

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**

Potencial tecnológico da goiaba serrana [*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret]

Giliani Veloso Sartori

**Porto Alegre
2018**

Giliani Veloso Sartori

Potencial tecnológico da goiaba serrana [*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret

Tese de Doutorado

**Porto Alegre
2018**

Giliani Veloso Sartori

Potencial tecnológico da goiaba serrana [*Acca sellowiana* (o. Berg) burret]

Tese de doutorado apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Vitor Manfroi

**Porto Alegre
2018**

CIP - Catalogação na Publicação

SARTORI, Giliani Veloso
Potencial tecnológico da goiaba serrana [Acca
sellowiana (O. Berg) Burret] / Giliani Veloso SARTORI.
-- 2018.
119 f.
Orientador: Vitor Manfroi.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Instituto de Ciência e Tecnologia de
Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Bebidas alcoólicas fermentadas. 2.
Desenvolvimento de novos produtos. 3. Potencial
tecnológico de frutas nativas brasileiras. I. Manfroi,
Vitor, orient. II. Título.

Tese de doutorado

Potencial tecnológico da goiaba serrana [*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret]

Tese de doutorado apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Giliani Veloso Sartori

Aprovada em: ____/____/____

Dr. Vitor Manfroi (Orient.)
ICTA/UFGRS

Dr. Plinho Francisco Hertz
ICTA/UFGRS

Dra. Ana Paula de Lima Veeck
IFSC

Dr. Cesar Valmor Rombaldi
UFPel

Dedico esse trabalho ao meu filho Henri, minha grande fonte força, persistência e amor do
início ao fim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo imenso amor, pelas infinitas bênçãos derramadas sobre minha vida e pelos anjos que Ele colocou em meu caminho antes e durante a realização deste trabalho. A essas pessoas, que cito abaixo, meu mais profundo e sincero agradecimento pelas mais diversas formas de contribuição para a concretização deste projeto que foi por mim muito desejado e sonhado.

Agradeço e dedico este trabalho à minha família, peça essencial para que eu me tornasse o que sou hoje. Aos meus pais, Gilmar e Anita Sartori, por todos esses anos de amor, apoio e incentivo. Pai, obrigada por se fazer fortaleza. Mãe, se hoje estou de pé devo aos teus muitos momentos de joelhos no chão orando por mim. Ao meu irmão, Gilvan Sartori, pelas palavras de carinho, apoio e incentivo. Obrigada a vocês por todas as vezes que cuidaram do meu bem mais precioso para que eu pudesse viajar, trabalhar, estudar e me dedicar a esta tese.

Um agradecimento muito especial dedico à minha maior fonte de inspiração, força, determinação e amor. Àquele que me acompanhou desde a prova de seleção dentro do meu ventre, àquele que dividiu comigo todas as etapas e dificuldades deste trabalho e que me amparou com seu carinho e amor nos momentos mais pesados, difíceis, em que a única vontade era abandonar tudo, o meu muito obrigada! Obrigada, meu filho Henri, por não me deixar desistir. Obrigada pela compreensão de minhas inúmeras ausências. Obrigada por existir e ser este ser de luz e bênçãos na minha vida.

Ao meu orientador, Vitor Manfroi, meu muito obrigada por me aceitares como primeira orientada de doutorado. Obrigada pela compreensão, paciência e auxílio durante os anos de maior dificuldade em minha vida. Obrigada por não desistires de mim e pelo voto de confiança.

Ao professor Alessandro de Oliveira Rios, obrigada pelo amparo no momento de desespero. Obrigada por teres aberto teu laboratório para que eu pudesse fazer análises importantes. Obrigada pelo apoio, pela orientação, pela segurança e confiança transmitidas. Foste mais do que professor, feste um amigo.

Aos colegas e alunos do Instituto Federal de Santa Catarina, pela parceria, amizade, companheirismo e apoio na execução de toda parte experimental. Em especial, deixo minha mais profunda admiração e consideração pela professora Ana Paula de Lima Veeck, juntamente com seus alunos (em especial William Gustavo Sganzerla), pela parceria e generosidade.

Aos colegas do programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do ICTA, em especial Maria Jara Montibeller e Diego Santiago Tupuna, por todo o auxílio, amizade, companheirismo e compartilhamento de vivências memoráveis.

Ao pesquisador da EPAGRI – Videira, SC, Vinícius Caliari, agradeço a parceria, suporte e estrutura para a realização da análise sensorial.

Ao professor da UFSM Roger Wagner e à sua aluna de doutorado Mariane Bittencourt Fagundes, agradeço por ceder o cromatógrafo gasoso e me auxiliar nas análises de compostos voláteis.

Ao Instituto Federal de Santa Catarina agradeço pela infraestrutura; igualmente à minha chefia pelo apoio, compreensão e incentivo.

Por fim, agradeço à UFRGS e ao ICTA pela oportunidade.

*Tudo é do Pai, toda honra e toda glória.
É Dele toda a vitória alcançada em minha vida.*

RESUMO

A *Acca sellowiana* (O. Berg) Burret, comumente denominada goiaba serrana ou feijoa, é uma fruta nativa brasileira, rica em nutrientes, de propriedades aromáticas intensas, cultivada em regiões de altitude e clima frio no Brasil. Por ser uma fruta ainda não completamente domesticada e de elevada perecibilidade, sua produção no Brasil ainda é baixa. Uma alternativa para incentivo da produção desta fruta é avaliar o seu potencial para elaboração de produtos derivados, o que utilizaria boa parte da produção que é descartada. Dessa forma, o objetivo desta tese foi avaliar a goiaba serrana como matéria prima principal na elaboração de bebidas alcoólicas fermentadas (fermentado e espumante natural), bem como estudar a utilização do subproduto deste processamento para extração de pectina. As frutas foram coletadas no seu ponto de maturação, em uma propriedade rural do município de São Joaquim, SC, e despulpadas para a separação da polpa e do subproduto (casca e mesocarpo). O fermentado foi elaborado com a polpa da fruta, por metodologia de vinificação em branco, e analisado quanto aos seus parâmetros físico-químicos, compostos bioativos e atividade antioxidante. O produto obtido apresentou características físico-químicas que se enquadraram nos padrões de identidade e qualidade para fermentados de frutas, apresentando também alta atividade antioxidante, atribuída à presença de compostos fenólicos visto que compostos carotenoides foram evidenciados apenas na polpa e a vitamina C mostrou-se baixa em função do processamento possibilitar a oxidação da mesma. Foram identificados na polpa da goiaba serrana 6 carotenoides, sendo que em maior quantidade estavam a (all)-*trans*-luteína e β -criptoxantina (ambas 0,019 $\mu\text{g/g}$ de polpa fresca), seguidas do γ -caroteno (0,010 $\mu\text{g/g}$ de polpa fresca). Além das xantofilas, foram identificados o ζ -caroteno e γ -caroteno, carotenoides também relacionados à bioatividade. Este fermentado foi empregado como vinho base e submetido a uma segunda fermentação em garrafas (método tradicional de produção de espumantes) para obtenção de um espumante natural que foi avaliado por seus parâmetros físico-químicos, análise sensorial (análise descritiva quantitativa) e compostos voláteis por GC-MS. O espumante natural de goiaba serrana apresentou características físico-químicas semelhantes aos vinhos espumantes obtidos a partir de uvas. A análise de compostos voláteis evidenciou a presença de 28 compostos, sendo a maioria representados por ésteres que conferem odores frutais, os quais foram identificados também na análise sensorial (aromas de goiaba serrana, goiaba, acerola, flor de laranjeira, frutal, herbáceo, folhas secas, abacaxi, maçã verde, cítrico). Os compostos voláteis majoritários do espumante natural foram metil benzoato e etil benzoato, aromas característicos da goiaba serrana. A casca e o mesocarpo da goiaba

serrana foram denominados de subproduto e avaliados quanto ao teor e grau de metoxilação de pectina. A extração foi realizada por delineamento composto central rotacional com pontos centrais e axiais, variando-se a concentração de ácido cítrico e temperatura. O subproduto da goiaba serrana mostrou-se uma fonte alternativa para extração de pectina, na qual foi caracterizada como alto grau de metoxilação, podendo ser empregada para elaboração de produtos como geleias. A goiaba serrana avaliada neste estudo mostrou-se uma matéria-prima com bom potencial para elaboração de bebidas alcoólicas fermentadas além de ser fonte alternativa para obtenção de pectina.

Palavras-chaves: *Acca sellowiana* (O. Berg) Burret. Produtos derivados. Fermentado. Espumante natural. Pectina. Compostos bioativos.

ABSTRACT

Acca sellowiana (O. Berg) Burret, commonly known as goiaba serrana or feijoa, is a Brazilian native fruit, rich in nutrients with intense aromatic properties, cultivated in regions of high altitude and cold climate in Brazil. The total production of this fruit in Brazil is still low, being the main causes that the fruit is not totally domesticated and the high perishability. An alternative to improve the production of this fruit is to evaluate its potential for the production of derived products, using part of the production that probably will be discarded. Therefore, the objective of this thesis was to evaluate the feijoa as the main raw material in the elaboration of fermented alcoholic beverages (fermented and natural sparkling), as well as the pectin extraction as a by-product of this processing. The fruits were collected at maturation stage, in a rural property in São Joaquim municipality - Santa Catarina State, and depleted for separation of pulp and peel (mesocarp and peel). The fermentation was elaborated with the pulp of the fruit, by methodology of white wine vinification. Physicochemical parameters, bioactive compounds and antioxidant activity was analyzed. The product obtained had physico-chemical characteristics that fit the standards of identity and quality for fruit fermented, also presenting high antioxidant activity, attributed to the presence of phenolic compounds. Carotenoid compounds were evidenced only in the pulp and the vitamin C showed low concentration due to its oxidation during processing. Six carotenoids were identified in feijoa pulp, with major concentration was (all) *-trans*-lutein and β -cryptoxanthin (both $0.019 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ fresh pulp), followed by γ -carotene ($0.010 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ fresh pulp). In addition to xanthophylls, ζ -carotene and γ -carotene were identified, compounds also related to bioactivity. This fermentation product was used as base wine and submitted to a second fermentation in bottles (traditional method of production of sparkling wines) to obtain a natural sparkling wine that was evaluated by its physicochemical parameters, sensorial analysis (quantitative descriptive analysis) and volatile compounds by CG/MS. The feijoa natural sparkling had physical-chemical characteristics similar to the sparkling wines obtained from grapes. The analysis of volatile compounds evidenced the presence of 28 compounds, most of them represented by esters that confer fruit odors, which were also identified in the sensory analysis (flavor of feijoa, guava, orange blossom, fruity, herbaceous, dried leaves, pineapple, green apple, citric). The major volatile compounds of the natural sparkling were methyl benzoate and ethyl benzoate, feijoa typical aroma. Feijoa peel and mesocarp were called by-products and evaluated for the content and degree of methoxylation of pectin. The extraction was performed by central rotational compound design with central and axial points,

varying the concentration of citric acid and temperature. Feijoa by-product proved to be an alternative source for pectin extraction, in which it was characterized as a high degree of methoxylation and could be used for the production of products such as jellies. Feijoa fruit evaluated in this study showed to be a raw material with good potential for the elaboration of fermented alcoholic beverages besides being an alternative source to pectin obtention.

Keywords: *Acca sellowiana* (O. Berg) Burret. Derivative products. Fermented. Natural sparkling wine. Pectin. Bioactive compounds.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Fotos ilustrativas de goiaba serrana [<i>Acca sellowiana</i> (O. Berg) Burret]. A) flores; B) planta em plena floração; C) frutas em corte transversal; D) folhagem e frutas em final de estágio de maturação.....	23
Figura 2 -	Estrutura química dos flavonoides	28
Figura 3 -	Estrutura química dos ácidos (a) hidroxibenzóicos e (b) hidroxicinâmicos.....	29
Figura 4 -	Estrutura química dos principais carotenoides encontrados nos alimentos.....	32
Figura 5 -	Reação de oxidação do ácido ascórbico em ácido L-deidroascórbico.....	34
Figura 6 -	Estrutura química da pectina.....	40
Artigo 1		
Figura 1 -	Cromatograma obtido por CLAE-DAD, a 450nm, para os carotenoides da polpa da goiaba serrana: 1. (all)- <i>trans</i> -luteína; 2. (all)- <i>trans</i> -zeaxantina; 3. β -criptoxantina; 4. ζ -caroteno; 5. Não Identificado; 6. γ -caroteno	60
Artigo 2		
Quadro 1 -	Atributos e descritores sensoriais definidos para o espumante natural de goiaba serrana.....	73
Figura 1 -	Perfil sensorial do espumante natural de goiaba serrana	78
Artigo 3		
Figura 1 -	Farinha (a) e pectina (b) obtidas a partir do resíduo do processamento da goiaba serrana	95
Figura 2 -	Gráficos de curvas de nível do rendimento ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) da extração de pectina extraída da farinha do subproduto da feijoa em função das variáveis temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e concentração de ácido cítrico ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$)	97
Figura 3 -	Efeito das variáveis concentração de ácido cítrico (%) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$) sobre o rendimento de extração de pectina extraída da farinha do subproduto da feijoa.....	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Teor percentual de pectina para algumas frutas.....	42
Artigo 1		
Tabela 1 -	Análises físico-químicas da polpa e do fermentado de goiaba serrana.....	55
Tabela 2 -	Compostos fenólicos totais (mg de EAG.100mL ⁻¹ para o fermentado e mg de EAG.100g ⁻¹ para a polpa), flavonoides totais (meq de quercetina.100mL ⁻¹ para o fermentado e meq de quercetina.100g ⁻¹ para a polpa), vitamina C (µg de ácido L-ascórbico.g ⁻¹ de polpa e µg de ácido L-ascórbico.mL ⁻¹ de fermentado) e atividade antioxidante pelos métodos DPPH, ABTS e FRAP (mg de equivalente de Trolox.100mL ⁻¹) na polpa e no fermentado de goiaba serrana (média ± DP)	56
Tabela 3 -	Características cromatográficas, e dados de absorção do UV-Vis, dos carotenoides identificados na polpa de goiaba serrana por CLAE-DAD.....	59
Artigo 2		
Tabela 1 -	Parâmetros físico-químicos, compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante do espumante natural de goiaba serrana.....	74
Tabela 2 -	Tabela 2 - Compostos fenólicos totais (expressos em mg GAE.100mL ⁻¹) e atividade antioxidante (expressas em mEq Trolox.100mL ⁻¹) do vinho base e do espumante natural de goiaba serrana.	76
Tabela 3 -	Compostos voláteis identificados no espumante natural de goiaba serrana.	81
Artigo 3		
Tabela 1 -	Formulações de geleias de goiaba serrana tradicionais e dietéticas.....	92
Tabela 2 -	Parâmetros químicos e físico-químicos de farinha obtida a partir de resíduos do despulpamento de frutos de goiaba serrana.....	94
Tabela 3 -	Resultados de rendimento de extração e grau de metoxilação da pectina extraída da farinha do subproduto da goiaba serrana.....	97
Tabela 4 -	Análise de variância do rendimento de extração de pectina extraída da farinha do subproduto da goiaba serrana em função das variáveis concentração de ácido cítrico (%) e temperatura (°C).....	98
Tabela 5 -	Parâmetros físico-químicos analisados nas geleias tradicionais e <i>Diet</i> elaboradas com pectina comercial e pectina extraída da farinha do subproduto da goiaba serrana.....	100

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVOS	21
2.1	OBJETIVO GERAL	21
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
3.1	GOIABA SERRANA [<i>Acca sellowiana</i> (O. Berg) Burret]	22
3.2	BEBIDAS ALCOÓLICAS DE FRUTAS.....	25
3.2.1	Fermentado e espumante natural	25
3.3	COMPOSTOS QUÍMICOS DE INTERESSE BIOTECNOLÓGICO NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS.....	27
3.3.1	Compostos Bioativos	28
3.3.1.1	<i>Compostos fenólicos</i>	28
3.3.1.2	<i>Carotenoides</i>	31
3.3.1.3	<i>Vitamina C</i>	33
3.3.2	Atividade antioxidante	35
3.3.3	Compostos formadores de aroma	36
3.4	APROVEITAMENTO DOS SUBPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DE FRUTAS.....	39
3.4.1	Pectina	40
4	ARTIGOS CIENTÍFICOS	45
4.1	ARTIGO 1 Desenvolvimento, caracterização físico-química, análise de compostos bioativos e atividade antioxidante de fermentado de goiaba serrana [<i>Acca sellowiana</i> (O.Berg) Burret]	45
4.2	ARTIGO 2 Caracterização físico-química, composição volátil e análise sensorial de espumante natural de goiaba serrana [<i>Acca sellowiana</i> (O. Berg) Burret]	65
4.3	ARTIGO 3 Extração, caracterização e aplicação tecnológica de pectina obtida do subproduto do processamento de goiaba serrana.....	86
5	DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÃO	105

REFERÊNCIAS.....	107
-------------------------	------------

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura é um dos principais setores do agronegócio que impulsiona a economia do Brasil, com uma produção de aproximadamente 43,6 milhões de toneladas anuais, o que coloca o país na terceira posição no ranking mundial dos maiores produtores de frutas, atrás apenas da Índia e da China (SEBRAE, 2015). Associado a isso, o Brasil é um dos principais centros de diversidade genética de espécies frutíferas (RASEIRA *et al.*, 2004), sendo que as regiões Sudeste e Sul destacam-se na produção de frutas de clima temperado e subtropical (ALMEIDA, 2017). Porém, apenas 3% do que é produzido no território nacional é exportado, e cerca de 30% das frutas produzidas é desperdiçado por se tratar de alimento facilmente degradável (VENTURINI FILHO, 2010).

Um dos fatores que contribuem com este alto percentual de perdas é a vasta extensão do território brasileiro que dificulta o transporte de frutas perecíveis para regiões mais distantes do seu local de produção. Além disso, frutas fora de padrão comercial também são descartadas. No intuito de aproveitar este excedente e aumentar lucros, as indústrias do setor alimentício e farmacêutico empregam estas frutas no processamento de geleias, doces, sucos, polpas, bebidas alcoólicas fermentadas ou destiladas e produtos cosméticos. Neste contexto, a fermentação e a concentração pelo uso de solutos, por exemplo, são tecnologias amplamente empregadas, sendo eficientes e de baixo custo, além de agregar valor à fruta ao permitir desenvolver novos produtos (ASQUIERI *et al.*, 2008; VENTURINI FILHO, 2010).

Porém, o processo industrial pode gerar alta quantidade de resíduos e/ou subprodutos, que apresentam potencial de inovação tecnológica pois podem ser fontes alternativas de diversos ingredientes. Um dos focos das pesquisas acerca do potencial tecnológico de subprodutos industriais de frutas é o seu aproveitamento como fonte alternativa para obtenção de pectina, um polissacarídeo natural amplamente empregado na indústria de alimentos como agente espessante (EINHORN-STOLL, 2018).

Em meio a este contexto, as frutíferas nativas têm merecido atenção crescente, tanto do ponto de vista de sua conservação como de seu melhoramento para ocupar novos espaços de mercado. Além disso, seu uso, comum entre agricultores familiares e populações “tradicionais”, representa aspecto sócio-cultural a ser preservado (GOMES *et al.*, 2007). Essas espécies produzem frutas diferenciadas, saborosas e nutritivas, aspectos almejados por um crescente mercado consumidor (SARMENTO *et al.*, 2012).

Apesar do crescimento da área de plantio e produção de algumas frutíferas, as espécies nativas ainda não recebem a devida importância econômica no mercado interno e externo,

sendo ainda pouco exploradas apesar de seu grande potencial de uso (D'EECKENBRUGGE *et al.*, 1998; FERREIRA, 1999; BEZERRA *et al.*, 2003; HARDER *et al.*, 2004). No Sul do Brasil, em especial o Planalto Serrano, existe uma grande diversidade de fruteiras nativas, dentre as quais se destacam o araçazeiro (*Psidium cattleianum* Sabine), a goiaba serrana [*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret], a pitangueira (*Eugenia uniflora* L.), a cerejeira-do-rio-grande (*E. involucrata* DC.), a uvalheira (*E. pyriformis* Camb.), a jabuticabeira (*Plinia trunciflora* (Berg) Kausel), a guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* Berg) e o guabiju (*Myrcianthes pungens* Berg), todas pertencentes à família Myrtaceae (RASEIRA *et al.*, 2004).

A Serra Catarinense localiza-se numa região também conhecida como Planalto Serrano. Compõem a região os seguintes municípios: Anita Garibaldi, Bocaina do Sul, Bom Jardim da Serra, Bom Retiro, Campo Belo do Sul, Capão Alto, Cerro Negro, Correia Pinto, Lages, Otacílio Costa, Painel, Palmeira, Ponte Alta, Rio Rufino, São Joaquim, São José do Cerrito, Urubici e Urupema. Esses 18 Municípios ocupam uma área de mais de 16000 km², equivalente a 17% do território do estado. (SERRA CATARINENSE, 2016).

Esta região do Estado de Santa Catarina apresenta, pelo seu clima frio e alta altitude, o cultivo de frutas características de clima temperado. Dentre elas encontram-se tanto as de cultivo tradicional, como a maçã (*Malus domestica*) e a uva (*Vitis* spp.), como algumas frutas nativas ainda pouco exploradas tecnológica e cientificamente. Uma delas é a goiaba serrana, também conhecida como, goiaba da serra, goiaba crioula, araçá do rio grande e, internacionalmente, como feijoa e *pineapple guava*. A planta da goiaba serrana tem formato arbustivo, com altura variando de 2 a 5 metros de altura, o que facilita a colheita dos frutos. Seu fruto verde possui casca bastante espessa e em geral é consumido *in natura* (AMARANTE; SANTOS, 2011). A espécie foi escolhida como uma das “espécies do futuro” devido ao grande potencial nutricional e econômico conferido pelas qualidades intrínsecas de seus frutos.

Apesar de ser nativa do Brasil, as raras frutas de goiaba serrana que podem ser encontradas nos mercados, são normalmente provenientes de plantações feitas na Colômbia, a qual, juntamente com a Nova Zelândia, são os maiores países exportadores da fruta. Mesmo tendo um enorme potencial econômico, os plantios para fins comerciais no Brasil ainda são raros por conta da fragilidade e perecibilidade da fruta, cuja armazenagem não pode ultrapassar de 2 a 3 semanas, e pelo fato da espécie ainda não estar completamente domesticada (BARNI *et al.*, 2004; AMARANTE; SANTOS, 2011). Desenvolver novos produtos empregando esta fruta como matéria prima é de grande valia, uma vez que evita perdas maiores de pós-colheita, além de ser uma forma de se beneficiar dos seus compostos

bioativos no período de entressafra. Além do consumo *in natura*, estas frutas podem ser processadas e utilizadas na produção de sucos, geleias, sorvetes e bebidas. Apesar de possuírem grande potencial comercial devido às suas propriedades organolépticas (AMARANTE; SANTOS, 2011), trabalhos realizados com as frutas desta espécie, coletadas na Serra Catarinense, foram desenvolvidos, entretanto, com o enfoque agrônômico, sendo escassos os que avaliam o potencial nutricional e tecnológico dessa fruta, principalmente quanto aos subprodutos e produtos derivados que a partir dela podem ser produzidos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial tecnológico da goiaba serrana [*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret] como matéria-prima principal para produção de bebidas alcoólicas fermentadas e aproveitamento do seu subproduto para extração de pectina.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver um fermentado e um espumante natural de goiaba serrana, empregando métodos semelhantes aos de produção de vinhos de uva;
- caracterizar o fermentado e o espumante natural quanto aos aspectos físico-químicos, além de avaliar o seu teor de compostos bioativos e atividade antioxidante;
- caracterizar o espumante natural quanto aos compostos voláteis por cromatografia gasosa, bem como descrever seus aspectos sensoriais por Análise Descritiva Quantitativa;
- estudar o potencial do subproduto da goiaba serrana como fonte alternativa para obtenção de pectina;
- avaliar o potencial de aplicação da pectina do subproduto da goiaba serrana para elaboração de geleia da fruta.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 GOIABA SERRANA

A goiaba serrana [*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret] é uma espécie da família Myrtaceae, nativa do planalto meridional brasileiro e nordeste do Uruguai (THORP, 2006; SERAFIN *et al.*, 2007; RAMIREZ; KALLARACKAL, 2017), ocorrendo nas regiões da Serra Gaúcha e dos campos de altitude do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Internacionalmente, é cultivada na Nova Zelândia, na Austrália, na Colômbia, na Itália, na França, no Uruguai, no Sul dos Estados Unidos e em Israel. No Sul do Brasil, a espécie mostra-se adaptada a condições de clima frio, encontrada com maior frequência em áreas com altitudes superiores a 800m (WESTON, 2010; AMARANTE; SANTOS, 2011). No Estado de Santa Catarina concentra-se a maior produção nacional desta fruta, com cerca de 15 produtores e pouco mais de 62 toneladas colhidas na safra de 2014/2015 (GOULART JUNIOR; MONDARDO; REITER, 2017). Apesar de ser uma fruta nativa brasileira a produção registrada no Brasil ainda é bastante inferior à registrada em países como Nova Zelândia onde a produção é de cerca de 800 toneladas por ano (ZHU, 2018).

A fruta da *A. sellowiana* recebeu o nome de goiaba serrana por sua forma ser semelhante à da goiaba comum, apesar de pertencente a outro gênero (*Psidium guajava* L), mantendo as semelhanças apenas nas propriedades físicas exteriores das frutas. Popularmente é conhecida por goiabeira serrana, goiabeira do mato, goiabeira do campo, goiabeira-abacaxi, araçá do rio grande, goiaba-silvestre e, internacionalmente, por feijoa e *pineapple guava* (AMARANTE; SANTOS, 2011; MORETTO; NODARI; NODARI, 2014).

A espécie recebeu diferentes classificações até chegar a *A. sellowiana*. A partir de frutas coletadas por Frederich Sellow na Província de Montevideo (Uruguai) e em São Francisco de Paula (atualmente Pelotas, no Rio Grande do Sul), Berg classificou, em 1856, a espécie como sendo *Orthostemon sellowianus* e *Orthostemon obovatus*, respectivamente. Como o gênero já existia para outra família, Berg criou posteriormente em 1859 o gênero Feijoa para o qual transferiu as duas espécies. Em 1893, outra espécie foi descrita por Kiaerskou, *Feijoa schenckiana*, a partir de material coletado por Schenck proveniente de planta de feijoa cultivada em Blumenau, Santa Catarina. Berg constatou que existia apenas uma espécie, *Feijoa sellowiana* (Berg), da qual se podem encontrar plantas com dois tipos de fruto, liso ou rugoso, se tratando apenas de formas distintas e não de espécies diferentes. Porém, em 1941, Burret passa o gênero Feijoa para o gênero *Acca*, visto suas semelhanças,

que dispensavam a manutenção de gêneros distintos, já que este último havia sido descrito em 1856 pelo próprio Berg para duas espécies dos Andes, ou seja, antes da descrição do gênero Feijoa. Atualmente, dois tipos são considerados: o tipo Brasil, de ocorrência no planalto da região Sul, e o tipo Uruguai, aparecendo no Sul do Rio Grande do Sul e no Uruguai. As principais diferenças estão no tamanho da semente (muito maior no tipo Brasil) e características das folhas (MORETTO; NODARI; NODARI, 2014)

As frutas da goiabeira serrana (Figura 1) têm formato arredondados a oblongos, de casca de cor verde, plana, semi-enrugada ou enrugada, com 3-5 cm de diâmetro, 4-10 cm de comprimento, 20-250 g de peso, com polpa de cor gelo e de sabor e aroma doce-acidulado (FACHINELLO; NACHTIGAL, 1992; AMARANTE; SANTOS, 2011; AMARANTE *et al.*, 2013; MORETTO; NODARI; NODARI, 2014; AMARANTE *et al.*, 2017; ZHU, 2018).

Figura 1 - Fotos ilustrativas de goiaba serrana [*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret]. A) flores; B) planta em plena floração; C) frutas em corte transversal; D) folhagem e frutas em final de estágio de maturação.



Fonte: SANTOS (2009).

Observa-se, atualmente um interesse crescente em utilizar a goiaba serrana para consumo humano devido à atraente qualidade alimentar e também ao potencial de benefícios

para a saúde. A goiaba serrana é rica em nutrientes (WESTON, 2010), fonte de compostos fenólicos (SAJ; ROY; SAVITHA, 2008; SOUZA, 2015), isoflavonas (LAPCIK *et al.*, 2005), α -tocoferol, flavona, estigmasterol, β -caroteno (RUPERTO & TRINGALI, 2004), flavonoides (FERRARA *et al.*, 1999 a e b), vitaminas C e do complexo B, além de minerais como ferro, cálcio, potássio, zinco, fósforo, manganês e magnésio (WESTON, 2010; AMARANTE *et al.*, 2013; SOUZA, 2015; HEALTH BENEFITS OF FEIJOE, 2016). Souza (2015) evidenciou que as frutas de goiabeira-serrana apresentam altos teores de minerais, em especial de P e N na polpa, e de K e Fe na casca e polpa.

Os dados sobre a composição centesimal da goiaba serrana são bastante variáveis conforme o local de cultivo e variedade. Segundo Amarante *et al.* (2013), os teores de açúcares, acidez e textura variam conforme as cultivares de goiabeira-serrana. Esses autores avaliaram 4 cultivares de goiaba serrana cultivados em São Joaquim, SC, e observaram, após colheita, valores médios de Sólidos Solúveis Totais (SST) de 11,1%, de Acidez Titulável (AT) de 2,07% de ácido málico, pH de 3,0, textura da epiderme externa de 9,2 N e do parênquima externo de 4,3 N.

Dados da *USDA Food Composition Databases* apontam a goiaba serrana como uma boa fonte de fibras (6,4%), e açúcares (8,2%), mas relativamente baixa de proteína (0,71%) (ZHU, 2018). De acordo com Romero-Rodriguez *et al.* (1994), em polpa de frutas coletados na Galícia e na Nova Zelândia, respectivamente, os valores de fibra foram de 3,8 e 5%, e de proteína de 1,1% e 0,5-1%. Kinupp e Barros (2008) encontraram em polpa da fruta de ocorrência silvestre 0,119 % de proteína bruta. Por outro lado, pode ser considerado uma fruta de baixo valor calórico, com 0,02 a 0,2% de gordura total e 5,4-6,0% de açúcares totais (ROMERO-RODRIGUEZ *et al.*, 1994).

