exceção das previstas pela legislação. O aspecto é de pasta mole, com características de cor, aroma e sabor inerentes à fruta (LIMA et al., 2008; MATTA et al., 2005).

A polpa de fruta congelada serve como matéria-prima para processamento de outros produtos como néctares, sucos, geleias, sorvetes e doces. As polpas, normalmente, são comercializadas em embalagens flexíveis (sacos plásticos de polietileno) ou *tetrapack*, que garante facilidade de manuseio e protege contra oxidações. Rapidamente congelada, a polpa tem prazo de validade de até 12 meses (BRUNINI; DURIGAN; OLIVEIRA, 2002).

A agroindústria especializada em polpa de frutas vem despertando interesse para o estudo de diferentes formas de preservação de alimentos, devido à crescente demanda dos consumidores por produtos naturais que possuam longo período de vida útil, aliado à crescente procura por frutas tropicais no mercado interno e externo. Entretanto, um dos vários

problemas que envolvem a comercialização de frutas *in natura* ou de polpa, é o seu alto perecimento, além dos custos na cadeia do frio, dificultando o transporte e o armazenamento em centros distantes do local de coleta e beneficiamento (BUENO et al., 2002).

Este cenário contribui para o desenvolvimento de tecnologias emergentes, isto é, processos que não utilizam o tratamento térmico clássico para a preservação dos alimentos, ou que eliminem a utilização da cadeia do frio durante o armazenamento, que podem levar à disponibilidade de produtos com melhor qualidade sensorial e nutricional com período de vida útil prolongado (DELIZA; ROSENTHAL; SILVA, 2003).

Em paralelo ao congelamento, no qual a atividade de água é elevada, também, existe a possibilidade de desidratação de frutas, que oferece um produto com baixa atividade de água, e que, também, visa o aumento da vida útil.

2.4 Desidratação de Frutas

A secagem foi um dos primeiros métodos de preservação de alimentos utilizados pelo ser humano. São várias as vantagens de sua utilização como redução do peso e volume do produto, o que é muito interessante na diminuição do custo de transporte, embalagem e armazenamento. Com a diminuição da atividade de água, aumenta-se a vida útil do produto, pois criam-se condições adversas para a multiplicação de micro-organismos e desenvolvimento de ações enzimáticas (SCHULER; SCHULER, 1973).

Os métodos de secagem mais utilizados na preservação das frutas são a secagem solar, secagem convectiva, micro-ondas, desidratação osmótica, "foam-mat", atomização, liofilização e leiteo fluidizado (MARQUES; SILVEIRA; FREIRE, 2006).

A desidratação de frutas tornou-se um dos processos mais utilizados, pelas indústrias de polpas de frutas, porque além de reduzir os processos deteriorativos e diminuir os requisitos de transporte e embalagens, reflete positivamente na extensão da estabilidade de armazenamento em condições ambientais, além de resultar em produto de alto valor agregado (GOMES; FIGUEIRÊDO; QUEIROZ, 2004; RIGHETTO; NETTO, 2005).

É de grande interesse para as indústrias alimentícias e, principalmente, para o consumidor a oferta de alimentos que, além de oferecer qualidade nutricional e requisitos de segurança, também apórtiem características desejáveis como a aparência, o sabor e o odor dos alimentos para que sejam preservados. Portanto, a escolha de um método de secagem adequado pode garantir a eficiência da operação (MARQUES, 2008; MORAGA, 2011).

2.4.1 Atomização

A secagem, por atomização, é a transformação de um fluido líquido em produto seco em uma operação única. Envolve tanto a remoção de água quanto a formação de partículas, o que faz um processo especial de secagem (DUMOULIN; BIMBENET, 1998).

Segundo Master (1979), a secagem por atomização, também conhecida como pulverização ou *spray drying*, é uma técnica amplamente utilizada e trata-se da transformação de produtos no estado fluido (solução, dispersão ou pasta) para o estado sólido (na forma de partículas isoladas, grânulos ou aglomerados), pela aspersão desse fluido em meio de secagem aquecido (normalmente o ar). Este método é uma operação contínua que envolve a atomização do fluido e sua mistura com o ar aquecido, evaporação do solvente e separação do produto seco.

No processo de secagem por atomização, o material a ser seco sofre, inicialmente, nebulização. As gotículas que formam-se têm diâmetro que vão de 10 a 200 μm e apresentam, dessa maneira, grande superfície específica favorecendo a secagem. No interior da câmara faz-se circular ar, a elevadas temperaturas, o que ocasiona evaporação da porção líquida de forma quase instantânea (1 a 10 segundos). Vale ressaltar que a maior parte da secagem é realizada sob taxa de evaporação constante; isto faz com que a temperatura do produto seja relativamente baixa. Depois de terem sido nebulizadas e secas, ocorre a queda das partículas sólidas remanescentes no fundo da câmara. O produto resultante é seco e está na forma de pó. A rápida evaporação mantém a temperatura baixa o suficiente para que os produtos sensíveis ao calor possam ser secos satisfatoriamente, sem degradação térmica (DUMOULIN; BIMBENET, 1998).

O processo apresenta várias vantagens como a obtenção de partículas de alta qualidade; a possibilidade de secar produtos a pressão atmosférica; a facilidade em relação à produção de grandes volumes em operação contínua, utilizando-se equipamentos de fácil operação e com bom rendimento; a ampla aplicabilidade e flexibilidade da técnica por permitir o processamento de várias matérias-primas, incluindo produtos termicamente sensíveis; rapidez do processamento que, somados, possibilitam a comercialização de um produto a baixo custo (RODRIGUES, 2004), a aplicabilidade da técnica em materiais termosensíveis e termorresistentes (WENDEL; CELIK, 1998).

A secagem por atomização obtém partículas em pó com boa qualidade, baixa atividade de água e de fácil transporte e estocagem (TONON; BRABET; HUBINGER, 2008), resultando em características estáveis do produto em pó, além de prolongar a vida útil do produto seco (MARTIN, 2013). Pós de sucos de frutas têm muitos benefícios e

potencialidades econômicas sobre os seus homólogos líquidos como a redução do volume ou peso, a embalagem reduzida (SHRESTHA et al., 2007).

Entretanto, sucos de frutas obtidos por atomização podem ter problemas em suas propriedades como higroscopicidade, viscosidade e solubilidade, devido à presença de açúcares de baixo peso molecular e de ácidos que possuem baixa temperatura de transição vítrea (BHANDARI, 1993). Tais componentes podem ficar presos na parede da câmara do atomizador durante a secagem e, conseqüentemente, acarretar em baixo rendimento operacional. Aos produtos que serão pulverizados, podem ser adicionados agentes carreadores como maltodextrina e goma arábica. Esses possuem alto peso molecular e há a função de aumentar a temperatura de transição vítrea do alimento fluido, visando evitar problemas operacionais e, também, impedir as transformações estruturais como colapso e cristalização durante a atomização e armazenamento do produto em pó (TONON; BRABET; HUBINGER, 2010), além de aumentar o rendimento do processo e a estabilidade do produto em condições ambientais, devido à formação de um “filme” protetor (OLIVEIRA, et al., 2013).

2.4.1.1 Agente Carreador

Um dos agentes veiculares, normalmente utilizado na secagem por atomização de sucos de frutas, é a goma arábica, devido, principalmente, à sua alta solubilidade e baixa viscosidade, que são condições importantes para esse tipo de secagem (FERRARI et al., 2012; QUEK; CHOK; SWEDLUND, 2007; TONON; BRABET; HUBINGER, 2010). A goma arábica é um agente transportador eficaz devido à sua propriedade de emulsão, uma vez que apresenta baixos teores de proteína na sua composição, além de apresentar (PITALUA et al., 2010).

A goma arábica é um heteropolissacarídeo complexo de estrutura muito ramificada, cuja cadeia principal é formada por unidades de D-galactopiranoses, unidas por ligações glicosídicas em β -D-(1 \rightarrow 3). Cadeias laterais com diferentes estruturas químicas, formadas de D-galactopiranoses, L-ramnose, L-arabinofuranose e ácido D-glucurônico estão ligadas a cadeia principal por ligações β (1 \rightarrow 6) (BOBBIO; BOBBIO, 1992; POTTER; HOTCHKISS, 1995).

Industrialmente, a goma arábica é utilizada para retardar ou prevenir a cristalização de açúcares em produtos de confeitaria, para estabilizar emulsões e para aumentar a viscosidade de alimentos. Em produtos de laticínios congelados, como nos sorvetes, ela ajuda na formação e retenção de pequenos cristais de gelo. Em bebidas, a goma arábica tem a função de estabilizar a espuma. É especialmente importante como material encapsulante em mistura de

bebidas cítricas em pó com a função de reter os componentes voláteis de flavor (WHISTLE; DANIEL, 1985).

A atomização de produtos sensíveis ao calor, que se utiliza a goma arábica, pode ser realizada sem afetar, demasiadamente, sua qualidade nutricional e, inclusive o seu potencial antioxidante.

2.5 Antioxidantes

Antioxidantes são substâncias que retardam ou previnem significativamente, a oxidação de lipídios ou outras moléculas ao inibirem a iniciação ou a propagação da reação de oxidação em cadeia (WU et al., 2005; LIMA et al., 2006), além de prevenirem ou repararem danos ocasionados às células pelas espécies reativas de oxigênio (CHANWITHEESUK; TEERAWUTGULRAG; RAKARIYATHAM, 2005).

Os antioxidantes podem ser sintéticos ou naturais e, para serem utilizados em alimentos, devem ser seguros para a saúde. Alguns dos antioxidantes sintéticos mais importantes são hidroxianisol de butila (BHA) e o hidroxitolueno de butila (BHT) e, entre os naturais, destacam-se ácido ascórbico, vitamina E e β -caroteno (RICE-EVANS; MILLER; PAGANGA, 1996). Os compostos fenólicos também são fortes antioxidantes, agindo como redutores de oxigênio singlete, atuando nas reações de oxidação lipídica, assim como na quelatação de metais (HOPIA; HEINONEM, 1999).

Os antioxidantes mais importantes, segundo Gava, Silva e Frias, (2008) são ácido ascórbico (INS 300) e seus sais de potássio (INS 303), sódio (INS 301) e cálcio (INS 302); ácido cítrico (INS 330); ácido fosfórico (INS 338); ácido eritórbico (INS 315); butilhidroxianisol (INS 320); butilhidroxitolueno (INS 321); lecitinas (INS 332) e tocoferóis (INS 307).

Entre os compostos não enzimáticos com potencial antioxidante, destacam-se minerais (cobre, manganês, zinco, selênio e ferro), vitaminas (ácido ascórbico, vitamina E, vitamina A), carotenóides (betacaroteno, licopeno e luteína), bioflavonoides (genisteína, quercitina) e taninos (catequinas), sendo as frutas representantes desses compostos (PACHECO; SCUSSEL, 2007). As frutas ricas em antioxidantes ajudam a reduzir a incidência de doenças degenerativas, tais como a aceleração de envelhecimento, cancro, artrite, arteriosclerose, doenças cardíacas, inflamação, disfunção cerebral, entre outros (FESKANICH et al., 2000; GORDON, 1996; HALLIWELL, 1996).

Em relação ao potencial antioxidante em polpa congelada, há perda relacionada à temperatura e ao tempo de armazenamento. Jacques (2009), em estudos com a polpa de amora-preta congelada (*Rubus fruticosus*) cv. Tupy, confirma que as temperaturas de -10 °C, -18 °C e -80 °C, não alteraram o poder antioxidante, até dois meses de armazenamento. Mas, somente na temperatura de -80 °C, não ocorreu diferenças significativas, ao nível de 5% de significância, ao final dos seis meses de armazenamento, sendo que, nas demais temperaturas, houve alteração após dois meses.

O potencial antioxidantes de frutas desidratadas, por *spray dryer*, podem variar de acordo com a temperatura de entrada. Nos estudos de Moraes et al. (2013), a temperatura influenciou a retenção dos compostos bioativos da polpa de caju desidratada por atomização. A menor temperatura investigada (140 °C) proporcionou maior retenção de ácido ascórbico, compostos fenólicos e capacidade antioxidante.

Vale lembrar que, entre os antioxidantes presentes no alimento, estão as vitaminas que são essenciais para a saúde humana.

2.6 Vitaminas

O termo "vitaminas" descreve um grupo de micronutrientes essenciais que apresentam características específicas. São compostos orgânicos presentes nos alimentos, não sintetizados pelo corpo em quantidades adequadas para atingir as necessidades fisiológicas e, portanto, essenciais para as funções fisiológicas normais como a manutenção do crescimento, do desenvolvimento e da reprodução (BALL, 2006).

As vitaminas apresentam grandes similaridades químicas e diferentes funções metabólicas, atuando como doadoras e receptoras de elétrons e hidrogênio, estabilizadoras de membrana, hormônios e coenzimas (BALL, 2006). As funções das vitaminas *in vivo* sob muitos aspectos são: atuação como coenzimas ou seus precursores (B₁, B₃, B₂, B₅, B₆, B₇, B₁₂ e folato); atuação como componentes do sistema de defesa antioxidante (ácido ascórbico, alguns carotenóides e vitamina E); atuação como fatores envolvidos na regulação genética (vitaminas A, D); e atuação em funções específicas, como a vitamina A na visão, ascorbatos em muitas reações de hidroxilação e vitamina K nas reações de carboxilação específicas (GREGORY III, 2010).

São classificadas com relação à suas solubilidades, em dois grupos: vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis. As lipossolúveis são representadas pelas vitaminas A

(carotenóide), D (colecalfiferol), E (tocoferol) e K (filoquinona). As hidrossolúveis são representadas pela vitamina C (ácido ascórbico) e pelas vitaminas do complexo B: B₁ (tiamina), B₂ (riboflavina), B₃ (niacina), B₅ (ácido pantotênico), B₆ (piridoxina), B₇ (biotina), B₉ (folacina) e B₁₂ (cianocobamina) (PELUZIO; ROSA; OLIVEIRA, 2010).

A deficiência ou ausência completa, de uma ou mais vitaminas, pode gerar múltipla disfunção do metabolismo, tendo como resultado a diminuição do desempenho, retardo no crescimento, problemas reprodutivos ou aumento de incidência de enfermidades (ALBERS et al., 2002).

A suplementação vitamínica ideal é baseada nas necessidades dos animais. Em geral, os nutricionistas distinguem entre a necessidade mínima, necessidade ideal e necessidade específica adicional. A influência das vitaminas em atividades metabólicas específicas é difícil de estimar, pois muitas vezes não é precisamente definida e, algumas vezes, nem todos conhecem (ALBERS et al., 2002).

As vitaminas são compostos bastante sensíveis, podendo ser degradadas por vários fatores, dentre eles, a temperatura, presença de oxigênio, luz, umidade, pH, duração do tratamento a que foi submetido o alimento, entre outros. Portanto, o processamento de alimentos pode alterar, significativamente, a composição qualitativa e quantitativa dos nutrientes, embora tornem os alimentos mais atraentes ao paladar e aumentem sua vida útil (AGOSTINI-COSTA; ABREU; ROSSETTI, 2003; SILVA; LOPES; VALENTE-MESQUITA, 2006).

A vitamina C é uma vitamina hidrossolúvel e termolábil, sendo rapidamente oxidada quando exposta ao ar. Por esse motivo, ela é usada como índice de qualidade nutricional de produtos derivados de frutas e vegetais, uma vez que, comparada a outros nutrientes, a vitamina C é mais sensível à degradação, durante o processamento e subsequente estocagem. (DANIELI et al., 2009).

A vitamina C é ligeiramente destruída pela ação da luz e sua estabilidade aumenta com o abaixamento da temperatura (BOBBIO; BOBBIO, 1995; PERERA; BALDWIN, 2001), sendo que a maior perda ocorre durante o aquecimento de alimentos, podendo haver perdas, também, durante o congelamento (BOBBIO; BOBBIO, 1995).

Araújo et al. (2004) estudaram a estabilidade do ácido ascórbico da polpa de frutos de clones de aceroleira conservada por congelamento e observaram variações de 2,77% a 17,88%, armazenadas por 12 meses na temperatura de -18 °C, resultados superior ao encontrado por Yamashita et al. (2003), que determinaram perdas em torno de 3% em polpas

de acerola, armazenadas à temperatura de congelamento comercial (-12 °C e -18 °C), durante um período de quatro meses.

Em estudos com a polpa de amora-preta congelada (*Rubus fruticosus*) cv. Tupy, sob diferentes temperaturas de congelamento, Jacques (2009) observou que o ácido ascórbico foi totalmente degradado nas polpas, após seis meses de armazenamento (à temperatura de -10 °C e -18 °C), com exceção da polpa armazenada na temperatura de -80 °C, no qual observou-se perda em torno de 57%. Os resultados confirmam que esta vitamina é altamente afetada pela ação da temperatura e do tempo.

Agostini-Costa, Abreu e Rossetti (2003), ao estudarem o efeito do congelamento e do tempo de estocagem da polpa de acerola sobre o teor de carotenóides, observaram que, após quatro meses de estocagem, o teor de β -caroteno da polpa congelada apresentou redução significativa (20%), em relação ao teor da polpa-controle (7,09 $\mu\text{g/g}$), sendo que não houve alteração significativa após esse período.

Os tratamentos térmicos podem ocasionar perdas também no teor de carotenóides e fatores como o tempo de processamento e a temperatura podem exercer papel importante na diminuição desses compostos (NÓBREGA et al., 2014).

As características nutricionais do suco de melão com 10% de maltodextrina, seco por atomização, em três diferentes temperaturas (170 °C, 180 °C e 190 °C), foram avaliadas por Solval et al. (2012). Os resultados da pesquisa mostraram que o pó do suco, produzido a 170 °C, apresentou maior teor de vitamina C e β -caroteno, quando comparado às amostras produzidas a 180 °C e 190 °C. Pode-se inferir, nesse caso, que a temperatura do ar de entrada do *spray dryer* afetou o teor de vitamina C e o teor de β -caroteno do pó de melão.

Quek, Chok e Swedlund (2007), trabalhando com secagem de suco de melancia em *spray dryer*, observaram redução do teor de β -caroteno, com o aumento da temperatura do ar de secagem.

2.6.1 Importância das Vitaminas A e C

A vitamina A (retinol) encontra-se, somente, em produtos alimentícios de origem animal como óleos de peixes, fígado, leite, queijo, manteiga, ovos e farinha de peixes. Produtos como vegetais, legumes, frutas e além dos azeites de dendê e de buriti, apresentam substâncias precursoras como o β -caroteno, que se convertem em vitamina A após absorção no organismo. Os carotenóides são transformados em vitamina A no intestino delgado e no fígado dos mamíferos (ALBERS et al., 2002), e possuem importantes funções fisiológicas, como: formação, proteção e regeneração da pele e mucosas (proteção epitelial); interferência

na fertilidade pela influência que exerce na ovulação e implantação do óvulo, embrião e desenvolvimento fetal; controle do crescimento e processos de diferenciação do metabolismo celular para influenciar a transcrição de mais de 300 genes (expressão genética) e melhor resistência contra doenças infecciosas, são apresentadas na vitamina A (ALBERS et al., 2002).

Já a vitamina C (ácido ascórbico) age estimulando o sistema imunológico, possibilitando atuar benéficamente, tanto na prevenção do câncer como dos processos viróticos, como gripes e resfriados (PRASAD, 1980).

A vitamina C apresenta atividade antioxidante e é considerada a primeira linha de defesa contra radicais derivados do oxigênio em meio aquoso, reagindo diretamente com superóxidos, radicais hidroxilas e oxigênio singlete. Esta vitamina é muito importante para o organismo humano, por apresentar funções fisiológicas como formação de tecido conjuntivo, produção de hormônios e anticorpos, além de biossíntese de aminoácidos de escorbuto (BENDICH; LANGSETH, 1995). Estudos apontaram que a vitamina C tem o maior poder antioxidante de todos os antioxidantes naturais (FREI, 1991).

São usadas doses elevadas de vitamina C no tratamento e prevenção de inúmeras doenças, como diabetes, cataratas, glaucoma, degeneração macular, arteriosclerose, derrame cerebral, doenças cardíacas e cancro. Em contrapartida, a deficiência em vitamina C resulta na sub hidroxilação do colagêneo necessário para o tecido conjuntivo, especificadamente, dos ossos e dentina (constituente majoritário dos dentes). Além de causar anemia, escorbuto, fraqueza, depressão, retenção de fluidos, hemorragia ao nível das gengivas, degeneração muscular, cicatrização lenta de feridas, aumentando a susceptibilidade às infecções, hemorragias capilares e distúrbios nervosos (IQBAL; KHAN; KHATTAK, 2004).

A estreita relação entre dieta e saúde faz com que aumente preocupação dos consumidores em consumir alimentos nutritivos ou de qualidade elevada como, por exemplo, os fortificados ou enriquecidos e os vitaminados (PAIXÃO, 1998), sem deixar de mencionar aqueles com elevada capacidade antioxidante, como os compostos fenólicos.

2.7 Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos são encontrados de forma ampla na natureza. São definidos como substâncias que possuem um anel aromático, com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais (SHAHIDI; NACZK, 1995). São conjuntos

heterogêneos que tem, em sua estrutura, muitos grupos benzênicos característicos, substituídos por grupamentos hidroxilas (HERNÁNDEZ; PRIETO GONZÁLES, 1999). São encontrados como componentes naturais da madeira (lignina e tanino) e são responsáveis pelas propriedades sensoriais e cores de muitas frutas e flores (CAMPANELLA et al., 1993).

Há pelo menos cinco mil fenóis distintos na natureza, destacando-se os flavonóides, ácidos fenólicos, fenóis simples e taninos. O grupo de compostos fenólicos engloba desde moléculas simples até moléculas com alto grau de polimerização, que podem estar presentes nos vegetais em sua forma livre ou ligados a açúcares e a proteínas (ÂNGELO; JORGE, 2007).

Os compostos fenólicos agem como antioxidantes não apenas pela sua habilidade em doar hidrogênio ou elétrons, mas também, devido a seus radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de muitos ingredientes do alimento, particularmente de ácidos graxos e de óleos (CUVELIER; RICHARD; BERSSET, 1992; MAILLARD et al., 1996).

Segundo Mamede e Pastore (2004), a capacidade antioxidante dos compostos fenólicos está ligada, diretamente, à sua estrutura química, as quais podem estabilizar radicais livres. A ação da molécula como agente redutor pode ser determinada pela velocidade de inativação do radical livre, reatividade com outros antioxidantes e potencial de quelatação de metais. As propriedades biológicas desses compostos estão relacionadas com a atividade antioxidante que cada fenol exerce sobre determinado meio.