Estudos têm evidenciado a ação terapêutica da fruta (MOTOHASHI *et al.*, 2000; SAJ; ROY; SAVITHA, 2008). O óleo essencial da goiaba serrana é rico em limoneno (29%), β -cariofileno (27%), α -pireno (9%), β -pireno (3%) e estragol (1,5%), substâncias importantes que evidenciam a atividade antimicrobiana, principalmente antifúngica (SAJ; ROY; SAVITHA, 2008). Vuotto *et al.* (2000) evidenciaram que o extrato aquoso possui compostos bioativos com atividade antioxidante e antimicrobiana, sendo esta considerada uma fruta em potencial para o desenvolvimento de novas drogas. Além disso, os extratos da goiaba serrana já demonstraram atividade anticancerígena, anti-inflamatória, imuno modeladora, anti úlcera, hepatoprotetora e antioxidante (IELPO *et al.*, 2000; ISOBE *et al.*, 2003; ISOBE *et al.*, 2004; LAPCIK *et al.*, 2005; BONTEMPO *et al.* 2007; EL-SHENAWY *et al.*, 2008; HOFFELNER, 2010; POODI *et al.*, 2018), diminuindo *in vivo* a peroxidação lipídica (KELES *et al.*, 2011).

Nos últimos dez anos, o interesse pela pesquisa com a goiaba serrana aumentou de forma expressiva, sendo o Brasil o maior pesquisador, seguido pela Nova Zelândia e Itália, onde cerca de 77% destas pesquisas estão enquadradas na área de agricultura e ciências biológicas (SCOPUS, 2017), sendo escassos os trabalhos sobre o potencial tecnológico desta fruta. Sabe-se que sua polpa, rica em compostos bioativos e aromáticos, pode ser empregada na elaboração de produtos derivados como sorvetes, doces, geleia, bolos, mas poucos são os estudos científicos acerca destes potenciais produtos (SUN-WATERHOUSE, 2011). A falta de conhecimento sistemático sobre a composição química e atividades biológicas dificultam seriamente o desenvolvimento da goiaba serrana como cultura de rendimento sustentável (ZHU, 2018). Além disso, cerca de 70% do conteúdo da goiaba serrana é composto por casca e mesocarpo que são descartados após o consumo da fruta, mas que igualmente possuem elevado potencial assim como a polpa.

3.2 BEBIDAS ALCOÓLICAS DE FRUTAS

3.2.1 Fermentado e espumante natural

As bebidas alcoólicas são bastante antigas, originadas na sua maioria por processos fermentativos espontâneos. Tudo indica que nossos ancestrais conheceram os efeitos do álcool graças ao consumo de frutas em decomposição que misturadas com água resultariam em um líquido que conteria a substância etílica (ABRABE, 2018). As bebidas fermentadas de frutas constituem produtos promissores devido à tendência de aceitação em pesquisas de consumo, além de contribuírem para a redução de perdas pós-colheita de frutos perecíveis (SANDHU; JOSHI, 1995).

Há uma abundância de frutas nativas no Brasil, com intenso potencial para processamento de diferentes produtos. Para a redução de perdas, valorização do potencial nutritivo e bioativo de matérias-primas e aumento de lucros no processamento de frutas uma das alternativas é a produção de bebidas alcoólicas.

Pela legislação brasileira vigente, os fermentados alcoólicos de frutas são as bebidas obtidas da fermentação do mosto de fruta sã, fresca e madura e que possuem graduação alcoólica de 4 a 14% em volume (BRASIL, 2008; BRASIL, 2009). Tradicionalmente, são empregadas uvas na obtenção de bebidas fermentadas. Porém, muitos países, principalmente os europeus, produzem vinhos de outras frutas pelos mesmos processos de fabricação, sendo a maçã, a pera, a groselha, a framboesa e a cereja as mais utilizadas. Nos países de clima

tropical, subtropical e temperado frutas como laranja, goiaba (BERTAGNOLI, 2014), morango (ANDRADE *et al.*, 2013), abricó, abacaxi, manga (SANDHU; JOSHI, 1995), seriguela, mangaba (MUNIZ *et al.*, 2002), mandacaru (OLIVEIRA *et al.*, 2011 b), jabuticaba (DE SÁ, 2013), caju (CASIMIRO *et al.*, 1989; ABREU, 1997), mirtilo (SANTOS *et al.*, 2016), maçã, cereja, kiwi, pêssego, cagaita, cacau, banana, lichia, cupuaçu, umbu, papaia (JAGTAP; BAPAT, 2015), entre outras, fornecem fermentados bastante apreciados e saborosos.

As técnicas pra produção de fermentados de frutas se assemelham àquelas empregadas para vinificação de uvas brancas e tintas. A diferença ocorre por dois motivos: em primeiro lugar, na uva é um pouco mais fácil a extração de açúcares e outros materiais solúveis da polpa e, em segundo lugar, o suco produzido por outras frutas apresenta menor teor de sólidos solúveis e maior teor de acidez. Para a correção de tais diferenças recorre-se ao emprego de enzimas, equipamentos como despulpadoras e prensas, além da correção do mosto com adição de água para diluição de ácidos e sacarose para correção do déficit de açúcar (AMERINE; OUGH, 1980; BERTAGNOLI, 2014).

Do fermentado das frutas pode-se produzir outra bebida bastante apreciada em países de clima tropical, o vinho espumante (BERTAGNOLI, 2014). Esta é uma bebida de características muito peculiares, associada principalmente a festas e comemorações. Atualmente, o espumante mais consumido é o elaborado a partir de uvas.

O termo espumante se refere exclusivamente a vinhos que foram submetidos a uma segunda fermentação alcoólica, com exceção de alguns tipos de espumantes, como o Moscatel, que sofrem uma única fermentação. O anidrido carbônico produzido no processo garante uma pressão mínima de 4 atmosferas a 20°C, o que é necessário para a bebida ser legalmente denominada espumante no Brasil (BRASIL, 2004). Estas definições podem também ser atribuídas e correlacionadas a espumantes naturais elaborados a partir de outras matérias primas.

Para a elaboração de vinhos espumantes, primeiramente vinifica-se a fruta. O vinho ou fermentado então elaborado (chamado de vinho base, de característica tranquila) é reconduzido a uma nova fermentação alcoólica que pode ocorrer tanto em garrafas (método *Champenoise*) ou em tanques de pressão (método Charmat). O método *Champenoise* de produção de espumante, também conhecido por método clássico ou tradicional, teve origem na França, na região de Champagne e ocorre em duas fases. Na primeira fase, onde ocorre a produção do vinho base, a fruta é fermentada a fim de que se obtenha um líquido de intermediário teor alcoólico, acidez total um pouco maior do que a acidez de vinhos tranquilos

e ausência de oxidação e aromas desagradáveis. Na segunda fase, há uma segunda fermentação deste fermentado que ocorre completamente dentro da garrafa champanheira (GIOVANNINI; MANFROI, 2013).

Segundo o artigo 11 da Lei nº 10970, de 12 de novembro de 2004, Champagne (Champagne), Espumante ou Espumante Natural é o vinho cujo anidrido carbônico provém exclusivamente de uma segunda fermentação alcoólica do vinho em garrafas ou em grandes recipientes, com uma pressão mínima de 4 (quatro) atmosferas a 20°C (vinte graus Celcius) e com teor alcoólico de 10% (dez por cento) a 13% (treze por cento) em volume (BRASIL, 2004). Ainda pela mesma legislação, pode-se classificar a bebida quanto à cor em tinto, rosado, rosé ou clarete e branco; quanto ao teor de açúcar final em nature (até 3 g.L⁻¹ de açúcar), extra-brut (superior a 3 e até 8 g.L⁻¹ de açúcar), brut (superior a 8 e até 15 g.L⁻¹ de açúcar), seco, sec ou dry (superior a 15 e até 20g/L de açúcar) e meio doce, meio seco ou demi-sec (superior a 20 e até 60g.L⁻¹ de açúcar).

A produção de espumantes de uvas é bem conhecida no mundo científico, e sua avaliação tem sido abundantemente realizada, principalmente quanto às suas propriedades sensoriais e compostos bioativos e aromáticos (WELKE *et al*, 2012a; WELKE *et al*, 2012b; WELKE *et al.*, 2014; NICOLLI *et al.*, 2015; SOARES *et al.*, 2015). Bertagnoli (2014) demonstrou que o método *Champenoise* é bastante eficaz para produção de espumante natural de goiaba (*Psidium guajava* L.), gerando um produto de características físico-químicas e sensoriais bastante semelhantes aos produtos tradicionais. Assim como a goiaba, outras frutas de igual frescor e potencial aromático, como a goiaba serrana, podem ser empregadas para elaboração desta bebida.

3.3 COMPOSTOS QUÍMICOS DE INTERESSE BIOTECNOLÓGICO NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS

Um dos objetivos em se desenvolver produtos derivados de matérias-primas de origem vegetal é o aproveitamento da sua composição nutricional, bioativa, sensorial ou medicinal. Neste sentido, atualmente, há muito interesse pela busca de produtos que, além de representarem uma experiência sensorial agradável, ainda possuam atividade antioxidante. Esta propriedade é conferida pela presença de compostos bioativos como vitaminas, compostos fenólicos e carotenoides.

3.3.1 Compostos Bioativos

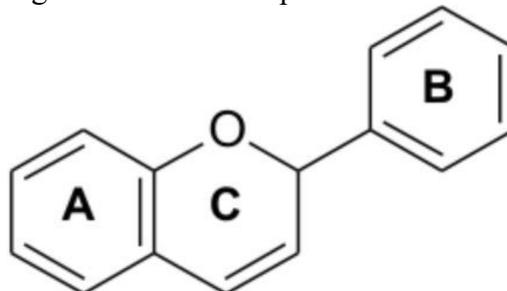
3.3.1.1 Compostos fenólicos

Inúmeras são as substâncias com potencial antioxidante presentes nos alimentos. Dentre elas, encontram-se uma classe de suma importância, os compostos fenólicos. Tais compostos são produtos secundários do metabolismo vegetal, constituindo um amplo e complexo grupo de substâncias fitoquímicas, com mais de 8000 estruturas conhecidas atualmente (ANGELO; JORGE, 2007; SILVA *et al.*, 2010; MELO *et al.*, 2011).

Tais compostos são caracterizados quimicamente pela presença de anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, o que fornece a essas substâncias potencial antioxidante (OLIVEIRA *et al.*, 2011a). As funções na natureza incluem fornecimento de cor, defesa contra agressores, proteção contra radiações UV, indução de genes em processos de simbiose e algumas propriedades fisiológicas da planta. Em alimentos, são responsáveis pela cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa (ANGELO; JORGE, 2007).

Os polifenóis são divididos em dois grupos: flavonoides (polifenóis) e não-flavonoides (fenóis simples ou ácidos). A estrutura química dos flavonoides (Figura 2) consiste em dois anéis aromáticos, denominados anéis A e B, unidos por três carbonos que formam um anel heterocíclico, denominado anel C (ANGELO; JORGE, 2007). Os átomos de hidrogênio dos grupos hidroxila adjacentes (orto-difenóis), localizados em várias posições dos anéis A, B e C, as duplas ligações dos anéis benzênicos e a dupla ligação da função oxo ($-C=O$) de algumas moléculas de flavonoides garantem a esses compostos sua alta atividade antioxidante (SILVA *et al.*, 2015).

Figura 2 – Estrutura química dos flavonoides.



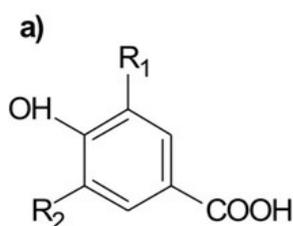
Fonte: Angelo e Jorge (2007).

Os flavonoides compreendem um grupo de compostos fenólicos amplamente distribuídos nas frutas e nos vegetais, apresentando-se sob muitas variações, como flavonóis,

flavonas, flavanonas, catequinas, antocianinas, isoflavonas e chalconas. Ocorrem em plantas na forma de glicosídios, sendo uma das substâncias responsáveis pela atribuição do perfil sensorial de frutas, atribuindo-lhes o corpo característico (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004). Suas principais fontes são: café, cebola, maçã, uva, cerveja, vinho tinto e especialmente chá, que contém, sobretudo catequinas em sua composição (SILVA *et al.*, 2015).

Na classe dos não-flavonoides estão os derivados dos ácidos hidroxicinâmico e hidroxibenzóico (Figura 3). Os ácidos fenólicos caracterizam-se por terem um anel benzênico, um grupamento carboxílico e um ou mais grupamentos de hidroxila e/ou metoxila na molécula (ANGELO; JORGE, 2007).

Figura 3 – Estrutura química dos ácidos (a) hidroxibenzóicos e (b) hidroxicinâmicos.

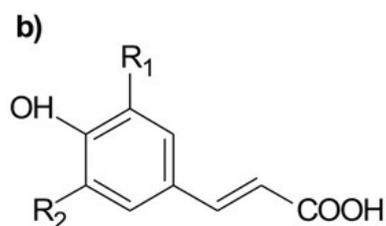


Ácido p-hidroxibenzóico: $R_1 = R_2 = H$

Ácido protocatecuico: $R_1 = OH, R_2 = H$

Ácido vanílico: $R_1 = OCH_3, R_2 = H$

Ácido siríngico: $R_1 = R_2 = OCH_3$



Ácido p-cumárico: $R_1 = R_2 = H$

Ácido caféico: $R_1 = OH, R_2 = H$

Ácido ferúlico: $R_1 = OCH_3, R_2 = H$

Fonte: Angelo e Jorge (2007).

Estudos realizados com os compostos fenólicos demonstram sua capacidade antioxidante, assim como seu possível efeito na prevenção de diversas enfermidades cardiovasculares, cancerígenas e neurológicas (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004; AGUILERA; MARTIN-CABREJAS; DE MEJIA, 2015). Essa atividade está relacionada com a posição dos grupos hidroxilas e também com a proximidade do grupo $-CO_2H$ em relação ao grupo fenil. Quanto mais próximo esse grupo estiver do grupo fenil, maior será a capacidade antioxidante do grupo hidroxila na posição meta (SILVA *et al.*, 2010). Os compostos fenólicos agem como antioxidantes não só pela capacidade em doar hidrogênios, mas também por seus radicais intermediários estáveis impedirem a oxidação de várias substâncias. Nos alimentos, a eficácia desses compostos como agentes antioxidantes depende da sua quantidade e estrutura química (ANGELO; JORGE, 2007).

Nos alimentos, as principais fontes de compostos fenólicos são frutas cítricas, como limão, laranja e tangerina, além de outras frutas, a exemplo da cereja, uva, ameixa, pera, maçã

e mamão, sendo encontrados em maiores quantidades na polpa que no suco da fruta. Pimenta verde, brócolis, repolho roxo, cebola, alho e tomate também são excelentes fontes destes compostos (ANGELO; JORGE, 2007). A polpa e casca da goiaba serrana também possuem em sua composição a presença de compostos fenólicos (SHAHIDI; NACZK, 1995; ISOBE *et al.*, 2003; NACZK; SHAHIDI, 2004; BEYHAN *et al.*, 2010; BENINCÁ, 2014; FENG *et al.*, 2014; PASQUARIELLO *et al.*, 2015; PETRY; NODARI; HOLDERBAUM, 2016).

Pasquariello *et al.* (2015) observaram uma atividade antioxidante de 1,41 até 2,82 μmol de equivalente de Trolox/g de fruta, relacionada principalmente à presença de compostos fenólicos totais (93-251 mg equivalente de ácido gálico.100 g⁻¹ de fruta fresca) e flavonoides (14-33 mg equivalentes de catequina.100g⁻¹ de fruta fresca) de 12 genótipos de goiaba serrana italianas. Monforte *et al.* (2014a) estudaram a composição fitoquímica de frutas *A. sellowiana* Berg. var. *coolidge* e var. *gorgiona* cultivadas na Sicília. Os autores observaram a presença de α , β , γ e σ -tocoferol, bem como catequina, eriodictiol, eriocitrin, pirocatecol, quercetina, rutina e os ácidos elágico, gálico e siríngico, substâncias importantes e fortemente relacionadas à atividade antioxidante. Silveira *et al.* (2016) também registraram a diversidade no conteúdo fenólico total (197-359 mg equivalentes de ácido gálico.100g⁻¹ de fruta fresca) de 14 genótipos de feijoa do Uruguai. Tuncel e Yılmaz (2015) identificaram ácidos siríngico e transcinâmico na polpa da goiaba serrana.

Estudos também tem evidenciado a presença de compostos fenólicos na casca da goiaba serrana, apresentando, inclusive, maior proporção que na polpa (AMARANTE *et al.*, 2017). Sun-Waterhouse *et al.* (2013) observaram nas cascas de goiaba serrana a presença de ácido protocatecuico, ácido p-hidroxibenzóico, dímeros de procianidina B1, catequina, ácido clorogênico, ácido cafeico, ácido 2,4-dihidroxibenzóico, epicatequina, ácido p-cumárico, ácido m-cumárico, ácido ferúlico, florizina, quercetina, floretina e naringenina. Tuncel e Yılmaz (2015) encontraram os ácidos ferúlico, siríngico, trans-cumárico e o-cinâmico nas cascas. Aoyama *et al.* (2018) identificaram recentemente flavona, o ácido elágico, o ácido arabinofuranosil-elágico e a isoquercitrina.

Em nível de metodologia, os compostos fenólicos podem ser quantificados pelo teor de compostos fenólicos totais, quantificação individual e/ou de um grupo ou classe de compostos fenólicos. A alta complexidade das substâncias fenólicas presentes nos alimentos e as diferenças de reatividade entre estas substâncias e os reagentes, faz com que várias sejam as variáveis que irão interferir na escolha da metodologia de determinação/quantificação destes compostos (ANGELO; JORGE, 2007). Um dos métodos mais usuais é o método de Folin-Ciocalteu. Nesse método, o reagente Folin-Ciocalteu, que consiste na mistura dos

ácidos fosfomolibdico e fosfotúngstico, em que o molibdênio se encontra no estado de oxidação (VI) formando um complexo de cor amarela ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), reage com compostos fenólicos, mas não de forma exclusiva, diminuindo seu estado de oxidação, e formando complexos de coloração azul.

Um crescente número de publicações tem aplicado o método de Folin-Ciocalteu para análise de fenóis totais juntamente a um ensaio baseado na transferência de elétrons para determinação da atividade antioxidante da amostra, uma vez que há excelentes correlações lineares entre o perfil de fenóis totais e a atividade antioxidante. Esta correlação está presente devido às similaridades químicas presentes entre estes ensaios (TOMEI; SALVADOR, 2016).

3.3.1.2 Carotenoides

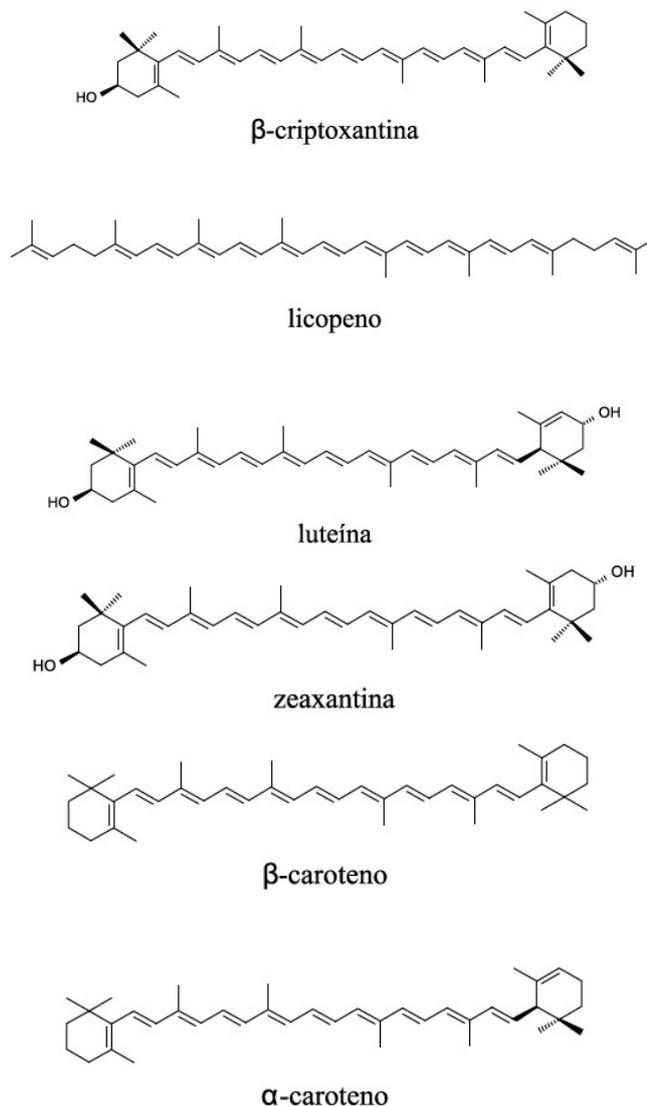
Carotenoides são um grupo de substâncias bioquímicas sintetizadas pelas plantas e encontradas em organelas celulares, os plastídeos. Alguns carotenoides, como as xantofilas, podem estar associados a proteínas e atuar como auxiliares na fotossíntese bem como fornecer cor amarela, laranja e vermelha a diversos vegetais (KHOO *et al.*, 2011). Amplamente distribuídos na natureza, os carotenoides estão entre os compostos pigmentantes mais importantes na alimentação, uma vez que detém atividade antioxidante e pró-vitáminica, atuando no sistema imunológico na prevenção de doenças degenerativas (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008).

Os carotenoides dos alimentos são tetraterpenóides C_{40} formados pela união cauda-cabeça de oito unidades isoprenóides C_5 , exceto na posição central, onde a junção ocorre no sentido cauda-cauda, invertendo assim a ordem e resultando numa molécula simétrica. Os grupos metila centrais estão separados por seis carbonos, ao passo que os demais, por cinco. A característica de maior destaque nestas moléculas é um sistema extenso de duplas ligações conjugadas, responsável por suas propriedades e funções. O esqueleto básico desta família de moléculas pode ser modificado de muitas maneiras, as quais incluem ciclização, hidrogenação, desidrogenação, introdução de grupos contendo oxigênio, rearranjos, encurtamento de cadeias ou combinações dessas modificações, resultando numa imensa variedade de estruturas. Carotenoides hidrocarboneto (p.ex.: β -caroteno, licopeno) são denominados simplesmente de carotenos e aqueles com funções químicas oxigenadas são chamados de xantofilas. Os grupos substituintes oxigenados mais comuns são os grupos hidroxila (como da β -criptoxantina), ceto (como da cantaxantina), epóxido (como da violaxantina) e aldeído (como da β -citraurina). Os carotenoides podem ser acíclicos (como o

licopeno), monocíclicos (como o γ -caroteno) ou bicíclicos (como o α e β -caroteno). Na natureza, os carotenoides se apresentam predominantemente na forma toda *trans* (ou toda-E), que é mais estável, embora pequenas quantidades de isômeros *cis* (ou Z) também possam ser encontradas (KHOO *et al.*, 2011).

As estruturas dos principais carotenoides de relevância nos alimentos e à saúde encontram-se ilustrados na Figura 4.

Figura 4 – Estrutura química dos principais carotenoides encontrados nos alimentos.



Fonte: RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN (2008).

Os alimentos variam qualitativa e quantitativamente na sua composição em carotenoides. Além da variedade, estado de maturação, clima, localização geográfica de produção, estação do ano, parte do vegetal analisado, o processamento e as condições de estocagem interferem no teor desses compostos. Laranja, cenoura, abóbora, batata doce,

papaia, manga e melão são ricas fontes de carotenoides. (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008).

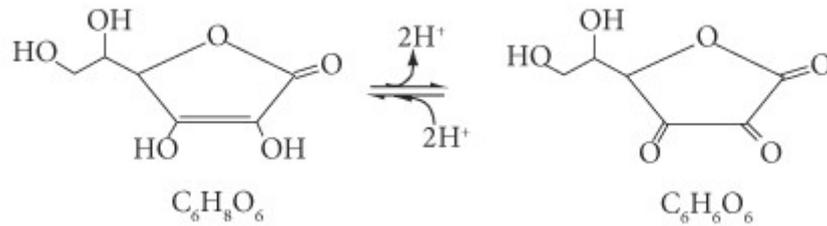
A estabilidade dos carotenoides depende da matriz do alimento e pode diferir de alimento para alimento, mesmo em se tratando das mesmas condições de processamento ou estocagem. Por isso, as condições de máxima retenção variam de um alimento para outro. Em decorrência da presença de duplas ligações, os carotenoides são sensíveis à presença de luz, temperatura e acidez. Dessa forma, a principal causa de perdas ou destruição de carotenoides durante o processamento ou a estocagem de alimentos é a oxidação, seja ela enzimática ou não (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008).

Atualmente, a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) é a técnica preferida para a determinação de carotenóides devido ao menor tempo envolvido na análise, reutilização da coluna, menor exposição à luz e oxigênio e melhor capacidade de separação, principalmente dos componentes minoritários. Entretanto, esta técnica está sujeita a varias fontes de erros como: incompatibilidade entre solvente de injeção e fase móvel, identificação equivocada, indisponibilidade, impureza e instabilidade dos padrões de carotenóides, quantificação de picos altamente sobrepostos, baixa recuperação da coluna cromatográfica, erros na preparação das soluções padrões e procedimento de calibração e erros de cálculo (RODRIGUEZ-AMAYA, 2004).

3.3.1.3 *Vitamina C*

O ácido ascórbico, ou vitamina C, é uma vitamina hidrossolúvel abundantemente encontrada nos alimentos. Na sua forma reduzida é conhecida com ácido ascórbico, ou ácido L-ascórbico, e na forma oxidada como ácido L-deidroascórbico (Figura 5). A forma reduzida é biologicamente ativa, instável, fácil e reversivamente oxidável à forma oxidada, que também é biologicamente ativa (TEIXEIRA; MONTEIRO, 2006; ROSA *et al.*, 2007). A oxidação reversível, que devido à perda de dois elétrons leva ao ácido L-deidroascórbico é a propriedade química mais importante e a base da atividade fisiológica da vitamina C. A atividade antioxidante da vitamina C envolve doação de um elétron e a formação do radical livre ascorbato (ROSA *et al.*, 2007).

Figura 5 – Reação de oxidação do ácido ascórbico em ácido L-deidroascórbico.



Fonte: TORALLES *et al.* (2008).

Mais de 85% da vitamina C é proveniente de vegetais como frutas e hortaliças, o que faz que com esses alimentos sejam a principal fonte dessa vitamina hidrossolúvel (BERTAGNOLI, 2014). A vitamina C também é amplamente usada na indústria de alimentos como antioxidante para aromatizantes e gorduras em geral, para cura de carnes, e até em farinha para melhorar a textura das massas (LU; SEIB, 1998). As principais fontes alimentares de vitamina C são frutas como acerola, cupuaçu, goiaba, laranja, limas e limões; hortaliças como brócolis e pimentão (TEIXEIRA; MONTEIRO, 2006).

Estudos mostram que o ácido ascórbico pode prevenir mutações causadas por estresse oxidativo no DNA de humanos (OLIVEIRA *et al.*, 2011a), pois atua como antioxidante por doar elétrons a espécies reativas como os radicais hidroxil, peroxil, superóxido, peroxinitrilo e oxigênio 'singlete', formando produtos menos reativos que os radicais livres. Os produtos da oxidação do ácido ascórbico (radical ascorbila e dehidroascórbico) são pouco reativos quando comparados a outros radicais, o que faz com que o ácido ascórbico seja um dos antioxidantes hidrossolúveis mais importantes para o organismo, capaz de eliminar espécies altamente reativas e formar um radical de reatividade baixa (CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007).

As atividades biológicas da vitamina C incluem prevenção do câncer, inibição da formação das nitrosaminas cancerígenas, diminuição do risco de doenças cardiovasculares, no tratamento da hipertensão e na redução da incidência de cataratas. Porém, ainda são necessários estudos científicos aprofundados que comprovem a relação desta vitamina com estas doenças, uma vez que muitas dessas observações são concluídas mediante estudos epidemiológicos (OLIVEIRA *et al.*, 2011a).

O ácido ascórbico é o nutriente mais afetado pelo processamento de frutas e vegetais, por isso sua retenção é usado frequentemente como indicativo da qualidade nutricional e até mesmo de conservação dos alimentos. Algumas vezes, até mesmo interações com outras

substâncias presentes no alimento contribuem para a diminuição dos níveis de vitamina C. A destruição desta, por exemplo, pode ser catalisada pela lumi-flavina, produto de degradação da riboflavina (vitamina B₂), que pode ser induzida pela presença de aminas (pois reações de escurecimento ocorrem com o ácido ascórbico de forma semelhante às que ocorrem com a glicose e outros açúcares) ou ainda pela presença de enzimas como a ácido ascórbico oxidase (NAIDU, 2003; ROSA *et al.*, 2007).

3.3.2 Atividade antioxidante

O estresse oxidativo está envolvido em muitos processos patológicos, como o câncer, a aterosclerose e doenças neurodegenerativas. Esse dano celular ocorre pela ação de radicais livres nos tecidos, que são átomos ou moléculas com elétrons desemparelhados, altamente reativos, produzidos naturalmente pelos processos fisiológicos do organismo. Fatores ambientais como poluição e radiação e comportamentais, como tabagismo e má alimentação, também podem impulsionar a formação desses radicais (BARBOSA *et al.*, 2010).

Antioxidantes são substâncias que retardam a reação de oxidação provocada pelos radicais livre. São amplamente distribuídos no reino vegetal, sendo os alimentos a principal fonte dessas substâncias para o organismo. Dentre os compostos existentes nos alimentos de conhecida ação antioxidante encontram-se os compostos fenólicos, os carotenoides, o ácido ascórbico, os tocoferóis (BENZIE; STRAIN, 1996; ARNÃO; CANO; ACOSTA, 2001; DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004; ALVES *et al.*, 2010).

Os antioxidantes podem ser divididos em duas classes: a dos com atividade enzimática e a dos sem essa atividade. Na primeira, estão os compostos capazes de bloquear a iniciação da oxidação, ou seja, as enzimas que removem as espécies reativas ao oxigênio. Na segunda classe, estão moléculas que interagem com as espécies radicalares e são consumidas durante a reação (TOMEI; SALVADOR, 2017).