Cada composto fenólico há um poder antioxidante distinto em função de sua estrutura química, o que significa que os compostos fenólicos, presentes em maiores concentrações em uma amostra, não são necessariamente aqueles que apresentam o maior potencial antioxidante (ALONSO et al., 2004). Entre os compostos fenólicos da dieta com uma reconhecida atividade antioxidante, destacam-se os flavonóides, taninos, chalconas, cumarinas e os ácidos fenólicos (MARTÍNEZ-VALVERDE; PERIAGO; ROS 2000). Os compostos fenólicos são instáveis a altas temperaturas, na presença de luz e de oxigênio (BAGETTI, 2009).

Jacques (2009), durante o armazenamento sob congelamento, observou redução muito pequena no teor de compostos fenólicos, até o quarto mês de armazenamento, sem haver diferença significativa ao nível de 5% de significância. Em todas as temperaturas de armazenamento, somente ocorreram perdas significativas de compostos fenólicos ao final do período de estocagem (6 meses). A menor redução, no teor destes compostos, foi encontrada nas polpas armazenadas à -80°C, mas mesmo em temperatura tão baixa, ocorreu perda em torno de 8,2% destes compostos, durante o armazenamento de 6 meses. Nas temperaturas de -10 °C e -18 °C, as perdas foram de 22% e 23%, no mesmo período de armazenamento,

demonstrando que estas temperaturas são suficientes para a conservação dos compostos fenólicos totais, apenas, durante 4 meses de armazenamento.

Um dos fatores que afetam o teor de compostos fenólicos, em produtos atomizados, é a temperatura de entrada, além da quantidade de agente carreador. Moreira (2007) avaliou a retenção dos compostos bioativos (compostos fenólicos totais, antocianinas e ácido ascórbico) microencapsulados, a partir do extrato do bagaço de acerola, e concluiu que a melhor retenção dos compostos de interesse, durante a secagem por pulverização, foi proporcionada nas menores temperaturas de entrada e com as maiores proporções do agente encapsulante/sólidos de acerola, e com a maior substituição de maltodextrina por goma de cajueiro.

Na literatura, é encontrada grande faixa de temperatura de entrada do *spray dryer* para secagem de alimentos, sendo que esta influencia a atividade antioxidante e o teor de compostos fenólicos (MIRANDA et al., 2010).

2.7.1 Flavonóides Totais

Os flavonóides compõem uma ampla classe de substâncias de origem natural, cuja síntese não ocorre na espécie humana. Entretanto, esses compostos apresentam muitas propriedades farmacológicas que os fazem atuar sobre sistemas biológicos. Conseqüentemente, muitas dessas propriedades atuam de forma benéfica para a saúde humana (PETERSON; DWYER, 1998).

Existem muitos trabalhos epidemiológicos mostrando que a ingestão desses reduz o risco de problemas cardiovasculares, por meio da prevenção de oxidação de LDL (*Low Density Lipoproteins*), vasodilatação coronariana e diminuição da agregação de plaquetas (BENAVENTE-GARCIA; CASTILLO, 2008).

Os flavonóides são subdivididos nas principais classes: flavonas, flavonóis, chalconas, auronas, flavanonas, flavanas, antocianidinas, leucoantocianidinas, proantocianidinas, isoflavonas e o flavonóides (BRAVO, 1998). A diferença entre os compostos está no número de hidroxilas, metoxilas e outros substituintes em torno dos dois anéis de benzeno (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

O caráter fenólico dos flavonóides confere a esses a habilidade de sequestrar metais, podendo atuar como antioxidantes em alimentos (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

2.7.2 Taninos

Os taninos são compostos fenólicos especiais que possuem a habilidade de se combinar com proteínas e outros polímeros, tais como polissacarídeos. São funcionalmente

definidos como compostos polifenólicos hidrossolúveis, com peso molecular entre 500 a 3000 Daltons, que apresentam a habilidade de precipitar alcalóides, gelatina e outras proteínas. Eles ocorrem em cascas de árvores de carvalho e em frutas. A química dos taninos é complexa. Geralmente, são classificados em proantocianidinas, também chamadas de "taninos condensados" e poliésteres de glicose do ácido gálico de ácidos hexa-hidroxifenil. O último grupo é chamado de taninos hidrolisáveis, pois eles consistem de uma molécula de glicose, ligadas a diferentes grupos fenólicos (SCHWARTZ; ELBE; GIUSTI, 2010).

Os taninos hidrolisáveis incluem os galitaninos e os elagitaninos, polímeros derivados dos ácidos gálico e elágico. Sendo normalmente utilizados para a curtição de couros (MELO; GUERRA, 2002); Já os taninos condensados são encontrado sem maior quantidade e de maior importância em alimentos. Pequenas quantidades de taninos, em frutos, conferem-lhes características sensoriais desejáveis. Entretanto, quantidades maiores conferem, aos frutos e outros alimentos, características adstringentes. A sensação de adstringência é gerada devido à propriedade que os taninos apresentam de precipitar proteínas. Quando em contato com as proteínas da saliva, forma complexo insolúvel que, popularmente, caracteriza-se pela sensação "amarrando a língua" (BOBBIO; BOBBIO, 1989).

A cor dos taninos varia de amarelo a marrom-escuro e contribui para a adstringência de alimentos e, quando presentes em frutos contribuem para sua textura, conferindo-lhes rigidez (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Além dos compostos fenólicos, presentes nos alimentos, estes devem conter micronutrientes, como os minerais, que são responsáveis, também, pelo bom funcionamento do organismo humano.

2.8 Minerais

Segundo Williams (1997), os minerais são elementos inorgânicos, amplamente distribuídos na natureza e que, no organismo, desempenham várias funções metabólicas que incluem ativação, regulação, transmissão e controle.

É considerado como elemento essencial para a vida, pois sua remoção da dieta, ou de outra via de exposição a um organismo, resulta em debilito consistente e reprodutível de uma função fisiológica (UNDERWOOD; MERTZ, 1987). Sendo assim, a essencialidade pode ser demonstrada por dietas com baixas quantidades de um elemento em particular, para os seres

humanos ou animais experimentais, verificada por sinais de debilitação de função (MILLER, 2010).

A necessidade humana de minerais essenciais varia de alguns microgramas, por dia, a cerca de 1g/dia; se a ingestão for baixa por algum tempo, surgirão sinais de deficiência. Ao contrário, a ingestão excessiva pode resultar em toxicidade. Portanto, a faixa entre a ingestão segura e a ingestão adequada, para a maioria dos minerais, é enorme, de maneira que a deficiência ou a toxicidade costumam ser raras quando dietas variadas são consumidas (MILLER, 2010).

Os minerais representam grande classe de micronutrientes, encontrados no corpo humano e nos alimentos (ANDERSON, 2005), sendo divididos em dois grupos: macrominerais e elementos traço. O primeiro grupo é constituído por: K, Na, Ca, Mg, Cl, P, S e C, principais formadores de sais. Entre os elementos traço, que geralmente estão presentes em quantidades inferiores a 50 partes por milhão (ppm), podem ser encontrados elementos nutricionalmente essenciais (Fe, Cu, I, Co, Mn, Zn, Cr, Ni, Si, F, Mo e Se), elementos não nutritivos e não tóxicos (Al, B, Sn) e elementos não nutritivos e tóxicos (Hg, Pb, As, Cd e Sb) (DEMAN, 1999).

As perdas de minerais, em frutas, ocorrem quando acontece algum tipo de processamento, que podem ser: métodos de cocção, congelamento, pré-preparo, secagem ou processamento mínimo de algum vegetal. Essas perdas são, de modo geral, resultantes de injúrias nos tecidos vegetais. (MOREIRA, 2006).

Além dos minerais, os alimentos apresentam açúcares, que são carboidratos de importância para a dieta humana, conferindo energia e sabor aos alimentos.

2.9 Açúcares

Os carboidratos são divididos em três categorias principais: monossacarídeos, dissacarídeos e polissacarídeos. Como exemplos de monossacarídeos, há a glicose e a frutose; como dissacarídeos, a sacarose, maltose e lactose; e, no grupo dos polissacarídeos, destacam-se os carboidratos complexos, que incluem os polímeros de glicose (como a maltodextrina) (SACKHEIM; LEHMAN, 2001).

De acordo com Lehninger, Nelson, e Cox, (2006), a frutose é um monossacarídeo por ser composta por seis átomos de carbono, unidos em ligações covalentes simples, apresentando grupamentos hidroxila, formados por hidrogênio e oxigênio e um grupamento

carbonila, formado por ligação dupla entre o carbono e o oxigênio. A posição desse grupamento é que determinará, após a hidrólise do monossacarídeo, se ele dará origem à cetona ou aldeído. A frutose, contendo o grupamento carbonila no final da cadeia, quando hidrolizada, fornecerá cetona, e será denominada ceto-hexose. A glicose, por sua vez, quando hidrolizada, dará origem a aldeído, sendo chamada de aldohexose, conforme Figura 4.

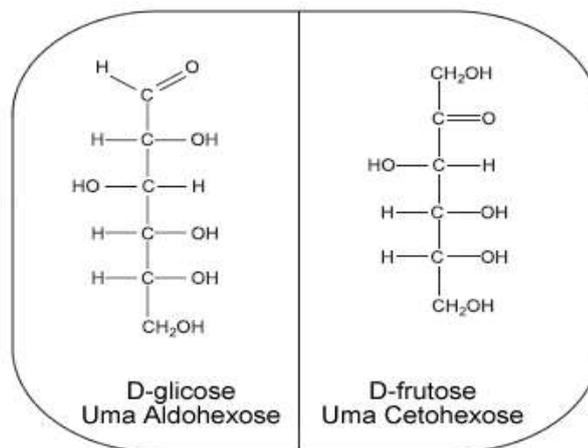


Figura 4. Estrutura da glicose e frutose.

O carboidrato D-glicose é composto orgânico mais abundante (se considerar todas as formas combinadas), pertencente à classe dos carboidratos, chamados monossacarídeos, sendo esses, moléculas de carboidratos que não podem ser divididas em carboidratos mais simples por hidrólise, assim, eles são normalmente, chamados de açúcares simples. São unidades monoméricas que, unidas, formam estruturas maiores, ou seja, oligossacarídeos e polissacarídeos, estes podendo ser convertidos, por hidrólise, em seus monossacarídeos constituintes (JAMES; KERRY, 2010).

A sacarose é composta por uma unidade α -D-glicopiranosil e uma unidade β -D-frutofuranosil unidas "cabeça a cabeça" (extremidade redutora com extremidade redutora), ao contrário da ligação usual "cabeça-cauda". Esse açúcar é chamado de açúcar não redutor e, por não ter uma extremidade redutora. A sacarose do trato intestinal catalisa a hidrólise da sacarose em D-frutose, fazendo da sacarose um dos três carboidratos que o ser humano pode digerir e utilizar como energia, sendo os outros dois a lactose e o amido. Os monossacarídeos D-glicose e D-frutose são os mais importância para a dieta humana, não sendo necessário transformação antes da absorção (JAMES; KERRY, 2010).

O processo de desidratação por *spray dryer*, quando utilizado em alimentos ricos em açúcar tais como sucos de frutas, apresenta grande potencial econômico e, a transformação

destes produtos em forma de pós alimentícios desidratados, resulta em alimentos de volume reduzido, com longa vida útil e boa reconstituição (ADHIKARI et al., 2004).

Além dos açúcares, que dão sabor aos frutos, existem os compostos voláteis que, entre outras coisas, são responsáveis pelos aromas dos mesmos.

2.10 Compostos Voláteis

A motivação das companhias em constantes desenvolvimentos tecnológicos para identificar o maior número de componentes voláteis, emitidos por produtos encontrados na natureza, é devido ao interesse do consumidor por produtos oriundos de fontes naturais (VIEIRA, 2006).

Os compostos químicos voláteis são perceptíveis aos receptores nasais durante a degustação (detecção retro-nasal) e pelo aroma percebido à distância, caracterizando assim, um sistema complexo já que o olfato humano pode discriminar entre milhares de compostos voláteis. Estima-se que o processo de percepção, pelo olfato (aroma), é mais sensível do que pelo paladar (sabor) (MOTTRAM, 1993).

Pesquisas sobre compostos voláteis são muito complexas, pois apresentam diferentes propriedades químicas e estão presentes em quantidades extremamente pequenas, sendo no geral termolábeis. Qualquer aumento de temperatura, durante o preparo da amostra, pode desencadear reações químicas, tais como rearranjos, hidrólise, ciclizações, entre outras, modificando a composição original da amostra (FRANCO; JANZANTTI, 2003; JANZANTTI et al., 2008).

A pesquisa de compostos voláteis apresenta quatro etapas essenciais: o isolamento dos compostos voláteis, a separação por cromatografia gasosa de alta resolução, a análise sensorial e a identificação dos compostos voláteis (FRANCO; JANZANTTI, 2003).

Os compostos voláteis, encontrados em quantidades extremamente pequenas, são termolábeis, podendo durante o preparo da amostra, a qualquer aumento de temperatura, acarretar reações químicas, como rearranjos, hidrólises, ciclizações, oxidações, entre outras modificações, levando a alteração da amostra original (FRANCO, 2003; FRANCO; JANZANTTI, 2003).

REFERÊNCIAS

ADÂMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L. G.; NETTO, J. M. Caracterização da região dos Cerrados. In: W. J. GOEDERT (Ed). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC; São Paulo: NOBEL, 1987, p. 33-98.

ADHIKARI, B.; HOWES, T.; BHANDARIC, B. R.; TROUNG, V. Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods during convective drying: experiments and modelling. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 62, n. 1, p. 53-68, 2004.

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. 60-66, 2003.

AGUIAR, L. M. S.; MACHADO, B. M.; MARINHO-FILHO, J. A Diversidade Biológica do Cerrado. In: AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. (Eds.). **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004, cap. 1, p.17-40.

ALBERS, N. et al. Vitamins and their biological functions. **Vitamins in Animal Nutrition**. Alemanha, 2002. cap. 2, p. 9-31.

ALMEIDA, S. P. Frutas nativas do cerrado: caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes. In: SANO, M. S.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa - CPAC, 1998. p. 247-285.

ALONSO, A. M.; CASTRO, R.; RODRYGUEZ, M. C.; GUILLÉN, D. A.; BARROSO, C. G. Study of the antioxidant power of brandies and vinegars derived from Sherry wines and correlation with their content in polyphenols. **Food Research International**, Essex, v. 37, p. 715-721, 2004.

ANDERSON, J. J. B. Minerais. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause: alimentos, nutrição & dietoterapia**. 11 ed. São Paulo: Roca, 2005. cap. 5, p.115-153.

ÂNGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, p. 232-240, 2007.

ARAÚJO, P. G. L.; FIGUEIREDO, R. W.; ALVES, R. E.; MOURA, C. H. M. Estabilidade da polpa de frutos de novos clones de aceroleira conservada por congelamento. In: Congresso

Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 19, 2004, Recife. **Anais...** Recife: CBCTA, 2004. CD-ROM.

BAGETTI, M. **Caracterização físico-química e capacidade antioxidante de pitanga (*Eugenia uniflora* L.)**. 2009. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2009.

BALL, G. F. M. **Vitamins in Foods Analysis; Bioavailability and Stability**; CRC Press: Boca Raton, USA, 2006, p 165-176.

BARRET, R. L.; DEL, C.; CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Choque a frio e atmosfera modificada no aumento da vida pós-colheita de tomates: 2- Coloração e textura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 1, n. 14, p. 14-26, 1994.

BENAVENTE-GARCIA, O.; CASTILLO, J. Update on uses and properties of citrus flavonoids: New findings i anticancer, cardiovascular, and anti-inflammatory activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 56, p. 6185-6205, 2008.

BENDICH, A.; LANGSETH, L. The health effects on vitamin C supplementation, a review **Journal American College Nutrition**, Bethesda, v. 14, p. 124-136, 1995.

BHANDARI, B. R.; SENOUSI, A.; DUMOULIN, E. D.; LEBERT, A. Spray drying of concentrated fruit juices. **Drying Technology**, Monticello, v. 11, n. 5, p. 1081-1092, 1993.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. São Paulo: Varela, 1989. 225 p.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução a Química de Alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1992, 223 p.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. Pigmentos naturais. In: _____. **Introdução à Química de Alimentos**. São Paulo: Varela, 1995, cap. 6, p. 191-232.

BRANDÃO, M.; FERREIRA, P. B. D. Flora apícola do cerrado. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 15, n. 168, p. 7-14, 1991.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº01, de 07 de janeiro de 2000**. Aprova o regulamento técnico geral para fixação dos padrões de

identidade e qualidade para polpa de fruta. MAPA 2000. Disponível em:
<<http://www.ivegetal.com.br/Legisla%C3%A7%C3%A3o%20Referenciada/IN%20N%C2BA%201%20de%207%20de%20janeiro%20de%202000.htm>>. Acesso: 05 abril 2013.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources , metabolism and nutritional significance. **Nutrition Reviews**, New York, v. 56, p. 317-333, 1998.

BRITO, M. A.; PEREIRA, E. B.; PEREIRA, A. V.; RIBEIRO, J. F. **Cagaita, biologia e manejo**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 80 p.

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, 2002.

BUENO, S. M.; LOPES, M. R. V.; GRACIANO, R. A. S.; FERNANDES, E. C. B.; GRACÍA-CRUZ, C. H. Avaliação da qualidade de polpas de frutas congeladas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 61, n. 2, p. 121-126, 2002.

CALBO, M. E. R.; LIMA, J. N. C.; CALBO, A. G. Fisiologia pós-colheita de frutos de cagaita. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 2, n. 1, p. 15-18, 1990.

CAMPANELLA, L.; BEONE, T.; SAMMARTINO, M. P.; TOMASSETTI, M. **Analyst**, Cambridge, v.118, p. 979-986, 1993.

CHANWITHEESUK, A.; TEERAWUTGULRAG, A.; RAKARIYATHAM, N. Screening of antioxidant activity and antioxidant compounds of some edible plants of Thailand. **Food Chemistry**, Barking, n. 92, p. 491-497, 2005.

CHAVES, L. J.; NAVES, R. V. O cerrado do Brasil: uma fonte potencial de recursos genéticos. In: ENCONTRO SOBRE TEMAS DE GENÉTICA E MELHORAMENTO, 15., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 1998. p. 74-86.

CHAVES, L. J.; TELLES, M. P. C. Cagaita. In: VIEIRA, R. F.; COSTA, T. S. A.; SILVA, D. B.; FERREIRA, F. R.; SANO, S. M. (Ed.). **Frutas Nativas da Região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. cap. 7. p. 120-134.

CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e manuseio**. 2º ed. Rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1984. p. 1926-1978.

CUVELIER, M. E.; RICHARD, H.; BERSET, C. Comparison of the antioxidant activity of some acid phenols: structure-activity relationship. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, Benkyoku, v. 59, p. 324-325, 1992.

DANIELI, F.; COSTA, L. R. L. G; SILVA, L. C.; HARA, A. S. S.; SILVA, A. A. Determinação de vitamina 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 Ciência da Saúde**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 361-365, 2009.

DELIZA, R.; ROSENTHAL, A.; SILVA, A. L. S. Consumer attitude towards information on non conventional technology. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 14, p. 43-49, 2003.

DEMAN, J. M. **Principles of Food Chemistry**. Gaithersburg: Aspen Publishers, 1999. 520 p.

DONADIO, L. C; MÔRO, F. V; SERVIDONE, A. **Frutas brasileiras**. Jaboticabal: Novos Talentos, 2002. 288 p.

DUMOULIN, E.; BIMBENET, J. J. Spray drying and quality changes. In: REID, D. S. **The Properties of water in foods ISOPOW 6**. Blackie Academic & Professional, London, 1998. p. R209-R232.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Prática**. 2.ed. São Paulo: Artmed, 2006. 301p.

FERRARI, C. C.; GERMER, S. P. M.; ALVIM, I. D.; VISSOTTO, F. Z.; AGUIRRE, J. M. Influence of carrier agents on the physicochemical properties of blackberry powder produced by spray drying. **International Journal of Food Science & Technology**, Malden, v. 47, n. 6, p. 1237-1245, 2012.

FESKANICH, D.; ZIEGLER, R. G.; MICHAUD, D. S.; GIOVANNUCCI, E. L.; SPEIZER, F. E.; WILLETT, W. C. Prospective study of fruit and vegetable consumption and risk of lung cancer among men and women. **Journal of the National Cancer Institute**, New York, v. 92, p. 1812-1823, 2000.

FRANCO, G. **Tabela de composição química de alimentos**. 9 ed. São Paulo: Livraria Atheneu, 1992. 307 p.

FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos**: temas atuais. São Paulo: Livraria Varela, 2003. 246 p.

FRANCO, M. R. B.; JANZANTTI, N. S. Avanço na metodologia instrumental da pesquisa do sabor. In: FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de Alimentos**: temas Atuais. São Paulo: Varela. cap. 1, p. 17-27, 2003.

FREI, B. Ascorbic acid protects lipids in human plasma and low density lipoprotein against oxidation damage. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 54, n. 6, p. 1113S-1118S, 1991.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos - Princípios e Aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008. 511 p.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 384-389, 2004.

GREGORY III, J. F. Vitaminas. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 345-408.

GORDON, M. H. Dietary antioxidants in disease prevention. **Natural Product Reports**, Letchworth, v. 13, p. 265-273, 1996.

HALLIWELL, B. Antioxidants in human health and disease. **Annual Review of Nutrition**, Gainesville, v. 16, p. 33-50, 1996.

HERNÁNDEZ, A. M.; PRIETO GONZÁLES, E. A. Plantas que contienen polifenoles. **Revista Cubana de Investigaciones Biomedica**, Ciudad de la Habana, v. 18, n. 1, p. 12-14, 1999.

HOPIA, A.; HEINONEM, M. Antioxidant activity of flavonol aglycones and their glycosides in methyl linoleate. **Journal of the American Oil Society**, Chicago, v. 76, p. 139-144, 1999.

IQBAL, K.; KHAN, A.; KHATTAK, M. M. Biological significance of ascorbic acid (vitamin C) in human health - a review [Jornal]. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 3, n. 1, 2004.

JACQUES, A. C. Estabilidade de compostos bioativos em polpa congelada de amora-preta (*Rubus fruticosus*) cv. Tupy. 2009, 49 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.

JAMES, N. B.; KERRY, C. H. Carboidratos. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, cap. 3, p. 76-130, 2010.

JANZANTTI, N. S.; MARCORIS, M. S.; GARRUTI, D. S.; SOUZA NETO, M. A.; MONTEIRO, M. Passion fruit volatile composition: a comparison of organic and conventional cultivation. In: XII Weurman Flavour Research Symposium, 2008, Interlaken. Abstracts of the XII Weurman Flavour Research Symposium. **Zurique: Swiss Federal Research Institute Zurich**, 2008. p. 180.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v.1, n. 1, p. 147-155. 2005.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. Princípios de bioquímica. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 2006. 1202 p.