Para quantificação do potencial antioxidante das amostras de alimentos, a literatura sugere metodologias baseadas em estudos da cinética química (métodos diretos) ou da transferência de elétrons (métodos indiretos). Em ensaios indiretos o processo é caracterizado por uma reação de oxi-redução entre o oxidante e o antioxidante. Ao ser reduzido, o oxidante muda de cor e a intensidade dessa mudança de cor é proporcional à atividade ou concentração do material antioxidante (TOMEI; SALVADOR, 2017).

O teste de redução do radical DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) foi primeiramente sugerido em meados de 1950. O radical DPPH é estável, de coloração púrpura,

porém quando reduzido passa a ter coloração amarela (TOMEI; SALVADOR, 2017). O método está baseado na capacidade do DPPH em reagir com doadores de hidrogênio. Na presença de substâncias antioxidantes o mesmo recebe H^+ sendo, então, reduzido. A capacidade da amostra de reduzir o DPPH, ou seja, evitar sua oxidação, é evidenciada pela porcentagem de DPPH restante no sistema (SANCHEZ-MORENO, 2002).

O ensaio TEAC (*Trolox Equivalent Antioxidant Capacity*) tem como princípio monitorar o decréscimo do cátion-radical $ABTS^{*+}$, produzido pela oxidação do ABTS (2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazilone-6-sulfonate) gerado pela adição de uma amostra contendo antioxidantes. A quantidade de $ABTS^{*+}$ consumida devido à reação deste com a substância antioxidante é expressa em Trolox equivalente (TOMEI; SALVADOR, 2017).

O ensaio FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) está baseado na capacidade dos fenóis em reduzir o Fe^{3+} em Fe^{2+} . Quando isto ocorre, na presença de 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ), a redução é acompanhada pela formação de um complexo corado com o Fe^{2+} . O ensaio é expresso em ácido ascórbico equivalente (TOMEI; SALVADOR, 2017).

Isobe *et al.* (2004) compararam a capacidade de prevenir a oxidação de ácido linoleico de polifenóis de goiaba serrana com o antioxidante comercial Trolox. A supressão de 50% do ácido graxo foi possível com 1250 μg de Trolox contra 152 μg para o extrato da casca e 197 μg para o extrato da polpa da goiaba serrana, evidenciando a alta atividade antioxidante desta fruta. Eles também evidenciaram que os polifenóis da casca e da polpa, quando adicionados a cookies, reduziram significativamente a oxidação em níveis de 68% e 60%, respectivamente.

3.3.3 Compostos formadores de aroma

A qualidade de bebidas e alimentos, em geral, é influenciada de forma bastante expressiva pelos compostos que lhe conferem *flavor*. O *flavor* é o termo empregado para a sensação gerada pela combinação entre o aroma e o sabor. Dentre os compostos que constituem a mistura complexa de bebidas e alimentos, apenas as substâncias voláteis são capazes de estimular os órgãos sensoriais responsáveis pelo olfato. São moléculas de pequeno tamanho, de hidrofobicidade média e peso molecular compreendido, geralmente, entre 30 $g.mol^{-1}$ e 300 $g.mol^{-1}$ (MORROT; BROCHET, 2000).

O aroma traduz a sensação recebida pelo cérebro quando o epitélio olfativo é atingido por uma fração de moléculas que se vaporizou no recipiente – via nasal direta – ou em contato com a boca – via retronasal (DUBOURDIEU, 1988; PORTMANN, 2000). Por conseguinte, a intensidade de uma sensação olfativa não depende somente da concentração desse

componente na fase líquida, mas também da sua volatilidade, da sua pressão de vapor e do seu limiar de percepção olfativo (OLIVEIRA, 2000).

O aroma de bebidas fermentadas é determinado pela presença de compostos voláteis que provém da variedade e grau de maturação da fruta (aromas primários), dos processos fermentativos (aromas secundários) e processos pós fermentativos, como o envelhecimento (aromas terciários).

Os aromas primários dependem da variedade da fruta, do seu grau de maturação, das suas condições sanitárias e edafoclimáticas do parreiral. Esses aromas se revelam durante o processo da colheita e das operações subsequentes (transporte, prensagem, maceração e clarificação). As substâncias envolvidas são essencialmente álcoois e aldeídos com seis átomos de carbono, formados por certos lípidios por ação de enzimas (OLIVEIRA, 2000; MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009). Estes compostos apresentam aroma herbáceo e tem um limiar de percepção baixo.

O aroma fermentativo se origina através da ação das leveduras durante a fermentação alcoólica e depende das condições do processo. Condições como anaerobiose, baixas temperaturas e clarificação são favoráveis à formação de ácidos graxos voláteis e seus ésteres, de papel fundamental na composição aromática final do vinho.

Análises qualitativas e quantitativas de compostos voláteis, responsáveis pelos aromas, são importantes tanto no produto *in natura* quanto no processo de produção e desenvolvimento de produtos alimentícios. Em bebidas fermentadas, o desenvolvimento da fermentação dependerá da forma como a levedura irá se adaptar às condições fermentativas. Esse fato, aliado às características de aroma da matéria prima, determinam os compostos voláteis que poderão ser produzidos durante o processamento. Álcoois, ésteres e ácidos formam os maiores e mais importantes compostos da fração volátil de bebidas alcoólicas. Os compostos carbonílicos, como cetonas e aldeídos, são minoritários, mas podem contribuir de forma expressiva no sabor desses produtos (CORREA *et al.*, 2010; BERTAGNOLI, 2014).

Os componentes voláteis de goiaba serrana têm sido analisados por análise de *headspace* e cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC-MS) (HARDY; MICHAEL, 1970; MOSBAH *et al.*, 2018; SHAW; ELLINGHAM; BIRCH, 1983). Os principais compostos voláteis da fruta intacta foram o benzoato de metila (39,2%), butanoato de etila (29,6%), benzoato de etila (10,6%), butanoato de cis hex-3-enil (8,5%), *trans* β -ocimeno (4,7%), hexanoato de etila (1,2%) e heptano-2-ona (0,8%) (SHAW *et al.*, 1983). Os primeiros 3 compostos possuem um forte aroma característico da fruta. Hardy e Michael

(1970) descobriram que o benzoato de metila e o benzoato de etila atingem mais de 90% do óleo volátil total.

SPME (acrônimo das iniciais em língua inglesa de *Solid Phase Micro Extration*) é uma técnica de extração e pré-concentração especialmente adequada para metodologias de análise química onde Cromatografia Gasosa (GC) ou Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) serão empregadas para a posterior separação, detecção, identificação e quantificação dos analitos presentes na amostra. O dispositivo para SPME consiste em um pedaço de fibra de sílica fundida (similar a uma fibra ótica) com 10 mm ou 20 mm de comprimento e diâmetro de até cerca de 160 μm , recoberta com filmes de até 100 μm de espessura de sorventes poliméricos como PDMS (polidimetilsiloxano) e poliacrilato, ou de dispersões de sólidos adsorventes como Carboxen (carvão ativo grafitizado) ou DVB (resina poliestireno-divinilbenzeno) em aglutinantes poliméricos. Essa fibra recoberta com sorvente é colada na ponta de um microtubo de aço inox adaptado ao uma agulha hipodérmica, formando o conjunto de fibra para SPME. Para uso, o conjunto de fibra é montado em um aplicador similar a uma microsseringa convencional: pressão no êmbolo desse aplicador faz com que o microtubo com a fibra de sílica presa corra no interior da agulha hipodérmica, expondo a fibra coberta com sorvente (VALENTE; AUGUSTO, 2000).

A operação de extração em SPME pode ser feita no modo direto ou de *headspace*. Para extrações diretas, a fibra sorvente é imersa em amostras líquidas (aquosas) ou gasosas. Já no segundo caso, mais adequado para extração de analitos de volatilidade moderada a alta e para amostras sólidas, suspensões ou materiais de origem biológica, a fibra é exposta ao headspace da amostra (fase vapor em contacto com uma porção dessa amostra lacrada em um recipiente confinado). Independentemente do modo operacional, espécies químicas presentes na amostra são retidas pelo filme de recobrimento da fibra até ser atingido equilíbrio entre as fases, quando idealmente a massa das espécies sorvidas pela fibra é proporcional à sua concentração original na amostra. Imediatamente após a extração, a fibra é recolhida no interior da agulha hipodérmica do dispositivo e exposta ao interior do injetor aquecido de um cromatógrafo a gás (ou, alternativamente, ao solvente em uma interface própria de um cromatógrafo a líquido). Os analitos coletados são dessorvidos diretamente no sistema cromatográfico, onde ocorrerá sua separação e detecção (DÓREA; GAUJAC; NAVICKIENE, 2008).

São grandes as referências literárias para a composição aromática de bebidas alcoólicas fermentadas, principalmente de vinhos e espumantes de uvas (WELKE *et al.*, 2012a; WELKE *et al.*, 2012b; WELKE *et al.*, 2014; NICOLLI *et al.*, 2015; SOARES *et al.*,

2015). No entanto, há poucos e antigos estudos a respeito da composição aromática da goiaba serrana e nenhum a respeito dos produtos elaborados com esta fruta, principalmente de amostras brasileiras.

3.4 APROVEITAMENTO DOS SUBPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DE FRUTAS

O Brasil possui aproximadamente 33,5 mil empresas do setor alimentício (TERA, 2016). Ao término do processamento dos alimentos, principalmente frutas e hortaliças, há geração de grande quantidade de resíduos, cerca de 30-40% do peso da matéria-prima (LOUSADA JÚNIOR *et al.*, 2006; NASCIMENTO FILHO; FRANCO, 2015). Estes resíduos caracterizam-se, principalmente, pela sua natureza orgânica, sendo bagaços, cascas, sementes e sobras dos cortes provenientes da produção de sucos, polpas, doces, bebidas, entre outros (MIGUEL *et al.*, 2008).

Tradicionalmente, estes resíduos são empregados para alimentação animal (KOBORI; JORGE, 2005) ou são indevidamente descartados no meio ambiente gerando uma intensa preocupação com a contaminação ambiental. Estes fatos despertaram o interesse de pesquisas científicas acerca de outras formas de aproveitamento do que é descartado, tendo em vista que muitas vezes é um resíduo de composição química altamente aproveitável para obtenção de substratos, na recaptura de compostos funcionais ou com potencial de aplicação tecnológica (como fibras, proteínas, lipídios e compostos antioxidantes que poderiam suplementar a alimentação humana ou, ainda, substituir aditivos sintéticos), os resíduos agroindustriais vêm sendo denominados como subprodutos alimentares (MACAGNAN, 2013).

Dentre os diversos tipos de subprodutos gerados pela indústria de alimentos, encontram-se as cascas e o mesocarpo das frutas. Do ponto de vista nutricional, são, de uma forma geral, subprodutos com alto teor de fibras, vitaminas, minerais e compostos com atividade antioxidante, como compostos fenólicos e carotenoides (MACAGNAN, 2013; NASCIMENTO FILHO; FRANCO, 2015; ARAÚJO, 2017), transformados em farinhas que podem ser aplicadas no enriquecimento de diversas matrizes alimentares.

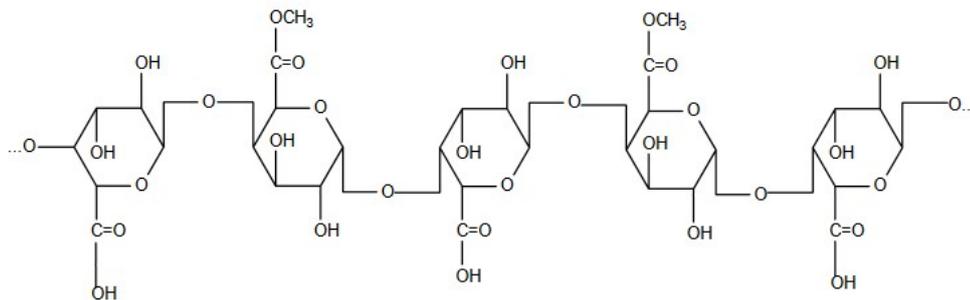
Outra forma de aproveitamento destes subprodutos é a sua utilização como matéria-prima para extração de compostos que serão empregados como ingredientes ou aditivos no processamento de alimentos. Substâncias como corantes naturais, enzimas, proteínas, aditivos enológicos já foram extraídas de subprodutos agroindustriais. Outra substância amplamente investigada em subprodutos do processamento de frutas é a pectina, um polissacarídeo largamente empregado como agente espessante, geleificantes e estabilizante em formulações

alimentares como gomas, geleias, produtos lácteos entre outros (NASCIMENTO FILHO; FRANCO, 2015).

3.4.1 Pectina

A pectina é provavelmente uma das mais complexas macromoléculas presentes na natureza e um dos principais constituintes da parede celular das plantas (NASCIMENTO FILHO; FRANCO, 2015). A pectina refere-se a uma família de oligossacarídeos e polissacarídeos, com características comuns, todavia extremamente diversos em sua estrutura fina. O esqueleto péctico é primariamente um homopolímero de ácido galacturônico ligado em α (1 \rightarrow 4), com grau variável de grupos carboxilas metil esterificados (Figura 6) (BOBBIO; BOBBIO, 2003; CANTERI *et al.*, 2012).

Figura 6 – Estrutura química da pectina.



Fonte: BOBBIO; BOBBIO (2003).

A pectina é um polissacarídeo natural com propriedade gelificantes, frequentemente usado com aditivo alimentar em diversas classes de produtos alimentares industrializados. O mecanismo de gelificação é complexo e depende dos parâmetros temperatura, qualidade da pectina, pH, teor de açúcar e concentração de íons cálcio.

Devido à grande variedade de matérias-primas, existem também grandes diferenças no poder geleificante de preparações de pectina (VORAGEN *et al.*, 1995; PAIVA; LIMA; PAIXÃO, 2009). A pectina comercial em pó pode ser classificada como de alta taxa de metoxilação (ATM), com percentual de grupamentos esterificados na cadeia (grau de esterificação ou GE) superior a 50%, porém na prática apresenta-se entre 50 e 75%, ou de baixa taxa de metoxilação (BTM), com GE inferior a 50%, na prática entre 20 e 45% (CANTERI *et al.*, 2012).

As principais fontes industriais de pectina são a maçã, o albedo de frutas cítricas, a polpa da beterraba e capítulos de girassol (PAIVA; LIMA; PAIXÃO, 2009; CANTERI *et al.*, 2012). Dentre as matérias-primas alternativas estudadas para extração de substâncias pécticas estão a casca da manga e de maracujá (THAKUR; SINGH; HANDA, 2009), polpa de frutas vermelhas (HAMINIUK *et al.*, 2009), gabioba (SANTOS *et al.*, 2009), a farinha de polpa e casca de goiaba (MUNHOZ; SANJINEZ-ARGANDONA; SOARES-JUNIOR, 2010) repolho (WESTERENG *et al.*, 2008), casca de coco (CHAN; CHOO, 2013), cascas de amoreira (LIU *et al.*, 2011), cascas de feijão (KORISH, 2015), resíduos de sisal (SANTOS *et al.*, 2015), cascas de melancia (MARAN *et al.*, 2014), cascas de romã (PEREIRA *et al.*, 2016), cascas de manga (WANG *et al.*, 2016) e cascas de banana (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Na Tabela 1, podem ser encontrados os teores aproximados de pectina em diferentes fontes vegetais.

Embora a extração de pectina varie de acordo com a matéria-prima, em linhas gerais, o processo compreende: extração do vegetal de origem em meio aquoso ácido; purificação desse líquido extraído e isolamento da pectina por precipitação. A extração em meio ácido sob aquecimento é o método utilizado industrialmente para obtenção de pectinas a partir de resíduos industriais de sucos de frutas. Diferentes ácidos podem ser utilizados nesse processo. Em alguns países, os ácidos minerais são proibidos, sendo substituídos por cítrico, láctico ou tartárico. As condições são variáveis, mas via de regra um pH na faixa de 1,5-3,0 é utilizado por 0,5-6,0 horas, numa faixa de temperatura de 60-100 °C. A razão sólido-líquido é geralmente 1:18, sendo cerca de 1:15 para o bagaço de maçã e 1:35 para o bagaço cítrico, ambos desidratados (THAKUR; SINGH; HANDA, 2009).

Pectinas com rápida gelificação, com grau de metoxilação maior que 70% (GE>70%), são tipicamente extraídas em pH 2,5 e 100 °C por 45 minutos. Pectinas com velocidade média ou lenta de geleificação (GE 60-70%) são extraídas em temperaturas mais baixas por períodos mais longos de tempo (por exemplo, a 60°C por 4 horas), visto que em baixas temperaturas o procedimento de desesterificação é mais rápido que a despolimerização (CANTERI *et al.*, 2012).

Tabela 1 – Teor percentual de pectina para algumas frutas.

Fruto	% em Massa Fresca	% em Massa Seca	Grau de metoxilação (%)	Fonte
Maçã (<i>Malus</i> sp.)	0,5-1,6	4-7	-	
Bagaço de maçã	1,5-2,5	15-20	-	
Albedo cítrico (<i>Citrus</i> sp.)	-	30-35	-	
Casca de laranja (<i>Citrus sinensis</i>)	3,5-5,5	-	-	
Maracujá (<i>Passiflora edulis</i> S.)	0,5	-	-	
Maracujá gigante (<i>P. quadrangularis</i> L.)	0,4	-	-	
Casca de maracujá	2,1-3,0	-	-	
Batata	-	2,5	-	
Banana (<i>Musa acuminata</i>)	0,7-1,2	-	-	
Beterraba (<i>Beta vulgaris</i>)	1,0	-	-	
Carambola (<i>Averrhoa carambola</i>)	0,7	-	-	CANTERI <i>et al.</i> (2012)
Goiaba (<i>Psidium guajava</i>)	0,8-1,0	-	-	
Polpa de limão (<i>Citrus lemon</i>)	2,5-4,0	-	-	
Lichia (<i>Litchi chinensis</i> S.)	0,4	-	-	
Manga (<i>Mangifera indica</i> L.)	0,2-0,4	-	-	
Mamão (<i>Carica papaya</i>)	0,7-1,0	-	-	
Pêssegos (<i>Prunus persica</i>)	0,1-0,9	-	-	
Abacaxi (<i>Ananas comosus</i> L.)	0,04-0,1	-	-	
Morangos (<i>Fragaria ananassa</i>)	0,6-0,7	-	-	
Tamarindo (<i>Tamarindus indica</i> L.)	1,71	-	-	
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	0,2-0,6	3	-	
Bagaço de uva (<i>Vitis vinifera</i> L.)	-	3,19-29,38	20,09-61,19	MINJARES-FUENTES <i>et al.</i> (2014)
Cascas de banana (<i>Musa acuminata</i>)	-	5,21-12,21	43,45-76,61	OLIVEIRA <i>et al.</i> (2016)
Casca do melão (<i>Cucumis melo</i> L.)	-	2,87-28,98	1,33-29,33	RAJI <i>et al.</i> (2017)
Casca do maracujá amarelo (<i>Passiflora edulis f. flavicarpa</i>)	-	15,9	67,5-70,3	Vasco-correa; Zapata (2017)
Casca do Cubiu (<i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal)	-	14,2	62	Colodel; Petkowicz (2018)
Casca de manga (<i>Mangifera indica</i> L.)	-	1,55-17,15	85,43-88,38	WANG <i>et al.</i> (2016)
Cascas do cacau torrado (<i>Theobroma cacao</i> L.)	-	3,7-10,6	40,3	Vriesmann <i>et al.</i> (2012)

Tabela 1 – Teor percentual de pectina para algumas frutas.

				(conclusão)
Casca de banana (<i>Musa balbisiana</i>)	-	8,99	-	MARAN <i>et al.</i> (2017)
Casca de romã (<i>Punica granatum</i> L.)	-	3,92-11,18	47,18-71,45	Pereira <i>et al.</i> (2016)
Resíduo de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.)		15,1-21,1	76,9-89,0	Grassino <i>et al.</i> (2016)
Bagaço de beterraba	-	6,3-23,0	-	LI <i>et al.</i> (2015)
Bagaço de Cenoura (<i>Daucus carota</i> L.)	-	5,0-15,2	22,1-51,8	JAFARI <i>et al.</i> (2017)

Um dos principais usos da pectina na tecnologia de alimentos encontra-se na produção de doces elaborados com frutas e vegetais. Dentre esses doces, a geleia é bastante apreciada em virtude de suas características organolépticas. É um produto obtido a partir do suco ou polpa de frutas que, quando processadas, adquirem consistência de gel em função da presença de pectina, açúcar e acidez (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

A Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA), através da Resolução nº 12, de 1978 (BRASIL, 1978), definiu na presente data geleia de fruta como produto obtido pela cocção, de frutas, inteiras ou em pedaços, polpa ou suco de frutas, com açúcar e água e concentrado até consistência gelatinosa. O produto deve ser preparado com frutas sãs, limpas, isentas de matérias terrosas, de parasitos, de detritos, de animais ou vegetais e de fermentação; deve estar isenta dos pedúnculos e de cascas, mas pode conter fragmentos da fruta, dependendo da espécie empregada no preparo do produto. Pode-se adicionar glicose ou açúcar invertido, mas a geleia não pode ser colorida e nem aromatizada artificialmente. É tolerada a adição de acidulantes e de pectina para compensar qualquer deficiência no conteúdo natural de pectina ou de acidez da fruta.

Pela mesma legislação, é possível classificar a geleia em:

- a) Comum: quando reparada numa proporção de 40 partes de frutas frescas (ou seu equivalente) para 60 partes de açúcar. As geleias de frutas com grande teor de acidez podem ser preparadas com 35 partes de frutas (ou seu equivalente à fruta fresca) com 65 partes de açúcar;
- b) Extra: quando feita numa proporção de 50 partes de frutas frescas (ou seu equivalente) para 50 partes de açúcar.

Na preparação da geleia a acidez e o pH devem ser controlados. Sabe-se que a acidez total não deve exceder a 0,8%, e o mínimo indicado é de 0,3%. O pH máximo é de 3,4. A

legislação brasileira também estabelece um teor mínimo de 65% de sólidos solúveis (BRASIL, 1978). Pectinas de alto grau de metoxilação gelificam em condições de pH entre 2,0 e 3,5 e concentrações de sacarose entre 50-65%, enquanto que as de baixo grau de metoxilação formam gel na ausência de sacarose e requerem a presença de cátions bivalentes, como cálcio, podendo gelificar na faixa de pH entre 2,5 e 6,5 (SUNDAR RAJ *et al.*, 2012; GRANATO; NUNES, 2016; EINHORN-STOLL, 2018).

4 ARTIGOS CIENTÍFICOS

4.1 ARTIGO 1

**Desenvolvimento, caracterização físico-química, análise de compostos bioativos e
atividade antioxidante de fermentado de goiaba serrana**

[*Acca sellowiana* (O.Berg) Burret]

(Artigo formatado e submetido à Revista Ciencia e Investigación Agrária)

Desenvolvimento, caracterização físico-química, análise de compostos bioativos e atividade antioxidante de fermentado de goiaba serrana [*Acca sellowiana* (O.Berg) Burret]

Resumo: O objetivo deste trabalho foi elaborar um fermentado de goiaba serrana e avaliá-lo quanto aos parâmetros físico-químicos, compostos bioativos e atividade antioxidante. A goiaba serrana foi colhida no ponto de maturação fisiológica e a fermentação empregando-se a polpa da fruta foi conduzida em BOD a temperatura de 16 ± 2 °C, por 15 dias. Ao final do processo fermentativo, foram avaliados os parâmetros de caracterização físico-químicas, compostos fenólicos totais e flavonoides totais por espectrofotometria, carotenoides por HPLC e atividade antioxidante pelos métodos FRAP, DPPH e ABTS. Para fins comparativos e avaliativos do processo, as mesmas análises foram realizadas na polpa *in natura*. O processo fermentativo da goiaba serrana apresentou um alto rendimento (82%), além de características físico-químicas em conformidade com esta classe de bebida. Foram identificados na fruta *in natura* seis carotenoides, estando em maior concentração a (all)-*trans*-luteína e a β -criptoxantina, e um teor de compostos fenólicos de 176,22 mg de EAG.100g⁻¹ e 0,11 meq de quercetina.100g⁻¹ de flavonoides totais. No fermentado, observou-se menor teor de compostos bioativos do que na fruta *in natura*, porém maior atividade antioxidante. O fermentado de goiaba serrana mostrou-se um produto tecnológico viável de ser produzido, com características pertinentes aos fermentados de frutas, além de possuir alta atividade antioxidante.

Palavras-chave: feijoa; fermentado de fruta; tecnologia de bebidas; carotenoides; atividade antioxidante.

Introdução

Atualmente, existem vários processos tecnológicos passíveis de serem utilizados para o máximo aproveitamento de alimentos que apresentam qualidade nutricional e funcional para o organismo humano. Dentre eles, pode-se citar como um dos mais empregados a transformação de matérias-primas ricas em açúcares em bebidas alcoólicas. Os vinhos são provavelmente os produtos mais tradicionais desta classe, com registros de produção datados há mais de 7500 anos (Davidovic et al., 2013), empregando a uva como matéria-prima. Entretanto, com a evolução das técnicas fermentativas em muitos países, bem como a necessidade de aproveitamento da produção frutícola, a palavra vinho internacionalmente

também se refere à bebida alcoólica fermentada a partir de outras frutas, pelos mesmos processos de fabricação, podendo ser denominadas de vinho de fruta ou de fermentado de fruta (Jagtap e Bapat 2015). Entretanto, no Brasil a legislação nacional permite o uso da denominação vinho apenas para aqueles produzidos a partir de uvas (BRASIL, 1988; BRASIL, 2018).

O processo fermentativo pode ser uma excelente opção para o uso de produtos alimentares que vem sendo negligenciados ao longo dos anos. Além de gerar produtos muito apreciados pelos consumidores e aproveitar o excedente da colheita, possibilita a extração de compostos bioativos insolúveis na forma *in natura* da matéria-prima, fazendo com que compostos bioativos possuam uma maior biodisponibilidade durante o consumo e sejam consumidos no período entressafra (Jagtap e Bapat 2015). Dessa forma, muitos pesquisadores têm empregado as metodologias de produção da viticultura no desenvolvimento de fermentados de frutas como lichia (Alves et al., 2011), pêssego (Davidovic et al., 2013), cacau, cupuaçu, gabirola, jaboticaba, umbu (Duarte et al., 2010a), framboesa (Duarte et al., 2010b), manga (Varakumar, Kumar e Reddy, 2011), entre outras. Contudo, torna-se importante, para a condução de um processo de qualidade, o conhecimento das características intrínsecas do alimento a ser utilizado industrialmente.

Neste sentido, a goiaba serrana [*Acca sellowiana* (O.Berg) Burret] é uma espécie da família Myrtaceae, nativa do planalto meridional brasileiro e nordeste do Uruguai. Internacionalmente, a goiaba serrana tem seu cultivo mais expressivo em países como Estados Unidos, Nova Zelândia, Colômbia, Itália e Uruguai. No Brasil, é encontrada com maior frequência em áreas de clima frio e com altitudes superiores a 800m, como a Serra Gaúcha e os campos de altitude dos Estados Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (Weston 2010). Nos últimos dez anos, o interesse científico pela goiaba serrana aumentou de forma expressiva, sendo o Brasil o maior pesquisador, seguido pela Nova Zelândia e Itália. Porém, a maioria destas pesquisas estão enquadradas na avaliação do potencial agrônomo, pós-colheita e potencial nutracêutico, havendo deficiência de estudos sobre características tecnológicas desta fruta, apesar da alta perecibilidade já observada.

A goiaba serrana é conhecida não somente pelo sabor doce acidulado e intensidade aromática, mas também por ser boa fonte de compostos fenólicos (Saj, Roy e Savitha 2008), como catequina, eriodictiol, eriocitrin, pirocatecol, quercetina, rutina e os ácidos elágico, gálico e siríngico (Ferrara et al., 1999; Lapcik et al., 2005; Monforte et al., 2014), α , β , γ e σ -tocoferol, flavona, estigmasterol, β -caroteno (Ruperto e Tringali, 2004; Monforte et al., 2014), vitaminas C e do complexo B, além de minerais como ferro, cálcio, potássio, zinco, fósforo,

manganês e magnésio (Basile et al., 1997; WESTON 2010). Associadas à determinação dos compostos bioativos, encontram-se inúmeras pesquisas evidenciando o potencial antioxidante desta fruta (Beyhan, Elmastas and Gedikli 2010; Weston 2010; Sun-Waterhouse et al., 2013; Pasquariello et al., 2015; Tuncel e Yilmaz 2015).

Uma vez citada a importância nutricional, bem como a deficiência de estudos científicos sobre produtos derivados de goiaba serrana, o objetivo deste trabalho foi elaborar um fermentado empregando-se a polpa desta fruta, caracterizá-lo quanto aos parâmetros físico-químicos e avaliá-lo quanto à atividade antioxidante e compostos bioativos comumente relacionados a ela.

Materiais e Métodos

Amostras

As frutas foram coletadas ao acaso, no ponto de maturação (identificado pelo fácil desprendimento da fruta da planta mediante toque), na cidade de São Joaquim, SC (latitude 28° 16' 40,02" S, longitude 49° 56' 09,10" W e altitude de 1.400 m), na safra de 2016. Após a colheita, as frutas foram transportadas em caixa de polietileno até o Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, campus Urupema, onde foram processadas no Laboratório de Tecnologia de Frutas e Hortaliças.

Primeiramente, as frutas foram higienizadas com água corrente e sanitizadas com hipoclorito de sódio (NaClO) a 200 ppm por 15 minutos. Em seguida, foram cortadas ao meio com facas de aço inox, a polpa foi retirada manualmente e armazenada a $-18,0 \pm 2^{\circ}\text{C}$, dentro de sacos plásticos, até o momento das análises.