LIMA, A. R.; BARBOSA, V. C.; SANTOS FILHO, P. R.; GOUVÊA, C. M. C. P. Avaliação in vitro da atividade antioxidante do extrato hidroalcoólico de folhas de bardana. **Revista Brasileira Farmacognosia**, Curitiba, v. 16, n. 4, p. 531-536, 2006.

LIMA, U. A.; FERREIRA, A.; ARNALI, D.; SONODA, D.; FANTINI, R. **Agroindustrialização de Frutas**. 2 ed. Piracicaba: FEALQ, 2008. 164 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 2 ed., Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 2, 368 p.

MAILLARD, M. N.; SOUM, M. H.; BOIVIA, P.; BERSET, C. Antioxidant activity of barley and malt: relationship with phenolic content. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, London, v. 3, p. 238-244, 1996.

MAMEDE, M. E. O.; PASTORE, G. M. Compostos fenólicos de vinho: estrutura e ação antioxidante. **Boletim CEPPA**, v. 22, n. 2, p. 233-252, 2004.

MARQUES, L. G. **Liofilização de frutas tropicais**. 2008. 255 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

MARQUES, L. G.; SILVEIRA, A. M.; FREIRA, J. T. Freeze-drying characteristics of tropical fruits, **Drying Technology**, New York, v. 24, n. 1-7, p. 457-463, 2006.

MARTÍNEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M. J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Guatemala, v. 50, n. 1, p. 5-18, 2000.

MARTIN, L. G. P. **Estudo da secagem de polpa de cupuaçu por atomização**. 2013. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

MARTINOTTO, C.; PAIVA, R.; SOARES, F. P.; SANTOS, B. R.; NOGUEIRA, R. C. Cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.). Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras - **Boletim Técnico**, n. 78, p. 1-21, 2008.

MASTERS, K. **Spray drying handbook**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons Inc., 1979. 687 p.

MATTA, V. M.; FREIRE JUNIOR, M.; CABRAL, L. M. C.; FURTADO, A. A. L. Polpa de Fruta Congelada. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2005. 35 p.

MELO, E. A.; GUERRA, N. B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Bol. SBCTA**, Campinas, v. 36, n. 1, p. 1-11, 2002.

MENDONÇA, R.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A.; FILGUEIRAS, T.; NAGUEIRA, P. Flora vascular do Cerrado. In: SANO, S.; ALMEIDA, S. (Ed.), **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-Cerrados, 2008. cap. 15, p. 288-556.

MENDONÇA, R.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E. N. Flora vascular do Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds), **Cerrado: ambiente e flora**. Embrapa: Brasília – DF, 1998. cap. 15, p. 288-556.

MILLER, D. D. Minerais. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, cap. 9, p. 409-444, 2010.

MIRANDA, M.; VEGA-GÁLVEZ, A.; LÓPEZ, J.; PARADA, G.; SANDERS, M.; ARANDA, M.; URIBE, E.; SCALA, K. D. Impact of air-drying temperature on nutritional

properties, total phenolic content and antioxidant capacity of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Wild.). **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 32, p. 258-263, 2010.

MORAES, F. P.; ROCHA, P. M.; SILVA, E. S.; FERNANDES, T. R. N.; AZEVÊDO, J. C. S.; CORREIA, R. T. P. Avaliação da temperatura de secagem sobre os compostos bioativos e atividade antioxidante da polpa de caju (*Anacardium occidentale* L.) desidratada por atomização. In: **53º Congresso Brasileiro de Química**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Química, 2013. ISBN: 978-85-85905-06-4.

MORAGA, G.; TALENS, P.; MORAGA, M. J.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Implication of water activity and glass transition on the mechanical and optical properties of freeze-dried apple and banana slices. **Journal of Food Engineering**, London, v. 106, p. 212-219, 2011.

MOREIRA, G. E. G. **Obtenção e caracterização de extrato microencapsulação de resíduo agroindustrial de acerola**. 2007. 86 f. Dissertação (Mestrado e Engenharia Química) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

MOREIRA, R. T. **Análise de perdas de minerais em hortaliças submetidas a dois métodos de cocção**. Monografia apresentado ao Curso de Nutrição/Ciências da Saúde. Centro Universitário São Francisco, Curitiba, 2006. 32 p.

MOTTA-JUNIOR, J. C.; GRANZINOLLI, M. A. M.; DEVELEY, P. F. Aves da Estação Ecológica de Itirapina, estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 8, n. 3, p. 207-227, 2008.

MOTTRAM, D. S.; Aroma. In: MACRAE, R.; ROBINSON, R.; SADLER, M. (Eds) *Encyclopaedia of Food Science*. **Food Technology and Nutrition**, London Academic Press, p. 4065-4071, 1993.

NAVES, R. V.; ALMEIDA NETO, J. X.; ROCHA, M. R.; BORGES, J. D.; CARVALHO, G. C.; CHAVES, L. J.; SILVA, V. A. Determinação de características físicas em frutos e teor de nutrientes em folhas e no solo, de três espécies frutíferas de Ocorrência Natural nos Cerrados de Goiás. In: Escola de Agronomia e Veterinária, 1995, Goiânia. **Anais da Escola de Agronomia e Veterinária**, Goiânia, v. 25, p. 99-106, 1995.

NÓBREGA, E. M.; OLIVEIRA, E. L.; GENOVESE, M. I.; CORREIA, R. T. P. The impact of hot air drying on the physical-chemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of acerola (*Malpighia emarginata*) residue. **Journal of Food Processing and Preservation**, 2014, v. 39, p. 131-141.

OLIVEIRA, M. E. B.; BASTOS, M. S. R.; FEITOSA, M.; BRANCO, A. A. C.; SILVA, M. G. G. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 9, n. 3, 1999.

OLIVEIRA, M. I. S.; TONON, R. V.; NOGUEIRA, R. I.; CABRAL, L. M. C. Stability of spray-dried strawberry pulp produced with different carrier agents. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 16, n. 4, p. 310-318, 2013.

PACHECO, A. M.; SCUSSEL, V. M. Selenium and aflatoxin levels in raw Brazil nuts from the Amazon basin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Chicago, v. 55, n. 26, p. 1087-1092, 2007.

PAIXÃO, J. A. Enriquecimento e vitaminação em alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 32, n. 1, p. 48-55, 1998.

PELUZIO, M. C. G.; ROSA, D. D.; OLIVEIRA, V. P. Vitaminas Antioxidantes. In: COSTA, N. M. B.; ROSA, C. B. O. (Org.). **Alimentos Funcionais - componentes bioativos e efeitos**. Rio de Janeiro: Editora Rubio, 2010. cap. 3, p. 37-57.

PERERA, C. O.; BALDWIN, E. A. Biochemistry of fruits and its implication on processing. In: ARTHEY, D.; ASHURST, P. R. **Fruit processing: nutrition, products and quality management**. 2. ed. Garthersburg: Aspen, 2001. p. 19-36.

PETERSON, J.; DWYER, J. Flavonoids: Dietary occurrence and biochemical activity. **Nutrition Research**, Tarrytown, v. 18, n. 12, p. 1995-2018, 1998.

PIRES, M. V. V. **Estudo de características morfológicas e variabilidade genética de baru e araticum utilizando marcadores rpd e microssatélites**. 2012. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

PINTO, P. C. R. Consumo alimentar de frutos do Cerrado, fontes de vitamina A, por moradoras de comunidades das cidades satélites do Distrito Federal. 2006, 108 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciência da Saúde) - Faculdade de Ciências da Saúde. Universidade de Brasília, 2006.

PITALUA, E.; JIMENEZ, M.; VERNON-CARTER, E. J.; BERISTAIN, C. I. Antioxidative activity of microcapsules with beetroot juice using gum Arabic as wall material. **Food and Bioproducts Processing**, Melbourne, v. 88, p. 253-258, 2010.

POTTER, N. N.; HOTCHKISS, J. H. **Food Science**. 3 ed. New York: Chapman and Hall, 1995. 608 p.

PRASAD, K. N. Modulation of the effects of tumor therapeutic agents by vitamin C. **Life Science**, v. 27, p. 275-280, 1980.

QUEK, S. Y.; CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray dried watermelon powder. **Chemical Engineering and Processing**, Lausanne, v. 46, n. 5, p. 386-392, 2007.

RAHMAN, M. S.; RUIZ, J. F. V. Food Preservation by Freezing. In: RAHMAN, M. S. **Handbook of Food Preservation**. Boca Raton: CRC Press, p. 635-657, 2007.

RÉ, M. I. Microencapsulation by spray drying. **Drying Technology**, New York, v. 16, n. 6, p. 1195-1236, 1998.

RIBEIRO, E. M. G. Atividade antioxidante e polifenóis totais do fruto de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC) com e sem casca. 2011, 77 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Ediora Blucher, 2007. 183 p.

RIBEIRO, J. F.; MACEDO, J.; SANO, S. M.; SILVA, J. A. **Os principais tipos fitofisionômicos da região dos Cerrados**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1983. 28 p.

RIBEIRO, J. F.; PROENÇA, C. E. B.; ALMEIDA, S. P. Potencial frutífero de algumas espécies frutíferas nativas dos cerrados. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, Brasília, **Anais....**, 1986, v. 2, p. 491-500.

RIBEIRO, J. F.; SILVA, J. A.; FONSECA, C. E. L. Espécies frutíferas da região do cerrado. In: DONADIO, L. C. (Coord.) **Fruticultura Tropical**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 268 p.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: EMBRAPA-Cerrados, 2008. cap. 6, p. 151-212.

RICE-EVANS, C.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 20, n. 7, p. 933-956, 1996.

RIGHETTO, A. M.; NETTO, F. M. Effect of encapsulating materials on water sorption, glass transition and stability of juice from immature acerola. **International Journal of Food Properties**, London, v. 8, p. 337-346, 2005.

RIZZINI, C. T. Aspectos ecológicos da regeneração em algumas plantas do Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3., 1971, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Edgard Blucher, 1971. p. 61-64.

RODRIGUES, L. J. **Desenvolvimento e Processamento Mínimo de Pitaia Nativa (*Selenicereus setaceus* Rizzi) do Cerrado Brasileiro**. 2010. 164 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais - MG, 2010.

RODRIGUES, R. A. F. **Preparo, caracterização e avaliação sensorial de microcápsulas obtidas por spray drying, contendo extrato de café crioconcentrado**. 2004. 240 p. Tese (Doutorado em Ciência da Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

ROSENTHAL, A.; MATTA, V. M.; CABRAL, L. M. C.; FURTADO, A. A. L. In:____. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: polpa e suco de frutas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica, 2003. cap. 1. p. 11-20.

SACKHEIM, G. I.; LEHMAN, D. D. **Química e bioquímica para ciências biomédicas**. 8. ed. São Paulo: Manole, 2001, 644 p.

SCHULER, S.; SCHULER, E. M. **Preserving the fruits of the Earth**. New York: The Dial Press, 1973. 234 p.

SCHWARTZ, S. J.; ELBE, J. H. V; GIUSTI, M. M. Corantes. In: DAMODARAM, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. Tradução de BRANDELLI, A. et al. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. cap. 9, p. 445-498.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Food Phenolics**: sources, chemistry, effects and applications. Lancaster: Technomic, 1995, 331 p.

SHRESTHA, A. K.; UA-ARAK, T.; ADHIKARI, B. R.; HOWES, T.; BHANDARI, B. R. Glass transition behavior of spray dried orange juice powder measured by differential

scanning calorimetry (DSC) and thermal mechanical compression test (TMCT). **International Journal of Food Properties**, Berkeley, v. 10, p. 661-673, 2007.

SILVA, F. A. M.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Característica Climática do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; Almeida, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**/editores técnicos. Embrapa Cerrados. Brasília - DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008, v.1. cap. 3, p. 71-88.

SILVA, J. A.; SILVA, D. B.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, L. R. M. **Coleta de sementes, produção de mudas e plantio de espécies frutíferas nativas dos cerrados: informações exploratórias**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1992. 23 p.

SILVA, J. A.; SILVA, D. B.; JUNQUEIRA, N. J.; ANDRADE, L. R. M. **Frutas Nativas dos Cerrados**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do Brasil (EMBRAPA), Brasil. 1994, p. 50-149.

SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G.; MARTINS, D. M. O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1790-1793, 2008.

SILVA, P. T.; LOPES, M. L. M.; VALENTE-MESQUITA, V. L. Effect of different processing methods on ascorbic acid content in orange juice used to make cakes, puddings and jelly. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 678-682, 2006.

SILVA, R. S. M. **Caracterização de subpopulações de cagaita (“*Eugenia dysenterica*” DC.) da região Sudeste do Estado de Goiás, Brasil**. 1999. 112 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 1999.

SILVA, R. S. M.; CHAVES, L. J.; NAVES, R. V. Caracterização de frutos e árvores de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) no sudeste do estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 330-334, 2001.

SILVA, S.; TASSARA, H. **Frutas no Brasil**. 5. ed. São Paulo: Editare, 2003. 230 p.

SOLVAL, K. M.; SUNDARARAJAN, S.; ALFARO, L.; SATHIVEL, S. Development of cantaloupe (*Cucumis melo*) juice powders using spray drying technology. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 46, p. 287-293, 2012.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. **Food Research International**, Essex, v. 43, p. 907-914, 2010.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 88, p. 411–418, 2008.

UNDERWOOD, E.; MERTZ, W. Introduction in trace elements in human and animal nutrition. In: MERTZ, W. (Ed.). **Trace elements in human and animal nutrition**. 5. ed. San Diego: Academic Press, cap. 1. p. 1-19, 1987.

VIEIRA, M. A. R. Caracterização dos ácidos graxos das sementes e compostos voláteis dos frutos de espécies do gênero Passiflora. 2006. 71 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

WENDEL, S.; CELIK, M. Uma visão geral sobre o uso da tecnologia de spray-drying. **Pharmaceutical Technology**, Ames, v. 2, n. 2, p. 129-134, 1998.

WHISTLER R. L.; DANIEL, J. R. Carbohydrates. In: Fennema, O. R. **Food Chemistry**. 2 ed. New York: Dekker, 1985. cap. 3, p. 70-137.

WILLIAMS, S. R. **Fundamentos de nutrição e dietoterapia**. Porto Alegre: Artmed Editora, 1997. 668 p.

WU, J. H.; TUNG, Y. T.; WANG, S. Y.; SHYUR, L. F.; KUO, Y. H.; CHANG, S. T. Phenolic antioxidants from the heartwood of *Acacia confusa*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Chicago, v. 53, n. 15, p. 5917-5921, 2005.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M. T.; TONZAR, A. C.; MORIYA, S.; FERNÁNDEZ, J. G. Produtos de acerola: estudo da estabilidade de vitamina C. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 92-94, 2003.

CAPÍTULO 2

INFLUÊNCIA DO CONGELAMENTO E ATOMIZAÇÃO SOBRE OS COMPOSTOS BIOATIVOS DE CAGAITA

SANTOS, M. N. G. INFLUÊNCIA DO CONGELAMENTO E ATOMIZAÇÃO SOBRE OS COMPOSTOS BIOATIVOS DE CAGAITA. In: _____. AVALIAÇÃO DE POLPA DE CAGAITA (*Eugenia dysenterica* DC) SUBMETIDA AO CONGELAMENTO E ATOMIZAÇÃO. Capítulo 2, p. 52-79. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás, GO.

RESUMO

A cagaita é uma fruta que apresenta interesse econômico, principalmente, pelo uso de seu fruto na culinária. Contudo, é altamente perecível, tornando-se susceptível à deterioração, necessitando, rápido consumo, após o amadurecimento, ou rápido processamento tecnológico. O presente trabalho teve como objeto avaliar o efeito do congelamento e da atomização sobre os compostos bioativos da cagaita. Foram avaliados os teores de compostos fenólicos totais, flavonóides totais, taninos condensados, vitamina C, β -caroteno, potencial antioxidante (pelos métodos DPPH e ABTS), teores de açúcares (frutose, glicose, sacarose), perfil de minerais e compostos voláteis. Teores elevados de polifenóis totais (881,95 mg/100g), flavonóides totais (42,93 mg/100g) e taninos condensados (67,00 mg/100g), foram encontrados na polpa de cagaita atomizada. O maior teor de vitamina C foi encontrado na cagaita *in natura* (29,75 mg/100g), sendo que para polpa congelada (24,64 mg/100g) e polpa atomizada (20,38 mg/100g), os resultados foram, estatisticamente, iguais. Já para os resultados de β -caroteno, a fruta *in natura*, polpa congelada e polpa atomizada não diferiram estatisticamente (88,67 mg/100g; 91,63 mg/100g; 86,68 mg/100g, respectivamente). Com relação ao potencial antioxidante, pelo método ABTS, a polpa atomizada (517,04 μ mol Trolox/g) apresentou resultado superior ao encontrado na polpa congelada (357,73 μ mol Trolox/g) e fruta *in natura* (276,07 μ mol Trolox/g). Já pelo método DPPH, a cagaita *in natura* (EC_{50} 5,16 g/100g de DPPH) e a polpa congelada (EC_{50} 6,13 g/100g de DPPH) não diferenciaram estatisticamente e foram maiores que a polpa atomizada (EC_{50} 8,94 g/100g de DPPH). Em relação ao perfil de minerais, os teores de potássio, enxofre e cobre, foram diferentes estatisticamente, tanto para cagaita *in natura* (1,22%, 0,03%, 17,75 ppm, respectivamente), quanto para polpa congelada (1,64%, 0,07%, 16,50 ppm, respectivamente) e polpa atomizada (0,85%, 0,20%, 0,25 ppm). Já os teores dos minerais sódio, zinco e ferro, foram superiores na polpa atomizada (511,33 ppm, 165,60 ppm, 143,00 ppm), e diferenciaram estatisticamente da fruta *in natura* e da polpa congelada cujos teores foram iguais (353,45 ppm, 14,10 ppm, 61,55 ppm; 347,18 ppm, 15,05 ppm, 44,30 ppm, respectivamente). O manganês foi superior na polpa congelada (15,15 ppm), diferenciando estatisticamente da fruta *in natura* (3,85 ppm) e da polpa atomizada (6,20 ppm). Já o boro, não foi detectado na fruta e seus derivados. Os teores de açúcares (frutose e glicose) foram diferentes estatisticamente, para a cagaita *in natura* (47,18% e 42,68%, respectivamente), polpa congelada (54,76% e 45,09%, respectivamente) e polpa atomizada (12,84% e 5,55%, respectivamente). O teor de sacarose foi detectado, apenas, na fruta *in natura*. Os compostos voláteis majoritários para a fruta *in natura*, polpa congelada e polpa atomizada pertencem, em sua maioria, aos hidrocarbonetos (monoterpenos e sesquiterpenos). Ao se considerar os diversos fatores influenciadores e, tendo em vista os resultados obtidos, o método de secagem por *spray dryer* se destacou, apresentando uma melhor performance, quando se considera, principalmente, a conservação dos teores de compostos bioativos.

Palavras-chave: *Eugenia dysenterica* DC, conservação, pulverização

INFLUENCE OF FREEZING AND ATOMIZATION ON BIOACTIVE COMPOUNDS OF CAGAITA

ABSTRACT

The cagaita is a fruit that has economic interests, mainly through the use of its fruit in cooking. However, it is highly perishable, becoming susceptible deterioration, requiring rapid consumption after the ripening, or rapid technological processes. This study was to evaluate the effect of freeze and spray on the bioactive compounds of cagaita. The total concentration of total phenolics, total flavonoids, tannins, vitamin C, β -carotene, antioxidant activity (DPPH and ABTS by methods), sugars (fructose, glucose, sucrose), mineral profile and volatile compounds. High levels of total polyphenols (881.95 mg / 100 g), total flavonoids (42.93 mg / 100g) and condensed tannins (67.00 mg / 100g), were found in the pulp of cagaita atomized. The higher vitamin C was found in cagaita fresh (29.75 mg / 100 g), and for frozen pulp (24.64 mg / 100g) and atomized pulp (20.38 mg / 100g), the results were, statistically equal. As for the results of β -carotene, fresh fruit, frozen pulp and pulp atomized did not differ statistically (88.67 mg / 100 g; 91.63 mg / 100 g; 86.68 mg / 100 g, respectively). Regarding the antioxidant potential by ABTS, the atomized pulp (517.04 micromol Trolox / g) method showed better result than found in frozen pulp (357.73 micromol Trolox / g) and fresh fruit (276.07 micromol Trolox / g). Already by the DPPH method, the cagaita *in natura* (EC50 5.16 g / 100 g of DPPH) and the frozen pulp (EC50 6.13 g / 100 g of DPPH) did not differ statistically and were higher than the atomized pulp (EC50 8.94 g / 100g DPPH). Regarding the mineral profile, potassium, sulfur and copper were statistically different for both fresh cagaita (1.22%, 0.03%, 17.75 ppm, respectively), and for frozen pulp (1.64%, 0.07%, 16.50 ppm, respectively) and atomized slurry (0.85%, 0.20%, 0.25 ppm). The contents of mineral sodium, zinc and iron were higher in atomized pulp (511.33 ppm, 165.60 ppm, 143.00 ppm), and statistical differentiation of fresh fruit and frozen pulp whose contents were the same (353.45 ppm, 14.10 ppm, 61.55 ppm, 347.18 ppm, 15.05 ppm, 44.30 ppm, respectively). Manganese was higher in frozen pulp (15.15 ppm), statistically differentiating the fresh fruit (3.85 ppm) and atomized pulp (6.20 ppm). Since boron was not detected in fruit and derivatives thereof. The sugars (fructose and glucose) were statistically different for the fresh cagaita (47.18% and 42.68%, respectively), frozen pulp (54.76% and 45.09%, respectively) and atomized slurry (12.84% and 5.55%, respectively). Sucrose content was detected only in fresh fruit. The major volatile compounds for fresh fruit, frozen pulp and pulp atomized belong, mostly hydrocarbons (monoterpenes and sesquiterpenes). When considering the various influencing factors and in view of the results obtained, the method of drying spray dryer stood out, with a better performance when considering mainly the conservation of the levels of bioactive compounds.

Keywords: *Eugenia dysenterica* DC, conservation, pulverization.

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento do valor nutricional de frutas nativas é fundamental, sobretudo, em função da necessidade de se colocar à disposição da população, uma maior variedade de nutrientes e compostos bioativos. Ademais, o aumento da produtividade e uma melhor conservação destas, além de aumentar a sua disponibilidade no mercado, poderá contribuir para conservação do bioma Cerrado (ALVES, 2013), incentivando a sua exploração de forma sustentável.

Um dos frutos pertencentes ao Cerrado, com grande potencial de consumo, principalmente pelas possibilidades de utilização na culinária, apresentando, interesse econômico, é a *Eugenia dysenterica* DC, conhecida como cagaiteira ou cagaita (MARTINOTTO et al., 2008).