Fermentado

O fermentado foi elaborado tendo-se como referência os procedimentos para elaboração de vinhos brancos. A polpa da goiaba serrana foi descongelada a temperatura de $5,0 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e batida em liquidificador em baixa velocidade por alguns segundos para maior homogeneização no preparo do mosto. O mosto foi transferido para recipiente de polietileno, com capacidade total de 20 L. Cada recipiente recebeu 12 kg de polpa e foi sulfitado com metabissulfito de potássio na concentração de 200 ppm. Após 30 minutos, acrescentou-se enzima pectinolítica Lafazym® Extract (Laffort) na concentração de $4\text{g}\cdot 100\text{kg}^{-1}$. Os

recipientes fermentativos com o mosto foram armazenados em BOD LimaTec 320 TFP-II por 2h a $16 \pm 2^\circ\text{C}$, e então procedeu-se a adição do pé de cuba e a chaptalização até 18 °Brix (mosto com 12 °Brix). O pé de cuba foi elaborado com solução glicosilada (50g.L^{-1}), a $38 \pm 2^\circ\text{C}$, empregando-se $25\text{g.}100\text{kg}^{-1}$ de levedura *Saccharomyces cerevisiae* (Zimaflor Delta) e ativante a base de fosfato de amônio bi-básico, perlita e cloridrato de tiamina (Thiazote[®], Laffort, $10\text{g.}100\text{kg}^{-1}$). Após 48h, quando o mosto estava em plena fermentação, acrescentou-se mais $15\text{g.}100\text{kg}^{-1}$ de ativante. O mosto foi fermentado na mesma BOD, a temperatura controlada de $16 \pm 2^\circ\text{C}$, por 15 dias. Após o término da fermentação alcoólica, o fermentado foi clarificado empregando-se baixas temperaturas ($1 \pm 2^\circ\text{C}$), clarificante gelatina (50ml.L^{-1}) e sílica (30ml.L^{-1}), com posterior sulfitagem (30 ppm de metabissulfito de potássio), filtração e engarrafamento. A fermentação foi realizada em duplicata.

Análises físico-químicas

Para identificação dos parâmetros iniciais de fermentação, a polpa da goiaba serrana foi avaliada quanto ao teor de sólidos solúveis totais (SST), por refratometria e expresso em °Brix; quanto à acidez total (AT), por titulometria de neutralização com NaOH 0,1M e expressa em $\text{mg.}100\text{g}^{-1}$ de ácido cítrico; e quanto ao pH por medição direta em peagâmetro digital (MS Tecnopeon mPA-210) (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

O fermentado foi analisado quanto ao pH, por medição direta em peagâmetro digital (MS Tecnopeon mPA-210); acidez total (AT), por titulometria de neutralização com NaOH 0,1M e expressa em meq.L^{-1} ; acidez volátil (AV), por destilação por arraste de vapor, seguida de titulação com NaOH 0,1M e expressa em meq.L^{-1} ; acidez fixa, por subtração da acidez total e acidez volátil, expressa em meq.L^{-1} ; teor alcoólico por destilação (% v/v) (Instituto Adolfo Lutz, 2008); teor de sólidos solúveis totais (SST), por refratometria e expresso em °Brix; açúcares redutores (AR), pelo método de Lane-Eynon e extresso em g.L^{-1} (Amerine e Ough, 1980); densidade, por imersão de densímetro diretamente na amostra; SO_2 total e livre, pelo método de Ripper, expressos em mg.L^{-1} (Zoecklein et al., 2001); extrato seco total (Instituto Adolfo Lutz, 2008). O rendimento da fermentação foi calculado pelo quociente entre o volume de fermentado produzido e a quantidade de polpa empregada. As análises foram realizadas em triplicata, no momento do engarrafamento.

Teor de Compostos Fenólicos Totais

O teor de compostos de fenólicos totais da polpa e do fermentado de goiaba serrana foi determinado pelo método modificado de Folin-Ciocalteau (Swain e Hillis, 1959). Em um tubo de ensaio, adicionou-se 104 μL de amostra e 1667 μL de água destilada. Posteriormente, adicionou-se aos tubos, 104 μL de reagente de Folin-Ciocalteau 0,25 N (Sigma-Aldrich®). Ao final de 3 minutos de incubação, adicionou-se 208 μL de Na_2CO_3 1N. Após 2 horas, a leitura foi realizada em espectrofotômetro UV/VIS modelo 752 D, a 725nm, tendo ácido gálico como padrão. Os compostos expressos em mg de equivalente de ácido gálico/100mL.

Teor de Flavonoides Totais

Os flavonoides totais na polpa e no fermentado de goiaba serrana foram determinados segundo Zhishen et al. (1999). Em 0,5 mL de cada amostra, foram adicionados 2 mL de água deionizada e 150 μL de solução 5 % de NaNO_2 , e após 5 minutos, 150 μL de solução aquosa 10 % de AlCl_3 foi adicionada. Ao final de mais 5 minutos de incubação, adicionou-se 1 mL de solução 1 mol.L⁻¹ de NaOH e as leituras foram realizadas utilizando espectrofotômetro (510 nm), empregando quercetina como padrão, com expressão dos resultados em meq quercetina.100mL⁻¹.

Determinação e Quantificação de Carotenoides

A identificação e quantificação dos carotenoides na polpa e no fermentado de goiaba serrana foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) de acordo com Mercadante and Rodriguez-Amaya (1998), Rodrigues, Mariutti e Mercadante (2013) e Crizel et al. (2016). Os pigmentos de 20g de amostra foram extraídos exaustivamente com acetona (até descoloração da mesma), acrescentados a uma mistura de água destilada e éter de petróleo/éter etílico [1:1 (v/v)] em funil de separação, e saponificados com solução de KOH 10% em metanol por uma noite a temperatura ambiente. Os extratos foram lavados com água destilada até eliminação do álcali. A fração oleosa do funil foi acrescentada de sulfato de sódio anidro e concentrada em rotaevaporador (Fisatom, modelo 801/802, Brasil). O extrato concentrado foi transferido para vidro âmbar, seco com nitrogênio e redissolvido em 300 μL de mistura de MeOH:MTBE [50:50 (v/v)] (MTBE - JT Baker, CAS. Número 1634-04-4, pureza 99.96%). Antes da injeção no cromatógrafo, o extrato foi sonicado (Unique, model

USC 1400) e filtrado em unidade filtrante descartável de teflon hidrofílico, de porosidade 0,45 μ m (Millex LCR). Extração e injeção ocorreram em triplicata, em cromatógrafo Waters e2695, conectado em série a um detector de arranjo de diodos (DAD).

Os carotenoides foram separados em uma coluna C₃₀ YMC (5 μ m, 250 mm \times 4,6 mm) utilizando como fase móvel um gradiente linear de uma mistura MeOH:MTBE de 95:5 (v/v) até 70:30 (v/v) por 30 minutos, seguido de 50:50 (v/v) por 20 minutos, mantendo essa proporção por 15 minutos. O fluxo da fase móvel foi de 0,9 mL.min⁻¹ e a temperatura da coluna foi ajustada para 29 °C. Os espectros foram obtidos entre 200 nm e 600 nm e os cromatogramas processados a 450 nm. Os resultados combinados dos seguintes parâmetros foram considerados na identificação dos compostos: ordem de eluição na coluna C₃₀, características dos espectros UV/vis (comprimento de onda de máxima absorção (λ_{max}) comparadas aos padrões analisados nas mesmas condições e com dados disponíveis na literatura. A quantificação dos carotenoides foi realizada utilizando curva analítica do padrão externo β -caroteno (Sigma-Aldrich, St Louis, MO) com concentrações de 0,125, 0,25, 0,5, 1, 3, 6, 10, 12, 15 e 20 μ g.mL⁻¹ (curva linear: R²= 0,998; LD = 0,1 μ .mL⁻¹; LQ = 2,75 μ .mL⁻¹), e os resultados expressos em μ g.g⁻¹ de amostra. Durante as extrações e análises, as amostras foram mantidas sob proteção da luz solar e artificial pela utilização de vidrarias âmbar, papel alumínio e luzes apagadas.

Determinação e Quantificação de Vitamina C

Polpa e fermentado foram avaliados quanto ao teor de vitamina C (ácido-L-ascórbico) por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), segundo metodologias propostas por Romeu-Nadal et al. (2006) e Rosa et al. (2007), com adaptações.

Amostra de polpa (2g) foi dissolvida em 5mL de ácido metafosfórico a 2%, agitada em vortex por 5 minutos e cetrifugada a 3000 rpm por 10 minutos. Após, o sobrenadante foi filtrado em unidade filtrante descartável de teflon hidrofílico, de porosidade 0,45 μ m (Millex LCR), e colocadas em frasco com tampa de rosca e septo de silicone para injeção. A preparação do fermentado constituiu de 400 μ L do mesmo dissolvido em 1600 μ L de ácido metafosfórico a 2%, filtrado em unidade filtrante descartável de teflon hidrofílico, de porosidade 0,45 μ m (Millex LCR), e colocadas em frasco com tampa de rosca e septo de silicone para injeção. Utilizou-se cromatógrafo da marca Shimadzu, bomba LC-20AD, detector DAD SPD-M20A, com coluna C18 (Merck LiChrospher® 100 RP-18, 5 μ m, 250mm x 4mm). A fase móvel constituiu água Milli-Q acidificada 0,5% com ácido fosfórico e

metanol acidificado 0,5% com ácido fosfórico, com eluição isocrática na vazão de 0,5 mL/minuto, volume de injeção de 20 µL e o comprimento de onda 254nm.

Os picos foram identificados pela comparação dos tempos de retenção do padrão de ácido L-ascórbico e das amostras, ambos analisados sob as mesmas condições. A quantificação foi baseada em curva de calibração do padrão de ácido L-ascórbico, a partir de uma solução estoque de ácido ascórbico (1mg/L) nas concentrações 1, 2, 5, 10 e 50 µg/mL expressando os resultados em mg/g de amostra de polpa e mg/mL de amostra de fermentado ($R^2= 0,9998$; LD=1,18; LQ=3,56). Solução padrão de ácido L-ascórbico (Vetec, Brasil) foi preparada com 0,050g de ácido L-ascórbico e 50mL de ácido metafosfórico a 2%. A solução de ácido metafosfórico a 2% foi preparada empregando-se água Milli-Q como diluente. Durante as análises, as amostras foram mantidas sob proteção da luz solar e artificial e do calor pela utilização de vidrarias âmbar, papel alumínio, luzes apagadas e gelo.

Atividade antioxidante pelos métodos DPPH, ABTS e FRAP

A atividade antioxidante foi determinada na polpa e no fermentado de goiaba serrana por três métodos distintos. Através da capacidade de remoção do radical DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil), conforme metodologia de Brand-Willians et al. (1995), 100 µL de cada amostra foram acrescentados a 1900 µL de DPPH 0,1mM sendo a leitura realizada após 24 horas de incubação a temperatura ambiente, em comprimento de onda de 515 nm.

A determinação da atividade antioxidante, através do método do radical ABTS (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolino-6-sulfônico), foi conduzida segundo Arnao et al. (2001), com algumas modificações. Em 30 µL de amostra foi adicionado 3000 µL da solução ABTS⁺ e homogeneizados em agitador de tubos. Após 6 minutos no escuro, leitura de absorbância da cor resultante foi realizada em espectrofotômetro a 734 nm.

Já a atividade antioxidante pelo método de redução do Ferro (FRAP) foi realizada segundo Benzie e Strain (1996) após modificações. Em alíquotas de 100 µL das amostras foram adicionados 100µL da solução de cloreto férrico 3 mM e 1800 µL de solução de TPTZ (2,4,6-Tris(2-píridil)-s-triazina) 1 mM, que foram mantidos 30 minutos em banho-maria a 37°C. A leitura foi realizada em 620 nm. Para todos os métodos, Trolox foi utilizado como o padrão e os resultados expressos em mg de equivalente Trolox.100mL⁻¹.

Análise estatística

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em média \pm desvio padrão. Os valores médios obtidos para o fermentado foram comparados aos da polpa da goiaba serrana por análise de variância (ANOVA) e teste t de comparação de médias, a nível de 5% de probabilidade, empregando o software Statistica versão 7.0 (StatSoft Inc., 2011. Tulsa. OK. USA).

Resultados e Discussão

Propriedades físico-químicas

A fermentação alcoólica é um processo biológico que converte açúcares como a glicose e frutose em energia celular com produção de etanol e dióxido de carbono como resíduos metabólicos. O processo fermentativo de goiaba serrana apresentou um rendimento de 82% e os parâmetros físico-químicos da matéria-prima e do fermentado, envolvidos neste processo fermentativo e analisados neste trabalho, encontram-se descritos na Tabela 1.

Depois da água, o etanol é o principal elemento de bebidas alcoólicas como os fermentados de frutas. Ele é o suporte técnico de todos os aromas e sabores da bebida. Com o teor alcoólico, relaciona-se o teor de sólidos solúveis totais da matéria-prima, a densidade e os açúcares redutores das bebidas alcoólicas. O fermentado de goiaba serrana apresentou densidade de 0,997 g/mL e teor alcoólico médio de 9,7% (v/v), valores proporcionais à quantidade de sólidos solúveis totais contida inicialmente no mosto (12 °Brix) e satisfatórios para manutenção de características sensoriais e estabilidade da bebida. Além disso, o teor alcoólico, assim como o extrato seco, encontram-se dentro dos valores estipulados na legislação brasileira (BRASIL, 2009). Com relação ao teor de açúcares redutores residuais, o fermentado pode ser classificado como seco, conforme Regulamento da Comissão das Unidades Europeias (UE) n.º 753/2002.

Os fatores relacionados à acidez têm participação importante nas características sensoriais e na estabilidade físico-química e biológica de bebidas fermentadas. Apesar da acidez total observada (190,00 mEq.L⁻¹) estar acima do valor máximo permitido pela legislação (130,00 mEq.L⁻¹), em decorrência da acidez característica da fruta e da influência do processo fermentativo, o fermentado apresentou baixo teor de acidez volátil, o que

demonstra a sanidade da fruta e as favoráveis condições de fermentação empregadas. A atividade fermentativa pode interferir na acidez uma vez que atua na capacidade para produção de ácidos orgânicos, como o succínico, o pirúvico, lático, ácidos cítrico, acético, lático e glicônico (Carvalho et al., 2005) e a liberação de ácidos orgânicos para o mosto por ocasião da maceração (Rizzon e Miele 2002). Estudos mais detalhados devem ser direcionados para a identificação e quantificação dos ácidos presentes no fermentado de goiaba serrana e a sua relação com os ácidos contidos na polpa *in natura*.

Para tentar corrigir ou amenizar a elevada acidez total, testes com desacidificantes comerciais foram empregados na polpa e no fermentado produzido. Desacidificantes enológicos comumente empregados como tartarato neutro de potássio, bicarbonato de potássio, carbonato de cálcio, não foram eficientes na remoção da acidez destes produtos. Porém, a remoção da acidez se deu de forma bastante satisfatória empregando-se resina aniônica constituída de amina terciária fracamente básica e de grau alimentício (Purolite® A133S), a qual removeu aproximadamente 77% da acidez da polpa da goiaba serrana. Existe a necessidade de um estudo mais detalhado a respeito da porcentagem de utilização para a goiaba serrana e para os produtos obtidos a partir dela, uma vez que a resina aumenta o pH final para valores superiores a 4,0, o que pode alterar consideravelmente as características sensoriais e estabilidade, além de incorporar água ao meio.

O pH é um parâmetro importante, pois além de interferir na cor, exerce um efeito pronunciado sobre o gosto. Bebidas com pH elevado são mais suscetíveis às alterações oxidativas e biológicas, uma vez que o teor de dióxido de enxofre livre é proporcionalmente menor (Rizzon e Miele 2002). Para que atinjam níveis satisfatórios destas características, o pH deve ficar entre 3,1 e 3,6 intervalo no qual encontra-se o pH do fermentado deste estudo (3,24). Sensorialmente, o fermentado de goiaba serrana apresentou aspecto límpido, cor amarelo-ouro, pronunciada acidez no paladar, com sabor e aroma característicos da fruta.

Compostos bioativos e atividade antioxidante

Uma vez que o processo fermentativo pode interferir na composição química do produto final, os compostos bioativos foram avaliados tanto na polpa *in natura* quanto no fermentado de goiaba serrana. Os resultados obtidos para as determinações de compostos fenólicos totais, flavonoides totais, vitamina C e carotenoides encontram-se descritos nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 1 – Análises físico-químicas da polpa e do fermentado de goiaba serrana. (SST = sólidos solúveis totais; AT = acidez total; AV = acidez volátil; AF = acidez fixa; AR = açúcares redutores).

	Parâmetro	Valor	VR*
Polpa	pH	3,29 ± 0,01	-
	SST (°Brix)	12,00 ± 0,58	-
	AT (mg.100g ácido cítrico ⁻¹)	1,02 ± 0,01	-
Fermentado	pH	3,24 ± 0,02	-
	AV (mEq.L ⁻¹)	3,50 ± 2,12	Máximo 20,0
	AF (mEq.L ⁻¹)	186,50 ± 0,0	Mínimo 30,0
	AT (mEq.L ⁻¹)	190,00 ± 0,0	50,0 a 130,0
	Gradação alcoólica % (v/v) a 20°C	9,70 ± 0,70	4,0 a 14,0
	AR (g.L ⁻¹)	3,60 ± 0,0	-
	SST (°Brix)	6,72 ± 0,01	-
	Densidade (g.mL ⁻¹)	0,997 ± 0,001	-
	Extrato seco (g.L ⁻¹)	8,241 ± 0,06	Mínimo 7,0
	SO ₂ Total (mg.L ⁻¹)	24,00 ± 2,26	-
	SO ₂ Livre (mg.L ⁻¹)	11,20 ± 2,26	-
Rendimento da fermentação (%)	82,30 ± 1,25	-	

* Valores de Referência (BRASIL, 2009).

Tabela 2 – Compostos fenólicos totais (mg de EAG.100mL⁻¹ para o fermentado e mg de EAG.100g⁻¹ para a polpa), flavonoides totais (meq de quercetina.100mL⁻¹ para o fermentado e meq de quercetina.100g⁻¹ para a polpa), vitamina C (µg de ácido L-ascórbico.g⁻¹ de polpa e µg de ácido L-ascórbico.mL⁻¹ de fermentado) e atividade antioxidante pelos métodos DPPH, ABTS e FRAP (mg de equivalente de Trolox.100mL⁻¹) na polpa e no fermentado de goiaba serrana (média ± DP).

Análises	Polpa	Fermentado
Compostos Fenólicos Totais	176,22 ± 6,60 ^a	104,13 ± 5,13 ^b
Flavonoides totais	0,11 ± 0,01 ^a	0,12 ± 0,01 ^a
Vitamina C	5,24 ± 0,12 ^a	0,86 ± 0,9 ^b
DDPH	194,95 ± 5,59 ^b	737,45 ± 16,63 ^a
FRAP	1496,53 ± 14,28 ^b	3484,63 ± 19,32 ^a
ABTS	274,03 ± 4,84 ^b	315,49 ± 11,37 ^a

Letras iguais na mesma linha não diferem entre si, a nível de 5% de probabilidade, pelo teste t.

O teor de compostos fenólicos totais observados na polpa da fruta e no fermentado de goiaba serrana foram estatisticamente diferentes entre si ($p < 0,05$), sendo maiores na polpa. O menor valor observado no fermentado pode estar relacionado à alta reatividade dos compostos fenólicos durante e após a fermentação, que reagem em reações de condensação, complexação e polimerizações.

Os compostos fenólicos totais observados neste estudo para o fermentado de goiaba serrana (104,13 mg EAG.100mL⁻¹) foram maiores que os observados em outros estudos com extratos desta fruta. Tuncel e Yilmaz (2015) observaram em extratos de feijoa teores de 16,2 mg EAG/g; Isobe et al. (2003) teores de 59,0 mg de EAG.100g⁻¹ e Sun-Waterhouse et al. (2013) teores de 46,1 mg catequina.g⁻¹ de compostos fenólicos totais, menores, portanto, aos deste trabalho.

Já para a polpa fresca, outros estudos evidenciaram teores entre 130,0 e 196,43 mg EAG.100g⁻¹ para amostras de São Joaquim, SC (Petry, Nodari e Holderbaum 2017), entre 92,88 e 251,02 mg EAG.100g⁻¹ para amostras italianas (Pasquariello et al., 2015) e 366,14 mg EAG.100g⁻¹ em amostras uruguaias (Silveira et al., 2015). As diferenças observadas entre os dados deste estudo e os dados de outros pesquisadores deve-se a fatores como diferenças na variedade da planta, local de cultivo, condições edafoclimáticas, sistemas de condução e práticas agrícolas, que interferem intimamente na composição de produtos vegetais.

Os flavonoides formam um grupo de substâncias de estrutura química variada, sendo a quercetina o principal flavonoide presente na dieta humana (Behling et al., 2004). Assim, neste estudo avaliou-se o teor de flavonoides totais nas amostras de polpa e de fermentado de

feijoa, expressando-se os resultados em meq de quercetina.100g mEq.L⁻¹ ou mL de amostra, respectivamente (Tabela 2). Os teores de flavonoides totais entre polpa e fermentado não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$), demonstrando que o processamento da bebida manteve os teores dessas substâncias naturalmente presentes na fruta *in natura*.

A vitamina C na forma reduzida é conhecida como ácido ascórbico, ou ácido L-ascórbico, e na forma oxidada como ácido L-deidroascórbico. O ácido ascórbico é um composto biologicamente ativo, instável, facilmente oxidável a ácido L-deidroascórbico, igualmente biologicamente ativo. Os principais fatores que podem afetar a degradação da vitamina C em bebidas de frutas incluem o tipo de processamento, condições de estocagem, tipo de embalagem, oxigênio, luz, catalisadores metálicos, enzimas e pH. Alguns autores também relatam a influência da concentração de sais e de açúcar, concentração inicial de ácido ascórbico e carga microbiana. A estabilidade do ácido ascórbico é mais alta entre pH 4 e 6, sendo que em condições ácidas (como no fermentado alcoólicos de frutas), a degradação do ácido ascórbico leva à formação de ácido L-tartárico e de furfural, que pode reagir com aminoácidos ou se polimerizar resultando em melanoidinas, e à formação de outros derivados furanos e de alguns produtos de condensação (TEIXEIRA & MPONTEIRO, 2006).

A ingestão diária recomendada (IDR) de vitamina C, estabelecida pelo Conselho Internacional de Alimentos e Nutrição do Instituto de Medicina da Academia Nacional de Ciências (2002), é de 75 e 90 mg/dia para mulheres e homens acima de 19 anos, respectivamente. (TARRAGO-TRANI et al., 2012). No Brasil, a IDR para adultos é de 45 mg, mesma recomendação seguida pela OMS (Organização Mundial da Saúde) (BRASIL, 2005). Os conteúdos de vitamina C presentes na polpa da goiaba serrana são semelhantes a outros frutos considerados fontes importantes desta vitamina, como a laranja (COUTO e CANNIATTI-BRAZACA, 2011), goiaba e mamão (OLIVEIRA et al., 2011).

Os resultados obtidos para identificação e quantificação por CLAE do ácido L-ascórbico na polpa e no fermentado de goiaba serrana encontram-se descritos na Tabela 2. O teor de ácido L-ascórbico observado no fermentado (0,86 µg de ácido L-ascórbico.mL⁻¹) foi significativamente menor ($p < 0,05$) que o observado na polpa (5,24 µg de ácido L-ascórbico g⁻¹), e ambos encontram-se abaixo do IDR. Este resultado indica uma degradação desta vitamina em função do processamento. O ácido ascórbico é o nutriente mais afetado pelo processamento de frutas e vegetais, e está sujeito a perdas significativas ao longo do armazenamento ou do processamento, sendo oxidado (química ou enzimaticamente) a ácido deidroascórbico, que apresenta atividade vitamínica, mas que é ainda menos estável e sofre

oxidação a ácido dicetogulônico, que se degrada em diferentes produtos, como: ácido oxálico, ácido xilônico e xilose. Sabe-se que diversos fatores afetam a estabilidade do ácido ascórbico durante o armazenamento, incluindo o pH do meio, a presença de oxigênio e de íons metálicos e a temperatura (ROSA et al. 2007; TARRAGO-TRANI et al., 2012; SPINOLA et al., 2013; CUNHA et al., 2014).

Souza (2015) encontrou em goiaba serrana teores de vitamina C após colheita de 77,3 mg.100g⁻¹ de massa fresca na casca e de 55,2 mg.100g⁻¹ de massa fresca na polpa. Outros estudos observaram teores aproximados de 16 mg.100g⁻¹ (RODRIGUES et al., 1992), 28 mg.100g⁻¹ (BASILE et al., 1997) e um intervalo de 25 a 39 mg.100g⁻¹ (DEGENHARDT et al., 2003; PASQUARIELLO et al., 2015) de vitamina C em goiaba serrana. Porém, os valores de vitamina C observados neste estudo, tanto para a polpa quanto para o fermentado, são menores que os relatados em outros trabalhos. Este fato pode estar associado à degradação desta vitamina durante o processamento, em etapas como despulpamento, descongelamento da polpa, maceração, transfegas e engarrafamento, nas quais há contato com oxigênio. Além disso, a polpa foi analisada armazenada em congelador e analisada nove meses após o despulpamento, tempo este que pode ter interferido no conteúdo desta substância.

Além dos fatores acima, a metodologia analítica empregada deve ser considerada. O ácido deidroascórbico representa menos de 10% da vitamina C total dos vegetais, tendendo a aumentar com o período de estocagem (ROSA et al., 2007). Por isso existem muitos trabalhos cujo escopo é dosar os teores de ácido ascórbico e também deidroascórbico. Barcia et al. (2010) analisaram por CLAE teores de ácido L-ascórbico e L-deidroascórbico em physalis, pera, nêspera, mirtilo, amora, jambolão, pêssago, maracujá e araçá roxo, e, para todas as frutas, o teor de ácido L-deidroascórbico (forma oxidada da vitamina C) quantificado foi maior que 90% do total de ácido ascórbico. Dessa forma, sugere-se a investigação da forma oxidada do ácido ascórbico nos objetos de estudo deste trabalho.

Os resultados observados para identificação e quantificação de carotenoides na polpa da goiaba serrana deste trabalho encontram-se na Tabela 3 e Figura 1. Foram identificados na polpa da goiaba serrana 6 carotenoides, sendo que em maior quantidade estavam a (all)-*trans*-luteína e β-criptoxantina (ambas 0,019 μg/g de polpa fresca), seguidas do γ-caroteno (0,010 μg/g de polpa fresca). Além das xantofilas, foram identificados o ζ-caroteno e γ-caroteno, carotenoides também relacionados à bioatividade. Com relação ao carotenoide observado a 34,8 minutos, sugere-se que seja um derivado do β-caroteno, em função das características observadas.

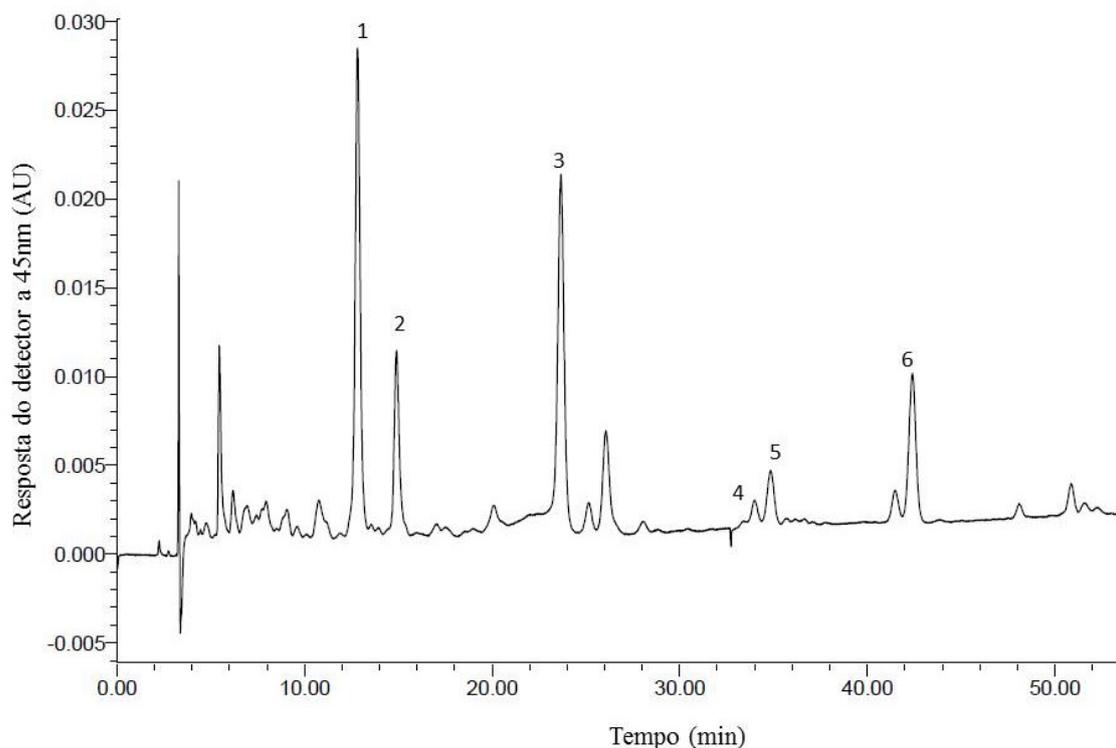
Tabela 3 – Características cromatográficas, e dados de absorção do UV-Vis, dos carotenoides identificados na polpa de goiaba serrana por CLAE-DAD.

Pico	Carotenoide	t _R (min)	λ _{máx} (nm)	% III/II	Concentração (μg.g ⁻¹ polpa)
1	(all)- <i>trans</i> -luteína	12,8	420, 443, 472	55	0,019 ± 0,008
2	(all)- <i>trans</i> -zeaxantina	14,9	423, 449, 476	20	0,009 ± 0,002
3	β-criptoxantina	23,6	426, 450, 477	31	0,019 ± 0,008
4	ζ-caroteno	33,9	378, 399, 424	108	0,005 ± 0,003
5	N.I. ^a	34,8	411, 433, 456	-	0,006 ± 0,003
6	γ-caroteno	42,4	436, 459, 486	35	0,010 ± 0,004
Total de carotenoides (μg.g⁻¹ polpa fresca)					0,0685

^a N.I. = não identificado

Não foram identificados carotenoides no fermentado produzido neste estudo, indicando uma provável degradação destes compostos durante o processamento. Segundo Rodriguez-Amaya (2010), a cadeia poliênica, responsável pelas propriedades especiais e desejáveis dos carotenoides, é também a causa da sua instabilidade. As condições que conduzem à isomerização e oxidação dos carotenoides ocorrem durante o preparo doméstico, processamento industrial e estocagem dos alimentos. Calor, luz e ácidos promovem a isomerização dos carotenoides *trans*, como são normalmente encontrados na natureza, para a forma *cis*, com ligeira perda de cor e atividade biológica. A oxidação, principal causa de degradação dos carotenoides, depende da disponibilidade de oxigênio, tipo de carotenoide e de seu estado físico. É estimulada pela luz, calor, metais, enzimas oxidativas e peróxidos, e é inibida por antioxidantes. A oxidação enzimática pode ocorrer quando o alimento é descascado, cortado, ralado ou triturado, pois a desintegração das estruturas celulares, protetoras dos carotenoides, libera conjuntamente as enzimas e os carotenoides, provocando a oxidação. A perda depende do carotenoide presente, do grau de destruição da estrutura celular e da temperatura e tempo de processamento.