A alta perecibilidade, da maioria dos frutos, aliado à sua sazonalidade, têm impulsionado o desenvolvimento de processos tecnológicos, com vistas ao melhor aproveitamento destes frutos, além da extensão de sua vida pós-colheita. Dentre estes processos, destaca-se a produção de polpas congeladas, que é uma atividade agroindustrial importante, na medida em que agrega valor econômico à fruta, minimizando perdas que podem ocorrer durante a comercialização do produto *in natura*, além de permitir a extensão da sua vida útil, com manutenção da qualidade (EVANGELISTA; VIEITES, 2006).

A secagem por pulverização, também conhecida como atomização, é outro método de conservação das frutas, caracterizado por um fenômeno que envolve três fases, sendo elas: a fase gasosa (ar de secagem), a fase líquida (gotículas) e a fase sólida (partículas). O processo de atomização do alimento, inicialmente na forma líquida ou pastosa, por meio de ar quente contínuo, promove a rápida evaporação da água. Essa dinâmica permite a secagem de produtos sensíveis ao calor, reduzindo as perdas na qualidade (MEZHERICHER; LEVY; BORDE, 2010).

Diante do exposto e visando a agregação de valores aos frutos do Cerrado, por meio da extensão de sua vida pós-colheita, este trabalho tem como objetivo, verificar e avaliar o efeito do congelamento e da atomização de polpa de cagaita sobre os compostos bioativos, perfil de minerais, teor de açúcares e compostos voláteis, em relação à cagaita *in natura*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos Frutos

Os frutos de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) foram coletados maduros no chão pela manhã, de plantas cultivadas em área experimental da Escola de Agronomia, da Universidade Federal de Goiás. Após coleta, os frutos foram transportados em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD) para o Laboratório de Vegetais, da mesma instituição, onde realizou-se o processo de seleção, descartando os frutos indesejáveis (com danos mecânicos), lavagem em água corrente e sanitização em solução de hipoclorito de sódio (200 mg.L^{-1}), por 20 minutos. Em seguida dividiu-se em dois lotes, sendo o primeiro (*in natura*) submetido as análises físicas e químicas. O segundo lote foi destinado ao processamento de polpa congelada e atomizada.

2.2 Produção da Polpa Congelada e Atomizada

2.2.1 Polpa Congelada

A elaboração do polpa congelada de cagaita seguiu as seguintes etapas (Figura 5):



Figura 5. Etapas do processamento de polpa congelada de cagaita.

A polpa foi obtida por agitação mecânica dos frutos, em despoldadeira (Bonina, 025DFA8), sendo, logo em seguida, acondicionada em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD), com capacidade de 500 g.

Posteriormente, foi submetida ao congelamento rápido, em ultra freezer a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, com a finalidade de preservar as características físicas e químicas dos frutos. O armazenamento foi feito em freezer horizontal (Esmaltec, EFH500), a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, até o momento das análises físicas e químicas e o processo de atomização.

2.2.2 Polpa Atomizada

O processo de atomização da polpa de cagaita foi realizado, conforme ilustrado na Figura 6.

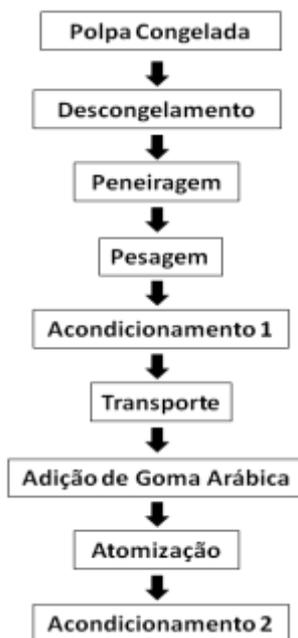


Figura 6. Etapas do processamento de polpa atomizada de cagaita.

Para o processo de atomização, 41 kg de polpas foram descongeladas, em geladeira (Eletrolux), por sete dias. Após o descongelamento, a polpa foi peneirada, por duas vezes (Peneirão Vitória, M 18, 40 cm), com finalidade de diminuir viscosidade da polpa para facilitar a pulverização, obtendo-se 31,21 kg de polpa.

O acondicionamento 1 foi realizado em galões de plástico (Politereftalato de etileno - PET), com capacidade de 5 L, devidamente lavados e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio (200 mg.L^{-1}) por 20 minutos.

Em seguida, a polpa foi transportada, em caixas de isopor com gelo, para o Laboratório de Ensino de Química Farmacêutica, da Universidade de Brasília-DF, a qual foi dada sequência ao processo de atomização.

A polpa foi transferida para béquer, a qual foi adicionado o agente carreador (10% goma arábica) 24 horas antes do processo de atomização, sendo homogeneizado em agitador magnético.

A solução de polpa e goma arábica foi mantida em agitação, em béquer, durante o processo de atomização, com finalidade de mantê-la homogeneizada. A atomização foi realizada em atomizador *Spray-dryer* (LM_{MSD} 1.0, LABMAQ do Brasil Ltda, N° de série: LM_{MSD} 102010), com as seguintes condições: vazão de 8,5 mL/min, temperatura de entrada e saída de 175 °C ± 10 °C e 110 °C ± 10 °C, respectivamente.

O produto atomizado foi acondicionado (acondicionamento 2) em sacos de PEBD e em sacos poliéster com polietileno, ESP007z – Stand up – Prata, com zíper, de estrutura metalizada e medidas: 230 mm (alt) x 185 mm (larg) x 90 mm (sanf), para posteriores análises físicas e químicas.

2.3 Análises Físicas e Químicas

As análises físicas e químicas foram realizadas em triplicata, na cagaita *in natura* (controle), na polpa congelada e atomizada.

2.3.1 Atividade de água

A atividade de água foi determinada, utilizando-se aparelho Aqualab (marca Aqualab, modelo: Dew Point), em temperatura de 25 °C.

2.3.2 Teor de Umidade

O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem em estufa a 105 °C, até peso constante, como proposto pela AOAC (2010).

2.3.3 Vitamina C e β-caroteno

A análise foi realizada no Laboratório de Análise de Alimentos, da Faculdade de Engenharia de Alimentos, da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas-SP.

Para a determinação de β -caroteno utilizou-se 5 g de cagaita *in natura* e polpa congelada e 1 g de polpa atomizada. As mesmas foram extraídas com 20 mL de acetona em ultrassom por 15 min. E mais 10 mL de acetona numa segunda extração. Os extratos depois de combinados foram secos em atmosfera inerte, resuspendidos na fase móvel e filtrados em membranas de 0,2 μm (Millipore Corporation, France). O β -caroteno foi determinado utilizando-se um cromatógrafo a líquido de ultra alta eficiência (UPLC Acquity-Waters), com sistema binário de bombas, injetor automático (15 °C), forno de coluna (40 °C), detecção por arranjo de diodos (DAD) a 450 nm e coluna cromatográfica Hypersil Gold C18 (100 mm x 2,1 mm, 1,9 μm) (Thermo). A fase móvel foi composta de água e acetonitrila (87/13) (v/v), com gradiente linear alterando a fase móvel para 100% de acetonitrila em 4,2 min, a uma vazão de 0,7 mL.min⁻¹.

O ácido ascórbico foi extraído de 5 g de cagaita *in natura* e polpa congelada e 1 g de polpa atomizada com água em ultrassom por 10 min. E depois filtrado em membranas de 0.45 μm (Millipore Corporation, France). Para a vitamina C foi utilizado o método descrito por Scherer et al (2012). Foi utilizado um cromatógrafo a líquido da HP 1100 (Agilent, Germany) equipado com bomba quaternária, amostrador automatico ajustado para 20 μL de injeção, com coluna de RP-C18 column (3 μm , 150 mm x 4.6 mm I.D.), operando a 25 °C e detector de arranjo de diodos (DAD) operando a 250 nm. A fase móvel foi composta por tampão fosfato (0.01 mol L⁻¹ KH₂PO₄) com pH ajustado a 2,60 com ácido fosfórico, usando eluição isocrática, com vazão de 0.5 mL min⁻¹.

A identificação dos compostos foi feita pelo tempo de retenção comparado com padrões e pelos espectros de absorção fornecidos pelo DAD. A quantificação foi por padronização externa com as curvas analíticas construídas com no mínimo sete pontos em triplicata.

2.3.4 Determinação de Polifenóis Totais

A determinação de polifenóis totais foi realizada, de acordo com o método de Folin Ciocalteu, descrito por Roesler et al. (2007).

Utilizou-se 5 g de cagaita *in natura* e de polpa congelada e 1 g de polpa atomizada e adicionou-se, 40 mL de metanol 50% incubando-se durante 1 hora, ao abrigo de luz. Centrifugou-se à 8000 rpm, à 20 °C, por 50 minutos. Filtrou-se o primeiro sobrenadante e transferindo-se para balão com tampa. Adicionou-se ao precipitado, 40 mL de acetona 70%, e incubou-se por 1 hora, ao abrigo de luz, sendo então centrifugado a 8000 rpm, a 20 °C, por 50

minutos. Filtrou-se o segundo sobrenadante e juntou-se ao primeiro sobrenadante e aferiu-se o volume com água destilada (até 100 mL). Fez-se a leitura em espectrofotômetro (Thermo Fisher Scientific, Modelo Bio Mate 3) a 700 nm.

A equação da curva padrão de ácido gálico foi $y = 0,016 x + 0,000$, com $R^2 = 0,999$. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico (EAG) por 100 gramas de amostra.

2.3.5 Flavonóides Totais

A determinação do teor de flavonóides totais foi realizada, de acordo com Lees e Francis (1972).

Utilizou-se 5 g de cagaita *in natura* e polpa congelada e 1 g de polpa atomizada. Adicionou-se 30 mL de solução álcool etílico e HCl 1,5 N (85:15) v/v. Após homogeneização, por 1 minuto, a solução foi transferida para balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume com a mesma solução. Armazenou-se ao abrigo de luz, pelo período de 16 horas. Em seguida, a amostra foi filtrada e procedeu-se a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 374 nm. O aparelho foi calibrado com a solução álcool etílico e HCl 1,5 N (85:15) v/v. Os resultados foram expressos em miligramas por 100 gramas de amostra.

2.3.6 Taninos Condensados

O teor de taninos condensados foi realizado, por meio do método da vanilina, de acordo com o protocolo de Broadhurst e Jones (1978).

Utilizou-se 1 g de cada amostra, adicionou-se 10 mL de acetona 70%, agitando-se por 3 minutos e colocando-se em repouso por 60 minutos, sendo agitada novamente por 3 minutos. Em seguida, repousou-se por mais 60 minutos, agitando-se novamente por mais 3 minutos, centrifugando-se a 4000 rpm durante 5 minutos. Recolheu-se o sobrenadante em balão, adicionou-se mais 10 mL de acetona 70% no resíduo. Agitou-se por 3 minutos e centrifugou-se a 4000 rpm, durante 5 minutos. Em seguida, evaporou-se a acetona em evaporador rotativo a vácuo por 15 minutos, transferiu-se o resíduo para balão volumétrico de 25 mL, completando-se o volume com 20 mL de metanol PA.

Adicionou-se 5 mL de vanilina reagente (4g de vanilina, 56 mL de HCl Merck, 83 mL de metanol) em cada tubo. Pré aqueceram-se os reagentes a 30 °C por 30 minutos, adicionou-se 1 mL de extrato, e agitou-se. Nos tubos de branco da vanilina, adicionou-se 1 mL de metanol 72%. Manteve-se todos os tubos em reação a 30 °C por 20 minutos e fez-se a leitura

em espectrofotômetro (Thermo Fisher Scientific, Modelo Bio Mate 3), com comprimento de onda de 510 nm, sendo o aparelho calibrado com metanol 72 %.

A equação da curva padrão de catequina foi $y = 0,0016 x + 0,0051$, com $R^2 = 0,991$. Os resultados foram expressos em miligramas de catequina equivalente por 100 gramas de amostra.

2.3.7 Atividade Antioxidante

Método DPPH

O método DPPH seguiu o protocolo de Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), com modificações segundo Sánchez-Moreno, Larrauri e Saura-Calixto (1998).

Utilizou-se 5 g de cagaita *in natura* e de polpa congelada e 1 g de polpa atomizada, adicionou-se 40 mL de metanol 50% e 40mL de acetona 70% e completou-se o volume para 100 mL com água destilada.

A leitura foi realizada, utilizando-se alíquotas de 100 μ L do extrato, em quatro concentrações diferentes e adicionado 3,9 mL da solução metanólica de DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) 6 μ M.

As leituras das absorbâncias foram realizadas após incubação por 30 minutos no escuro, em temperatura ambiente, em espectrofotômetro (Thermo Fisher Scientific, Modelo Bio Mate 3) a 515 nm. O álcool metílico foi usado como branco, para calibrar o espectrofotômetro.

A curva de calibração utilizada para expressar os resultados foi $y = 0,010x + 0,009$ com $R^2 = 0,998$, e os resultados expressos em EC_{50} g de amostra/g DPPH.

Métodos ABTS

O método ABTS seguiu-se o protocolo de Kuskoski et al., 2005.

Utilizou-se 1 g de cada amostra, adicionou-se 40 mL de metanol 50% e homogeneizou-se, deixando em repouso em temperatura ambiente por 60 minutos, no escuro. Centrifugou-se a 15.000 rpm, durante 15 minutos, e filtrou-se o sobrenadante para balão volumétrico (100 mL).

Adicionou-se, ao resíduo, 40 mL de acetona 70%, homogeneizou-se, deixando em repouso por 60 minutos, em temperatura ambiente, no escuro. Centrifugou-se, novamente, a 15.000 rpm durante 15 minutos e filtrou-se o sobrenadante para o mesmo balão volumétrico e completou-se o volume para 100 mL, com água destilada.

Utilizou-se uma alíquota de 30 µL, de cada diluição do extrato, para tubos de ensaio com 3 mL do radical ABTS⁺ e homogeneizou-se. Realizou-se a leitura a 734 nm, após 6 minutos e utilizou-se álcool etílico para calibrar o espectrofotômetro.

A curva de calibração utilizada para expressar os resultados foi $y = 0,010x + 0,009$ com $R^2 = 0,998$, e os resultados foram expressos em µmol de Trolox/g de amostra.

2.3.8 Perfil de Minerais

Para detecção da composição mineral das amostras, foram determinados os teores de fósforo, cálcio, cobre, ferro, manganês, potássio, magnésio, zinco, sódio e enxofre, utilizando-se a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). As análises foram realizadas no Laboratório de Análise Foliar, do departamento de Química, Universidade Federal de Lavras. A digestão foi - Nitroperclórica - 2/1 - volume 6 mL por amostra, com temperatura do bloco digestor até 210 °C. Utilizou-se o Espectrofotômetro de Absorção Atômica (Varian, Spectra AA110) para quantificação de Ca, Mg, Cu, Mn, Zn e Fe; Fotometro de chama (Micronal, B262) para quantificação de K e Na e Espectrofotômetro UV-Visível (Biospectro, SP22) para quantificação de P e S. As análises foram realizadas em duplicata.

2.3.9 Teores de Açúcares

Preparação dos extratos para a extração de açúcares

Adicionou-se 500 µL de etanol 80% em 150 mg das amostras liofilizadas (cagaita *in natura*, polpa congelada) e polpa atomizada, previamente pesadas em *eppendorfes* de 2 mL. As misturas foram agitadas, em vortex, e incubadas em banho-maria a 80 °C por 20 minutos. Depois, foram agitadas em vortex novamente e centrifugadas a 13000 rpm por 10 minutos, em centrífuga modelo Centrifuge 5415 R (Eppendorf, Hamburgo, Alemanha). O sobrenadante foi coletado e os procedimentos anteriores foram repetidos por mais três vezes. Ao final, fez-se quatro incubações, totalizando 2 mL de extrato, que foi seco em concentrador a vácuo Concentrator Plus (Eppendorf, Hamburgo, Alemanha), ressuspendido em 1 mL de água mili-Q, para as análises de açúcares solúveis totais e identificação e quantificação de açúcares, por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE-RID).

Teor de açúcares: identificação e quantificação de açúcares por CLAE-RID

O teor de açúcares presentes nas amostras foi realizado por CLAE, segundo Macrae (1998), utilizando o equipamento HPLC Shimadzu (Shimadzu Cooperation Analytical & Measuring Instruments Division Kyoto, Japan), composto de detector de índice de refração

(Modelo RID-10A), bomba (Modelo LC-20AD), injetor automático (Modelo SIL-20A HT), forno (Modelo CTO-20A) e software LC Solution (Shimadzu). Os açúcares foram separados em coluna Shimadzu, CLC NH₂ (M), 15 cm x 6,0 mm, com grupos amina ligados quimicamente à sílica, e pré-coluna Shimadzu CLC-ODS. O método para a corrida das amostras, caracterizou-se por conter acetonitrila 75% como fase móvel, com fluxo de 1,3 mL/min, volume de injeção de 30 µL à temperatura de 40 °C, em uma corrida de 20 minutos. A identificação foi realizada, por meio dos índices de refração fornecidos pelo detector RID em comparação com padrões (teores de açúcar).

Os resultados foram expressos em % de açúcar em base úmida. Frutose, glicose e sacarose foram os açúcares utilizados como padrões, para a determinação dos teores de açúcares, e suas curvas padrões foram construídas, a partir de solução Mix de açúcares, com diluições que variaram entre 2000 e 30000 mg/L, a fim de abranger as inúmeras concentrações dos açúcares presentes nas amostras.

2.3.10 Compostos Voláteis

A extração dos compostos voláteis foi feita, por meio da técnica de microextração em fase sólida (SPME). Um grama de cada amostra (*in natura*, polpa congelada e polpa atomizada) foi transferido para vial (próprio para retenção de volátil) de 10 mL e foram levados para agitação e aquecimento a 70 °C por 15 minutos. Foi usada fibra de carboxem/polidimetilsiloxano (CAR/PDMS) 75 µm para a partição dos compostos voláteis presentes na amostra. A fibra foi acondicionada a uma temperatura de 300 °C por 1 hora antes da utilização. Entre os analitos, o tempo de acondicionamento foi de 25 minutos. A fibra foi exposta ao headspace do frasco de vidro (10 mL), contendo 1 grama da amostra. Após 15 minutos de exposição à fibra sob 70 °C, a seringa foi automaticamente levada ao injetor do CG-MS, no qual os compostos voláteis foram dessorvidos, a 250 °C, em *splitless* por 2 minutos.

A identificação dos compostos voláteis foi realizada na Central de Análises e Prospecção Química, do Departamento de Química, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG. Utilizou-se aparelho Shimadzu CG-17A, com detector seletivo de massas modelo QP5050A, sob as seguintes condições operacionais: coluna capilar de sílica fundida de 30 m x 0,25 mm e 0,25 µm de espessura, tendo como fase estacionária 5% de difenil e 95% de polidimetilsiloxano (DB5); temperatura do injetor de 220 °C; programação da coluna com temperatura inicial de 40 °C, sendo acrescidos 3 °C a cada minuto até atingir

270 °C; gás de arraste hélio, com 1,0 mL/min na coluna; Split 5,0 com pressão inicial na coluna de 49,3 KPa.

As condições da EM foram: detector seletivo de massas, operando por impacto eletrônico e energia de impacto de 70 eV; velocidade de varredura 1000 m/z s⁻¹; intervalo de varredura de 0,5 fragmentos/segundos e fragmentos detectados de 29 Da e 600 Da. Os compostos foram identificados, utilizando as bibliotecas WILLEY 8.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em fatorial simples 3x3, sendo 3 produtos (cagaita *in natura*, polpa congelada e polpa atomizada) em três repetições.

Para comparação das médias, foi realizada análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey, com auxílio do software R. O nível de significância considerado para a diferença entre as médias foi de 5% (<0,05).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para compostos bioativos, teores de açúcares, umidade e atividade de água estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Compostos bioativos, teores de açúcares, umidade e atividade de água da cagaita *in natura*, e da polpa congelada e atomizada.

Análises	Cagaita <i>in natura</i>	Polpa Congelada	Polpa Atomizada
Polifenóis Totais (mg/100g)	134,88±4,53c	171,76±2,27b	881,95±8,92a
Flavonoides Totais (mg/100g)	7,07±0,22b	4,86±0,24b	42,93±3,40a
Taninos Condensados (mg/100g)	16,62±1,86b	21,30±4,31b	67,00±4,28a
Vitamina C (mg/100g)	29,75±1,33a	24,64±2,41b	20,38±1,84b
β-caroteno (µg/100g)	88,67±4,63a	91,63±5,39a	86,68±4,57a
ABTS (µmol Trolox/g)	357,73±8,03b	276,07±27,05c	517,04±31,47a
EC ₅₀ (g/g DPPH)	5,16±0,01a	6,13±0,02a	8,94±0,89b
Frutose (%)	47,18±2,45b	54,76±0,78a	12,84±0,41c
Glicose (%)	42,68±1,57b	45,09±0,85a	5,55±0,11c
Sacarose (%)	2,02±0,10	nd	nd
Umidade (%)	89,84±0,13a	89,65±0,11a	6,30±0,26b
Atividade de água	0,989±0,002a	0,996±0,002a	0,236±0,013b

As médias das amostras seguidas de letras iguais na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. % = g/100g; nd = não detectado.

Detectou-se elevação dos teores de polifenóis totais (881,95 mg/100g), flavonóides totais (42,93 mg/100g) e taninos condensados (67,00 mg/100g) quando atomizou-se a polpa, em relação à fruta *in natura* (controle). Tal fato pode estar relacionado à perda de água no produto, submetido à secagem por *spray dryer*, concentrando os teores de compostos bioativos (polifenóis totais, flavonóides totais e taninos condensados). Esse resultado corrobora com Bennet et al. (2011), que afirmam ser a secagem, uma eficiente técnica, capaz de produzir produtos finais com teor de compostos bioativos concentrado.

Observou-se diferença estatística ($p < 0,05$) dos compostos fenólicos totais na polpa congelada em relação à fruta *in natura* (controle), podendo estar relacionada a ações enzimáticas que favoreceram a produção desses compostos, já que a polpa não foi pasteurizada para inativação das enzimas. Os compostos fenólicos são produzidos, por meio da rota biogenética, pela via do ácido chiquímico, a partir de carboidratos (CARVALHO; GOSMANN; SCHENKEL, 2003).

Rufino et al. (2010) encontraram resultados de polifenóis totais diferentes ao encontrado para a cagaita *in natura*, em: uvaia (127 mg/100g) e jambolão (185 mg/100g), ambos do mesmo gênero (*Eugenia*) que a cagaita.