Figura 1 – Cromatograma obtido por CLAE-DAD, a 450nm, para os carotenoides da polpa da goiaba serrana: 1. (all)-*trans*-luteína; 2. (all)-*trans*-zeaxantina; 3. β -criptoxantina; 4. ζ -caroteno; 5. Não Identificado; 6. γ -caroteno. Condições cromatográficas: vide texto.



Para que se pudesse avaliar a capacidade antioxidante dos produtos deste estudo de forma mais fidedigna, três metodologias foram empregadas (DPPH, ABTS e FRAP). Em todas elas a atividade antioxidante na polpa e fermentado de feijoa foram estatisticamente distintas, com maiores valores de atividade na bebida do que na fruta *in natura* ($p < 0,05$). Uma vez que os compostos bioativos estudados no presente trabalho mostraram-se em menor proporção no fermentado, sugere-se que esta maior atividade antioxidante se deva à sinergia com etanol e à complexidade de composição de bebidas alcoólicas fermentadas.

A atividade antioxidante observada neste estudo, tanto para polpa quanto para fermentado, foi maior do que a observada para polpas de outras frutas (Sartori, Costa e Ribeiro 2014) e vinhos tintos (Gonzelie Sartori 2014). A atividade antioxidante pode depender de vários fatores, incluindo as propriedades coloidais dos substratos, as condições e etapas de oxidação, a formação e estabilidade dos radicais, assim como a possível localização dos antioxidantes e estabilidade em distintas fases do processamento nos alimentos. Quando se emprega uma matriz complexa, como o caso dos alimentos, diferentes componentes podem estabelecer, entre si e com os solventes, inúmeras e diferentes interações.

Conclusão

O fermentado de goiaba serrana mostrou-se um produto tecnológico viável de ser produzido, podendo ser uma alternativa para a valorização da matéria-prima. Com exceção da acidez total, todos os parâmetros físico-químicos estipulados pelos padrões de identidade e qualidade de fermentados de frutas foram obtidos na bebida elaborada neste estudo, além de apresentar alta atividade antioxidante, possivelmente relacionada à presença de compostos fenólicos uma vez que apresentou baixo teor de vitamina C e ausência de carotenoides. Sugere-se a realização de estudos sobre especificidade destes compostos, afim de acompanhar de forma mais aprofundada como a sua conformação química é afetada pelo processo fermentativo, além da interferência do uso de desacidificantes na estabilidade e características sensoriais do produto final.

Referências

- Alves JA, Lima LC de O, Nunes CA, Dias DR, Schwan RF. 2011. Chemical, physical-chemical, and sensory characteristics of lychee (*Litchi chinensis* Sonn) Wines. J. Food Sci 76(5): S330- S336. doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02188.x
- Amerine MA, Ough CS. 1980. Methods for analysis of must and wine. New York: Wiley-Interscience, 341p.
- Arnao MB, Cano A, Acosta M. 2001. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. Food Chem. 73:239–244. Doi: doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00324-1
- Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. Anal Biochem. 239:70–76. Doi: 10.1006/abio.1996.0292
- Basile A, Vuotto ML, Violante U, Sorbo S, Martone G, Castaldo-Cobianchi R. 1997. Antibacterial activity in *Actinidia chinensis*, *Feijoa sellowiana* and *Aberia caffra*. Int J Antimicrob Agents 8:199-203. Doi: doi.org/10.1016/S0924-8579(97)00376-2
- Behling EB, Sendão MC, Francescato HDC, Antunes LMG, Bianchi M de LP. 2004. Flavonoide quercetina: aspectos gerais e ações biológicas. Alim. Nutr. 15(3):285-292.
- Beyham O, Elmastas M, Gedikli F. 2010. Total phenolic compounds and antioxidante capacity of leaf, dry fruit and fresh fruit of feijoa (*Acca sellowiana*, Myrtaceae). J. Med. Plants Res. 4(11):1065-1072. Doi: 10.5897/JMPR10.008
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluated antioxidant activity. LWT - Food Sci. Technol 28:25-30. Doi: 10.1016/S0023-6438(95)80008-

5

- Carvalho W, Silva DDV, Canilha L, Mancilha IM. 2005. Aditivos alimentares produzidos por via fermentativa parte I: ácidos orgânicos. *Revista Analytica* 18:70-76.
- Comunidade Europeia, Regulamento nº 753/2002 da Comissão de 29 de Abril de 2002 que fixa certas normas de execução do Regulamento (CE) n.o 1493/1999 do Conselho no que diz respeito à designação, denominação, apresentação e protecção de determinados produtos vitivinícolas. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, 2002.
- Crizel T de M, Hermes VS, Rios A de O, Flôres SH. 2016. Evaluation of bioactive compounds, chemical and technological properties of fruits byproducts powder. *J Food Sci Technol*, 53(11):4067–4075. Doi: 10.1007/s13197-016-2413-7
- Davidovic SM, Veljovic MS, Pantelic MM, Baosic RM, Natic MM, Dabic DC, Pecic SP, Vukosavljevic PV. 2013. Physicochemical, antioxidant and sensory properties of peach wine made from redhaven cultivar. *J Agric Food Chem* 61:1357-1363. doi: 10.1021/jf3043727
- Duarte WF, Dias DR, Oliveira JM, Teixeira JA, Almeida e Silva JB de, Schwan RF. 2010a. Characterization of different fruit wines made from cacao, cupuassu, gabiropa, jaboticaba and umbu. *Food Sci. Technol* 43:1564-1572. doi: 10.1016/j.lwt.2010.03.010
- Duarte WF, Dias DR, Oliveira JM, Vilanova M, Teixeira JA, Almeida e Silva JB de, Schwan RF. 2010b. Raspberry (*Rubs idaeus* L.) wine: yest selection, sensory evaluation and instrumental analysis of volatile and other compounds. *Food Res Int* 43:2303-2314. doi: 10.1016/j.foodres.2010.08.003
- Ferrara L, Schettino O, Montesano D, Viti L. 1999. Studio analítico dei flavonoid dela *Feijoa sellowiana*. *Agricoltura Ricerca* 182:31-34. Doi: 10.3109/13880209.2011.608074
- Gonzeli R. A, Sartori GV. 2014. Avaliação do conteúdo fenólico e atividade antioxidante de vinhos tintos artesanais. *RBPA* 16(2):179-186.
- Instituto Adolfo Lutz – IAL. 2008. Métodos físico-químicos para análises de alimentos. IV Edição, 1º Edição digital, São Paulo, p.1020.
- Isobe Y, Kase Y, Narita M, Komiya T. 2003. Antioxidative activity of tropical fruit, *Feijoa sellowiana* Berg. *Journal of Home Economics of Japan* 54(11):945–949.
- Jagtap UB, Bapat VA. 2015. Wines from fruits other than grapes: current status and future prospectus. *Food Biosci* 9:80-96. doi: 10.1016/j.fbio.2014.12.002
- Lapcik O, Klejdus B, Kokoska L, Davidova M, Afandi K, Kuban V, Hampl R. 2005. Identification of isoflavones in *Acca sellowiana* and two *Psidium* species (Myrtaceae). *Biochem. Syst. Ecol* 33:983-992. Doi: 10.1016/j.bse.2005.03.007

- Mercadante AZ, Rodriguez-Amaya DB. 1998. Effects of ripening, cultivar differences, and processing on the carotenoid composition of mango. *J Agric Food Chem.* 46:128-130. Doi: 10.1021/jf9702860
- Monforte MT, Lanuzza F, Mondello F, Naccari C, Pergolizzi S, Galati EM. 2014. Phytochemical composition and gastroprotective effect of *Feijoa sellowiana* Berg fruits from Sicily. *J Coast Life Med* 2(1):14-21. Doi: 0.12980/JCLM.2.2014J12
- Pasquariello MS, Mastrobuoni F, Di Patre D, Zampella L, Capuano LR, Scortichini M, Petriccione M. 2015. Agronomic, nutraceutical and molecular variability of feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret) germplasm. *Sci Hort* 191:1–9. Doi: 10.1016/j.scienta.2015.04.036
- Petry VS, Nodari RO, Holderbaum DF. 2017. Escurecimento enzimático, compostos fenólicos totais e atividade da polifenol oxidase na polpa de cinco genótipos de Feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret). Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/159705/VANESSA%20SAMARA%20PETRY.pdf?sequence=1> Acesso em: 31 jan 2017
- Rizzon LA, Miele A. 2002. Acidez na vinificação em tinto das uvas Isabel, Cabernet Sauvignon e Cabernet Franc. *Cienc Rural* 32(3):511-515.
- Rodrigues E, Mariutti LRB, Mercadante AZ. 2013. Carotenoids and phenolic compounds from *Solanum sessiliflorum*, um unexploited amazonian fruit, and their scavenging capacities against reactive oxygen and nitrogen species. *J Agric Food Chem.* 61:3022-3029. Doi: 10.1021/jf3054214
- Rodriguez-Amaya DB. 2010. Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidante activity of food carotenoids—A review. *J. Food Comp. Anal.* 23:726–740. Doi: 10.1016/j.jfca.2010.03.008
- Ruperto G, Tringali C. 2004. Secondary metabolites from the leaves of *Feijoa sellowiana* Berg. *Phytochem* 65:2947-2951. Doi: 10.1016/j.phytochem.2004.06.038
- Saj OP, Roy RK, Savitha SV. 2008. Chemical composition and antimicrobial properties of essential oil of *Feijoa sellowiana* O. Berg. (pineapple guava). *J Pure Appl Microbio* 2(1):227–230.
- Sartori GV, Costa CN da, Ribeiro AB. 2014. Conteúdo Fenólico e Atividade Antioxidante de Polpas de Frutas Congeladas. *Rebrapa* 5(3):23-29. doi: 10.14685/rebrapa.v5i3.143
- Silveira AC, Oyarzún D, Zaccari F, Rivas M. 2015. Determinación de algunos atributos de calidad en frutos de guayabo del país [*Acca sellowiana* (Berg) Burret] en diferentes estados de maduración. *Agrociencia Uruguay* 19(1):24-30.

- Sun-Waterhouse D, Wang W, Waterhouse GIN, Wadhwa SS. 2013. Utilisation Potential of Feijoa Fruit Wastes as Ingredients for Functional Foods. *Food Bioprocess Technol* 6:3441–3455. Doi: 10.1007/s11947-012-0978-3
- Swain T, Hillis WE. 1959. The fenolic constituents of *Prunus domestica*. *J. Sci. Food Agr* 10:135-144. Doi: 10.1002/jsfa.2740100110
- Tuncel NB, Yilmaz N. 2013. Optimizing the extraction of phenolics and antioxidants from feijoa (*Feijoa sellowiana*, Myrtaceae). *J Food Sci Technol* 52(1):141-150. Doi: 10.1007/s13197-013-0968-0
- Varakumar S, Kumar Reddy OVS. 2011. Carotenoid composition of mango (*Mangifera indica* L.) wine and its antioxidant activity. *J. Food Biochem* 35:1538–1547. doi: 10.1111/j.1745-4514.2010.00476.x
- Weston RJ. 2010. Bioactive products from fruit of the feijoa (*Feijoa sellowiana*, Myrtaceae): A review. *Food Chem* 121(1):923- 926. Doi: 10.1016/j.foodchem.2010.01.047
- Zhishen, J.; Mengcheng, T.; Jianming, W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64(4):555-559. Doi: 10.1016/S0308-8146(98)00102-2
- Zoecklein BW, Fugelsang KC, Gump BH, Nury FS. 2001. Análisis y producción de vino. Zaragoza: Editorial Acribia S.A. 600p.

4.2 ARTIGO 2

Produção e caracterização de espumante natural de goiaba serrana [*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret]

Produção e caracterização de espumante natural de goiaba serrana

Resumo: A goiaba serrana é uma fruta nativa brasileira, de sabor doce acidulado e intensos aromas florais e frutais. Essas características podem ser favoráveis à produção de produtos derivados como espumantes. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi desenvolver e caracterizar quanto aos aspectos físico-químicos, sensoriais e voláteis o espumante natural de goiaba serrana. As frutas foram coletadas em São Joaquim, SC, no ponto de maturação, e vinificadas pelo método de vinificação em branco. Após, o vinho base foi encaminhado para espumantização pelo método tradicional (*Champenoise*). O espumante natural de goiaba serrana foi validado no momento do *degorgement* pelos parâmetros físico-químicos, apresentando-se dentro do padrão de identidade e qualidade para vinhos espumantes brasileiros, com exceção da acidez total. Na análise sensorial descritiva do espumante os aspectos de produção e qualidade de espuma, pequeno tamanho de bolhas, bons corpo e volume, sabor ácido e amargo e cor amarelo ouro foram determinantes para a sua caracterização. Os descritores aromáticos mais citados na análise sensorial foram aroma de goiaba serrana intenso e marcante, assim como aromas frutais, atribuídos na análise de compostos voláteis à presença de etil benzoato e metil benzoato, principalmente, uma vez que foram os compostos majoritários do espumante deste estudo. Os resultados deste estudo demonstram que espumantes naturais podem ser produzidos a partir da goiaba serrana, gerando um produto com identidade própria e que o controle de algumas características físico-químicas, como acidez, pode se fazer necessário para a obtenção de um produto final de maior equilíbrio sensorial.

Palavras-chave: *Acca sellowiana* (O.Berg) Burret. Espumante natural. Potencial tecnológico. Bebidas alcoólicas. Compostos voláteis.

Introdução

A produção de bebidas alcoólicas é datada desde os primórdios da humanidade. Sua elaboração, por vezes acidental, acompanhou a trajetória da humanidade e foi ampliada de forma surpreendente nos principais eventos que moveram as civilizações até os dias de hoje. Conforme as necessidades se apresentavam, o homem se apropriou de processos naturais e criou escalas de produção na qual líquidos variados ganharam relevância em momentos específicos da história (ABRABE, 2018). Dentre as diferentes classes de bebidas alcoólicas,

nenhuma é tão identificada com a ideia de celebração, felicidade e estilo de vida quanto o vinho espumante.

A característica principal dos vinhos espumantes encontra-se na sua efervescência, resultado dos processos fermentativos característicos. Este processo de produção ocorre, na maioria das vezes, em duas fases. Na primeira a matéria-prima é vinificada para obtenção do vinho base. A segunda consiste na refermentação do vinho base em garrafas (método *Champenoise* ou tradicional) ou dentro de tanques isobáricos (método Charmat) (GIOVANNINI; MANFROI, 2013). A matéria-prima tradicional na elaboração de vinhos espumantes é a uva e, dentre elas, as variedades intensas em aromas e colhidas com maior acidez favorecem a qualidade sensorial o produto final. Outras matérias-primas que não a uva apresentam igualmente potencial tecnológico para elaboração desta classe de bebidas, devido às suas características aromáticas e gustativas. Nesse sentido, frutas como amora, maçã e goiaba foram estudados para o desenvolvimento de espumantes naturais, resultando em produtos de boa aceitação e de propriedades tecnológicas adequadas e semelhantes ao tradicional espumante (JIANQIANG *et al.*, 2008; CARVALHO, 2009; BERTAGNOLLI *et al.*, 2017).

Com alta intensidade aromática e sabor doce-acidulado, a goiaba serrana [*Acca sellowiana* (O.Berg) Burret] é uma espécie da família Myrtaceae, nativa do planalto meridional brasileiro e nordeste do Uruguai, que igualmente apresenta alto potencial para elaboração de espumantes. Internacionalmente, a goiaba serrana tem seu cultivo mais expressivo em países como Estados Unidos, Nova Zelândia, Colômbia, Itália e Uruguai. No Brasil, é encontrada com maior frequência em áreas de clima frio e com altitudes superiores a 800m, como a Serra Gaúcha e os campos de altitude dos Estados Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. É uma fruta que apresenta atividade antioxidante em função da presença de compostos bioativos com compostos fenólicos, flavonoides e vitamina C (WESTON, 2010; AMARANTE *et al.*, 2013; AMARANTE *et al.*, 2017; ZHU, 2018). Nos últimos dez anos, o interesse científico pela goiaba serrana aumentou de forma expressiva, sendo o Brasil o maior pesquisador, seguido pela Nova Zelândia e Itália. Porém, a maioria destas pesquisas estão enquadradas na avaliação do potencial agrônomo, pós-colheita e potencial nutracêutico, havendo deficiência de estudos sobre características tecnológicas desta fruta.

No processo de desenvolvimento de novos produtos, é importante que suas características sensoriais e físico-químicas, bem como suas possíveis propriedades bioativas, sejam avaliadas para que se determine o grau de aceitabilidade do produto. A avaliação dos compostos voláteis para identificação do perfil aromático de um produto constitui um dos

mais importantes parâmetros analíticos de bebidas alcoólicas por estar diretamente relacionada à aceitação destes produtos. Denomina-se aroma a sensação percebida pelos sentidos do gosto e olfato quando degustamos um alimento (SIMÕES; WASZCZYNSKYJ; WOSIACKI, 2009).

Os componentes voláteis da goiaba serrana têm sido analisados por análise de *headspace* e cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC-MS) (HARDY; MICHAEL, 1970; SHAW; ELLINGHAM; BIRCH, 1983; ELFARNINI *et al.*, 2018; MOSBAH *et al.*, 2018). Os relatos presentes na literatura quanto a esses compostos são antigos e reportam que os principais compostos voláteis identificados da fruta intacta foram o benzoato de metila (39,2%), butanoato de etila (29,6%), benzoato de etila (10,6%), butanoato de *cis*-hex-3-enil (8,5%), *trans*- β -ocimeno (4,7%), hexanoato de etila (1,2%) e heptano-2-ona (0,8%) (SHAW; BIRCH; ELLINGHAM, 1983). Os primeiros 3 compostos possuem um forte aroma característico da fruta. Hardy e Michael (1970) descobriram que o benzoato de metila e o benzoato de etila atingem mais de 90% da fração volátil total do óleo. Em amostras cultivadas na Nova Zelândia, a análise dos constituintes voláteis por CG-MS provenientes da semente, polpa e casca da fruta fresca durante o armazenamento levou à identificação dos compostos 2-nonanona, benzoato de metila, benzoato de etila, geraniol, *cis*-3-hexenil-acetato e linalol (NYSTROM, 2013).

Em bebidas fermentadas, o desenvolvimento da fermentação dependerá da forma como a levedura irá se adaptar às condições fermentativas fornecidas pelo ambiente e pela matéria-prima, interferindo diretamente nas características do produto final. Dessa forma, considerando a intensa característica aromática da goiaba serrana, bem como a deficiência de dados científicos a respeito do respectivo potencial tecnológico para produção de produtos derivados, principalmente de amostras nativas brasileiras, este trabalho teve como objetivo desenvolver um espumante natural desta fruta, caracterizando-o quanto aos aspectos físico-químicos, compostos fenólicos totais, atividade antioxidante, compostos voláteis e perfil sensorial.

Materiais e métodos

Preparação do espumante natural de goiaba serrana

O processo de produção do espumante natural de goiaba serrana se baseou na metodologia tradicional de produção de espumantes e conforme a produção de espumante

natural de goiaba (BERTAGNOLLI *et al.*, 2017). As frutas de goiaba serrana foram coletadas ao acaso, no ponto de maturação (identificado pelo fácil desprendimento da fruta da planta mediante toque), na cidade de São Joaquim, SC (latitude 28° 16' 40,02" S, longitude 49° 56' 09,10" W e altitude de 1.400 m), na safra de 2016. Após a colheita, as frutas foram transportadas em caixa de polietileno até laboratório de Processamento de Frutas e Hortaliças do Instituto Federal de Santa Catarina, campus Urupema, onde foram processadas. As frutas foram higienizadas com água corrente e sanitizadas com hipoclorito de sódio (NaClO) a 200 ppm por 15 minutos. Em seguida, as frutas foram cortadas ao meio com facas de aço inox, a polpa foi retirada manualmente e congelada em congelador.

Para início do processo fermentativo, a polpa da goiaba serrana foi descongelada a temperatura de $5 \pm 2^\circ\text{C}$ e ligeiramente batida em liquidificador em baixa velocidade por alguns segundos para maior homogeneização no preparo do mosto. O mosto foi, então, transferido para recipiente polietileno, de capacidade total de 20 L. Cada recipiente recebeu 12 kg de polpa e foi sulfitado com metabissulfito de potássio na concentração de 200 ppm. Após 30 minutos, acrescentou-se enzima pectinolítica (Lafazin Extract®) na concentração de $4 \text{ g} \cdot 100\text{kg}^{-1}$. Os recipientes fermentativos com o mosto foram armazenados em BOD LimaTec 320 TFP-II por 2h a $16 \pm 2^\circ\text{C}$, e então procedeu-se a adição do pé de cuba e a chaptalização até 18 °Brix. O pé de cuba foi elaborado com solução glicosilada ($50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$), a $38 \pm 2^\circ\text{C}$, empregando $25 \text{ g} \cdot 100\text{kg}^{-1}$ de levedura *Saccharomyces cerevisiae* (Zimaflor Delta) e ativante a base de fosfato de amônio bi-básico, perlita e cloridrato de tiamina ($10 \text{ g} \cdot 100\text{kg}^{-1}$). Após 48h, quando o mosto estava em plena fermentação, acrescentou-se mais $15 \text{ g} \cdot 100\text{kg}^{-1}$ de ativante. O mosto foi fermentado na mesma BOD, a temperatura controlada de $16 \pm 2^\circ\text{C}$, por 15 dias. A fermentação foi realizada em duplicata. Após o término da fermentação alcoólica, o fermentado foi clarificado empregando-se baixas temperaturas ($1 \pm 2^\circ\text{C}$), clarificante gelatina ($50 \text{ ml} \cdot \text{L}^{-1}$) e sílica ($30 \text{ ml} \cdot \text{L}^{-1}$), com posterior sulfitação (30 ppm de metabissulfito de potássio), filtração e engarrafamento.

Para o desenvolvimento da segunda fermentação, o “vinho base” foi acrescentado de sacarose ($24 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$), levedura *Saccharomyces cerevisiae* ($25 \text{ g} \cdot \text{hL}^{-1}$, Zimaflor Delta) na forma de pé-de-cuba, clarificante bentonite (Pentagel®, $10 \text{ g} \cdot \text{hL}^{-1}$) e ativante a base de fosfato de amônio bi-básico, perlita e cloridrato de tiamina (Thiazote®, Laffort, $10 \text{ g} \cdot \text{hL}^{-1}$), e engarrafado novamente com opérculo de polietileno e tampa tipo corona. A fermentação ocorreu por um período de três meses, a temperatura de $16 \pm 2^\circ\text{C}$, em BOD LimaTec 320 TFP-II. Após este período, os espumantes foram destinados à *remuage*, seguida de *degorgement*. Os espumantes foram elaborados em duplicata e as análises descritas abaixo foram realizadas em triplicata.

Análises físico-químicas

O espumante natural de goiaba serrana e o vinho base foram analisados quando ao pH, por medição direta em peagâmetro digital (MS Tecnopon mPA-210); acidez total, por titulometria de neutralização com NaOH 0,1M e expressa em mEq.L⁻¹ de ácido cítrico; acidez volátil, por destilação por arraste de vapor, seguida de titulação com NaOH 0,1M e expressa em mEq.L⁻¹ de ácido acético e teor alcoólico por destilação (% v/v), segundo metodologias estipuladas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Os açúcares redutores finais foram determinados pelo método de Lane-Eynon e expressos em g.L⁻¹ (AMERINE; OUGH, 1980); a densidade foi determinada por imersão de densímetro diretamente na amostra e o SO₂ total e livre foram determinados pelo método de Ripper sendo expressos em mg.L⁻¹ (ZOECKLEIN *et al.*, 2001). A pressão foi medida empregando-se um afrômetro de garrafa (marca Zegla®). Para a avaliação da cor instrumental utilizou-se colorímetro calibrado Delta Color, modelo Delta Vista 450G, sendo obtidos os parâmetros L* que indica a luminosidade (claro/escuro), a* para a cromaticidade no eixo da cor verde (-) para vermelha (+), e b* que indica a cromaticidade no eixo da cor azul (-) para amarela (+) do sistema CIELab.

Compostos fenólicos e atividade antioxidante

O teor de compostos fenólicos totais do espumante foi determinado pelo método modificado de Folin-Ciocalteau (SWAIN; HILLIS, 1959), e expresso em mg de equivalente de ácido gálico (GAE).100mL⁻¹.

A atividade antioxidante foi determinada usando o método que mede a capacidade de sequestro do radical DPPH (1,1-diphenil-2-picrilhidrazil) conforme Brand-Willians *et al.* (1995); através do método do radical ABTS (ácido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazoline-6-sulfônico) de acordo com Arnao *et al.* (2001) e através do método de redução do ferro (FRAP) de acordo com Benzie e Strain (1996). Para todos os métodos, Trolox foi utilizado como o padrão e os resultados expressos em mg de equivalente Trolox.100mL⁻¹.

Determinação de compostos voláteis

Os compostos voláteis foram determinados por GC-MS, usando a técnica de Microextração em Fase Sólida (SPME) em *headspace*. Para o isolamento de compostos voláteis, utilizou-se uma fibra DVB/Car/PDMS (Supelco®, Sigma-Aldrich, Saint Louis,

Missouri, EUA; 50/30 μ m, 2cm de comprimento) previamente condicionada conforme recomendação do fabricante. 100 mL de espumante natural de goiaba serrana foram degaseificados a 5 °C por 30 min em um banho de ultra-som (Ultrasonic Cleaner CD 4820, Mehrauli, Nova Delhi). Amostras de 5 mL contendo 30% de cloreto de sódio (Merck®, Darmstadt, Alemanha) foram colocadas em frascos de 20 mL e imediatamente seladas com uma tampa de rosca contendo um septo de politetrafluoroetileno (PTFE). As condições da SPME foram inicialmente mantidas por 5 min em equilíbrio sob uma temperatura de 35 °C (fibra não exposta), após a extração dos compostos voláteis ocorrerem na mesma condição de temperatura por 50 min de exposição da fibra ao *headspace* da amostra, durante as análises. A amostra foi agitada com uma barra magnética e as extrações foram realizadas em triplicata.

Para quantificação, os compostos voláteis foram realizados por cromatografia gasosa equipada com um detector de ionização em chama GC-FID, Varian 3400 (Palo Alto, EUA). A fibra contendo as moléculas voláteis adsorvidas foi dessorvida na entrada do injetor a 250 °C por 10 minutos no modo *splitless* por 2 min. Após a dessorção, os compostos voláteis foram separados usando uma cera DB (30 m \times 0,25 mm \times 0,25 μ m; Phenomenex, EUA). O programa de temperatura da coluna iniciou-se a 35 °C por 2 min, seguido de um aumento de 4 °C min⁻¹ até atingir 80 °C, atingindo então 220 °C com um aumento de 15 °C min⁻¹, permanecendo em isoterma por 5 min. hidrogênio foi usado como gás de arraste a uma pressão constante de 15 psi. A temperatura do detector estava em 250 °C. A identificação foi realizada utilizando um cromatógrafo a gás acoplado a um espectrômetro de massa (GC-MS), Shimadzu QP-2010 ultra, nas mesmas condições cromatográficas. O hélio foi utilizado como gás de arraste com vazão constante de 1,36 mL min⁻¹. A temperatura utilizada para manter a interface GC-MS foi de 250 °C. O analisador de massa quadrupolo foi operado no modo de varredura (35-350 m.z⁻¹). A quantificação dos compostos voláteis foi realizada através de padronização interna, adicionando o padrão interno 3-octanol (Sigma Aldrich, 10 μ L de uma solução etanólica a 82,2 mg.L⁻¹). Os compostos voláteis foram identificados por comparação dos espectros de massa do analito com aqueles encontrados na biblioteca espectral NIST 05 e o índice de retenção experimental (IR) do analito com o IR teórico relatado na literatura (NIST, El-Sayed, 2018). RIs experimentais foram calculados a partir dos tempos de retenção de uma série homóloga de alcanos (C8-C22) obtida sob as mesmas condições cromatográficas da amostra.

Análise sensorial

A fim de identificar e quantificar os atributos sensoriais, o espumante natural de goiaba serrana foi avaliado sensorialmente pelo método de Análise Descritiva Qualitativa (ADQ). O teste foi realizado na sala de análise sensorial da Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), em Videira, SC, com painel de provadores previamente treinados para as avaliações sensoriais de espumante desta instituição. O painel foi composto por 10 provadores, 8 do sexo masculino e 2 do sexo feminino, na faixa etária compreendida entre 18 e 55 anos, todos experientes em análise sensorial de bebidas alcoólicas fermentadas.

O espumante foi servido em taça do espumante brasileiro, na quantidade aproximada de 50 mL, a temperatura de 4°C, 15 meses após o *degorgement*. A análise foi feita sob luz e temperatura ambiente. A seleção dos descritores se deu por análise descritiva do espumante na qual os descritores mais citados foram selecionados. Os atributos e respectivos descritores selecionados estão descritos no Quadro 1. A intensidade dos descritores foi avaliada em escala não estruturada linear de 10 cm, com os limites ancorados nas suas extremidades. Os resultados numéricos foram usados para calcular a média de cada descritor, tendo como perspectiva uma caracterização geral dos atributos sensoriais. A descrição dos aromas foi feita de forma livre, conforme a percepção dos provadores. A análise sensorial do espumante natural de goiaba serrana foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Facvest e aprovada com o parecer CAAE 77525417.6.0000.5616.