Kuskoski et al. (2006), ao avaliarem polpas congeladas, armazenadas à -15 °C, encontraram resultados de polifenóis totais inferiores à polpa congelada de cagaita, para: goiaba, pertencente à mesma família da cagaita, Myrtacea, (83,0 mg/100g), porém, encontraram teor superior para a polpa congelada de acerola (580,1 mg/100g), (*Malpighia emarginata*), família das Malpighiaceas, fruta muito perecível, assim como a cagaita.

O teor de polifenóis, para a polpa atomizada, foi inferior ao encontrado por Couto et al. (2013) que, ao estudarem o efeito de secagem por *spray dryer* sobre o extrato alcoólico da cagaita do Cerrado de Nova América, Goiás, encontraram valores que variaram entre 44550 à 47760 mg/100g. A diferença do teor de polifenóis pode estar relacionado com a origem da matéria-prima, bem como o preparo da amostra e condições de secagem que foram diferentes.

A alteração de flavonóides totais na polpa congelada, em relação à cagaita *in natura* pode ser devido à degradação por enzimas, o que corrobora com Jacques (2009), cuja degradação é passível de acontecer, haja vista, que a polpa congelada não foi submetida a tratamento térmico, capaz de provocar a inativação das enzimas presentes.

O teor de flavonóides totais, da cagaita *in natura*, foi inferior ao encontrado para acerola, que variou de 9,31 mg/100g à 20,22 mg/100g, de acordo com a variedade, conforme estudado por Lima et al. (2000). Fatores como estação do ano, clima, composição do solo, estágio de maturação, preparo, processamento e estocagem dos alimentos, podem influenciar, diretamente, as concentrações de flavonóides totais (HUBER; RODRIGUEZ-AMAYA, 2008).

Observou-se que houve diminuição do teor de vitamina C nas polpas congelada e atomizada, em relação à cagaita *in natura*. Essa diferença pode ser devido à degradação de ácido ascórbico nos dois processos estudados (congelamento e atomização).

No processo de atomização, utilizou-se altas temperaturas, o que prejudicou o teor de ácido ascórbico, que é muito termolábil, segundo Zhang e Hamauzu (2004). No processamento da polpa congelada, o ácido ascórbico pode ter sofrido degradação, devido à exposição ao oxigênio e à luz, durante a manipulação dos frutos, de acordo com Melo e Araujo (2011).

Segundo Damodaran et al. (2010), a perda de vitamina C, em polpas congeladas, pode ocorrer por lixiviação, a partir do corte e/ou descascamento dos frutos, por armazenamento prolongado e congelamento. De acordo com Burg e Fraile (1995), a vitamina C é um nutriente

muito sensível e pode sofrer degradação, em condições de processamento, tais como temperatura, pH, conteúdo de água e oxigênio; além da presença de enzimas (SANTOS, 2008).

Oliveira et al. (2011) apresentaram para a cagaita *in natura* de Figueirópolis, Tocantins, teor de vitamina C de 40,11 mg/100g. Cardoso et al. (2011) observaram teor de vitamina C de 34,11 mg/100g para a cagaita do Cerrado de Felixlândia, Minas Gerais, resultados estes superiores ao encontrado neste trabalho. Essas diferenças podem ser em consequência de origens geográficas diferentes, do local de cultivo (clima, tipos de solos diferentes), estágio de maturação dos frutos, que poderiam influenciar o valor nutricional dos mesmos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Silva, Santos Júnior e Ferreira (2008), em estudos com a cagaita *in natura* madura, localizada na Universidade Federal Goiás, em Goiânia-GO, encontraram valor inferior de vitamina C (27,46 mg/100g). No mesmo estudo, para a polpa congelada de cagaita, armazenada por 4 meses à -18 °C, os resultados variam de 26,97 mg/100g, no tempo inicial e 17,88 mg/100g, no quarto mês de armazenamento. Estes autores afirmam que a estabilidade da vitamina C, em frutas e produtos derivados, pode ser afetada, negativamente, pelas condições de armazenamento.

Com relação ao teor de β -caroteno, os dois métodos de conservação estudados (congelamento e atomização) não apresentaram perdas significativas em relação à fruta *in natura*, o que pode estar relacionado à sua estabilidade. Pode-se considerar que, ambos os processos de conservação, são viáveis para a manutenção desse composto.

Cardoso et al. (2011) e Zanatta e Mercadante (2007) observaram-se para o teor de β -caroteno, resultados superiores ao encontrado para a cagaita *in natura* neste trabalho, para cagaita *in natura*, do Cerrado de Felixlândia, Minas Gerais, de (390 μ g/100g); para camucamu *in natura* (*Myrciaria dubia*, família Myrtaceae), de Mirandópolis, São Paulo, (142,3 μ g/100g).

Charoensiri et al. (2007) e Zanatta e Mercadante (2007) apresentaram valores inferiores de β -caroteno para goiaba da variedade Panseetong, (13,8 μ g/100g); e para camucamu, de Iguape, São Paulo, (72,8 μ g/100g), ambos pertencente à mesma família da cagaita, Myrtaceae.

Nota-se que na polpa atomizada foram detectados maiores valores de compostos fenólicos totais, flavonóides totais e taninos condensados, podendo estes ter influenciado o resultado detectado para as atividades antioxidantes, pelo método ABTS, uma vez que os mesmos possuem ou apresentam realce antioxidante. Segundo Bennet et al. (2011), o

processo de secagem é uma eficiente técnica, cujos produtos finais apresentam elevada concentração de compostos bioativos, o que favorece a biodisponibilidade da propriedade antioxidante.

A redução do potencial antioxidante, pelo método ABTS, na polpa congelada, pode ter sido devido à abertura dos frutos e sua manipulação, ao expor os antioxidantes à luz, ao oxigênio e às ações enzimáticas.

A capacidade antioxidante, a partir do método de DPPH, na polpa atomizada foi menor que na polpa congelada e na cagaita *in natura*, nas quais não houve diferença, estatisticamente, ao nível de significância de 5%.

Nos estudos de Rufino et al. (2010), a capacidade antioxidante, pelos métodos de DPPH e ABTS, apresentaram para camu-camu, EC_{50} de 42,6 g/g DPPH e 1237 $\mu\text{mol Trolox/g}$; para uvaia, EC_{50} de 276 g/g DPPH e 182 $\mu\text{mol Trolox/g}$; para jabuticaba, EC_{50} de 1472 g/g DPPH e 37,5 $\mu\text{mol Trolox/g}$; para jambolão, EC_{50} de 185 g/g DPPH e 30,25 $\mu\text{mol Trolox/g}$; para acerola, EC_{50} de 1063 g/g DPPH e 37,5 $\mu\text{mol Trolox/g}$. Pelo método DPPH, os resultados foram superiores, quando comparado com cagaita *in natura*. Pelo método ABTS, o único resultado superior à cagaita *in natura* foi para camu-camu (1237 $\mu\text{mol Trolox/g}$).

O potencial antioxidante (pelo método ABTS) da polpa atomizada foi inferior à jabuticaba, pertencente à família Myrtaceae, atomizada (goma arábica/maltodextrina), com temperaturas de 140, 160 e 180 °C, que variou com a temperatura, de 6520 $\mu\text{mol Trolox/g}$ à 9800 $\mu\text{mol Trolox/g}$, segundo Silva et al. (2013).

Segundo Kim, Jeong e Lee (2003), a capacidade antioxidante pode ser influenciada por fatores como: maturação, espécie, práticas de cultivo, origem geográfica, estágio de crescimento, condições de colheita e processo de armazenamento; assim como pelo método de conservação, tipo de agente carreador, o que justifica a diferença do potencial antioxidante da cagaita *in natura* e seus derivados, em relação a outros frutos e produtos.

Em relação aos teores de açúcares, a presença de sacarose foi detectada, apenas, na fruta *in natura*, podendo-se supor que ocorreu hidrólise pela ação enzimática (invertase), com a transformação deste açúcar (em frutose e glicose), durante os processos de congelamento (polpa congelada) e descongelamento, no preparo da polpa para submeter à atomização. Segundo Leininger e Kilpatrick (1938), a inversão é, basicamente, a hidrólise do dissacarídeo sacarose, que produz mistura dos monossacarídeos glicose e frutose.

Em relação aos teores de glicose e frutose, a polpa congelada apresentou-se diferença significativa, em relação à polpa atomizada, o que pode ser justificado pela ação de enzimas, durante o congelamento, já que a polpa não foi submetida a tratamento térmico, capaz de

inativá-las. Já a redução desses açúcares, na polpa atomizada, dá-se devido ao uso da alta temperatura (175 °C) utilizada no processo de secagem, que impede a ação enzimática.

Burger et al. (2002), Bernardes-Sily, Lajolo e Cordenunsi (2003) e Paganini et al. (2004) encontraram teores de frutose e glicose inferiores ao obtido na cagaita *in natura*, para o melão, (1,13% de frutose e 1,26% de glicose); para a manga (3% de frutose e 0,5% de glicose); para a maçã (7,58% de frutose e 2,19% de glicose). Os mesmos autores observaram, para sacarose, resultados superiores ao encontrado para cagaita *in natura*, para o melão, (3,56%); para a manga (9%); e para a maçã (3,39%).

Quanto ao perfil de minerais (Tabela 2), aqueles que diferiram estatisticamente, tanto para a cagaita *in natura* (controle), quanto para a polpa congelada e polpa atomizada, foram potássio, enxofre e cobre. Para os minerais, sódio, zinco e ferro, a polpa atomizada apresentou maior teor, diferenciando, estatisticamente, da polpa congelada e da fruta *in natura*, indicando que o processo de secagem por *spray dryer*, contribuiu para a concentração desses elementos. O manganês foi superior na polpa congelada, diferenciando estatisticamente da fruta *in natura* e da polpa atomizada.

Entre os minerais que não diferenciaram, estatisticamente, para a cagaita *in natura*, polpa congelada e polpa atomizada, está o fósforo (0,10%; 0,12% e 0,05%); o cálcio (0,36%; 0,45% e 0,55%); e o magnésio (0,10; 0,15% e 0,05%), respectivamente. Já o boro, não foi detectado na fruta e seus derivados.

Tabela 2. O perfil de minerais da cagaita *in natura*, polpa de cagaita e polpa de cagaita atomizada.

Minerais	Cagaita <i>in natura</i>	Polpa de Cagaita Congelada	Polpa de cagaita atomizada
K (%)	1,22±0,10b	1,64±0,04a	0,85±0,08c
S (%)	0,03±0,01c	0,07±0,01b	0,20±0,01a
Na (ppm)	353,45±6,65b	347,18±2,22b	511,33±1,47a
Cu (ppm)	17,75±0,35a	16,50±0,00b	0,25±0,35c
Mn (ppm)	3,85±0,35b	15,15±0,35a	6,20±1,70b
Zn (ppm)	14,10±0,14a	15,05±0,49a	165,60±6,93b
Fe (ppm)	61,55±6,72ab	44,30±b	143,00±34,08a

% = g/100g; 1% = 0,0001 ppm. As médias das amostras seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Moreira (2006), pode ocorrer perdas de minerais em frutas, durante os processamentos de congelamento e secagem, entre outros métodos de conservação. Santos et al., (2003) corrobora com Moreira (2006), ao afirmar que as perdas de minerais nos alimentos ocorrem, predominantemente, durante as operações de descascamento, lavagem e corte

(injúrias mecânicas), o que pode justificar a redução de cobre na polpa congelada e polpa atomizada.

Os elementos sódio, zinco e ferro, apresentaram maiores teores na polpa atomizada (511,33 ppm, 165,0 ppm, 143,00 ppm, respectivamente), devido à concentração do mesmo, com a retirada de água.

Leterme et al., (2006), ao estudarem o teor de minerais de várias frutas tropicais da Colômbia, pertencente à mesma família e gênero da cagaita, obtiveram resultados inferiores para *Eugenia malaccensis* L (jambo-vermelho), *Eugenia stipitata* Mc Vaugh (araça-boi), *Eugenia uniflora* L (pitanga), em relação ao cálcio, cujos teores foram de 0,015%, 0,025%, 0,048%, respectivamente; para o fósforo apresentaram valores de 0,006%, 0,007%, 0,028%, respectivamente; para o potássio foi de 0,164%, 0,078%, 0,165% (superior à cagaita *in natura*), respectivamente; para o magnésio foi de 0,025%, 0,009%, 0,038%, respectivamente; e para o enxofre foi de 0,009%, 0,014%, 0,015%, respectivamente. Tais variações podem ser decorrentes das condições climáticas, tipo de solo, grau de maturação dos frutos, entre outros fatores.

Os compostos voláteis apresentam funções específicas nos vegetais, sendo responsáveis, principalmente, pela perpetuação da espécie, por meio do cheiro exalado, atraindo o dispersor ou polinizador específico da espécie (BAKKALI et al., 2008). Não obstante, dentro da aceitação ou não aceitação pelo consumidor este, também, tem influência direta. Na caracterização dos compostos voláteis da cagaita *in natura*, polpa congelada e polpa atomizada (Tabela 3), detectou-se que a maioria dos compostos voláteis majoritários identificados pertencem à classe dos hidrocarbonetos, entre eles os monoterpenos e sesquiterpenos.

Tabela 3. Compostos voláteis majoritários da cagaita *in natura*, polpa congelada e polpa atomizada.

Cagaita <i>in natura</i>			
TR	IR	% ÁREA	NOME DO COMPOSTO
21,714	1382	13,64	β -cariofileno
10,655	907	11,44	beta-pineno
9,416	899	6,74	alfa-pineno
9,41	978	5,87	1,1-diciclopropil-1-penteno
10,91	909	5,08	mirceno
12,463	921	5,03	<i>trans</i> - β -ocimeno
22,474	1385	3,96	α -Humulene
12,163	918	3,35	5-Isopropil-2-metilbicilo [3.1.0] hexan-2-ol
24,994	1145	2,46	phthalate <diethyl-> Benzeno-1,2-dicarboxílico
13,877	931	2,09	linalool
16,296	948	2,07	octanoato de etila

Polpa de Cagaita Congelada			
TR	IR	% ÁREA	NOME DO COMPOSTO
21,712	1382	30,19	β -cariofileno
12,465	921	10,33	<i>trans</i> - β -ocimeno
10,91	909	4,31	mirreno
22,473	1385	2,61	α -humuleno
23,352	1388	2,32	5-Isopropenil-3,8-dimetil-1,2,3,3A,4,5,6,7octahidroazuleno
23,638	1389	2,19	germacreno D
24,16	1391	2	1H-Cicloprop[E]azuleno, decahidro-1,1,4,7-tetrametil
24,985	1145	1,18	Phthalate <Diethyl-> Benzeno-1,2-dicarboxílico
Polpa de Cagaita Atomizada			
TR	IR	% ÁREA	NOME DO COMPOSTO
12,929	1119	9,75	Heptano, 2,2,3,4,6,6-hexametil
12,649	1080	9,65	5-etil-2,2,3-trimetil heptano
12,929	1167	9,59	Undecano, 3,6-dimetil heptano
12,129	1077	9,39	2,7-dimetil-3-etil-Octano
11,805	1162	6,93	Heptano, 4-etil-2,2,6,6-tetrametil
13,238	1168	3,94	Undecano-2,8-dimetil
13,299	1083	3,43	Nonano, 2,2,3-trimetil
12,009	1076	3,4	Heptano, 2,2,4,6,6-pentametil
13,546	1084	2,69	Decano, 3,4-dimetil
10,094	982	2,36	Octano, 2,2,6-trimetil
12,708	922	1,9	Octano, 2,6-dimetil
25,003	1145	1,84	Phthalate <Diethyl-> Benzeno-1,2-dicarboxílico
21,727	1382	1,8	β -cariofileno

TR = tempo de retenção; IR = Índice de Retenção; % Área = % de área.

Os monoterpenos pertencem ao grupo mais abundante e potente de substâncias encontradas naturalmente em plantas; são nomeados de terpenóides e realizam atividades biológicas contra insetos (RICE; COAST, 1994). Os sesquiterpenos estão presentes em compostos voláteis de várias plantas, participando ativamente nos processos de interações entre planta-planta, planta-inseto e planta-patógeno, servindo de proteção contra ataques de predadores (FEHLBERG, 2011). Os compostos mais frequentes encontrados nos óleos voláteis são os monoterpenos e os sesquiterpenos (SIMÕES et al., 2007).

Dentre os compostos voláteis majoritários, identificados na fruta *in natura*, destacaram-se os monoterpenos (β -pineno; α -pineno; mirreno; *trans*- β -ocimeno; linalool), em seguida os sesquiterpenos (β -cariofileno; α -Humuleno), álcool (5-Isopropil-2-metilbicilo [3.1.0] hexan-2-ol), hidrocarboneto de 11 carbonos (1,1-diciclopropil-1-penteno), hidrocarboneto de 12 carbonos (phthalate <diethyl-> Benzeno-1,2-dicarboxílico) e éster (octanoato de etila).

Na polpa congelada destacaram os sesquiterpenos (β -cariofileno; mirceno; α -Humulene; germacreno D; 1H-Cicloprop[E]azuleno; decahidro-1,1,4,7-tetrametil), monoterpenos (*trans*- β -ocimeno), álcool (5-Isopropenil-3,8-dimetil-1,2,3,3A,4,5,6,7 octahidroazuleno), hidrocarboneto de 12 carbonos (phthalate <diethyl-> Benzeno-1,2-dicarboxílico).

Na polpa atomizada, os compostos, em destaque, foram hidrocarbonetos contendo 12 carbonos (5-etil-2,2,3-trimetil heptano; 2,7-dimetil-3-etil-octano; nonano, 2,2,3-trimetil; heptano, 2,2,4,6,6-pentametil; decano,3,4-dimetil); 13 carbonos (heptano, 2,2,3,4,6,6-hexametil; undecano, 3,6-dimetil heptano; heptano,4-etil-2,2,6,6-tetrametil; undecano-2,8-dimetil); 11 de carbonos (octano, 2,2,6-trimetil); monoterpenos (octano, 2,6-dimetil), álcool (Phthalate <Diethyl-> Benzeno-1,2-dicarboxílico); sesquiterpenos (β -cariofileno).

A concentração dos compostos voláteis, em geral, é baixa e pode ser afetada por uma série de fatores, inclusive, agrônômicos: variedade, condições climáticas e amadurecimento (VENDRAMINI; TRUGO, 2000); e tecnológicos: colheita, tratamento pós-colheita, armazenamento e condições de processamento (BOTONDI et al., 2003).

O aroma e o sabor típicos das frutas é resultado da combinação de inúmeras substâncias voláteis, representantes de diversas classes de compostos orgânicos, com diferentes propriedades físico-químicas e que, em sua maioria, são substâncias termolábeis sujeitas, portanto, a rearranjos, ciclizações e oxidações, quando submetidas ao aumento de temperatura (FRANCO, 2003). Assim, a ausência da maioria dos monoterpenos e sesquiterpenos, e a presença majoritária de diferentes compostos voláteis, na polpa atomizada, pode ser devido à influência da temperatura utilizada no processo de atomização (175 °C), com ocorrência das transformações acima referidas.

O composto sesquiterpeno, β -cariofileno, destacou-se na polpa congelada, sendo que a grande diferença encontrada, em relação à fruta *in natura*, pode ser devido à ação enzimática. O cariofileno é encontrado em muitos óleos essenciais, ocorrendo na natureza como mistura dos isômeros isocariofileno, α -cariofileno (humuleno) e β -cariofileno (VALLILO et al., 2006). Segundo TU et al. (2002), o cariofileno é um composto que confere, aos frutos e vegetais, um sabor fresco e frutado.

Carvalho et al. (2008), estudando os compostos voláteis da cagaita *in natura* do estado de Tocantins encontraram, como majoritários, principalmente, aqueles constituídos dos ésteres, hexanoato de etila, com 51,4% de área relativa, butanoato de etila, com 14,7% e hexanoato de metila, com 6,5%, resultados estes diferentes do apresentado neste trabalho, que predominou a classe dos hidrocarbonetos.

Oliveira et al. (2006), estudaram compostos voláteis da pitanga *in natura* (*Eugenia uniflora* L.) e encontraram, como componente majoritário, os monoterpenos (75,3%), dentre eles, o *trans*- β -ocimeno (36,2%), *cis*-ocimeno (13,4%), o isômero β -ocimeno (15,4%) e β -pineno (10,3%). O principal componente volátil, na pitanga *in natura*, foi o *trans*- β -ocimeno, composto este, também encontrado no presente trabalho, para a cagaita *in natura* (5,03%) e para a polpa de cagaita congelada (10,33%), mas, não na polpa de cagaita atomizada, podendo-se supor que este fato deve-se ao processamento de secagem em alta temperatura. O β -pineno é um dos compostos encontrado na cagaita *in natura* (11,44%), percentualmente maior, em comparação com a pitanga.

De acordo com Franco e Shibamoto (2000), o *trans*- β -ocimeno é, também, um constituinte volátil importante de outras frutas tropicais brasileiras, como umbu-cajá *in natura* (*Spondias citherea*), e o β -pineno é componente importante do araçá-boi *in natura* (*Eugenia stipitata*), umbu-cajá *in natura* (*Spondias citherea*) e camu-camu *in natura* (*Myrciaria dubia*).

Segundo Miyazawa (2009), os compostos voláteis majoritários na uvaia *in natura* (*Eugenia pyriformis* Cambess), foram o butanoato de etila, com 27,82%; hexanoato de etila, com 20,04%; octanol, com 8,56%; D-limoneno, com 7,16%; e vinilbenzeno, com 6,57%, resultados diferentes do encontrado neste trabalho, sendo oportuno ressaltar que os voláteis podem variar de acordo com cada espécie de fruto, estágio de maturação, armazenamento pós-colheita, dentre outros fatores.

4 CONCLUSÃO

Em face dos resultados obtidos pode-se considerar que o método de secagem por *spray dryer* apresentou melhor performance, quando comparado a técnica de congelamento da polpa de cagaita, um vez observados maiores teores de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e taninos condensados, após a secagem da polpa, contribuindo para aumento do potencial antioxidante (ABTS).

Porém, os métodos de conservação de alimentos estudados não foram eficazes para a preservação do teor da vitamina C da cagaita *in natura*.

Os métodos de conservação (congelamento e atomização) apresentaram teores de açúcares diferentes (frutose, glicose), porém, não apresentaram teores de sacarose para nenhum método.