Quadro 1 – Atributos e descritores sensoriais definidos para o espumante natural de goiaba serrana.

Atributo	Descritor	Limites
Cor	Amarelo esverdeado	Pouco intensa a extremamente intensa
	Amarelo palha	
	Amarelo ouro	
Espuma	Quantidade	Pouco a muito
	Persistência	
Perlage	Tamanho das bolhas	Pequenas a grandes
	Intensidade	Pouco a muito
	Persistência	
Gosto	Amargo	Imperceptível a extremamente intenso
	Doce	
	Ácido	
Percepções gustativas	Adstringência	Imperceptível a extremamente intenso
	Retrogosto	Rápida a persistente
	Sensação alcoólica	
	Volume	Pouco a muito
	Corpo	
	Equilíbrio	
Avaliação global	Desgostei muitíssimo a gostei muitíssimo	

Resultados e discussão

Composição físico-química do espumante natural de goiaba serrana

Poucos estudos são encontrados na literatura explorando a elaboração de espumantes naturais a partir de outras frutas que não a uva. Em virtude disto, os dados obtidos neste estudo com relação à caracterização físico-química de espumante natural de goiaba serrana (Tabela 1) serão comparados ao padrão de identidade e qualidade de vinhos espumantes evidenciados na legislação brasileira. Dessa forma, com exceção da acidez total, os parâmetros físico-químicos analisados no espumante natural de goiaba serrana se enquadraram nos padrões de identidade e qualidade para vinhos espumantes contidos na Lei nº 7.678, de 8 de novembro de 1988, na Lei nº 10.970, de 12 de novembro de 2004, no Decreto nº 8.198 de 20 de fevereiro de 2014 e Instrução Normativa nº 14, de 08 de fevereiro de 2018 (BRASIL, 1988; BRASIL, 2004; BRASIL, 2014; BRASIL, 2018).

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos do vinho base e do espumante natural de goiaba serrana.

Parâmetro	Vinho base	Espumante natural
Acidez total (mEq.L⁻¹)	190,00 ± 0,00	180,0 ± 0,00
Acidez volátil (mEq.L⁻¹)	3,50 ± 2,12	2,30 ± 0,28
pH	3,24 ± 0,02	3,17 ± 0,09
SO₂ livre (ppm)	11,20 ± 2,26	8,00 ± 1,84
SO₂ total (ppm)	24,00 ± 2,26	14,40 ± 2,26
Álcool (% v/v, a 20°C)	9,70 ± 0,70	11,46 ± 0,42
Densidade a 20°C (g.L⁻¹)	0,997 ± 0,001	0,9955 ± 0,00
Açúcares redutores (g.L⁻¹)	3,60 ± 0,0	4,14 ± 0,39
Pressão (atm)	-	Acima de 4 atm
Parâmetros de cor: L*	6,00 ± 0,85	32,82 ± 0,12
a *	0,375 ± 0,22	1,04 ± 0,43
b *	0,68 ± 0,42	28,80 ± 1,90

A acidez possui um papel importante na conservação de vinhos, estabilidade de cor, percepção de aromas e gostos, formação de compostos aromáticos durante fermentação, reações químicas (formação de ésteres, hidrólise de dissacarídeos, ação de enzimas) e desenvolvimento de *bouquet* durante o envelhecimento (RIZZON; MIELE, 2002). Em comparação aos vinhos espumantes de uva, o espumante natural de goiaba serrana apresentou acidez total de 180 mEq.L⁻¹, valor este acima do valor de referência de 40-130 mEq.L⁻¹ estabelecido na legislação brasileira para espumantes. Esta acidez deve-se, principalmente, à acidez fornecida pela matéria-prima. Já a acidez volátil está relacionada às boas práticas durante os processos de produção. O baixo teor de acidez volátil observado para o espumante deste estudo (2,3 mEq.L⁻¹), abaixo do limite de 20 mEq.L⁻¹ estabelecido na legislação, representa a sanidade da fruta e as favoráveis condições de fermentação empregadas.

Para tentar corrigir ou amenizar a elevada acidez total, testes com desacidificantes comerciais foram empregados na polpa e no fermentado base. Desacidificantes enológicos comumente empregados como tartarato neutro de potássio, bicarbonato de potássio, carbonato de cálcio, não foram eficientes na remoção da acidez. Porém, o processo se deu de forma bastante satisfatória empregando-se resina aniônica constituída de amina terciária fracamente básica e de grau alimentício (Purolite® A133S), a qual removeu aproximadamente 77% da acidez da polpa da goiaba serrana. Existe a necessidade de um estudo mais detalhado a respeito da porcentagem de utilização para a goiaba serrana e para os produtos obtidos a partir dela, uma vez que a resina aumentou o pH final da polpa, o que pode alterar consideravelmente as características sensoriais (como por exemplo redução do potencial aromático) e estabilidade (ocorrência de deteriorações microbianas), além de incorporar água ao meio. Sugere-se, como alternativa, uma leve desacidificação aliada à utilização de outras matérias-primas na composição (como por exemplo a maçã), além do emprego de licores de expedição no produto final.

O pH é um parâmetro físico-químico relacionado à acidez e igualmente importante para a estabilidade química e microbiológica de bebidas alcoólicas. Segundo Lopes e Silva (2006) valores de pH abaixo de 4,0, observados no espumante natural de goiaba serrana, são recomendados para conferir tal proteção. Um pH médio de 3,2 permite uma evolução adequada durante o tempo e também uma maturação sobre borras finas longa (GABBARDO; CELOTTI, 2015).

O teor alcoólico de 11,46% é semelhante ao de espumantes tradicionais brasileiros (GABBARDO; CELOTTI, 2015) e ao de espumante natural de goiaba (12,0%) (BERTAGNOLLI *et al.*, 2017), estando também dentro do limite estipulado para vinhos

espumantes de 10,0 a 13,0% v/v, a 20 °C (BRASIL, 2018). O teor alcoólico observado é favorável à conservação da bebida frente ao desenvolvimento de micro-organismos, auxiliando também no equilíbrio sensorial do produto.

Ainda conforme especificações das referidas legislações, o espumante natural de goiaba serrana por conter 4,14 g.L⁻¹ de açúcares totais pode ser caracterizado como “extra brut” por estar entre 3,0 e 8,0 g.L⁻¹ de açúcares totais (BRASIL, 2014). Esse parâmetro observado foi semelhante ao evidenciado em espumante natural de goiaba (4,2 g.L⁻¹) por Bertagnolli *et al.* (2017).

Carvalho (2009) avaliou as características físico-químicas de espumantes elaborados com diferentes variedades de maçã (Granny Smith, Catarina e Pink Lady) 12 semanas após o *degorgement*. Para todas as formulações, os parâmetros físico-químicos médios de açúcares redutores totais (0,97 g.L⁻¹), teor alcoólico (8,2%) e acidez total (3,84 g.L⁻¹ em ácido málico) foram menores que os observados para o espumante de goiaba serrana.

Compostos fenólicos constituem um importante fator em relação às características sensoriais de vinhos, uma vez que podem contribuir para a cor, adstringência e amargor. Além disso, eles são compostos bioativos, muito associados à atividade antioxidante e efeitos promotores da saúde (GRIS *et al.*, 2011; CALIARI *et al.*, 2015). A Tabela 2 mostra o teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante avaliados no espumante natural de goiaba serrana e seu vinho base. Observou-se uma redução nos valores tanto de compostos fenólicos quanto da atividade antioxidante, o que pode ser atribuído ao processamento. Os resultados para polifenóis totais e atividade antioxidante *in vitro* obtidos neste estudo foram semelhantes aos observados em espumantes elaborados com uva Moscato Giallo (CALIARI *et al.*, 2015) e em vinhos brasileiros elaborados com variedades brancas (CALIARI *et al.*, 2014).

Tabela 2 - Compostos fenólicos totais (expressos em mg GAE.100mL⁻¹) e atividade antioxidante (expressas em mEq Trolox.100mL⁻¹) do vinho base e do espumante natural de goiaba serrana.

Parâmetro	Vinho base	Espumante natural
Compostos fenólicos totais	104,13 ± 5,13	77,95 ± 3,49
DPPH	737,45 ± 16,63	185,30 ± 6,18
ABTS	3484,63 ± 19,32	168,99 ± 1,90
FRAP	315,49 ± 11,37	1974,61 ± 27,78

Análise sensorial

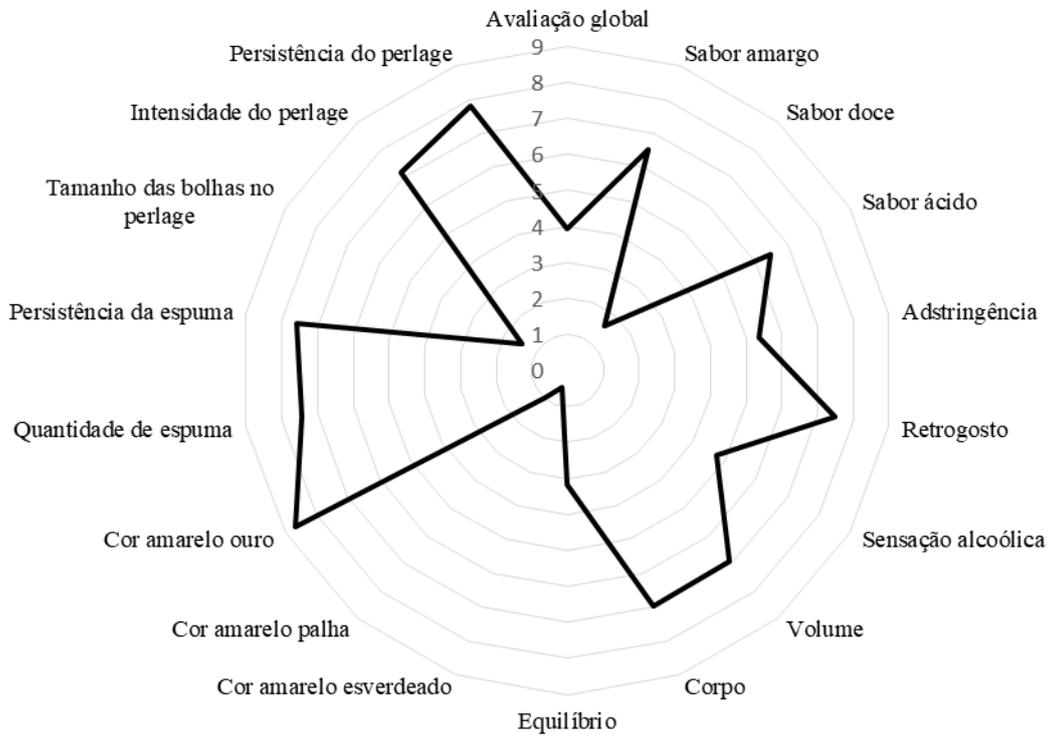
O perfil sensorial do espumante obtido mediante análise sensorial pode ser observado na Figura 1. Os resultados caracterizaram o produto como sendo de cor amarelo ouro, de sabor ácido e amargo, de mediana adstringência e sensação alcoólica, bons volume, corpo e retrogosto, com espuma abundante e persistente por bolhas de tamanho pequeno que tornam intensa e persistente o *perlage*.

A avaliação global ficou com uma nota de 3,94. Compreende-se que este valor seja, muito provavelmente, em virtude do sabor ácido e amargo provenientes da própria matéria-prima e pronunciados pelo processamento fermentativo.

A cor evidenciada no espumante se refere ao processo oxidativo da polpa da goiaba serrana, que passa de branco/gelo a alaranjada durante as etapas de despulpamento e fermentação alcoólica. Pontos positivos da avaliação sensorial foram as características do *perlage* e da espuma, que demonstram a qualidade do processo produtivo, interferindo positivamente na liberação de aromas finos.

Os descritores aromáticos identificados foram: goiaba serrana (marcante e persistente), goiaba, acerola, flor de laranjeira, frutal, herbáceo, folhas secas, conserva, tempero, solvente, ervas aromáticas, abacaxi, maçã verde, madeira (cerejeira), cítrico, pinus e fermento. Aromas florais, de frutas secas, de pão, de levedura, de ervas e cítricos também foram encontrados em diferentes espumantes brasileiros em estudo de Gabbardo e Celotti (2015).

Figura 1 – Perfil sensorial do espumante natural de goiaba serrana.



Compostos voláteis

Não há relatos na literatura científica acerca dos compostos voláteis presentes em amostras de goiaba serrana brasileiras e seus produtos derivados. No presente estudo, foram identificados 28 compostos responsáveis pela fração volátil no espumante natural de goiaba serrana, os quais podem ser evidenciados na Tabela 3. Os compostos voláteis identificados no espumante de goiaba serrana foram classificados quanto às suas propriedades químicas funcionais, sendo, aproximadamente, 84% representados por ésteres, 11% por álcoois superiores e o restante por ácidos orgânicos e um aldeído (furfural).

Os compostos voláteis predominantes no espumante natural de goiaba serrana foram os ésteres, totalizando $7,1402 \mu\text{g L}^{-1}$. Estes compostos são majoritariamente aromas secundários, ou seja, provenientes do processo fermentativo, sendo de grande importância para o aroma de bebidas alcoólicas, muito associados a descritores frutais/florais. Os ésteres presentes em maior concentração foram o metil benzoato, na concentração de $4,4580 \mu\text{g L}^{-1}$ (53,8% da fração volátil total) e o etil benzoato na concentração de $1,7415 \mu\text{g L}^{-1}$ (21% da fração volátil total). Estes compostos, juntamente com butanoato e hexanoato de etila, estão

associados à característica varietal da goiaba serrana (HARDY; MICHAEL, 1970; SHAW; BIRCH; ELLINGHAM, 1983).

Outros ésteres identificados também continuam para o aspecto frutal do aroma. São eles: acetato de etila (aroma frutado/doce/maçã/morango/framboesa), propanoato de etila (aroma frutado), isovalerato de etila (aroma frutado), hexanoato de etila (aroma de anis/maçã verde/banana/abacaxi/morango), etil isovalerato (aroma de maçã), dietil succinato (odor agradável) e octanoato de etila (aroma adocicado) (CLARKE; BAKKER, 2004). Dietil succinato tem sido relacionado como marcador de tempo de envelhecimento de vinhos espumantes pois tende a aumentar sua concentração ao longo deste período (UBEDA *et al.*, 2018).

Álcoois superiores são álcoois formados durante a fermentação alcoólica contendo 3 ou mais C. (PINO; QUERIS, 2011) e representaram a segunda classe majoritária de compostos voláteis do espumante analisado neste estudo ($0,9097 \mu\text{g L}^{-1}$). Os álcoois mais significativos em concentração foram o feniletanol ($0,4575 \mu\text{g L}^{-1}$), o hexanol ($0,1945 \mu\text{g L}^{-1}$) e o 3-metil-1-butanol ($0,1753 \mu\text{g L}^{-1}$). Este último é um dos mais importantes álcoois superiores, também conhecido como álcool isoamílico, sendo relacionado a aroma frutal em vinhos. Igualmente já foi identificado em espumantes naturais de goiaba (BERTAGNOLLI *et al.*, 2017) e de amora (JIANQIANG *et al.*, 2008). Outros compostos identificados neste estudo e que também estão relacionados aos descritores frutais são o 2-metil-1-propanol e o 1-hexanol (odor de fruta/gordura/coco/folhas verdes). Os compostos feniletanol e 2-metil-1-butanol estão relacionados a aroma pungente agradável, de rosas e mel (CLARKE; BAKKER, 2004).

Os compostos pertencentes à classe de ácidos carboxílicos identificados neste estudo foram o ácido hexanoico (também conhecido como ácido cáprico, confere odor adocicado/desagradável/pungente/queijo), ácido octanoico (odor de gordura/queijo azedo/fruta podre/leve odor de fruta ácida), ácido nonanoico (odor de noz/queijo) e ácido decanoico (odor de ranço/amargo) (MOREIRA *et al.*, 2012; FENG *et al.*, 2015; GABBARDO *et al.*, 2016). Apesar de estarem relacionados a aromas desagradáveis, estes compostos foram quantificados neste estudo abaixo do limite de percepção sensorial e normalmente estão presentes em espumantes (BERTAGNOLLI *et al.*, 2017; COSTA *et al.*, 2018; UBEDA *et al.*, 2018).

Aldeídos são compostos muito associados ao processo de envelhecimento de vinhos espumantes. Furfural é um aldeído no qual se atribui aroma adocicado e tende a aumentar com o tempo de envelhecimento (GURBUZ; ROUSEFF; ROUSEFF, 2006). Em condições ácidas a

degradação do ácido ascórbico pode levar à formação de furfural (TEIXEIRA; MONTEIRO, 2006).

Os compostos voláteis observados no espumante natural de goiaba serrana foram igualmente identificados em espumantes brasileiros e outras bebidas alcoólicas semelhantes (CALIARI *et al.*, 2014; CALIARI *et al.*, 2015; GABBARDO *et al.*, 2016; COSTA *et al.*, 2018). Bertagnolli *et al.* (2017) observaram em espumante natural de goiaba, fruta pertencente à mesma família da goiaba serrana, os compostos isopentil acetato, hexanoato de etila, 3-hexanoato de etila, dietil succinato, benzoato de etila, cinamato de etila, octanoato de etila, 2-metil-butanol, 3-metil-butanol, feniletanol e hexanol. Simões, Waszczynskyj, Wosiacki (2009) observaram em sidras compostos como o 1-hexanol, acetato de etila e o 3-metil-1butanol.

Muitos compostos voláteis podem apresentar impressões sensoriais um pouco variáveis, dependendo da sua concentração no *headspace* ou na solução em que estão sendo avaliados (CLARKE; BAKKER, 2004) o que explica as diferentes percepções e descrições para um mesmo composto. Porém observa-se que os compostos voláteis identificados e quantificados por GC-MS no espumante natural de goiaba serrana estavam relacionados aos resultados obtidos na análise sensorial, principalmente com os descritores aromáticos característicos da goiaba serrana e demais sensações frutais percebidas.

Tabela 3 – Compostos voláteis identificados no espumante natural de goiaba serrana.

Classe	Composto	IR calculado	IR literatura	Concentração ($\mu\text{g L}^{-1}$)	SD	Odor threshold ($\mu\text{g L}^{-1}$)*
Ésteres	Acetato de etila	841,91	891	0,0568	0,0061	160,0 ^b
	Propanoato de etila	954,39	960	0,1539	0,0127	-
	Isovalerato de etila	1028,65	1064	0,0018	0,0003	-
	Acetato de isopentila	1145,12	1120	0,0017	0,0004	-
	Hexanoato de etila	1234,10	1246	0,0255	0,0067	30,0 ^a / 0,830 ^b
	Hexil acetato	1258,14	1274	0,0052	0,0008	2-480 ^b
	3-hexanoato de etila	1302,99	1303	0,0051	0,0001	14,0 ^a
	Hex-3-enil acetato	1304,94	1320	0,0012	0,0003	-
	Ocatnoato de etila	1425,95	1431	0,0158	0,0029	5,0 ^a
	2-Hidroxi-4-metilpentanoato de etila	1529,30	1547	0,0372	0,0016	-
	Metil benzoato	1665,97	1628	4,4580	0,4728	-
	Etil benzoato	1683,62	1644	1,7415	0,1169	-
	Dietil succinato	1693,43	1679	0,4390	0,0676	70,0 ^a
	Acetato de β -fentenila	1754,04	1777	0,0057	0,0001	-
Cinamato de etila	2083,06	2081	0,1909	0,0292	1,10 ^a	
	Soma			7,1402		
Álcoois	2-Metil-1-propanol	1112,99	1107	0,0085	0,0011	3,2 ^b
	2-Metil-1-butanol	1173,01	1180	0,0016	0,0003	280,0 ^a
	3-Metil-1-butanol	1200,97	1212	0,1753	0,0495	280,0 ^a / 0,25 ^b
	1-Hexanol	1320,48	1359	0,1945	0,0325	500,0 ^b / 600,0 ^a
	3-Hexanol	1364,83	1370	0,0454	0,0165	-
	1-Decanol	1745,44	1746	0,0174	0,0066	-
	Feniletanol	1911,46	1912	0,4575	0,0695	1100,0 ^a
	Fenol	1971,19	1987	0,0092	0,0017	-
		Soma			0,9097	
Ácidos	Ácido hexanoico	1831,80	1849	0,1012	0,0011	3000,0 ^a / 5,4 ppm ^b
	Ácido octanoico	2049,48	2070	0,2661	0,0138	5,8 ppm ^b
	Ácido nonanoico	2189,75	2169	0,0128	0,0033	3000,0 ^c
	Ácido decanoico	2291,09	2279	0,0132	0,0004	10000,0 ^a / 3,5 ppm ^b
	Soma			0,3935		
Aldeído	Furfural	1435,04	1440	0,0416	0,0024	-

* Dados de limite de percepção de odor obtidos na literatura: a) PINO; QUERIS (2011); b) CLARKE; BAKKER (2004); c) FAN *et al.*, 2010.

Conclusão

A utilização do método tradicional para elaboração de vinhos espumantes possibilitou a produção de um espumante natural de goiaba serrana com características físico-químicas equivalentes às dos vinhos espumantes elaborados a partir de uvas, porém com a necessidade de adequação da acidez total, a qual mostrou-se pronunciada na análise sensorial. O processo de desacidificação deve cuidadosamente ser avaliado para que não haja prejuízos sensoriais e tecnológicos no produto final.

Além disso, o espumante natural de goiaba serrana produzido apresentou uma composição característica de aromas com predominância frutada, determinada pela sua composição volátil. Entre os compostos de maior relevância aromática estavam o etil benzoato e o metil benzoato, ésteres responsáveis pelo aroma característico da goiaba serrana.

Por fim, incentiva-se a elaboração desta bebida por outras metodologias de elaboração de espumantes, como método Asti e “ancestral”, bem como a elaboração de um produto misto e com licor de expedição uma vez que podem ser alternativas viáveis para obtenção do equilíbrio sensorial do espumante natural de goiaba serrana.

Referências

ABRABE. **Um brinde à vida: a história das bebidas.** Disponível em: <http://www.abrabe.org.br/site/wp-content/uploads/2016/08/DBA-Abrabe-vFINAL.pdf>
Acesso em: 07 out 2018.

AMARANTE, C. V. T. DO; STEFFENS, C. A.; BENINCÁ, T. DAL T.; HACKBARTH, C.; SANTOS, K. L. DOS. Qualidade e potencial de conservação pós-colheita dos frutos em cultivares brasileiras de goiabeira-serrana. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 35, n. 4, p. 990-999, Dezembro 2013.

AMARANTE, C. V.T.D.; DE SOUZA, A. G.; BENINCÁ, T. D. T.; STEFFENS, C. A. Phenolic content and antioxidant activity of fruit of Brazilian genotypes of feijoa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 1223–1230, 2017.

AMERINE, M. A.; OUGH, C. S. *Methods for analysis of must and wine.* New York: Wiley-Interscience, 1980, 341.

ARNAO, M.B., CANO, A., ACOSTA, M. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. **Food Chemistry**, v.73, p.239–244, 2001.

BENZIE, I.F.F.; STRAIN, J.J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v.239, p.70–76, 1996.

BERTAGNOLLI, S. M. M.; BERNARDI, G.; DONADEL, J. Z.; FOGAÇA, A. DE O.; WAGNER, R.; PENNA, N. G. Natural sparkling guava wine: volatile and physicochemical characterization. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.47, n. 09, p. 1-7, 2017.

BRAND-WILLIAMS W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluated antioxidant activity. **LWT - Food Sci. Technol**, v. 28, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Lei nº 7.678, de 8 de novembro de 1988. Dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 1988.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Lei no 10.970, de 12 de novembro de 2004. Altera dispositivos da Lei no 7.678, de 8 de novembro de 1988, que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 8.198, de 20 de fevereiro de 2014. Regulamenta a Lei no 7.678, de 8 de novembro de 1988, que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho. **Diário Oficial da União**, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 14, de 08 de fevereiro de 2018. Complementa os Padrões de Identidade e Qualidade do Vinho e Derivados da Uva e do Vinho. **Diário Oficial da União**, 2018.

CALIARI, V.; BURIN, V. M.; ROSIER, J. P.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Aromatic profile of Brazilian Sparkling Wines produced with classic and innovative grape varieties. **Food Research International**, v. 62, p. 965–973, 2014.

CALIARI, V.; PANCERI, C. P.; ROSIER, J. P.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Effect of the Traditional, Charmat and Asti method production on the volatile composition of Moscato Giallo sparkling wines. **Food Science and Technology**, v. 61, 393-400, 2015.

CARVALHO, C.V. **Espumantes de maçã obtidos pelos processos asti, charmat e champenoise**. 2009. 62f. Dissertation (Graduate Program in Food Science and Technology) - Ponta Grossa State University [Universidade Estadual de Ponta Grossa].

CLARKE, R. J.; BAKKER, J. **Wine flavour chemistry**. Blackwell Publishing Ltd. 2004. 339p.

COSTA, G. P.; NICOLLI, K. P.; WELKE, J. E.; MANFROI, V.; ZINI, C. A. Volatile Profile of Sparkling Wines Produced with the Addition of Mannoproteins or Lees before Second Fermentation Performed with Free and Immobilized Yeasts. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 29, n. 9, p. 1866-1875, 2018.

ELFARNINI, M.; ABDEL-HAMID, A. A.; ACHIR, M.; JAMALEDDINE, J.; BLAGHEN, M. Volatile Compounds in the Skin Essential Oil of Moroccan *Feijoa sellowiana*. **European Journal of Medicinal Plants**, v. 23, n. 2, p. 1-7, 2018.

FAN, W.; XU, Y.; JIANG, W.; LI, J. Identification and quantification of impact aroma compounds in 4 nonfloral *Vitis vinifera* varieties grapes. **Journal of Food Science**, v. 75, p. 81–88, 2010.

FENG, Y.; LIU, M.; OUYANG, Y.; ZHAO, X.; JU, Y.; FANG, Y. Comparative study of aromatic compounds in fruit wines from raspberry, strawberry, and mulberry in central Shaanxi área. **Food and Nutrition Research**, v. 59, 2015.

GABBARDO, M.; CELOTTI, E. Caracterização físico-química de espumantes brasileiros. . **Ciência Téc. Vitiv**. v. 30, n. 2, p. 94-101, 2015.

GABBARDO, M.; BATTISTUTTA, F.; GABBERDO, E. T.; TAT, L.; CELOTTI, E. Aromatic characterization of brazilian sparkling wines using olfactometry and a sensory panel. **39th World Congress of Vine and Wine**, BIO Web of Conferences 7, 02005, 2016.

GIOVANNINI, E.; MANFROI, V. **Viticultura e Enologia**: Elaboração de grandes vinhos nos terroirs brasileiros. 2º Edição, Bento Gonçalves: IFRS, 364 p. 2013.

GURBUZ, O.; ROUSEFF, J.M. E ROUSEFF. Comparison of aroma volatiles in commercial Merlot and Cabernet Sauvignon wines using gas chromatography-olfactometry and gas chromatography-mass spectrometry. **J. Agric. Food Chem.**, v. 54, n. 11, 3990-3996, 2006.

GRIS, E. F.; MATTIVI, F.; FERREIRA, E. A.; VRHOVSEK, U.; WILHELM FILHO, D.; PEDROSA, R. C.; T. BORDIGNON-LUIZ, M. Stilbenes and Tyrosol as Target Compounds in the Assessment of Antioxidant and Hypolipidemic Activity of *Vitis vinifera* Red Wines from Southern Brazil. **J. Agric. Food Chem.**, v. 59, n. 14, p. 7954–7961, 2011.

HARDY, P. J.; MICHAEL, B. J. Volatile components of feijoa fruits. **Phytochemistry**, v. 9, p. 1355-1357, 1970.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. 2008. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. IV Edição, 1º Edição digital, São Paulo, p.1020.

JIANQIANG, S., Wang Hua, Hu Jinguang, Zhang Li, Zhang Ang. Study on the volatile compounds in the blackberry sparkling wine by GC/MS. **Food and Fermentation Industries**, v.8, p.51. 2008.

LOPES, R.V.V.; SILVA, F.L.H. Elaboração de fermentados a partir do figo-da-india. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n.2, p.305-315, 2006.

MOREIRA, R.F.A. et al. A fração volátil das aguardentes de cana produzidas no Brasil. **Química Nova**, v.35, n.9, p.1819–1826, 2012.

MOSBAH, H.; LOUATI, H.; BOUJBIHA, M. A.; CHAHDOURA, H.; SNOUSSI, M.; FLAMINI, G.; ASCRIZZI, R.; BOUSLEMA, A.; ACHOUR, L.; SELMI, B. Phytochemical characterization, antioxidant, antimicrobial and pharmacological activities of Feijoa sellowiana leaves growing in Tunisia. **Industrial Crops and Products**, v. 112, p. 521–531, 2018.

NIST (NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY'S). Available from: <<http://www.nist.gov/index.cfm>>. Accessed: Out. 12, 2018.

NYSTROM, A. **Identification of flavour in fresh feijoa fruit**. Publikation/ Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för livsmedelsvetenskap, n. 375, Uppsala, 2013.

PINO, J.A.; QUERIS, O. Characterization of odor-active compounds in guava wine. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.59, p.4885-4890, 2011.

RIZZON, L.A.; MIELE, A. Acidez na vinificação em tinto das uvas Isabel, Cabernet Sauvignon e Cabernet Franc. **Cienc Rural**, v. 32, n.3, p. 511-515, 2002.

SIMÕES, D. R. S.; WASZCZYNSKYJ, N.; WOSIACKI, G. Aromas em maçãs, suco e sidra: revisão. **B.CEPPA**, Curitiba v. 27, n. 1, p. 153-172, jan./jun. 2009.

SWAIN, T., HILLIS, W.E. The fenolic constituents of *Prunus domestica*. **J. Sci. Food Agr**, v. 10, p. 135-144, 1959.

SHAW, G. J.; BIRCH, E. J.; ELLINGHAM, P. J. Volatile constituents of feijoa-headspace analysis of intact fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 34, n. 7, p. 743 – 747, 1983.

TEIXEIRA, M.; MONTEIRO, M. Degradação da vitamina c em suco de fruta. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v.17, n.2, p.219-227, abr./jun. 2006.