Utilizando-se a técnica de atomização, observou-se a possibilidade de extração de diferentes compostos voláteis, em menor percentual de área, em comparação com a fruta *in natura* e também com a polpa congelada.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. M. **Caracterização física e química, compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutas nativas do Cerrado**. 2013, 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. Gaithersburg: AOAC, 2010.
- BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAT, M. Biological effects of essential oils - a review. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 46, n. 2, p. 446-475, 2008.
- BENNET, T. E.; JEGASOTHY, H.; KONCZAK, I.; FRANK, D.; SUDHAMARAJAN, S.; CLINGELEFFER, P. R. Total polyphenolics and antioxidant properties of selected dried fruits and relationships to drying conditions. **Journal of Functional Foods**, v. 3, p. 115-124, 2011.
- BERNARDES-SILVA, A. N. F.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Evolução dos teores de amido e açúcares solúveis durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes cultivares de manga. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 116-120, 2003.
- BOTONDI, R.; DESANTIS, D.; BELLICONTRO, A.; VIZOVITIS, K.; MENCARELLI, F. Influence of ethylene inhibition by 1-methylcyclopropene on apricot quality, volatile production, and glycosidase activity of low-and high-aroma varieties of apricots. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, p. 1189-1200, 2003.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 28, p. 5-30, 1995.
- BROADHURST, R. B.; JONES, W. T. Analysis of condensed tannins using acidified vanillin. **Journal of Science of Food and Agriculture**, London, v. 29, p. 788-794, 1978.
- BURG, P; FRAILE, P. Vitamin C destruction during the cooking of a potato dish. **Lebensm-Wiss. u. Technology**, Oxford, v. 28, p. 506-514, 1995.

BURGER, Y.; SAAR, U.; KATZIR, N.; PARIS, H. S. A single recessive gene for sucrose accumulation in *Cucumis melo* fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 127, n. 6, p. 938-943, 2002.

CARDOSO, L. M.; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B.; RIBEIRO, S. M. R.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: Physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. **Food Research International**, Essex, v. 44, p. 2151-2154, 2011.

CARVALHO, L. M. J.; MOTTA, E. L.; MOURA, R. M.; CARDONA, M. D.; FERREIRA, E. E.; AYETA, A. C. **Substâncias voláteis na polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*, D.C.)**. In: XXI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2008, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2008, CD-ROM.

CARVALHO, J. C. T.; GOSMANN, G.; SCHENKEL, E. P. Compostos fenólicos simples e heterosídicos. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. (Ed.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5 ed., Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFRGS/Editora da UFSC, 2003, p. 519-535.

CHAROENSIRI, R.; KONGKACHUICHAI, R.; SUKNICOM, S.; SUNGPUAG, P. Beta-carotene, lycopene, and alpha-tocopherol contents of selected Thai fruits. **Food Chemistry**, Barking, v. 113, p. 202-207, 2009.

COUTO, R. O.; MARTINS, F. S.; CHAUL, L. T.; CONCEIÇÃO, E. C.; FREITAS, L. A. P.; BARA, M. T. F.; PAULA, J. R. Spray drying of *Eugenia dysenterica* extract: effects of in-process parameters on product quality. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, Curitiba, v. 23, n. 1, p. 115-123, 2013.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005, 785 p.

DAMODARAN, S.; KIRK, L. P.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010, 900 p.

EVANGELISTA, R. M.; VIEITES, R. L. Avaliação da Qualidade de Polpa de Goiaba Congelada, Comercializada na Cidade de São Paulo. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 76-81, 2006.

FEHLBERG, I. **Terpenos e fenilpropanoides de *Myrcia guianensis* (Myrtaceae)**. 2011. 120 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química, Salvador, 2011.

FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. São Paulo: Livraria Varela, 2003. 246 p.

FRANCO, M. R. B.; SHIBAMOTO, T. Volatile composition of some Brazilian fruits: Umbucajá (*Spondias citherea*), Camu-Camu (*Myrciaria dubia*), Araçá-boi (*Eugenia stipitata*) and Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 48, p. 1263-1265, 2000.

HUBER, L. S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em alimentos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 1, p. 97-108, 2008.

JACQUES, A. C. **Estabilidade de compostos bioativos em polpa congelada de amora-preta (*Rubus fruticosus*) cv. Tupy**. 2009, 49 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.

KIM, D.-O; JEONG, S. W.; LEE, C. Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, Kidlington, v. 81, p. 231-326, 2003.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; MORALES, M. T.; FETT, R. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1283-1287, 2006.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 726-732, 2005.

LEES, D. H.; FRANCIS, F. J. Standardization of pigment analyses in cranberries. **Horticultural Science**, Alexandria, v. 7, n. 1, p. 83-84, 1972.

LEININGER, P. M.; KILPATRICK, M. The inversion of sucrose. **The Journal of the American Chemical Society**, Washington, v. 60, n. 12, p. 2891-2898, 1938.

LETERME, P.; BULDGEN, A.; ESTRADA, F.; LONDOÑO, A. M. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. **Food Chemistry**, Barking, v. 95, p. 644-652, 2006.

LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; LIMA, L. S.; NASCIMENTO, P. P. Flavonóides em seleções de acerola (*Malpighia sp* L.). Teor de antocianinas e flavonóis totais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 1063-1064, 2000.

MACRAE, R. **Food science and technology: a series of monographs: HPLC in food analysis**. 2. ed. New York: Academic, 1998. 77 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MARTINOTTO, C.; PAIVA, R.; SOARES, F. P.; SANTOS, B. R.; NOGUEIRA, R. C. Cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.). Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras - **Boletim Técnico**, n. 78, p. 1-21, 2008.

MELO, E. A.; ARAÚJO, C. R. Mangas das variedades espada, rosa e Tommy Atkins: compostos bioativos e potencial antioxidante. **Seminário: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1451-1460, 2011.

MEZHERICHER, M.; LEVY, A.; BORDE, I. Spray drying modelling based on advanced droplet drying kinetics. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 49, p. 1205-1213, 2010.

MIYAZAWA, T. M. **Compostos voláteis da uvaia (*Eugenia pyriformis* cambess)**. 2009. 97 f. Dissertação de Mestrado (Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2009.

MOREIRA, R. T. **Análise de perdas de minerais em hortaliças submetidas a dois métodos de cocção**. 2006, 32 f. Monografia (Nutrição/Ciências da Saúde) - Centro Universitário São Francisco, Curitiba, 2006.

OLIVEIRA, A. L.; LOPES, R. B.; CABRAL, F. A.; EBERLIN, M. N. Volatile compounds from pitanga fruit (*Eugenia uniflora* L.). **Food Chemistry**, Barking, v. 99, p. 1-5, 2006.

OLIVEIRA, M. E. S.; PANTOJA, L.; DUARTE, W. F.; COLLELA, C. F.; VALARELLI, L. T.; SCHWAN, R. F.; DIAS, D. R. Fruit wine produced from cagaita (*Eugenia dysenterica*

DC) by both free and immobilised yeast cell fermentation. **Food Research International**, Essex, v. 44, p. 2391-2400, 2011.

PAGANINI, C.; NOGUEIRA, A.; DENARDI, F.; WOSIACKI, G. Análise da aptidão industrial de seis cultivares de maçãs, considerando suas avaliações físico-químicas (dados da safra 2001/2002). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1336-1343, 2004.

RICE, P. J.; COAST, J. R. Insecticidal properties of several monoterpenoides to house fly (Diptera: Muscidae), red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae), and southern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). **Journal of Economy Entomology**, College Park, v. 87, p. 1172-1179, 1994.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, Barking, v. 121, p. 996-1002, 2010.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, New York, v. 76, p. 270- 276. 1998.

SANTOS, M. A. T.; ABREU, C. M. P.; CARVALHO, V. D. Efeito de diferentes tempos de cozimento nos teores de minerais em folhas de brócolis, couve-flor e couve. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 597-604, 2003.

SANTOS, P. H. S. **Estudo da Cinética de degradação do Ácido Ascórbico na secagem se Abacaxi em Atmosfera Modificada**. 2008, 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

SCHERER, R.; RYBKA, A. C. P.; BALLUS, C. A.; MEINHART, A. D.; TEIXEIRA FILHO, J.; GODOY, H. T. Validation of a HPLC method for simultaneous determination of main organic acids in fruits and juices. **Food Chemistry**, Barking, v. 135, n.1, p. 150-154, 2012.

SILVA, M. R.; SANTOS JÚNIOR, R. T. O. S.; FERREIRA, C. C. C. Estabilidade da vitamina C em cagaita *in natura* e durante a estocagem da polpa e refresco. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, p. 53-58, 2008.

- SILVA, P. I.; STRINGHETA, P. C.; TEÓFILO, R. F.; OLIVEIRA, I. R. N. Parameter optimization for spray-drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extracts using simultaneous analysis of responses. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 117, p. 538-544, 2013.
- SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia**: da planta ao medicamento. 6 ed. Porto Alegre: Ed.UFRGS, Florianópolis: UFSC. 2007, 1102 p.
- TU, N. T.; ONISHI, Y.; CHOI, H. S.; KONDO, Y.; BASSORE, S. M.; UKEDA, H.; SAWAMURA, M. Y. Characteristic Odor Components of Citrus sphaerocarpa Tanaka (Kabosu) Cold-Pressed Peel Oil. **Journal Agriculture Food Chemistry**, Washington, v. 50, p. 2908-2913, 2002.
- VALLILO, M. I.; MORENO, P. R. H.; OLIVEIRA, E.; LAMARDO, L. C. A.; GARBELOTTI, M. L. Composição química dos frutos de *Campomanesia xanthocarpa* Berg Myrtaceae. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, p. 231-237, 2008.
- VENDRAMINI, A. L.; TRUGO, L. C. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.) at three stages of maturity. **Food Chemistry**, Barking, v. 71, p. 195-198, 2000.
- ZANATTA, C. F.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Food Chemistry**, Barking, v. 101, p. 1526-1532, 2007.
- ZHANG, D.; HAMAUZU, Y. Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. **Food Chemistry**, London, v. 88, n. 4, p. 503-509, 2004.

CAPÍTULO 3

EFEITO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO SOBRE OS COMPOSTOS BIOATIVOS DA POLPA DE CAGAITA SUBMETIDA À SECAGEM POR *SPRAY DRYER*. SANTOS, M. N. G. In: _____. Avaliação dos compostos bioativos de polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC) submetida ao congelamento e atomização. Capítulo 3, p. 80-106. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás, GO.

RESUMO

A técnica de atomização favorece a secagem de produtos sensíveis ao calor (alimentícios, biológicos e farmacêuticos), sem afetar, demasiadamente, sua qualidade, pois o líquido em compartimento recebe fluxo de ar quente, de modo que a rápida evaporação da água permite manter baixa a temperatura das partículas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do tempo de armazenamento (45 dias), sobre os compostos bioativos, em polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*), submetida ao processo de atomização (secagem por pulverização). Foram avaliados os teores de compostos fenólicos totais, flavonóides totais, taninos condensados, vitaminas C, β -caroteno, potencial antioxidante (pelos métodos ABTS e DPPH), teores de açúcares (frutose, glicose e sacarose) e compostos voláteis. Durante o período de armazenamento (45 dias) a 30 °C, observou-se alteração nos teores de compostos fenólicos totais, flavonóides totais e potencial antioxidante (por ABTS). Os teores de vitamina C (20,28 mg/100g), β -caroteno (83,06 μ g/100g), taninos condensados (71,09 mg/100g), potencial antioxidante pelo método DPPH (EC50 foi de 8,9 g/g DPPH), não alteraram durante o tempo de armazenamento. Na polpa de cagaita atomizada, a frutose apresentou 11,44% e glicose 4,87%, e não foi encontrado conteúdo de sacarose durante o tempo de armazenamento. Os compostos voláteis majoritários foram diferentes em cada tempo de armazenamento (0, 15, 30 e 45 dias), indicando que o tempo influenciou na perda e síntese desses voláteis. O processo de atomização pode ser considerado técnica de conservação dos compostos bioativos, podendo ser apresentado como meio viável de agregar-se valor ao produto, promovendo maior valorização e aproveitamento, de forma sustentável, incentivando a preservação do bioma Cerrado.

Palavras-chave: *Eugenia dysenterica* DC, temperatura, atomização.

EFFECT OF STORAGE TIME ON CAGAITA PULP BIOACTIVE COMPOUNDS SUBJECT TO THE DRYING TO SPRAY DRYER

ABSTRACT

The spray drying technique favors heat sensitive products (food, pharmaceutical and biological) without affecting too heavily its quality because the liquid chamber receives hot air flow, so that the rapid evaporation of water allows to maintain lower the temperature of the particles. This study aimed to evaluate the effect of storage time (45 days) on the bioactive compounds in cagaita pulp (*Eugenia dysenterica*), submitted to the atomization process (spray drying). The total concentration of total phenolics, total flavonoids, tannins, vitamins C, β -carotene, antioxidant potential (by ABTS and DPPH methods), sugars (fructose, glucose and sucrose) and volatile compounds. During the storage period (45 days) at 30 ° C was observed alteration in the levels of phenolic compounds, flavonoids and total antioxidant potential (for ABTS). The vitamin C content (20.28 mg / 100 g), β -carotene (83.06 g / 100g), tannins (71.09 mg / 100 g), by the DPPH antioxidant potential (EC50 method was 8.9 g / g DPPH) did not change during storage. Cagaita atomized in the pulp, fructose and glucose showed 11.44% 4.87% and was not found sucrose content during storage. The major volatile compounds were different in each storage time (0, 15, 30 and 45 days), indicating the time influenced the loss of these volatile and synthesis. The atomization process can be considered conservation technique of bioactive compounds, and can be presented as a viable means of adding value to the product, promoting greater appreciation and enjoyment in a sustainable manner, encouraging the preservation of the Cerrado biome.

Keywords: *Eugenia dysenterica* DC, temperature, atomization.

1 INTRODUÇÃO

A alta umidade da cagaita, juntamente com a fragilidade da sua casca, faz com que a cagaita seja altamente suscetível a deteriorações microbianas e enzimáticas, dificultando sua conservação. Faz-se necessário, então, estudos buscando avaliar os métodos de conservação e aproveitamento tecnológico desta fruta (CARDOSO et al., 2011).

Uma maneira de minimizar as perdas pós-colheita e agregar valor à matéria-prima é a verticalização da produção, onde técnicas adequadas de processamento são utilizadas para a obtenção de produtos com qualidade e valor comercial. A secagem é uma das técnicas de conservação de frutas (CORNEJO; NOGUEIRA; WILBERG, 2005).

Dentre os métodos de conservação, destaca-se a secagem por atomização (pulverização) que é um método de conservação, que resulta em produto com boa qualidade, baixa atividade de água e fácil transporte e armazenamento (TONON; BRABET; HUBINGER, 2008).

Ao serem submetidos à desidratação, alguns extratos de frutas apresentam pegajosidade, que repercute em aderência da amostra às paredes da câmara do *spray dryer*. Para minimizar esse problema, utiliza-se coadjuvantes constituídos, principalmente, por compostos poliméricos, à solução, no intuito de aumentar a quantidade de sólidos presentes na amostra a ser atomizada, de modo a formar partículas maiores, reduzindo o efeito pegajoso e, conseqüentemente, otimizando o rendimento do processo (CANO-CHAUCA et al., 2005).

Além de aumentar a vida útil do produto, a secagem por pulverização apresenta outras vantagens, quando comparados a outros processos de secagem, como a flexibilidade operacional e a aplicabilidade para materiais sensíveis ao calor (FILKOVÁ HUANG e MUJUMDAR, 2007).

Neste contexto, têm-se como objetivo, avaliar o efeito do tempo de armazenamento (45 dias), sobre os compostos bioativos, em polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*), submetida ao processo de atomização (secagem por pulverização).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos Frutos e da Polpa Congelada

Os frutos de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) foram coletados maduros pela manhã, de plantas cultivadas em área na pesquisa da Escola de Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, e transportados em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD) para o Laboratório de Vegetais, da mesma instituição, onde realizou-se o processo de seleção, descartando os frutos indesejáveis (com danos mecânicos), lavagem em água corrente e sanitização em solução de hipoclorito de sódio (200 mg.L^{-1}), por 20 minutos, em seguida os frutos foram direcionados para processamento de polpa congelada.

A polpa foi obtida por agitação mecânica dos frutos, em despolpadeira (Bonina, 025DFA8), sendo, logo em seguida, acondicionada em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD), com capacidade de 500 g.

Posteriormente, foi submetida ao congelamento rápido em ultra freezer a $-40 \text{ }^{\circ}\text{C}$, com a finalidade de preservar as características dos frutos. O armazenamento foi feito em freezer horizontal (Esmaltec, EFH500) à $-18 \text{ }^{\circ}\text{C}$, até o momento das análises físicas e químicas e o processo de atomização.

2.2 Obtenção da Polpa de Cagaita Atomizada

A elaboração do polpa atomizada de cagaita seguiu as seguintes etapas (Figura 7):



Figura 7. Etapas do processamento de polpa de cagaita atomizada.

Para o processo de atomização, 41 kg de polpas foram descongeladas, em geladeira (Eletrolux), por 7 dias. Após o descongelamento, a polpa foi peneirada, por duas vezes (Peneirão Vitória, M 18, 40 cm), com finalidade de diminuir viscosidade da polpa para facilitar na pulverização, obtendo-se 31,21 kg de polpa.

O acondicionamento 1 foi realizado em galões de plástico (Politereftalato de etileno - PET), com capacidade de 5 L, devidamente lavados e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio (200 mg.L^{-1}) por 20 minutos.

Em seguida, a polpa foi transportada, em caixas de isopor com gelo, para o Laboratório de Ensino de Química Farmacêutica, da Universidade de Brasília-DF, no qual foi dada sequência ao processo de atomização.

A polpa foi transferida para béquer, no qual foi adicionado o agente carreador (10% goma arábica) 24 horas antes do processo de atomização, sendo homogeneizado em agitador magnético.

A solução de polpa e goma arábica foi mantida em agitação, em béquer, durante o processo de atomização, com finalidade de mantê-la homogeneizada. A atomização foi realizada em atomizador *Spray-dryer* (LM_{MSD} 1.0, LABMAQ do Brasil Ltda, N° de série: LM_{MSD} 102010), com as seguintes condições: vazão de 8,5 mL/min, temperatura de entrada e saída de $175 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ e $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente.

O produto atomizado foi acondicionado (acondicionamento 2) em sacos de PEBD e em sacos poliéster com polietileno, ESP007z – Stand up – Prata, com zíper, de estrutura

metalizada e medidas: 230 mm (alt) x 185 mm (larg) x 90 mm (sanf), para posteriores análises físicas e químicas.

A polpa de cagaita atomizada foi transportada em caixa de isopor, para o Laboratório de Resíduos Agroindustriais, na Escola de Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, no qual foi armazenada por 45 dias à 30 °C em BOD (Tecnal, TE-4013), sendo realizadas as análises físicas e químicas a cada 15 dias de armazenamento.

2.3 Análises Físicas e Químicas

As análises físicas e químicas foram realizadas em triplicata, nos diferentes tempos de armazenamento (0, 15, 30 e 45 dias).

2.3.1 Vitamina C e β -Caroteno

A análise foi realizada no Laboratório de Análise de Alimentos, da Faculdade de Engenharia de Alimentos, da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas-SP.

Para a determinação de β -caroteno utilizou-se 1 g de cada amostra. As mesmas foram extraídas com 20 mL de acetona em ultrassom por 15 min. E mais 10 mL de acetona numa segunda extração. Os extratos depois de combinados foram secos em atmosfera inerte, resuspendidos na fase móvel e filtrados em membranas de 0,2 μ m (Millipore Corporation, France). O β -caroteno foi determinado utilizando-se um cromatógrafo a líquido de ultra alta eficiência (UPLC Acquity-Waters), com sistema binário de bombas, injetor automático (15 °C), forno de coluna (40 °C), detecção por arranjo de diodos (DAD) a 450 nm e coluna cromatográfica Hypersil Gold C18 (100 mm x 2,1 mm, 1,9 μ m) (Thermo). A fase móvel foi composta de água e acetonitrila (87/13) (v/v), com gradiente linear alterando a fase móvel para 100% de acetonitrila em 4,2 min, a uma vazão de 0,7 mL.min⁻¹.

O ácido ascórbico foi extraído de 1 g de cada amostra com água em ultrassom por 10 min. E depois filtrado em membranas de 0,45 μ m (Millipore Corporation, France). Para a vitamina C foi utilizado o método descrito por Scherer et al (2012). Foi utilizado um cromatógrafo a líquido da HP 1100 (Agilent, Germany) equipado com bomba quaternária, amostrador automático ajustado para 20 μ L de injeção, com coluna de RP-C18 column (3 μ m, 150 mm x 4.6 mm I.D.), operando a 25 °C e detector de arranjo de diodos (DAD) operando a

250 nm. A fase móvel foi composta por tampão fosfato ($0.01 \text{ mol L}^{-1} \text{ KH}_2\text{PO}_4$) com pH ajustado a 2,60 com ácido fosfórico, usando eluição isocrática, com vazão de 0.5 mL min^{-1} .

A identificação dos compostos foi feita pelo tempo de retenção comparado com padrões e pelos espectros de absorção fornecidos pelo DAD. A quantificação foi por padronização externa com as curvas analíticas construídas com no mínimo sete pontos em triplicata.

2.3.2 Determinação de Polifenóis Totais

A determinação de polifenóis totais foi realizada, de acordo com o método de Folin Ciocalteu, descrito por Roesler et al. (2007).

Utilizou-se 1 g de amostra e adicionou-se, 40 mL de metanol 50%, incubando-se durante 1 hora, ao abrigo de luz. Centrifugou-se a 8000 rpm, a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, por 50 minutos. Filtrou-se o primeiro sobrenadante e transferindo-se para balão com tampa. Adicionou-se, ao precipitado, 40 mL de acetona 70%, e incubou-se por 1 hora, ao abrigo de luz, sendo então centrifugado a 8000 rpm, à $20 \text{ }^\circ\text{C}$, por 50 minutos. Filtrou-se o segundo sobrenadante e juntou-se ao primeiro sobrenadante e aferiu-se o volume com água destilada (até 100 mL). Fez-se a leitura em espectrofotômetro (Thermo Fisher Scientific, Modelo Bio Mate 3) a 700 nm.

A equação da curva padrão de ácido gálico foi $y = 0,016 x + 0,000$, com $R^2 = 0,999$. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico (EAG) por 100 gramas de amostra.

2.3.3 Flavonóides Totais

A determinação do teor de flavonóides totais foi realizado, de acordo com Lees e Francis (1972).

Utilizou-se 1 g de amostra e adicionou-se 30 mL de solução álcool etílico e HCl 1,5 N (85:15) v/v. Após homogeneização por 1 minuto, a solução foi transferida para balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume com a mesma solução. Armazenou-se ao abrigo de luz, pelo período de 16 horas. Em seguida, a amostra foi filtrada e procedeu-se a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 374 nm. O aparelho foi calibrado com a solução álcool etílico e HCl 1,5 N (85:15) v/v. Os resultados foram expressos em miligramas por 100 gramas de amostra.

2.3.4 Taninos Condensados

O teor de taninos condensados foi realizado, por meio do método da vanilina, de acordo com o protocolo de Broadhurst e Jones (1978).