UBEDA, C.; KANIA-ZELADA, I.; BARRIO-GALÁN, R. DEL; MEDEL-MARABOLÍ, M.; MARIONA GIL, M; PEÑA-NEIRA, A. Study of the changes in volatile compounds, aroma and sensory attributes during the production process of sparkling wine by traditional method. **Food Research International** xxx, xxx–xxx, 2018.

WESTON, R.J. Bioactive products from fruit of the feijoa (*Feijoa sellowiana*, Myrtaceae): A review. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.121, n.1, p.923- 926, 2010.

ZHU, F. Chemical and biological properties of feijoa (*Acca sellowiana*). **Trends in Food Science & Technology**, v. 81, p. 121–131, 2018.

ZOECKLEIN, B.W.; FUGELSANG, K.C.; GUMP, B.H.; NURY, F.S. **Análisis y producción de vino**. Zaragoza: Editorial Acribia S.A. 600p. 2001.

4.3 Artigo 3

Extração, caracterização e aplicação tecnológica de pectina obtida do subproduto do processamento de goiaba serrana

(Artigo formatado e submetido à Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira)

Extração, caracterização e aplicação tecnológica de pectina obtida do subproduto do processamento de goiaba serrana

Resumo: A goiaba serrana é uma fruta nativa brasileira cultivada internacionalmente e que apresenta aproximadamente 30% do seu peso em polpa sendo o restante descartado. O objetivo deste estudo foi extrair e caracterizar a pectina da farinha do subproduto do processamento da goiaba serrana e testar a sua aplicação na formulação de geleia empregando a polpa desta fruta. Empregou-se um delineamento composto central rotacional para extração da pectina e os fatores escolhidos para avaliar o rendimento de extração e o grau de metoxilação foram concentração de ácido cítrico (g.L^{-1}) e temperatura de extração ($^{\circ}\text{C}$). As propriedades geleificantes foram analisadas por aplicação em geleias do tipo tradicional e Diet. Os resultados mostraram que o rendimento de extração variou entre 11,95 e 49,60 g.100 g^{-1} , sendo o maior rendimento observado com 5 g.100 g^{-1} de ácido cítrico e 95°C . O grau de metoxilação variou entre 48,16% e 52,50%. A propriedade geleificante da pectina foi observada na elaboração de geleia do tipo tradicional, sendo que esta pectina foi caracterizada como sendo de alto grau de metoxilação.

Palavras-chave: *Acca sellowiana*. Pectina. Geleia. Potencial tecnológico.

Introdução

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, sendo responsável pela produção de mais de 40 milhões de toneladas anualmente. Deste montante, cerca de 30% é desperdiçado. Com a finalidade de aumentar os lucros e evitar as perdas, a indústria alimentícia transforma estas frutas em produtos derivados, como sucos, polpas, geleias, néctares, refrigerantes e sorvetes. Porém, o processo industrial gera alta quantidade de resíduos e/ou subprodutos, que apresentam potencial de inovação tecnológica pois podem ser fontes alternativas de diversos ingredientes. Um dos focos das pesquisas acerca do potencial tecnológico de subprodutos industriais de frutas é o seu aproveitamento como fonte alternativa para obtenção de pectina, um polissacarídeo natural amplamente empregado na indústria de alimentos como agente espessante (Einhorn-Stoll, 2018).

A pectina é geralmente composta de homogalacturonana e ramnogalactorunonanas. Homogalacturonana é um polímero linear de unidades de ácido- α -(1,4)-D-galacturônicos, os quais podem ser metil esterificados no C-6 e acetilados no O-2 ou O-3 (Yang et al., 2018),

sendo que conforme o grau de metoxilação (DM), a pectina pode ser classificada como alto grau de metoxilação (DM > 50%) ou baixo grau de metoxilação (DM < 50%) (Yapo, 2011). As principais fontes de produção de pectina são frutas cítricas (Putnik et al., 2017), resíduo de maçã (Kumar & Chauhan, 2010) e de beterraba (Chen et al., 2015). Entretanto, a pectina também pode ser extraída de fontes não convencionais como casca de coco (Chan & Choo, 2013), casca de amoreira (Liu et al., 2011), casca de feijão (Korish, 2015), resíduos de sisal (Santos et al., 2015), casca de melancia (Maran et al., 2014), cascas de romã (Pereira et al., 2016), cascas de manga (Wang et al., 2016) e cascas de banana (Oliveira et al., 2016).

Industrialmente a pectina comercial é obtida quimicamente empregando extração ácida. Nesta perspectiva, ácidos orgânicos como ácido cítrico e ácido acético tem apresentado resultados satisfatórios no processo por serem de baixo custo, baixa toxicidade e ambientalmente seguros (Jafari et al., 2017; Marić et al., 2018).

Paralelamente a esse contexto, também cresce o interesse pelo potencial tecnológico das frutas nativas brasileiras. A goiaba serrana [*Acca sellowiana* (O.Berg) Burret] é uma espécie da família Myrtaceae, nativa do planalto meridional brasileiro e nordeste do Uruguai, sendo cultivada internacionalmente como fruta exótica em países como Nova Zelândia, Austrália, Japão, França, Itália, Rússia, Chile, Colômbia, Estados Unidos e Espanha. No Sul do Brasil, a espécie mostra-se adaptada a condições de clima frio, encontrada com maior frequência em áreas com altitudes superiores a 800 metros (Weston, 2010; Amarante e Santos, 2011), sendo também conhecida como goiaba da serra, goiaba crioula, araçá do rio grande, *guayabo verde* ou *guayabo del país*, feijoa ou *pineapple-guava* (Amarante et al., 2017).

Além do seu consumo *in natura*, a goiaba serrana pode ser processada e a polpa utilizada na produção de sucos, geleias, sorvetes e bebidas, sendo que, aproximadamente, 70% de seu peso não é tradicionalmente aproveitado, sendo muitas vezes considerado um resíduo pelas indústrias. Além disso, pesquisas relatam que a casca da goiaba serrana, principal constituinte do subproduto oriundo do processamento, representa uma fonte de compostos bioativos, como os fenólicos e as vitaminas antioxidantes, apresentando inclusive maior teor de vitamina C do que a polpa (Amarante et al., 2017). Porém, ainda não são observados estudos acerca da valorização deste subproduto como fonte de matérias-primas de uso tecnológico.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a potencialidade tecnológica do subproduto gerado no processamento da goiaba serrana [*Acca sellowiana* (O.Berg) Burret], a

partir da obtenção de uma farinha para extração e caracterização da pectina presente neste material, além de realizar sua aplicação como agente espessante em geleias.

Materiais e Métodos

Material

As amostras de goiaba serrana foram coletadas aleatoriamente, no ponto de maturação (identificado pelo fácil desprendimento da fruta da planta mediante toque), na cidade de São Joaquim, SC (latitude 28° 16' 40,02" S, longitude 49° 56' 09,10" W e altitude de 1.400 m), na safra de 2017. Após a colheita, as frutas foram transportadas em caixa de polietileno até laboratório de Processamento de Frutas e Hortaliças do Instituto Federal de Santa Catarina, campus Urupema, onde foram processadas. Primeiramente, as amostras foram higienizadas com água corrente e sanitizadas com hipoclorito de sódio a 200 ppm por 15 minutos. Em seguida, as frutas foram cortadas ao meio com facas de aço inox e a polpa foi manualmente separada da casca e mesocarpo, considerados como subprodutos para fins deste estudo.

Elaboração e caracterização da farinha do subproduto da goiaba serrana

Para obtenção da farinha, o subproduto da goiaba serrana foi cortado em pequenas fatias (aproximadamente 3 mm de espessura), as quais foram dispostas em bandejas para posterior secagem em estufa com circulação forçada de ar (Adamo®, modelo 310/81PID) a 45 °C, por aproximadamente 24 horas. Após secagem, o resíduo foi moído em moinho de facas tipo willey (Fortinox®, modelo STAR FT 50), com tamanho de partícula de 400 mesh e armazenado em recipiente de vidro, hermeticamente fechado, até o momento das análises.

A farinha foi caracterizada quanto aos aspectos físico-químicos e composição centesimal. A umidade ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) foi determinada pelo método gravimétrico de volatilização, por secagem direta em estufa a 105 °C, a proteína bruta ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) foi realizada através da técnica de Kjeldahl, os lipídeos totais ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) foram determinados através da extração direta em Soxhlet, as cinzas ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) foram obtidas por incineração em mufla a 550 °C (IAL, 2008).

Para as análises físico-químicas, preparou-se uma solução com a farinha, sendo o resultado obtido multiplicado pelo fator de diluição. A determinação do pH se deu através da medição direta em potenciômetro e o teor de sólidos solúveis totais, em °Brix, foi

determinado através da leitura direta em refratômetro. A acidez titulável em ácido orgânico (g de ácido cítrico.100g⁻¹) foi realizada segundo método 312/IV do IAL (2008). Os açúcares redutores totais (g.100g⁻¹) foram determinados pelo método espectrofotométrico do ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) (Miller, 1959).

O teor de ácido ascórbico foi determinado pelo método padrão, n. 43.065, da AOAC (1984) modificado por Benassi e Antunes (1988), no qual se substitui o solvente extrator ácido metafosfórico por ácido oxálico, que se baseia na redução de 2,6-diclorofenolindofenol-sódico (DCFI) pelo ácido ascórbico. Os carotenoides totais foram determinados conforme descrito por Davies (1976), determinando a absorvância em 450nm do extrato obtido, utilizando um espectrofotômetro (U-1800, Hitachi, Tóquio, Japão), e a concentração calculada empregando o coeficiente de absorção (A1%1cm).

Para a avaliação da cor instrumental utilizou-se colorímetro calibrado Delta Color, modelo Delta Vista 450G, sendo obtidos os parâmetros L* que indica a luminosidade (claro/escuro); a* para a cromaticidade no eixo da cor verde (-) para vermelha (+); e b* que indica a cromaticidade no eixo da cor azul (-) para amarela (+) do sistema CIELAB.

Extração da pectina

A extração e a caracterização titulométrica da pectina a partir da farinha do subproduto da goiaba serrana (PGS) foram realizadas seguindo um delineamento composto central rotacional com quatro pontos axiais e três repetições no ponto central, totalizando 11 ensaios, segundo metodologia adaptada de Munhoz et al. (2010). Os fatores escolhidos para avaliar o rendimento de extração de pectina e o grau de metoxilação (DM) foram: concentração de ácido cítrico (g.L⁻¹) e temperatura de extração (°C), denominados variáveis independentes, sendo o tempo de extração constante de 60 minutos. O rendimento, em massa, de pectina extraída em cada experimento foi considerado a variável resposta ou dependente.

Amostras de farinha (2 g) foram dissolvidas em 100 mL de água destilada e as extrações foram realizadas sob concentrações de ácido cítrico entre 3,5 a 7,0% e de temperatura entre 45 a 95 °C. Após extração ácida, as amostras foram resfriadas a 4 °C por duas horas, filtradas em tecido de poliéster, sendo descartado o sobrenadante. Ao filtrado, contendo pectina, foi adicionado álcool etílico (96%) na proporção 1:2 (pectina:álcool, p/p) Após uma hora, a pectina precipitada foi separada por filtração. A pectina obtida foi seca em estufa de secagem (marca Adamo, modelo 310/81PID) a 50 °C até peso constante. O

rendimento de pectina foi obtido a partir da quantidade inicial da matéria-prima utilizada, conforme Equação 1.

$$\text{Rendimento} = (\text{Pectina extraída} \times 100) / \text{Massa farinha} \quad (\text{Eq.1})$$

Onde: Pectina extraída: massa de pectina obtida após extração e secagem, em gramas;
Massa da farinha: massa da amostra em base seca, em gramas.

As amostras de pectina obtidas nas condições experimentais foram caracterizadas por titulometria. Aproximadamente 250 mg de pectina foi umedecida com 2 mL de álcool etílico P.A. e solubilizada em 25 mL de água deionizada sob agitação constante por 30 minutos em agitador magnético, sendo em seguida determinado o pH da solução. As carboxilas livres dos ácidos anidrogacturônicos foram neutralizadas com solução de NaOH 0,1 M. As carboxilas esterificadas após saponificação com 10 mL de solução de NaOH 0,25 M por 30 minutos em temperatura ambiente foram neutralizadas com 10 mL de solução de HCl 0,25 M e novamente neutralizadas com solução de NaOH 0,1 M, obtendo-se então os valores de mEq de NaOH referentes aos dois tipos de carboxilas, livres e esterificadas, respectivamente representados por mEq' e mEq''. Com os dados obtidos foram realizados os cálculos do percentual de ácidos anidrogacturônicos livres (% mAAG livre), percentual de carboxilas desmetoxiladas (% mAAG desmetoxiladas), percentual de grupamentos metoxílicos (% MMeO) e o grau de metoxilação (DM), conforme as Equações 2, 3, 4 e 5 respectivamente. Estes parâmetros foram também avaliados em pectinas comerciais para fins comparativos.

$$\% \text{ mAAG livres} = (\text{mEq}' \times M_{\text{NaOH}} \times 178) / 10 \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\% \text{ mAAG desmetoxiladas} = (\text{mEq}'' \times M_{\text{NaOH}} \times 178) / 10 \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\% \text{ MMeO} = (\text{mEq}'' \times M_{\text{NaOH}} \times 31) / 10 \quad (\text{Eq. 4})$$

$$\text{DM} = [(\text{mAAG desmetoxiladas}) / (\text{mAAG livre} + \text{mAAG desmetoxiladas})] \times 100 \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde: mAAG livres = ácidos anidrogacturônicos livres;
mAAG desmetoxiladas = carboxilas desmetoxiladas;
MMeO = grupamentos metoxílicos;
DM = grau de metoxilação.

Elaboração das geleias

Com o intuito de comparar tecnologicamente a pectina extraída com a pectina comercial, foram elaboradas geleias Diet e tradicionais do tipo extra de goiaba serrana. A polpa da fruta foi coletada durante o despulpamento e congelada à -18 ± 2 °C para posterior utilização no preparo das geleias. No momento do preparo a polpa apresentou $12,15 \pm 0,23$ °Brix, pH de $3,20 \pm 0,13$, e acidez titulável de $1,05 \pm 0,01$ g.100g⁻¹ sendo que as formulações de geleia foram definidas após resultado de extração e caracterização da pectina (Tabela 1).

Tabela 1 - Formulações de geleias de feijoa tradicionais e dietéticas.

Ingredientes	Geleia Tradicional		Geleia Diet	
	F1	F2	F3	F4
Polpa (%)	50,0	50,0	78,0	78,0
Sacarose (%)	50,0	50,0	-	-
Lowçucar® (%)	-	-	20,0	20,0
Pectina PF (%)	-	1,0	-	2,0
Pectina ATM comercia (%)	1,0	-	-	-
Pectina BTM comercial (%)	-	-	2,0	-
Cloreto de cálcio (mg.g⁻¹ de pectina)	-	-	50,0	50,0
Ácido Cítrico (%)	0,2	0,2	0,2	0,2

F1 – geleia tradicional com pectina ATM comercial; F2 – geleia tradicional com adição de PF (pectina extraída da farinha do subproduto da goiaba serrana); F3 – geleia diet com adição de pectina BTM comercial; F4 – geleia diet com adição de PF (pectina extraída da farinha do subproduto da goiaba serrana); Lowçucar: Sacarina, Ciclamato e Glicosídeos de Steviol.

Para a elaboração das geleias tradicionais do tipo extra com pectina comercial de alto grau de metoxilação (F1) e pectina PGS (F2) acrescentou-se um terço da sacarose à polpa, sob aquecimento. Quando a mistura atingiu 35 °Brix, acrescentou-se o restante da sacarose. A 54 °Brix acrescentou-se a pectina previamente diluída em água destilada a 70 °C (1:10, p/v). O ponto final foi dado a 68 °Brix com o acréscimo do ácido cítrico. A geleia foi envasada a 90°C, em recipiente de vidro, previamente esterilizado, com tampa metálica. Para a elaboração das formulações Diet com pectina comercial de baixo grau de metoxilação (F3) e pectina PF (F4) a polpa foi misturada ao edulcorante e submetida ao aquecimento. Quando a mistura atingiu 30 °Brix, adicionou-se a pectina previamente diluída em água destilada a 70

°C (1:10, p/v) e o cloreto de cálcio. O aquecimento seguiu até a geleia atingir 35°Brix, o ácido cítrico foi acrescentado e a geleia foi envasada sob as mesmas condições da geleia tradicional. Após o envase, os recipientes foram invertidos por 15 minutos para esterilização da tampa e seguiram para o resfriamento com água corrente.

Após elaboração, as geleias foram armazenadas à temperatura ambiente e analisadas quanto os parâmetros físico-químicos de teor de sólidos solúveis totais (°Brix), acidez total (AT, em $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de ácido cítrico) e pH de acordo com as metodologias estipuladas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Para a avaliação da cor instrumental utilizou-se colorímetro calibrado Delta Color, modelo Delta Vista 450G, sendo obtidos os parâmetros L^* que indica a luminosidade (claro/escuro), a^* para a cromaticidade no eixo da cor verde (-) para vermelha (+), e b^* que indica a cromaticidade no eixo da cor azul (-) para amarela (+) do sistema CIELab.

A sinérese das geleias foi avaliada por método gravimétrico (Khouryier et al., 2005). A textura (firmeza, coesividade e índice de viscosidade) das geleias foi avaliada em texturômetro universal modelo TA-XT Plus, do fabricante Stable Micro Systems, equipado com o software Exponent Stable Micro Systems, com auxílio do dispositivo cilíndrico de acrílico de diâmetro 35 mm (Probe A/BE-d35), velocidade de pré-teste de 2,0 mm/s, velocidade de teste de 2,0 mm/s e velocidade de pós-teste de 10,0 mm/s.

Análise estatística

Os dados, obtidos em triplicata, relativos à análise das geleias foram analisados pelo cálculo da média, desvio padrão e análise de variância (ANOVA). Para a comparação das médias, empregou-se o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os dados de rendimento de extração de pectina (delineamento composto central rotacional com quatro pontos axiais e duas repetições no ponto central) também foram submetidos à análise de variância. Todas as análises foram avaliadas por meio do aplicativo Statistica versão 8.0 (STATSOFT Inc., 2009).

Resultados e discussão

A farinha obtida a partir do subproduto do despulpamento da goiaba serrana foi caracterizada e os parâmetros físico-químicos avaliados encontram-se na Tabela 2. A farinha deste estudo apresentou $6,81 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de umidade, atendendo a legislação (Anvisa, 1978) que exige o valor máximo de $15 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de umidade em farinhas. Os teores determinados de

cinzas e lipídeos totais foram 2,36 e 2,80 g.100g⁻¹, respectivamente, sendo esses superiores aos apresentados por Lino e Rios (2016), caracterizando frutos frescos de goiabeira serrana de diferentes origens (RS e SC), cujos valores (em base seca) variaram de 0,36 a 0,61 g.100g⁻¹ para cinzas e de 1,40 a 2,20 g.100g⁻¹ para lipídeos totais. Esses pesquisadores ainda encontraram valores entre 3,56 e 5,14 g.100g⁻¹ para proteína, enquanto que na amostra de farinha analisada neste estudo esse componente não foi detectado pelo método analítico utilizado.

Tabela 2 - Parâmetros químicos e físico-químicos de farinha obtida a partir do subproduto do despulpamento de frutos de goiaba serrana.

Parâmetros*	Resultados
Umidade (g.100g⁻¹)	6,81 ± 0,30
Cinzas (g.100g⁻¹)	2,36 ± 0,10
Lipídeos totais (g.100g⁻¹)	2,80 ± 0,06
Proteína bruta (g.100g⁻¹)	N.D.
Açúcares redutores totais (g.100g⁻¹)	23,76 ± 0,38
Carotenoides totais (µg.g⁻¹)	26,46 ± 0,10
Ácido ascórbico (mg.100g⁻¹)	42,5 ± 3,25
pH	2,83 ± 0,03
Acidez total (g de ácido cítrico.100g⁻¹)	13,39 ± 0,09
Sólidos solúveis totais (°Brix)	43,25 ± 0,43

*média ± desvio padrão (n=3). N.D. - não detectado

Foi observado um teor expressivo (23,76 ± 0,38 g.100g⁻¹) de açúcares redutores totais na farinha em estudo, assim como para os SST (43,25 °Brix). O pH (2,83 ± 0,03) se mostrou de acordo com os observados por Amarante et al. (2017) em frutos frescos de genótipos brasileiros de goiaba serrana (2,45-3,68) e inferior aos apresentados por Lima e Rios (2016) (3,21-3,28) também avaliando frutos *in natura*.

Quanto aos carotenoides totais, a farinha apresentou um teor de 26,46 ± 0,10 µg.g⁻¹, valor esse bastante superior aos encontrados por Lima e Rios (2016), 1,21 a 1,91 µg.g⁻¹, em frutos frescos de goiaba serrana. O teor de ácido ascórbico foi de 42,5 mg.100g⁻¹ de farinha, já Amarante et al. (2017) analisando a casca e a polpa de frutos de goiaba-serrana verificaram teores deste ácido variando de 63,5 a 101,0 mg.100g⁻¹ para casca e de 38,7 a 92,5 mg.100g⁻¹ para polpa. Observa-se que, mesmo após as etapas de processamento, boa parte da

concentração desse componente permaneceu na farinha de resíduos.

Além do baixo pH observado, a característica ácida da amostra foi reafirmada pela análise de acidez titulável, sendo obtido o valor de 13,39 g de ácido cítrico.100g⁻¹, possivelmente decorrente da concentração resultante do processo de secagem, pois frutos de goiaba serrana *in natura* podem apresentar valores médios entre 0,14 a 1,47 g de ácido cítrico.100g⁻¹ (Lima e Rios, 2016; Amarante et al., 2017).

Foram obtidos com a análise instrumental de cor os seguintes resultados para os parâmetros: L* 52,73 ± 0,96, a* 4,19 ± 0,16 e b* 24,07 ± 0,66. Amarante et al. (2013) encontraram valores de L* da casca e da polpa de frutos em diferentes cultivares de goiabeira-serrana, respectivamente, entre 42,8-45,1 e 56,7-70,7.

Em relação ao conteúdo de pectina, não foram encontrados na literatura outros trabalhos com farinha de goiaba serrana. A Figura 1 apresenta o aspecto macroscópico da farinha e da pectina obtidas a partir do subproduto do processamento da goiaba serrana.

Figura 1 – Farinha (a) e pectina (b) obtidas a partir do resíduo do processamento da goiaba serrana.



Fonte: arquivo pessoal.

Variações no rendimento, bem como nas características da pectina extraída, devem-se às diferenças inerentes às origens e condições de matérias-primas vegetais: cultivo, estágio de maturação, armazenamento, variedade, tratamento térmico. Além disso, fatores externos como pH, temperatura, concentração e tipo de ácido, tempo de aquecimento, *ratio* matéria-prima/solvente, método de isolamento e precipitação também devem ser considerados (Granato & Nunes, 2016; Einhorn-Stoll, 2018). Portanto, cada matéria-prima apresentará uma particular condição ótima para extração, considerando-se a metodologia empregada e os

fatores inerentes à amostra.

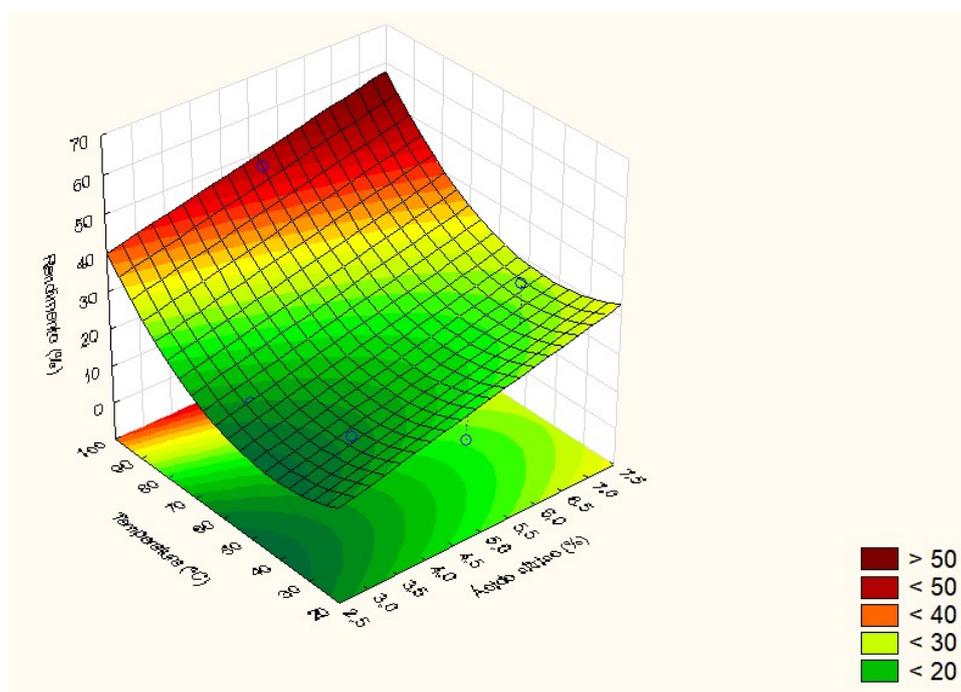
Não foram encontrados na literatura outros trabalhos com avaliação de pectina de goiaba serrana ou com avaliação do potencial tecnológico do subproduto desta fruta. Os rendimentos médios de pectina extraída a partir da farinha do subproduto do processamento de goiaba serrana variaram entre 11,95 g.100 g⁻¹ (experimento 7) e 49,6 g.100 g⁻¹ (experimento 8), e podem ser observados na Tabela 3. Munhoz et al. (2010) observaram um rendimento máximo de 13,24 g.100 g⁻¹ de pectina extraída da farinha elaborada com a polpa e casca da goiaba (*Psidium guajava* L.), fruta pertencente à mesma família da goiaba serrana. Fontes convencionais de pectina como cascas de frutas cítricas, bagaço de maçã e polpa de beterraba apresentam teores médios de extração entre 30-35%, 15-20% e 15-30%, respectivamente (Adetunji et al., 2017). Já para fontes não convencionais, mediante extração com ácidos, estes valores variam de 5,2% e 12,2% para casca de banana (Oliveira et al., 2016), entre 2,87% e 28,98% para casca do melão (Raji et al., 2017) e entre 3,92% e 11,18% para cascas de romã (Pereira et al., 2016).

A Figura 2 apresenta o gráfico de superfície de resposta em 3D referente às respostas do processo de extração de pectina da farinha do subproduto da goiaba serrana em função da concentração de ácido cítrico e da temperatura, mantendo-se o tempo de extração constante (60 minutos). Por meio do modelo gerado pelo gráfico de superfície de resposta, o experimento 8 com 5,0 g.100 g⁻¹ de ácido cítrico a 95 °C foi considerado a melhor combinação de fatores, dentro da faixa de máxima extração, obtendo o maior rendimento de extração de pectina. Na extração de pectina de goiaba (*Psidium guajava* L.), assim como para a goiaba serrana, Munhoz et al. (2010) evidenciaram que uma concentração em torno de 5,0% e 6,5% de ácido cítrico é a mais eficiente na extração da pectina garantindo maiores teores desta substância.

Tabela 3. Resultados de rendimento de extração e grau de metoxilação da pectina extraída da farinha do subproduto da goiaba serrana.

Experimento	Variáveis		Rendimento (%)	DM (%)
	Ácido (%)	Temperatura (°C)		
1	3,5 (-1)	35 (-1)	18,10	49,11
2	6,5 (1)	35 (-1)	37,75	50,00
3	3,5 (-1)	85 (1)	26,80	48,16
4	6,5 (1)	85 (1)	37,75	49,91
5	3 (-1,414)	60 (0)	17,55	50,39
6	7 (1,414)	60 (0)	25,15	52,50
7	5 (0)	25 (-1,414)	11,95	49,34
8	5 (0)	95 (1,414)	49,60	49,96
9	5 (0)	60 (0)	18,25	52,33
10	5 (0)	60 (0)	22,62	49,12
11	5 (0)	60 (0)	22,35	49,20

Figura 2 - Gráfico de curvas de nível do rendimento ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) da extração de pectina extraída da farinha do subproduto da goiaba serrana em função das variáveis temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e concentração de ácido cítrico ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$).



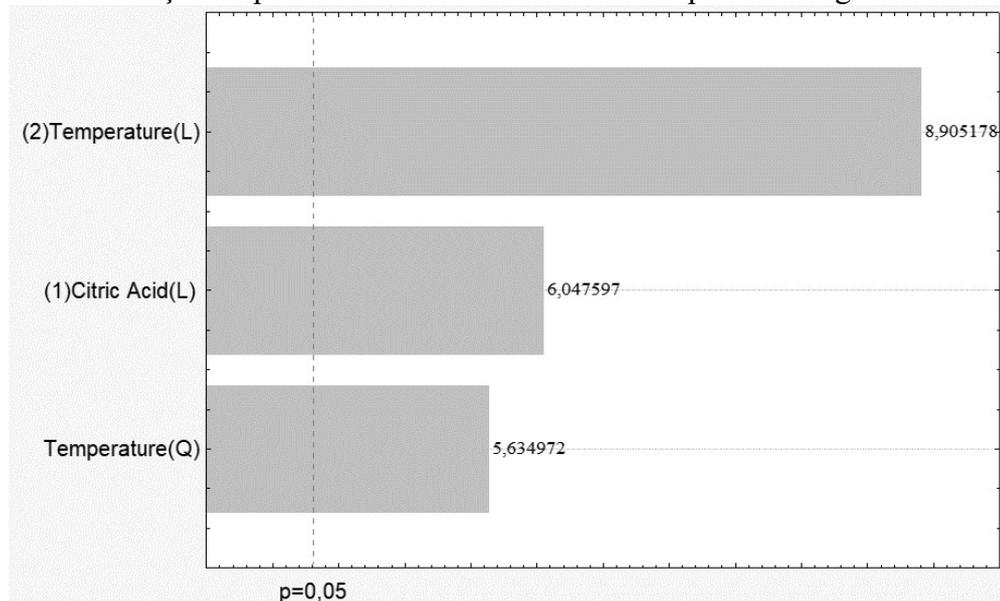
Jafari et al. (2017), na extração de pectina a partir de bagaço de cenoura, utilizando a combinação de fatores pH (ajustado com diferentes concentrações de ácido cítrico), temperatura, tempo e proporção líquido/sólido, obtiveram rendimento máximo de 15,6% em pH de 1,3, temperatura de 90°C, em 79,8 minutos de extração e proporção de 23,3 v/w. Para pectina extraída do bagaço de uva, Minjares-Fuentes et al. (2014) obtiveram um rendimento máximo de 32,3% com extração a 75 °C, por 60 minutos em solução de ácido cítrico de pH 2,0. Já Li et al. (2015), que avaliaram a combinação dos mesmos efeitos independentes dos trabalhos acima citados, encontraram para a pectina extraída da polpa da beterraba um rendimento máximo de extração de 23,95% em solução de ácido cítrico de pH 1,0, a 99°C, por 166 minutos e com uma proporção líquido/sólido (v/w) de 20.