Utilizou-se 1 g de amostra, adicionou-se 10 mL de acetona 70%, agitando-se por 3 minutos e colocando-se em repouso por 60 minutos, sendo agitada novamente por 3 minutos. Em seguida, repousou-se por mais 60 minutos, agitando-se novamente por mais 3 minutos, centrifugando-se a 4000 rpm durante 5 minutos. Recolheu-se o sobrenadante em balão, adicionou-se mais 10 mL de acetona 70% no resíduo. Agitou-se por 3 minutos e centrifugou-se a 4000 rpm, durante 5 minutos. Em seguida, evaporou-se a acetona em evaporador rotativo à vácuo por 15 minutos, transferiu-se o resíduo para balão volumétrico de 25 mL, completando-se o volume com 20 mL de metanol PA.

Adicionou-se 5 mL de vanilina reagente (4g de vanilina, 56 mL de HCl Merck, 83 mL de metanol) em cada tubo. Pré aqueceu-se os reagentes a 30 °C por 30 minutos, adicionou-se 1 mL de extrato, e agitou-se. Nos tubos de branco da vanilina, adicionou-se 1 mL de metanol 72%. Manteve-se todos os tubos em reação à 30 °C por 20 minutos, e fez-se a leitura em espectrofotômetro (Thermo Fisher Scientific, Modelo Bio Mate 3), com comprimento de onda de 510 nm, sendo o aparelho calibrado com metanol 72 %.

A equação da curva padrão de catequina foi $y = 0,0016 x + 0,0051$, com $R^2 = 0,991$. Os resultados foram expressos em miligramas de catequina equivalente por 100 gramas de amostra.

2.3.5 Atividade Antioxidante

Método DPPH

O método DPPH seguiu o protocolo de Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), com modificações segundo Sánchez-Moreno, Larrauri e Saura-Calixto (1998).

Utilizou-se 1 g de amostra, adicionou-se 40 mL de metanol 50% e 40 mL de acetona 70% e completou-se o volume para 100 mL com água destilada.

A leitura foi realizada, utilizando-se alíquotas de 100 µL do extrato, em quatro concentrações diferentes e adicionado 3,9 mL da solução metanólica de DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) 6 µM.

As leituras das absorbâncias foram realizadas após incubação por 30 min no escuro, em temperatura ambiente, em espectrofotômetro (Thermo Fisher Scientific, Modelo Bio Mate 3) a 515 nm. O álcool metílico foi usado como branco, para calibrar o espectrofotômetro.

A curva de calibração utilizada para expressar os resultados foi $y = 0,010x + 0,009$ com $R^2 = 0,998$, e os resultados expressos em EC_{50} g de amostra/g DPPH.

Métodos ABTS

O método ABTS seguiu-se o protocolo de Kuskoski et al. (2005).

Utilizou-se 1 g de amostra, adicionou-se 40 mL de metanol 50% e homogeneizou-se, deixando em repouso à temperatura ambiente por 60 minutos, no escuro. Centrifugou-se à 15.000 rpm, durante 15 minutos, e filtrou-se o sobrenadante para balão volumétrico (100 mL).

Adicionou-se, ao resíduo, 40 mL de acetona 70%, homogeneizou-se, deixando em repouso por 60 minutos, à temperatura ambiente, no escuro. Centrifugou-se, novamente, a 15.000 rpm durante 15 minutos e filtrou-se o sobrenadante para o mesmo balão volumétrico e completou-se o volume para 100 mL, com água destilada.

Utilizou-se alíquota de 30 μ L, de cada diluição do extrato, para tubos de ensaio com 3 mL do radical ABTS^{•+} e homogeneizou-se. Realizou-se a leitura à 734 nm, após 6 minutos e utilizou-se álcool etílico para calibrar o espectrofotômetro.

A curva de calibração utilizada para expressar os resultados foi $y = 0,010x + 0,009$ com $R^2 = 0,998$, e os resultados foram expressos em μ mol de Trolox/g de amostra.

2.3.6 Teores de Açúcares

Preparação dos extratos para a extração de açúcares

Adicionou-se 500 μ L de etanol 80% em 150 mg de amostra, previamente pesadas em *eppendorfes* de 2 mL. As misturas foram agitadas em vortex e incubadas em banho maria à 80 °C por 20 minutos. Depois, foram agitadas, em vortex, novamente e centrifugadas à 13000 rpm por 10 minutos, em centrífuga modelo Centrifuge 5415 R (Eppendorf, Hamburgo, Alemanha). O sobrenadante foi coletado e os procedimentos anteriores foram repetidos por mais três vezes. Ao final, fez-se quatro incubações, totalizando 2 mL de extrato, que foi seco em concentrador à vácuo Concentrator Plus (Eppendorf, Hamburgo, Alemanha), ressuspendido em 1 mL de água mili-Q, para as análises de açúcares solúveis totais e identificação e quantificação de açúcares, por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE-RID).

Teor de açúcares: identificação e quantificação de açúcares por CLAE-RID

O teor de açúcares presentes nas amostras, foi realizado por CLAE, segundo Macrae (1998), utilizando o equipamento HPLC Shimadzu (Shimadzu Cooperation Analytical &

Measuring Instruments Division Kyoto, Japan), composto de detector de índice de refração (Modelo RID-10A), bomba (Modelo LC-20AD), injetor automático (Modelo SIL-20A HT), forno (Modelo CTO-20A) e software LC Solution (Shimadzu). Os açúcares foram separados em coluna Shimadzu, CLC NH₂ (M), 15 cm x 6,0 mm, com grupos amina ligados quimicamente à sílica, e pré-coluna Shimadzu CLC-ODS. O método para a corrida das amostras, caracterizou-se por conter acetonitrila 75% como fase móvel, com fluxo de 1,3 mL/min, volume de injeção de 30 µL à temperatura de 40 °C, em uma corrida de 20 minutos. A identificação foi realizada, por meio dos índices de refração fornecidos pelo detector RID em comparação com padrões (teores de açúcar).

Os resultados foram expressos em % de açúcar em base úmida. Frutose, glicose e sacarose foram os açúcares utilizados como padrões, para a determinação dos teores de açúcares, e suas curvas padrões foram construídas, a partir de solução Mix de açúcares, com diluições que variaram entre 2000 e 30000 mg/L, a fim de abranger as inúmeras concentrações dos açúcares presentes nas amostras.

2.3.7 Compostos Voláteis

A extração dos compostos voláteis foram extraídos, por meio da técnica de microextração em fase sólida (SPME). Um grama de cada amostra (polpa de cagaita atomizada, armazenada por 0, 15, 30 e 45 dias) foi transferido para viel (próprio para retenção de volátil) de 10 mL e foram levados para agitação e aquecimento a 70 °C por 15 minutos. Foi usada fibra de carboxem/polidimetilsiloxano (CAR/PDMS) 75µm para a partição dos compostos voláteis presentes na amostra. A fibra foi acondicionada a temperatura de 300 °C por 1 hora antes da utilização. Entre os analitos, o tempo de acondicionamento foi de 25 minutos. A fibra foi exposta ao headspace do frasco de vidro (10 mL), contendo 1 grama da amostra. Após 15 minutos de exposição à fibra sob 70 °C, a seringa foi automaticamente levada ao injetor do CG-MS, no qual os compostos voláteis foram dessorvidos, a 250 °C, em splitless por 2 minutos.

A identificação dos compostos voláteis foi realizada na Central de Análises e Prospecção Química, do Departamento de Química, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG. Utilizou-se aparelho Shimadzu CG-17A, com detector seletivo de massas modelo QP5050A, sob as seguintes condições operacionais: coluna capilar de sílica fundida de 30 m x 0,25 mm e 0,25 µm de espessura, tendo como fase estacionária 5% de difenil e 95% de polidimetilsiloxano (DB5); temperatura do injetor de 220 °C; programação da coluna com temperatura inicial de 40 °C, sendo acrescidos 3 °C a cada minuto até atingir

270 °C; gás de arraste hélio, com 1,0 mL/min na coluna; Split 5,0 com pressão inicial na coluna de 49,3 KPa.

As condições da EM foram: detector seletivo de massas, operando por impacto eletrônico e energia de impacto de 70 eV; velocidade de varredura 1000 m/z s⁻¹; intervalo de varredura de 0,5 fragmentos/segundos e fragmentos detectados de 29 Da e 600 Da. Os compostos foram identificados, utilizando as bibliotecas WILLEY 8.

2.3.8 Atividade de água

A atividade de água foi determinada, utilizando-se aparelho Aqualab (marca Aqualab, modelo: Dew Point), à temperatura de 25 °C.

2.3.9 Teor de Umidade

O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem em estufa à 105 °C, até peso constante, como proposto pela AOAC (2010).

2.3.10 Higroscopicidade

A higroscopicidade foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Cai e Corke (2000). Cerca de 1g de cada amostra, foi colocado em um recipiente hermético, contendo uma solução saturada de cloreto de sódio (NaCl) à 25 °C. Após uma semana, as amostras foram pesadas e a higroscopicidade foi expressa em grama de umidade adsorvida, por 100 g de massa seca da amostra (g/100g).

2.3.11 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As amostras foram fixadas em porta espécimes metálicas (stubs), com uma fita de carbono adesiva de dupla face condutora convencional. Em seguida, foram recobertas com uma liga de carbono, em equipamento (Denton Vacuum, Desk V) equipado com acessório de carbono. A morfologia das amostras foi observada em microscópio eletrônico de varredura (JEOL, modelo JSM 6610) no Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução no Instituto de Física, Universidade Federal de Goiás, em aumento de 1000x.

2.4 Análise Estatística

Os experimentos foram conduzidos em fatorial simples 4x3, Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com 4 tempos de armazenamento da polpa atomizada (0, 15, 30 e 45 dias), em três repetições. Os resultados foram avaliados pelo programa estatístico R, através de análise de regressão. Verificando-se o coeficiente de determinação (R^2) ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis vitamina C (20,28 mg/100g), β -caroteno (83,06 mg/100g), taninos condensados (71,09 mg/100g), potencial antioxidante pelo método DPPH (8,9 g/g DPPH), teor de açúcares (glicose (4,87%); frutose (11,44%); sacarose (nd)), atividade de água (0,239), umidade (6,18) e higroscopicidade (22,13 g/100g), não foram influenciadas pelo tempo de armazenamento (45 dias), cujas médias podem ser visualizadas na Tabela 4.

Tabela 4. Média dos teores de vitamina C, β -caroteno, taninos condensados, potencial antioxidante por DPPH, teor de açúcares (glicose, frutose, sacarose), atividade de água, umidade e higroscopicidade, da polpa de cagaita atomizada armazenada à temperatura de 30 °C por 45 dias.

Propriedade	Polpa de Cagaita Atomizada
Vitamina C (mg/100g)	20,28±0,51
β -caroteno (μ g/100g)	83,06±2,57
Taninos Condensados (mg/100g)	71,09±5,18
Antioxidante (EC50 (g/g DPPH)	8,9±0,31
Frutose (%)	11,44±0,95
Glicose (%)	4,87±0,49
Sacarose (%)	nd
Atividade de água	0,239±0,01
Umidade (%)	6,18±0,28
Higroscopicidade (g/100g)	22,13±0,59

% = g/100g; nd = não detectado; Os resultados foram apresentados em base úmida.

Embora os valores de vitamina C na polpa atomizada, tenha sido 20,28 mg/100g, este manteve-se estável durante o armazenamento. Tal fato pode ser explicado pelo uso da goma arábica no processo de atomização. Segundo Todisco (2012), os agentes carreadores formam uma película protetora sobre as moléculas de vitamina C, evitando à degradação pelo oxigênio, luz e enzimas. A manutenção da vitamina C torna, altamente relevante, a importância do processo de secagem por *spray dryer*, que viabiliza o armazenamento e permite agregar valor à cagaita, favorecendo o consumo do produto submetido a este processo.

Valor superior de vitamina C foi observado por Osório, Forero e Carriazo (2011), para goiaba microencapsulada (temperatura de entrada de 200±2 °C e temperatura de saída de

100±4 °C) com maltodextrina (39,8 mg/100g); já para a goiaba microencapsulada na mesma temperatura de entrada e saída, com goma arábica/maltodextrina (1:5), obtiveram valor semelhante ao encontrado neste trabalho (20,0 mg/100g). Pode-se dizer, que o uso de agentes carreadores diferentes, pode interferir no resultado de vitamina C do produto.

A manutenção do teor de β -caroteno (83,06 mg/100g base úmida; (88,53 μ g/100g base seca) por 45 dias de armazenamento, da polpa de cagaita atomizada, é fator positivo, uma vez que as frutas são fontes indiretas de vitamina A, por conter carotenóides pró-vitamina A (α , β e γ -caroteno), os quais são convertidos em vitamina A no organismo humano (SACKHEIM; LEHMAN, 2001). Teor superior de β -caroteno foi observado para goiaba vermelha liofilizada e para a submetida à secagem por ar quente (70 °C), com valores (em base seca) de 499,4 e 144 μ g/100g, respectivamente, segundo Nora et al. (2014). Pode-se dizer que a diferença de β -caroteno da cagaita atomizada em relação aos pós de goiaba (liofilizada e seca por ar quente a 70 °C), pode estar relacionada com as técnicas de desidratação diferentes, com uso de temperaturas diferentes.

Em relação aos taninos condensados, durante 45 dias o teor foi de 71,09 mg/100g, o que demonstra que os meios de estocagem (tempo, temperatura, embalagem) foram adequados para conservação desse composto, valorizando o produto. Pois, estes conferem alto valor nutritivo e boas propriedades terapêuticas, com efeitos benéficos ao organismo humano, como a ação antioxidante, o que, certamente, contribui para contínua melhoria da saúde humana, como o retardo do envelhecimento e a prevenção de certas doenças (ROESLER et al., 2007; WACH; PYRZYNSKA; BIESAGA, 2007).

O potencial antioxidante, da polpa de cagaita atomizada, pelo método DPPH, foi de EC₅₀ 9,49 g/g de DPPH (base seca), permanecendo por 45 dias de armazenamento, o que pode ter sido influenciado pelos teores de β -caroteno e taninos condensados, os quais apresentam propriedades antioxidantes (GERMAN; DILLARD, 1998; ROESLER et al., 2007). Resultados inferiores de potencial antioxidante foram encontrados para goiaba vermelha liofilizada, e para submetida à secagem por ar quente (70 °C), com valores (em base seca) de EC₅₀ 548,4 e 604,8 g/g de DPPH, respectivamente, segundo Nora et al., (2014).

As espécies reativas de oxigênio (ERO) são substâncias oxidantes que causam muitos distúrbios celulares ao reagirem com lipídios, proteínas, carboidratos e ácidos nucleicos. Tais espécies estão envolvidas em processos como envelhecimento e inflamação crônica, inclusive aterosclerose, prevenindo ou retardando a oxidação de moléculas. Ao inibirem a reação de oxidação, os antioxidante previnem ou retardam, também, danos ocasionados às células pelas

ERO (CHANWITHEESUK; TEERAWUTGULRAG; RAKARIYATHAM, 2005; LIMA et al., 2006; PACHECO; SCUSSEL, 2007; WU et al., 2005).

Entre os açúcares presentes na polpa de cagaita atomizada, armazenada por 45 dias (30° C), a frutose apresentou 11,44% e glicose 4,87%, e não foi encontrado teor de sacarose, supondo que possa ter ocorrido inversão durante o processamento de preparo (descongelamento) para a secagem. A reação de inversão, basicamente, é a hidrólise do dissacarídeo sacarose, que produz mistura dos monossacarídeos glicose e frutose. A velocidade desta reação é afetada, principalmente, pela temperatura, pH e tempo de resistência da solução no processo e, em menor grau, por outros parâmetros, tais como: concentração da sacarose, concentração de ácido não dissociado, presença de sais e não eletrólitos (LEININGER; KILPATRICK, 1938).

Agudelo-Laverde, Schebor e Buera (2014), ao estudarem o teor de açúcares por HPLC de maçã (17,1% de glicose, 33,3% de frutose e 25,8% de sacarose), melão (36,5% de glicose, 19,1% de frutose e 23,4% de sacarose) e pêra (18,3% de glicose, 57,5% de frutose e 10,9% de sacarose), submetidas ao processo de liofilização, obtiveram valores superiores à polpa de cagaita atomizada, podendo estar relacionado com o método de conservação diferente.

Os altos teores de açúcares, nas polpa de frutas, geralmente resulta em pós com alta higroscopicidade e pegajosidade, o que gera problemas no decorrer da secagem, como a adesão dos pós à câmara do secador (BHANDARI; DATA; HOWES, 1997). Portanto, é importante o uso de agente carreador, como a goma arábica, que facilitam a pulverização.

A higroscopicidade está relacionada, diretamente, com a capacidade dos pós em absorverem umidade do ambiente. Uma elevada higroscopicidade pode implicar na exigência de cuidados especiais com embalagens, conservação e manutenção da estabilidade do produto final (CANO-CHAUCA et al., 2005). A higroscopicidade da polpa de cagaita atomizada (22,13%), armazenada por 45 dias (30 °C), não apresentou alteração, portanto, pode-se dizer que a embalagem utilizada favoreceu a preservação do produto, impedindo a absorção de água.

Outro fator que interfere na qualidade do pó é a atividade de água. Segundo Quek, Chok e Swedlund, (2007), o alimento pode ser considerado, microbiologicamente estável, se a atividade de água é menos do que 0,6. Levando-se em conta tal parâmetro, a polpa de cagaita atomizada ($A_a = 0,239$) pode ser considerada isenta de micro-organismos, além de apresentar baixa umidade (6,18%), fator importante para a conservação do produto, com aumento da sua vida útil.

Durante o tempo de armazenamento (45 dias) foi observado o incremento nos teores de compostos fenólicos totais, flavonóides totais, refletindo em maior teor de potencial antioxidante por ABTS (Figura 8 A, B e C).

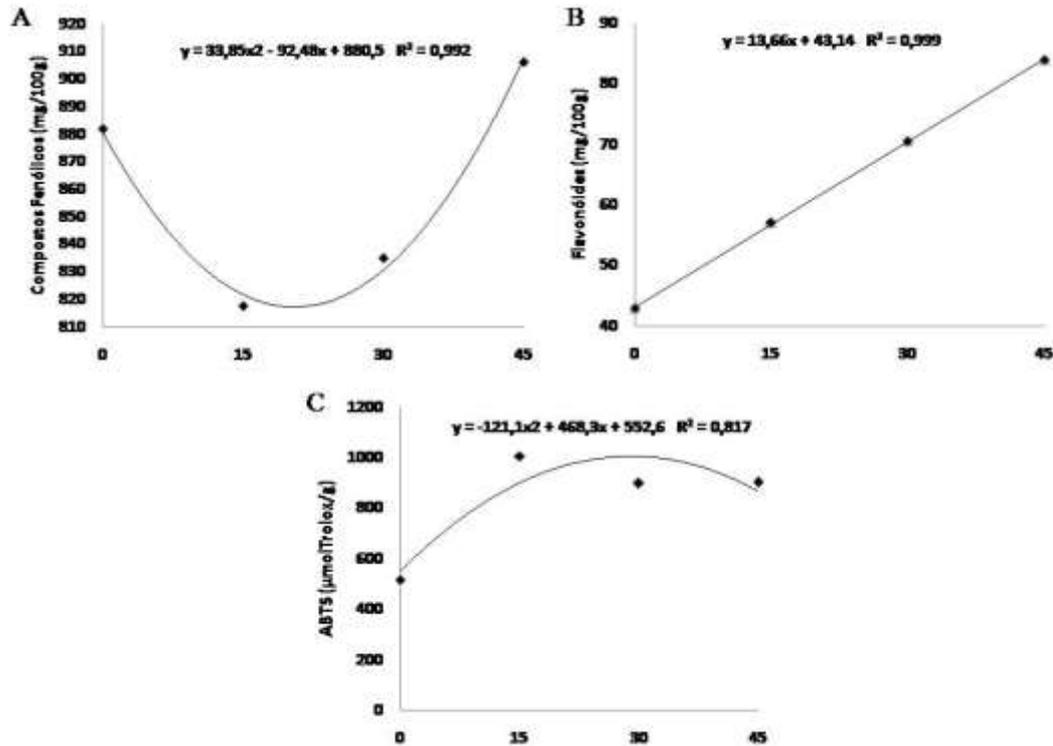


Figura 8. Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação do teor de polifenóis totais (A), flavonóides totais (B) e potencial antioxidante pelo método ABTS (C), presentes na polpa de cagaita atomizada, armazenada a 30 °C, durante 45 dias.

Durante o período de estocagem da polpa de cagaita atomizada, observou-se que houve queda entre 15 a 30 dias, do teor de compostos fenólicos total, depois desse período, nota-se uma ascensão dos mesmos.

Os compostos fenólicos são substâncias que possuem um anel aromático, com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. Estão amplamente distribuídos no reino vegetal, englobando desde moléculas simples, até outras com alto grau de polimerização (SOARES et al., 2008), e podem ser divididos em dois grupos: os flavonóides e os não flavonóides, sendo que ambos são metabólitos secundários, presentes em frutas e vegetais (MELO; GUERRA, 2002). A queda de polifenóis entre 15 e 30 dias, pode ser justificada pela presença de compostos não-flavonóides.

O teor de compostos fenólicos totais variou de 881,95 à 906,33 mg/100g, durante os 45 dias de estocagem, para a polpa de cagaita atomizada. Resultados inferiores foram encontrados para polpa de cactus (*Opuntia ficus*) atomizada (maltodextrina) à 140 °C e armazenada por 44 dias a 60 °C, no qual houve redução dos compostos fenólicos do produto, de 228 mg/100g para 201 mg/100g, segundo Saéñz et al. (2009) e também, para polpas de caju amarelo (*Anacardium occidentale L.*) atomizadas com goma arábica 15% e 25% à 140 °C, e armazenada em embalagem plástica opaca submetida a selagem simples, por 49 dias a temperatura ambiente, nos quais houveram redução dos compostos fenólicos, de 424,00 mg/100g para 273 mg/100g e 526,22 mg/100g para 323,56 mg/100g, respectivamente, de acordo com Moraes, (2014).

O teor de flavonóides totais apresentou aumento com o tempo de armazenamento (45 dias), podendo-se supor que o tipo de embalagem e a temperatura de estocagem (30 °C), favoreceram essa ascensão. Já que a função dos flavonóides é eminentemente protetora, sendo muito importantes na proteção contra a ação dos raios solares e contra a radiação solar, bem como na captação de radicais livres e na proteção de membranas celulares, e como reguladores da permeabilidade celular, impedindo a fragilidade capilar e, ainda, como anti-inflamatórios (FETT, 2000).

Estudos de Todisco (2012) com siriguela atomizada (10% de maltodextrina), em relação aos flavonóides, apresentaram oscilações evidentes dos valores nos diferentes tempos de estocagem e nas duas embalagens estudadas, plástica (Pet-Politereftalato de Etileno + polipropileno/ Pet + filme de polietileno) e laminada (Alumínio / Pet + ADES + Alumínio + ADES + Filme de polietileno), sendo que, em ambas as embalagens, o maior valor de flavonóides, foi no tempo de 75 dias: 20,80 mg/100g e 21,04 mg/100g, respectivamente, diminuindo nos tempos seguintes, resultados estes inferiores ao encontrado na polpa de cagaita atomizada. Já para aronia atomizada, (5220 mg/100g), apresentou-se resultado superior de flavonóides totais, à polpa de cagaita atomizada, segundo Horszwald, Julien e Andlauer (2013).

Um aumento da atividade antioxidante por ABTS, foi verificado nos primeiros 15 dias, após esse período, a atividade antioxidante manteve-se, praticamente, constante, o que pode ter sido influenciado pelo teor de flavonóides totais e compostos fenólicos. totais.

Pagani (2010) avaliou a acerola atomizada (20% de maltodextrina), obtendo atividade antioxidante inicial de 199,3 $\mu\text{mol Trolox/g}$ e, ao final de 90 dias, de 147,3 $\mu\text{mol Trolox/g}$, utilizando o método ABTS. Comportamento diferente do apresentado neste trabalho, no qual

a cagaita atomizada apresentou potencial antioxidante inicial de 517,04 $\mu\text{mol Trolox/g}$ e aos 45 dias de armazenamento, foi de 902,53 $\mu\text{mol Trolox/g}$.

Souza (2012) em estudos sobre o potencial antioxidante em camu-camu atomizado com amido+maltodextrina obteve valor de 283,3 à 283,6 $\mu\text{mol Trolox/g}$, em camu-camu atomizado com amido, foi de 273,8 à 286,0 $\mu\text{mol Trolox/g}$ e camu-camu atomizado com maltodextrina, foi de 289,6 à 283,9 $\mu\text{mol Trolox/g}$, ao final de 30 dias de armazenamento, resultados inferiores ao encontrado na polpa de cagaita atomizada. Os resultados indicam que, a atividade antioxidante dos produtos, depende do teor de compostos bioativos presentes, do método de conservação, tempo de armazenamento, origem da matéria-prima, entre outros fatores. Kaur e Kapoor (2001) afirmam que compostos antioxidantes de ocorrência natural podem ser, significativamente, perdidos como consequência do processamento e armazenamento.

Diversas funções biológicas da planta são atribuídas aos compostos voláteis, tais como a atração de polinizadores, a defesa contra o ataque de predadores, a proteção contra perda de água e aumento de temperatura e a inibição de germinação (FABROWSKI, 2002). Os voláteis naturais incluem substâncias químicas diversas tais como ésteres, lactonas, álcoois, aldeídos, cetonas, hidrocarbonetos e alguns fenóis, éteres e compostos heterocíclicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Na caracterização dos compostos voláteis, da polpa de cagaita atomizada, detectou-se que todos os compostos majoritários, identificados, pertenciam à classe dos hidrocarbonetos (monoterpenos; sesquiterpenos e aqueles que apresentaram 11, 12 e 13 carbonos), conforme Tabela 5.

Tabela 5. Compostos voláteis presentes na polpa de cagaita armazenada por 45 dias (30°C).

Polpa de Cagaita Atomizada - Tempo 0 dias			
TR	IR	% ÁREA	NOME DO COMPOSTO
12,929	1119	9,75	Heptano, 2,2,3,4,6,6-hexametil
12,649	1080	9,65	5-etil-2,2,3-trimetil heptano
12,929	1167	9,59	Undecano, 3,6-dimetil heptano
12,129	1077	9,39	2,7-dimetil-3-etil-Octano
11,805	1162	6,93	Heptano, 4-etil-2,2,6,6-tetrametil
13,238	1168	3,94	Undecano-2,8-dimetil
13,299	1083	3,43	Nonano, 2,2,3-trimetil
12,009	1076	3,4	Heptano, 2,2,4,6,6-pentametil
13,546	1084	2,69	Decano, 3,4-dimetil
10,094	982	2,36	Octano, 2,2,6-trimetil
12,708	922	1,9	Octano, 2,6-dimetil

Polpa de Cagaita Atomizada - Tempo 15 dias			
TR	IR	% ÁREA	NOME DO COMPOSTO
12,638	922	7,62	Octano, 2,6-dimetil
12,119	1077	6,61	2,7-dimetil-3-etil-Octano
11,796	1162	4,97	Heptano, 4-etil-2,2,6,6-tetrametil
13,228	1168	3,59	Undecano-2,8-dimetil
13,288	1083	3,15	Nonano, 2,2,3-trimetil
12	1076	2,96	Heptano, 2,2,4,6,6-pentametil
13,538	928	2,64	Nonano-3-metil
12,193	919	2,11	Octano, 4-etil
13,851	1086	1,62	2,3,6,7-tetrametil Octano
21,716	1382	1,37	β -cariofileno
10,086	982	1,28	Octano, 2,2,6-trimetil
Polpa de Cagaita Atomizada - Tempo 30 dias			
TR	IR	% ÁREA	NOME DO COMPOSTO
12,918	1167	6,67	Undecano, 3,6-dimetil heptano
12,637	1080	6,08	5-etil-2,2,3-trimetil heptano
12,117	1077	5,92	2,7-dimetil-3-etil-Octano
11,793	1162	3,91	Heptano, 4-etil-2,2,6,6-tetrametil
11,995	1076	2,79	Heptano, 2,2,4,6,6-pentametil
13,225	1168	2,73	Undecano-2,8-dimetil
12,001	994	2,38	Octano, 2,5,6-trimetil
13,287	1083	2,31	Nonano, 2,2,3-trimetil
12,191	1164	1,58	Undecano, 2,6-dimetil
13,854	1086	1,47	2,3,6,7-tetrametil Octano
12,196	919	1,45	Octano, 4-etil
12,696	922	1,24	Octano, 2,6-dimetil
Polpa de Cagaita Atomizada - Tempo 45 dias			
TR	IR	% ÁREA	NOME DO COMPOSTO
9,404	978	5,2	Octano, 2,2,6-trimetil
12,64	922	3,77	Octano, 2,6-dimetil
12,12	1077	3,35	2,7-dimetil-3-etil-Octano
11,797	1162	2,44	Heptano, 4-etil-2,2,6,6-tetrametil
12	994	1,95	Octano, 2,5,6-trimetil
13,228	1168	1,78	Undecano-2,8-dimetil
13,29	1083	1,61	Nonano, 2,2,3-trimetil
12,193	919	1,04	Octano, 4-etil

Dentre os hidrocarbonetos identificados, estão os monoterpenos; sesquiterpenos e aqueles que apresentaram 11, 12 e 13 carbonos.

Como pode-se observar, os compostos voláteis majoritários foram diferentes em cada tempo de armazenamento (0, 15, 30 e 45 dias), indicando que o tempo influenciou na perda e síntese desses voláteis.

Os monoterpenos encontrados foram: Octano, 2,6-dimetil; Octano, 2,2,6-trimetil; Nonano-3-metil; Octano, 4-etil. O sesquiterpeno foi: β -cariofileno. O hidrocarboneto de 11 carbonos foi: Octano, 2,2,6-trimetil. Já com 12 carbonos foram: 5-etil-2,2,3-trimetil heptano; 2,7-dimetil-3-etil-Octano; Nonano, 2,2,3-trimetil; Heptano, 2,2,4,6,6-pentametil; Decano, 3,4-dimetil; 2,3,6,7-tetrametil Octano; Com 13 carbonos foram: Heptano, 2,2,3,4,6,6-hexametil; Undecano, 3,6-dimetil heptano; Heptano, 4-etil-2,2,6,6-tetrametil; Undecano-2,8-dimetil;.

Os terpenóides, juntamente com os metabólitos aromáticos secundários, são os principais compostos responsáveis pelas atividades medicinais, culinárias e aromáticas das plantas (DORMAN, 1999) Dentre os terpenóides tem-se: os monoterpenos (10 carbonos), sesquiterpenos (15 carbonos) e diterpenos (20 carbonos) (TEBALDI, 2008).

Com as observações feitas no microscópio eletrônico verificou-se a formação das micropartículas por meio da goma arábica, da polpa de cagaita atomizada, armazenada durante 45 dias, conforme apresentado na Figura 9 (A, B, C e D).

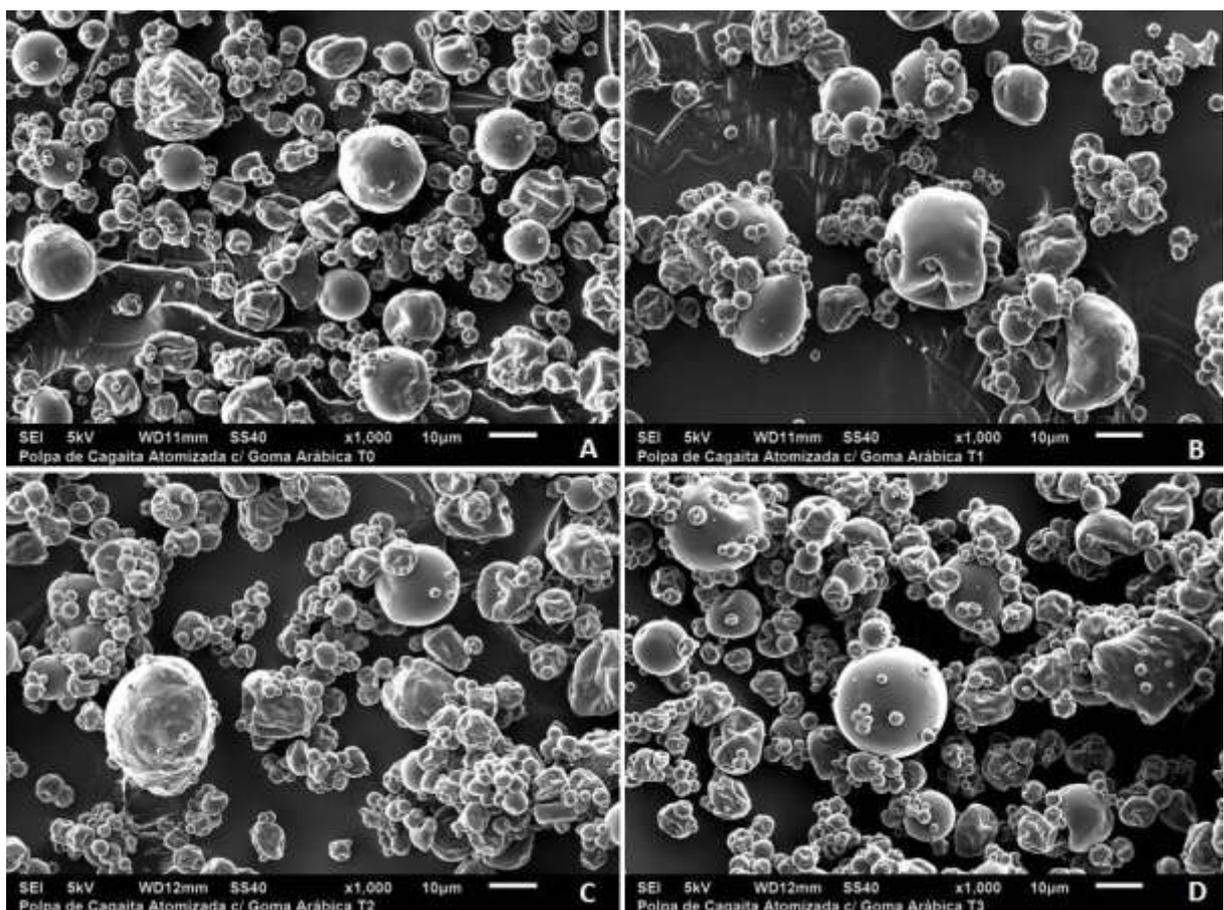


Figura 9. Morfologia das micropartículas da polpa de cagaita submetida ao processo de secagem por *spray dryer*, armazenadas por 45 dias (30 °C). (A): T0=0 dias; (B): T1=15 dias; (C): T2=30 dias; e (D): T3=45 dias.

Em todo o tempo de armazenamento (45 dias), observou-se micropartículas com características esperadas para o pó submetido à secagem com goma arábica (agente carreador). As partículas foram de tamanhos variados (T0: 1,12-20,82 μm ; T1: 1,71-26,13 μm ; T2: 1,36-30,52 μm ; T3: 1,02-24,67 μm) estruturas irregulares, presença de concavidades ou achatamentos na superfície. Tais características já foram constatadas, anteriormente, por Moraes (2014), para cajú amarelo atomizado.

A utilização de agentes carreadores pode melhorar o manuseio do produto final obtido, conferindo maior proteção contra a adsorção de umidade do ambiente e tornando-o menos higroscópico (TONON; BRABET; HUBINGE, 2009). A higroscopicidade da polpa atomizada apresentou estabilidade durante o tempo de armazenamento, o que pode ter sido influenciado nas características das micropartículas, que foram mantidas durante estocagem.

4 CONCLUSÃO

Durante o tempo de armazenamento (45 dias) à 30 °C observou-se a manutenção e aumento dos compostos bioativos presentes na polpa de cagaita atomizada, indicando que a atomização pode ser uma técnica para conservação da fruta.

Vale ressaltar que os resultados positivos foram apresentados para armazenamento à 30 °C, procedimento que minimiza os custos adicionais com refrigeração e congelamento, dispensando cuidados especiais relativos à cadeia do frio, durante o transporte do produto.

REFERÊNCIAS

AGUDELO-LAVERDE, L. M.; SCHEBOR, C.; BUERA, M. P. Proton mobility for the description of dynamic aspects of freeze-dried fruits. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 125, p. 44-50, 2014.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 18th ed. rev. HORWITZ, W. (ed.). Washington: AOAC, 2010.

BHANDARI, B. R.; DATTA, N.; HOWES, T. Problems Associates with Spray Drying of Sugar-Rich Foods. **Drying Technology**, New York, v. 15, n. 2. p. 671-684, 1997.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, Oxford, v. 28, p. 5-30, 1995.

BROADHURST, R. B.; JONES, W. T. Analysis of condensed tannins using acidified vanillin. **Journal of Science of Food and Agriculture**, London, v. 29, p. 788-794, 1978.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried Amaranthus Betacyanin Pigments. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect the carriers on the microestructure of mango powder spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Oxford, v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005.

CARDOSO, L. M.; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B.; RIBEIRO, S. M. R.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: Physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. **Food Research International**, Essex, v. 44, p. 2151-2154, 2011.

CHANWITHEESUK, A.; TEERAWUTGULRAG, A.; RAKARIYATHAM, N. Screening of antioxidant activity and antioxidant compounds of some edible plants of Thailand. **Food Chemistry**, Barking, v. 92, p. 491-497, 2005.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CORNEJO, F. E. P.; NOGUEIRA, R. I.; WILBERG, V. C. **Manual para processamento de pimentas (*Capsicum spp*) desidratadas**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2005. 18 p.; 21cm - (Embrapa Agroindústria de Alimentos. Documentos, ISSN 0103-6068; 63).

DORMAN, H. J. D. **Phytochemistry and bioactive properties of pant volatile oils: antibacterial, antifungal and antioxidant activities**. Thesis (Doctor PHD), University of Strathclyde, Glasgow. 1999.

FABROWSKI, F. J. ***Eucaliptus smithii* R. T. Baker (Myrtaceae) como espécie produtora de óleo essencial no Sul do Brasil**. 2002. 225 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

FETT, C. **Ciência da suplementação alimentar**. Rio de Janeiro: Sprint, 2000. 390 p.

FILKOVÁ, I.; HUANG, L. X.; MUJUMDAR, A. S. **Industrial spray drying systems**. In: Mujumdar AS (org). Handbook of industrial drying. London: CRC Press, p. 215-256, 2007.

GERMAN, J. B.; DILLARD, C. J. Phytochemicals and Targets of Chronic Disease. In: BIDLACK, W. R.; OMAJE, S. T; MESKIN, M. S.; JAHNER, D. **Phytochemicals - a new paradigm**. Pennsylvania: Technomic Publishing Company Inc, v. 1, p. 13-32, 1998.

HORSZWALD, A.; JULIEN, H.; ANDLAUER, W. Characterisation of Aronia powders obtained by different drying processes. **Food Chemistry**, Barking, v. 141, p. 2858-2863, 2013.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Anti-oxidant activity and total phenolic - the millennium's health. **International Journal of Science and Technology**, Oxford, v. 36, p. 703-725, 2001.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 726-732, 2005.

LEES, D. H.; FRANCIS, F. J. Standardization of pigment analyses in cranberries. **Hort Science**, Alexandria, v.7, p.83-84, 1972.

LEININGER, P. M.; KILPATRICK, M. The inversion of sucrose. **The Journal of the American Chemical Society**, Washington, v. 60, n. 12, p. 2891-2898, 1938.

LIMA, A. R.; BARBOSA, V. C.; SANTOS FILHO, P. R.; GOUVÊA, C. M. C. P. Avaliação in vitro da atividade antioxidante do extrato hidroalcoólico de folhas de bardana. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 16, p. 531-536, 2006.

MACRAE, R. **Food science and technology: a series of monographs**: HPLC in food analysis. 2. ed. New York: Academic, 1998. 77 p.

MELO, E. A.; GUERRA, N. B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Bol. SBCTA**. Campinas, v. 36, p. 1-11, 2002.

MORAES, F. P. **Polpa desidratada de caju amarelo (*Anacardium occidentale* L.) por atomização em spray dyer: caracterização físico-química, bioativa e estudo da vida de prateleira do produto**. 2014. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

NORA, C. D.; MULLER, C. D.-R.; BONA, G. S.; RIOS, A. O.; HERTZ, P. F.; JABLONSKI, A.; JONG, E. V.; FLÔRES, S. H. Effect of processing on the stability of bioactive compounds from red guava (*Psidium cattleianum* Sabine) and guabiju (*Myrcianthes pungens*). **Journal of Food Composition and Analysis**, Inglaterra, v. 34, p. 18-25, 2014.

OSÓRIO, C.; FORERO, D. P.; CARRIAZO, J. G.; Characterisation and performance assessment of guava (*Psidium guajava* L.) microencapsulates obtained by spray-drying. **Food Research International**, Essex, v. 44, p. 1174-1181, 2011.

PACHECO, A. M.; SCUSSEL, V. M. Selenium and aflatoxin levels in raw Brazil nuts from the Amazon basin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 55, n. 26, p. 1087-1092, 2007.

PAGANI, M. M. **Obtenção do suco de acerola (*Malpighia emarginata*, D.C.) concentrado e pós estáveis através da integração dos processos de separação por membranas e microencapsulação por atomização**. 2010, 161 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

QUEK, S. Y.; CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. **Chemical Engineering and Processing**, Lausanne, v. 46, n. 5, p. 386-392, 2007.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. A. S.; Pastore, G. M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, p. 53-60, 2007.

SAÉNZ, C.; TAPIA, S.; CHÁVEZ, J.; ROBERT, P. Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus - indica*). **Food Chemistry**, Barking, v. 114, p. 616-622, 2009.

SACKHEIM, G. I.; LEHMAN, D. D. **Química e bioquímica para ciências biomédicas**. 8. ed. São Paulo: Manole, 2001, 644 p.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, New York, v. 76, p. 270- 276. 1998.

SCHERER, R.; RYBKA, A. C. P.; BALLUS, C. A.; MEINHART, A. D.; TEIXEIRA FILHO, J.; GODOY, H. T. Validation of a HPLC method for simultaneous determination of main organic acids in fruits and juices. **Food Chemistry**, Barking, v. 135, n.1, p. 150-154, 2012.

SOARES, M.; WELTER, L.; KUSKOSKI, E. M.; GONZAGA, L.; FETT, R. Compostos Fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, p. 59-64, 2008.

SOUZA, A. L. R. **Estabilização de moléculas bioativas presentes em suco de camu camu (*Myrciaria dúbia* (H. B. K) Mc Vaugh) pela integração dos processos de osmose inversa, evaporação osmótica e atomização**. 2012. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de alimentos) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

TEBALDI, V. M. R. **Análise e potencial de uso de óleos essenciais no controle *Pseudomonas sp.* e na formação de biofilmes por *Pseudomonas aeruginosa***. 2008. 94 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, 2008.

TODISCO, K. M. **Polpa de siriguela (*Spondias purpurea* L.) em pó atomizada: caracterizações físicas, físicoquímicas, compostos bioativos e avaliação do comportamento higroscópico**. 2012. 70 f. Dissertação (Mestrado de Ciência de Alimentos) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 444-450, 2009.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 88, p. 411-418, 2008.105

WACH, A.; PYRZYNSKA, K.; BIESAGA, M. Quercetin content in some food and herbal samples. **Food Chemistry**, Barking, v. 100, p. 699-704, 2007.

WU, J. H.; TUNG, Y. T.; WANG, S. Y.; SHYUR, L. F.; KUO, Y. H.; CHANG, S. T. Phenolic antioxidants from the heartwood of *Acacia confusa*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Chicago, v. 53, n. 15, p. 5917-5921, 2005.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os métodos estudados, a atomização apresentou-se como uma alternativa viável para conservação da polpa de cagaita. Uma das maiores vantagens apresentadas por este método, é a maior biodisponibilidade de compostos bioativos, como compostos fenólicos totais, flavonóides totais e atividade antioxidante pelo método ABTS. Como outras vantagens, estão a boa conservação do produto atomizado, por um tempo relativamente longo (até 45 dias) à temperatura ambiente (30° C).

Levando-se em conta que o aproveitamento tecnológico, principalmente, de frutos do Cerrado, carece de estudos mais detalhados e aprofundados, os resultados obtidos, podem ser considerados muito interessantes. À biodisponibilidade dos compostos e boa conservação da polpa atomizada, acima referidos, alia-se a comodidade e economicidade do transporte e armazenamento do produto, possibilitando, também, outras formas de agregação de valor à fruta da cagaita.

Ao viabilizar um maior aproveitamento de frutos do Cerrado, como a cagaita, o processo de atomização da polpa, propicia o incremento da produção, de forma sustentável, destes frutos, com maior valorização e aproveitamento do grande, porém, ainda subaproveitado potencial do Cerrado brasileiro, incentivando, ao mesmo tempo, a preservação deste tão importante e rico bioma.

Por outro lado, as análises comparativas realizadas, servem de base, indicando a viabilidade e a conveniência de outros estudos, sobretudo, levando-se em conta que os teores de nutrientes diversos, como determinados compostos bioativos e outros, além do efeito dos processos de conservação como congelamento e atomização, sofrem influências relacionadas à variedade de plantas, localização geográfica, clima, adubação e cultivo, estágio de colheita, manipulação dos frutos e outros fatores.