A Tabela 4 apresenta o resultado da análise de variância para os efeitos teor de ácido cítrico (X1) e temperatura (X2) sobre o rendimento de extração de pectina da farinha do subproduto do processamento de goiaba serrana. Na Figura 3, os parâmetros que apresentaram valores maiores que 4,30 ($p = 0,05$), localizados à direita da linha tracejada, foram significativos. Dessa forma, a partir dos resultados da ANOVA, verifica-se que os efeitos lineares de ácido e temperatura (L) e quadrático da temperatura (Q) foram significativos ($p < 0,05$), ou seja, tanto o ácido quanto a temperatura influenciaram positivamente no rendimento de extração de pectina do subproduto da goiaba serrana e o aumento de um deles acarreta aumento de extração.

Tabela 4 - Análise de variância do rendimento de extração de pectina extraída da farinha do subproduto da goiaba serrana em função das variáveis concentração de ácido cítrico (%) e temperatura (°C).

Fonte de Variação	Soma dos	Graus de	Quadrado	F calculado	F tabelado
	Quadrados	Liberdade	Médio		
Regressão	881,856179	3	293,9520597	5,58749612	4,3468314
Resíduo	368,2623437	7	52,60890624	-	-
Falta de ajuste	356,254	5	71,25071874	11,8664672	19,29641
Erro puro	12,009	2	6,004375	-	-
Total	1250,119	10	-	-	-

Figura 3 - Efeito das variáveis concentração de ácido cítrico (%) e temperatura (°C) sobre o rendimento de extração de pectina extraída da farinha do subproduto da goiaba serrana.



O pH ácido e a maior temperatura na extração hidrolisam constituintes insolúveis da pectina, aumentando, dessa forma, a solubilidade e difusão desta substância da planta para o meio. Esse efeito positivo também foi observado em outros estudos de extração de pectina de fontes não convencionais (Minjares-Fuentes et al., 2014; Li et al., 2015; Oliveira et al., 2016; Pereira et al., 2016; Jafari et al., 2017). Wang et al. (2016), ao extrair pectina da casca de manga, observaram que a 80 °C a porcentagem de extração foi maior (16,70%-17,15%) do que a 20°C (1,55% a 2,09%). Raji et al. (2017) observaram, ainda, que o tipo de ácido é um importante fator no processo de extração de pectina, sendo o ácido cítrico o de maior efeito quando comparado aos ácidos tartárico, hidrolórico, acético, láctico, nítrico, fosfórico e sulfúrico.

A pectina, por ser de origem natural, não constitui uma molécula única com massa molecular conhecida e características estáveis. Além disso, as condições químicas e físicas no momento da extração interferem diretamente na característica da molécula de pectina extraída (Adetunji et al., 2017), sendo que a massa molar e o grau de polimerização interferem na capacidade de geleificação, principalmente pela presença e distribuição de açúcares neutros nas cadeias laterais (Granato & Nunes, 2016). Neste estudo, as diferentes combinações de acidez e temperatura extraíram moléculas de pectina com graus de metoxilação que variaram entre 48,16% e 52,50%, que podem ser observados na Tabela 3. Uma vez que estes valores foram muito próximos a 50,0%, valor limite de caracterização entre pectinas de alto e baixo grau de metoxilação, a propriedade geleificante da pectina PGS foi comparada com a de

pectinas comerciais mediante inserção em formulações de geleias dos tipos Diet e tradicional como forma de se avaliar a real aplicabilidade desta molécula para elaboração de geleias.

Os parâmetros físico-químicos analisados nas geleias, empregados para comparação das propriedades da pectina PGS com pectinas comerciais, encontram-se descritos na Tabela 5. Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as geleias preparadas com pectina comercial e aquelas preparadas com a pectina PGS, tanto para as formulações tradicionais quanto para as Diet, quanto aos teores de sólidos solúveis totais, pH, acidez titulável e sinérese. Experimentalmente, as geleias não apresentaram diferença entre si com relação à cor uma vez que os parâmetros de cor avaliados não demonstraram diferença significativa ($p > 0,05$).

Tabela 5 - Parâmetros físico-químicos analisados nas geleias tradicionais e Diet elaboradas com pectina comercial e pectina extraída da farinha do subproduto da goiaba serrana.

Parâmetro	Geleia Tradicional		Geleia Diet	
	F1	F2	F3	F4
SST (°Brix)	69,46 ± 0,30 ^b	73,33 ± 1,75 ^a	33,13 ± 0,11 ^b	39,00 ± 0,00 ^a
pH	3,13 ± 0,00 ^a	2,66 ± 0,02 ^b	3,13 ± 0,00 ^a	2,62 ± 0,02 ^b
AT (g.100g⁻¹ ácido cítrico)	0,75 ± 0,01 ^b	1,51 ± 0,16 ^a	0,87 ± 0,01 ^b	2,52 ± 0,08 ^a
Sinérese (%)	2,06 ± 0,05 ^b	10,32 ± 0,40 ^a	0,009 ± 0,001 ^b	23,21 ± 0,25 ^a
Cor: L*	15,06 ± 0,11 ^a	15,95 ± 0,40 ^a	28,63 ± 0,85 ^a	27,62 ± 0,02 ^a
a*	2,71 ± 0,11 ^a	3,1 ± 0,80 ^a	1,98 ± 0,23 ^a	2,28 ± 0,03 ^a
b*	13,09 ± 2,18 ^a	13,42 ± 2,18 ^a	16,73 ± 1,31 ^a	20,23 ± 0,07 ^a
Firmeza (g)	817,77 ± 3,27 ^b	1.726,76 ± 13,26 ^a	912,72 ± 21,62 ^a	31,27 ± 0,13 ^b
Coesividade (g)	-408,09 ± 7,91 ^b	-599,585 ± 3,96 ^a	-478,775 ± 12,09 ^a	-23,39 ± 0,24 ^b
IV (g.s)	-1222,43 ± 29,27 ^b	-1757,415 ± 10,45 ^a	-1206,15 ± 52,04 ^a	-67,54 ± 1,26 ^b

ART – açúcares redutores totais; SST – sólidos solúveis totais; AT – acidez total; IV – índice de viscosidade; F1 – formulação de geleia tradicional com pectina comercial; F2 – formulação de geleia tradicional com pectina PGS; F3 – formulação de geleia diet com pectina comercial; F4 - formulação de geleia diet com pectina PGS. Médias seguidas pelas mesmas letras, para o mesmo estilo de geleia, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As formulações elaboradas com pectina PGS apresentaram maiores teores de sólidos solúveis totais, acidez total e sinérese, e menores valores de pH. Estes resultados estão relacionados com a característica ácida da matéria-prima, observada tanto na fruta *in natura* quanto na caracterização físico-química da farinha (Aquino et al., 2018), o que influenciou na

redução do pH, no conseqüente aumento da acidez total, e maior teor de sinérese das geleias elaboradas com a pectina extraída neste estudo.

Com relação à textura, foram observadas diferenças significativas entre as geleias do mesmo tipo para os parâmetros analisados de firmeza, coesividade e índice de viscosidade ($p < 0,05$). Os valores observados foram menores para a geleia *Diet* contendo pectina PGS, devido à não formação de gel, e maiores para a geleia tradicional com esta mesma pectina. Dessa forma, como houve formação de gel apenas na formulação de geleia tradicional pode-se classificar a pectina PGS como sendo de alto grau de metoxilação. Pectinas de alto grau de metoxilação gelificam em condições de pH entre 2,0 e 3,5 e concentrações de sacarose entre 50-65%, enquanto que as de baixo grau de metoxilação formam gel na ausência de sacarose e requerem a presença de cátions bivalentes, como cálcio, podendo gelificar na faixa de pH entre 2,5 e 6,5 (Granato e Nunes, 2016; Einhorn-Stoll, 2018). De acordo com Canteri et al. (2012), as pectinas de baixo grau de metoxilação possuem na prática um grau de metoxilação entre 20 e 45%, menores, portanto, que o grau de metoxilação médio da pectina extraída neste estudo (50,0%).

Conclusões

A goiaba serrana é uma fruta nativa brasileira que possui um subproduto rico em pectina de alto grau de metoxilação.

A farinha gerada com o subproduto desta fruta pode ser aproveitada para extração desta substância, que por sua vez pode ser aplicada em diversos produtos alimentícios como agente espessante ou formador de filmes e embalagens comestíveis.

Sugere-se uma maior investigação da estrutura química da pectina extraída, com relação à presença e distribuição das cadeias laterais da molécula, bem como a proposta de uma adição de açúcares nas cadeias laterais para a padronização do processo de geleificação e sejam melhor definidas a velocidade de formação de gel e a porcentagem de utilização nas formulações.

Referências

- ADETUNJI, L. R.; ADEKUNLE, A.; ORSAT, V.; RAGHAVAN, V. Advances in the pectin production process using novel extraction techniques: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 62, p. 239 – 250, 2017.
- AMARANTE, C.V. T.; SANTOS, K. L. Goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n.1, Jaboticabal, p. 001-334, 2011.
- AMARANTE, C. V. T. DO; SOUZA, A. G. DE; BENINCÁ, T. D. T.; STEFFENS, C. A. Fruit quality of Brazilian genotypes of feijoa at harvest and after storage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 52, n. 9, p. 734-742, 2017.
- AQUINO, A.C.M.S.; SARTORI, G.V.; WANDERLEY, B.R.S.M.; STEFANSKI L.A.S.; COSTA, I. G.; MANFROI. V. Caracterização de farinha obtida a partir de resíduos do despulpamento de goiaba serrana. In: Simpósio de Segurança Alimentar, Desvendando Mitos, 6, 2018, Gramado. **Anais**. Gramado: FAURGS, 2018.
- CANTERI, M. H. G.; MORENO, L.; WOSIACKI, G.; SCHEER, A. DE P. Pectina: da Matéria-Prima ao Produto Final. **Polímeros**, v. 22, n. 2, p. 149-157, 2012.
- CHAN, S.-Y.; CHOO, W.-S. Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks. **Food Chemistry**, v. 141, n. 4, p. 3752–3758, 2013.
- CHEN, H.-M.; FU, X.; LUO, Z.-G. Properties and extraction of pectin-enriched materials from sugar beet pulp by ultrasonic-assisted treatment combined with subcritical water. **Food Chemistry**, v. 168, p. 302–310. 2015.
- EINHORN-STOLL, U. Pectin-water interactions in foods e from powder to gel. **Food Hydrocolloids**, n. 78, p. 109-119, 2018.
- GRANATO, D.; NUNES, D. S. **Análises químicas, propriedades funcionais e controle de qualidade de alimentos e bebidas: uma abordagem teórico-prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. p. 251
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. IV Edição, 1º Edição digital, São Paulo, 2008. 1020p.
- JAFARI, F.; KHODAIYAN, F.; KIANI, H.; HOSSEINI, S. S. Pectin from carrot pomace: Otimização of extraction and physicochemical properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 157, p. 1315–1322, 2017.
- KHOURYIER, H. A.; ARAMOUNI, F. M; HERALD, T. J. Physical, chemical and sensory properties of sugar-free jelly, Manhattan. **Journal of Food Quality**, Wastport, v.28, n. 2, p. 179-190, 2005.

- KORISH, M. Faba bean hulls as a potential source of pectin. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 9, p. 6061–6066, 2015.
- KUMAR, A.; CHAUHAN, G. S. Extraction and characterization of pectin from Apple pomace and its evaluation as lipase (steapsin) inhibitor. **Carbohydrate Polymers**, v. 82, n. 2, p. 454–459, 2010.
- LI, D-Q.; DU, G-M.; JING, W-W.; LI, J-F.; YAN, J-Y.; LIU, Z-Y. Combined effects of independent variables on yield and protein content of pectin extracted from sugar beet pulp by acid citric. **Carbohydrate Polymers**, v. 129, p. 108–114, 2015.
- LIU, L.; JIANG, T.; YAO, J. A two-step chemical process for the extraction of cellulose fiber and pectin from mulberry branch bark efficiently. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 19, n. 3, p. 568–573, 2011.
- MARAN, J. P.; SIVAKUMAR, V.; THIRUGNANASAMBANDHAM, K.; SRIDHAR, R. Microwave assisted extraction of pectin from waste *Citrullus lanatus* fruit rinds. **Carbohydrate Polymers**, v. 101, n. 1, p. 786–791, 2014.
- MARIĆ, M.; GRASSINO, A. N.; ZHU, Z.; BARBA, F. J.; BRNČIĆ, M.; BRNČIĆ, S. R. An overview of the traditional and innovative approaches for pectin extraction from plant food wastes and by-products: Ultrasound-, microwaves-, and enzyme-assisted extraction. **Trends in Food Science & Technology**, v. 76, p. 28–37, 2018.
- MINJARES-FUENTES, R.; FEMENIA, A.; GARAU, M. C.; MEZA-VELÁZQUEZ, J. A.; SIMAL, S.; ROSSELLÓ, C. Ultrasound-assisted extraction of pectins from grape pomace using acid citric: A response surface methodology approach. **Carbohydrate Polymers**, v. 106, p. 179–189, 2014.
- MUNHOZ, C. L., SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J., SOARES-JÚNIOR, M. S. Extração de pectina de goiaba desidratada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.1, Campinas, 2010.
- OLIVEIRA, T. I. S.; ROSA, M. F.; CAVALCANTE, F. L.; PEREIRA, P. H. F.; MOATES, G. K., WELLNER, N.; MAZZETTO, S. E.; WALDRON, K. W.; AZEREDO, H. M. C. Optimization of pectin extraction from banana peels with citric acid by using response surface methodology. **Food Chemistry**, v. 198, p. 113-118, 2016.
- PEREIRA, P. H. F.; OLIVEIRA, T. I. S.; ROSA, M. F.; CAVALCANTE, F. L.; MOATES, G. K.; WELLNER, N.; WALDRON, K. W.; AZEREDO, H. M. C. Pectin extraction from pomegranate peels with citric acid. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 88, p. 373–379, 2016.

PUTNIK, P.; KOVACEVIĆ, D. B.; JAMBRAK, A. R.; BARBA, F. J.; CRAVOTTO, G.; BINELLO, A.; LORENZO, J. M.; SHPIGELMAN, A. Innovative “green” and novel strategies for the extraction of 697 bioactive added value compounds from citrus wastes - A review. **Molecules**, v. 22, n. 5, 680, 2017.

RAJI, Z.; KHODAIYAN, F.; REZAEI, K.; KIANI H.; HOSSEINI, S. S. Extraction optimization and physicochemical properties of pectin from melon peel. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 98, p. 709–716, 2017.

SANTOS, J. D. G.; VIEIRA, I. J. C.; BRAZ-FILHO, R.; BRANCO, A. Chemicals from agave sisalana biomass: Isolation and identification. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, n. 4, p. 8761–8771, 2015.

STATSOFT, Inc. **STATISTICA (data analysis software system), version 8**. 2009. (Software Estatístico).

WANG, M.; HUANG, B.; FAN, C.; ZHAO, K.; HU, H.; XU, X.; PAN, S.; LIU, F. Characterization and functional properties of mango peel pectin extracted by ultrasound assisted citric acid. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 91, p. 794–803, 2016.

WESTON, R.J. Bioactive products from fruit of the feijoa (*Feijoa sellowiana*, Myrtaceae): A review. **Food Chemistry**, v. 121, n. 1, p. 923-926, 2010.

YANG, J.; MU, T.; MA, M. Extraction, structure, and emulsifying properties of pectin from potato pulp. **Food Chemistry**, n. 244, p. 197–205, 2018.

YAPO, B. M. Pectic substances: From simple pectic polysaccharides to complex pectins-A new hypothetical model. **Carbohydrate Polymers**, n. 86, v. 2, p. 373–385, 2011.

5 DISCUSSÃO GERAL E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A goiaba serrana é uma fruta nativa brasileira ainda pouco cultivada devido às suas características de pós-colheita e à falta de informações acerca da sua domesticação e potencial tecnológico. A diversidade genética tem sido um caminho para alterar as características fisiológicas e sensoriais da goiaba serrana, mas ainda segue a passos lentos, o que se deve, pelo menos em parte, à falta de informações sistemáticas sobre as propriedades químicas e biológicas da mesma.

Este estudo propôs a avaliação da goiaba serrana como matéria prima principal na elaboração de bebidas alcoólicas fermentadas, bem como o aproveitamento do subproduto deste processamento para obtenção de pectina, visto que a avaliação deste potencial tecnológico pode auxiliar os estudos genéticos, impulsionar a produção, além de agregar valor à fruta.

A partir dos resultados obtidos, foi possível observar que as amostras nativas de goiaba serrana da região do planalto catarinense empregadas neste trabalho apresentaram, de uma forma geral, características desejáveis para a obtenção de bebidas alcoólicas fermentadas, excetuando-se pela sua elevada acidez e amargor. Apesar de ser um fator negativo para o resultado final das bebidas produzidas, a alta acidez pode auxiliar os trabalhos de melhoramento genéticos no sentido de direcionar a obtenção de variedades com maior equilíbrio entre açúcares e ácidos, tendo em vista que estes produtos possuem um apelo e interesse regional crescente.

Embora o método tradicional para elaboração de vinhos espumantes tenha possibilitado a produção de um espumante natural de goiaba serrana com características físico-químicas peculiares e equivalentes às dos vinhos espumantes elaborados a partir de uvas, estudos adicionais devem ser realizados para obtenção de produtos mais agradáveis ao paladar. Uma alternativa para utilização da fruta para elaboração de bebidas é a escolha de formulações mais adocicadas que amenizem a sensação de acidez e amargor (como, por exemplo, vinhos licorosos, licores e sidras), formulações mistas com outras matérias-primas, adição de licor de expedição no espumante natural ou, ainda, metodologias de espumantização, como o método Asti, que proporcionem um maior teor de açúcar residual. Outro fator importante para a amenização do amargor é evitar ao máximo a oxidação da fruta no momento do processamento, visto que o alto teor de compostos fenólicos presentes podem conferir este amargor quando expostos à oxigenação.

Atualmente é crescente a busca por produtos que promovam a saúde e o bem estar, combatendo doenças e os processos oxidativos. Assim como a fruta *in natura*, as bebidas desenvolvidas neste estudo apresentaram elevado teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante, se assemelhando a bebidas já conhecidas por essas propriedades. Este resultado fortalece a importância da continuidade dos estudos do potencial tecnológico desta fruta, bem como a determinação analítica qualitativa e quantitativa desses compostos.

O subproduto do processamento da goiaba serrana pode ser considerado uma fonte alternativa para obtenção de pectina de alto grau de metoxilação. Esta pectina necessita de maiores estudos acerca da sua estruturação química, bem como de formas de padronização das moléculas. Além da aplicação em geleias, outras aplicações industriais desta substância são incentivadas.

Por fim, este trabalho apresenta dados inéditos acerca da composição química de amostras nativas de goiaba serrana brasileiras e dos produtos por elas gerados, como compostos carotenoides e voláteis, que corroboram a denominação internacional atualmente atribuída a esta fruta como sendo a fruta do futuro.

REFERÊNCIAS

- ABRABE. **Um brinde à vida: a história das bebidas.** Disponível em: <http://www.abrabe.org.br/site/wp-content/uploads/2016/08/DBA-Abrabe-vFINAL.pdf> Acesso em: 07 out 2018.
- ABREU, F.A.P. **Aspectos tecnológicos da gaseificação do vinho de caju (*Anacardium occidentale* L.).** Fortaleza: UFC, 1997, 95 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, 1997.
- AGUILERA, Y.; MARTIN-CABREJAS, M. A.; MEJIA, E. G. L. DE. Phenolic compounds in fruits and beverages consumed as part of the mediterranean diet: their role in prevention of chronic diseases. **Phytochemistry Reviews June 2016, Volume 15, Issue 3, pp 405–423**
- ALMEIDA, C. O. DE. Fruticultura brasileira em análise. Disponível em: <http://www.portaldoagronegocio.com.br/artigo/fruticultura-brasileira-em-analise> Acesso em: 21 fev 2017.
- ALVES, C. Q.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P.; BAHIA, M. V.; AGUIAR, R. M. Métodos para determinação da atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. **Quim. Nova**, v. 33, n. 10, p. 2202-2210, 2010.
- AMARANTE, C. V. T.; SANTOS, K. L. Goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*). **Rev. Bras. Frutic.** v. 33, n.1, Jaboticabal Mar, 2011.
- AMARANTE, C. V. T. DO; STEFFENS, C. A.; BENINCÁ, T. DAL T.; HACKBARTH, C.; SANTOS, K. L. DOS. Qualidade e potencial de conservação pós-colheita dos frutos em cultivares brasileiras de goiabeira-serrana. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 35, n. 4, p. 990-999, Dezembro 2013.
- AMARANTE, C. V.T.D.; DE SOUZA, A. G.; BENINCÁ, T. D. T.; STEFFENS, C. A. Phenolic content and antioxidant activity of fruit of Brazilian genotypes of feijoa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 1223–1230, 2017.
- AMERINE, M. A.; OUGH, C. S. Methods for analysis of must and wine. New York: Wiley-Interscience, 1980, 341.
- ANDRADE, M. B. DE.; PERIM, G. A.; SANTOS, T. R.T. DOS; MARQUES, R. G. Fermentação Alcoólica e Caracterização de Fermentado de Morango. **Anais do III Simpósio de Bioquímica e Biotecnologia** Trabalho Completo apresentado na seção: PÔSTER. Londrina, 2013.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 66, n.1, p. 1-9, 2007.
- AOYAMA, H.; SAKAGAMI, H.; HATANO, T. Threenew flavonoids, proanthocyanidin, and accompanying phenolic constituents from *Feijoa sellowiana*. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v. 82, p. 31 –41, 2018.

ARAÚJO, I. M. C. DE. **Caracterização bioativa de resíduos de frutas tropicais**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Nutrição da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como requisito final para obtenção do grau de Nutricionista. Natal, 2017.

ARNAO, M.B., CANO, A., ACOSTA, M. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. **Food Chemistry**, v.73, p.239–244, 2001.

ASQUIERI, E.R.; RABELO, A. M. S.; SILVA, A. G. de M.. Fermentado de jaca: estudo das características físico-químicas e sensoriais. **Cienc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 28, n.4, 2008.

BARBOSA, K. B. F.; COSTA, N. M. B.; ALFENAS, R. DE C. G.; DE PAULA, S. O.; MINIM, V. P. R.; BRESSAN, J. Oxidative stress: concept, implications and modulating factors. **Rev. Nutr.**, Campinas, v. 23, n. 4, p. 629-643, jul./ago., 2010.

BARNI, E.J.; DUCROQUET, J.P.; SILVA, M.C.; NETO, R.B.; PRESSER, R.F. **Potencial de mercado para goiabeira-serrana catarinense**. Florianópolis: Epagri, 2004. 48p. (Documento, 212).

BENZIE, I.F.F.; STRAIN, J.J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v.239, p.70–76, 1996.

BERTAGNOLLI, S. M. M. **Bebidas fermentadas de goiaba: compostos bioativos, caracterização volátil e aproveitamento de resíduos**. Santa Maria: UFSM, 2014. 213 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

BEYHAN, O.; ELMASTAS, M.; GEDIKLI, F. Total phenolic compounds and antioxidant capacity of leaf, dry fruit and fresh fruit of feijoa (*Acca sellowiana*, Myrtaceae). **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 4, n. 11, p. 1065-1072, 4 jun. 2010.

BEZERRA, M.A.; ALVES, J. D.; OLIVEIRA, L. E. M. DE; PRISCO, J. T. Caracterização morfológica e mobilização de reservas durante os estádios iniciais de desenvolvimento de plântulas de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Revista Ciência Agronômica**. v.34, n.2, p.253-259, 2003.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à química de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2003. 238p.

BONTEMPO, P.; MITA, L.; MICELI, M.; DOTO, A.; NEBBIOSO, A.; DE BELLIS, F.; CONTE, M.; MINICHELLO, A.; MANZO, F.; CARAFA, V.; BASILE, A.; RIGANO, D.; SORBO, S.; CASTALDO, C. R.; SCHIAVONE, E. M.; FERRARA, F.; DE SIMONE, M.; VIETRI, M.; CIOFFI, M.; SICA, V.; BRESCIANI, F.; DE LERA, A. R.; ALTUCCI, L.; MOLINARI, A. M. Feijoa sellowiana derived natural flavone exerts anti-cancer action displaying HDAC inhibitory activities. **International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, v. 39, n. 10, 1904–1914, 2007.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução - CNNPA nº 12, de 24 de julho de 1978**. Normas técnicas especiais. 1978.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Lei nº 7.678, de 8 de novembro de 1988. Dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 1988

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Lei nº 10.970, de 12 de novembro de 2004**. Altera dispositivos da Lei nº 7.678, de 8 de novembro de 1988, que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho, e dá outras providências. 2004.

BRASIL. **Portaria nº 64, de 23 de abril de 2008**. Dispõem sobre os regulamentos técnicos para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas fermentadas: fermentado de fruta, sidra, hidromel, fermentado de cana, fermentado de fruta licoroso, fermentado de fruta composto e saquê. 2008.

BRASIL. **Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009**. Regulamenta a Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 14, de 08 de fevereiro de 2018. Complementa os Padrões de Identidade e Qualidade do Vinho e Derivados da Uva e do Vinho. **Diário Oficial da União**, 2018.

CANTERI, M. H. G.; MORENO, L.; WOSIACKI, G.; SCHEER, A. DE P. Pectina: da Matéria-Prima ao Produto Final. **Polímeros**, v. 22, n. 2, p. 149-157, 2012.

CASIMIRO, A.R.S.; AGUIAR, L.M.B.A.; MEDEIROS, M. das C. **Vinho de caju**. Fortaleza: Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial - NUTEC, 1989. 27 p. (Série implantação de Alimentos).

CERQUEIRA, F. M.; MEDEIROS, M. H. G. DE; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Quím. Nova**, v.30, n. 2, São Paulo Mar./Apr, 2007.

CHAN, S.-Y.; CHOO, W.-S. Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks. **Food Chemistry**, v. 141, n. 4, p. 3752–3758, 2013.

COLODEL, C.; PETKOWICZ, C. L. DE O. Acid extraction and physicochemical characterization of pectin from cubiu (*Solanum sessiliflorum* D.) fruit peel. **Food Hydrocolloids**, xx, xx-xx, 2018.

CORREA, M. I. C.; CHAVES, J. B. P.; JHAM, G. N.; RAMOS, A. M.; MINIM, V. P. R.; YOKOTA, S. R. C. Changes in guava (*Psidium guajava* L. var. Paluma) nectar volatile compounds concentration due to thermal processing and storage. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 1061-1068, out.-dez., 2010.

COUTO, M. A. L.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 15-19, 2011.

D'EECKENBRUGGE, G.C.; FERLA, D.L.; FERREIRA, F.R. Diversidade e potencial das fruteiras neotropicais. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura. **Anais...** Poços de Calda, p.19-47, 1998.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 33-40, Jan.- Jun./2004.

DE SÁ, L. Z. C. M. **Determinação eletroanalítica e espectrofotométrica da atividade antioxidante de fermentados de jabuticaba e vinhos de diferentes procedências**. Goiânia: UFG, 2013. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

DÓREA, H. S.; GAUJAC, A.; NAVICKIENE, S. Microextração em fase sólida: aspectos termodinâmicos e cinéticos. **Scientia Plena.**, v. 4, n. 7, 2008.

DUBOURDIEU D. Compostos aromáticos. **In: I Jornadas de Enologia** - Escola Superior de Biotecnologia, Porto, p. 19-21, 1988.

EL-SHENAWY, S. M.; MARZOUK, M. S.; EL DIB, R. A.; ELYAZED, H. E.A.; SHAFFIE, N. M.; MOHARRAM, F. A. Polyphenols and biological activities of *Feijoa sellowiana* leaves and twigs. **Revista Latinoamericana de Química**. n. 36, v.3, p. 102-120, 2008.

EINHORN-STOLL, U. Pectin-water interactions in foods e from powder to gel. **Food Hydrocolloids**, n. 78, p. 109-119, 2018.

FACHINELLO, J.C.; NACHTIGAL, J.C. Propagação da goiabeira serrana *Feijoa sellowiana* Berg, através da mergulhia de cepa. **Sci. Agric.**, v. 49, 1992.

FERRARA, L., MONTESANO, D., BENEVENTO, V. Impiego degli estratti di *Feijoa sellowiana* in preparazioni cosmetiche. **Cosmet. News**, v. 22, p. 392-395, 1999a.

FERRARA, L., SCHETTINO, O., MONTESANO, D., VITI, L. Studio analítico dei flavonoid dela *Feijoa sellowiana*. **Agricoltura Ricerca**, v. 182, p. 31-34, 1999b.

FERREIRA, F.R. **Recursos Genéticos de Espécies Frutíferas no Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. 190p.

GIOVANNINI, E.; MANFROI, V. **Viticultura e Enologia: Elaboração de grandes vinhos nos terroirs brasileiros**. 2º Edição, Bento Gonçalves: IFRS, 364 p. 2013.

GRANATO, D.; NUNES, D. S. **Análises químicas, propriedades funcionais e controle de qualidade de alimentos e bebidas: uma abordagem teórico-prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. p. 251.

GRASSINO, A. N.; BRNCIC, M.; VIKIC-TOPIC, D.; ROCA, S.; DENT, M.; BRNCIC, S. R. Ultrasound assisted extraction and characterization of pectin from tomato waste. **Food Chemistry**, v. 198, p. 93-100, 2016.

GOMES, G.C.; RODRIGUES, W. F.; GOMES, F. R. C.; BARBIERI, R. L.; GARRASTAZU, M. C. **Conservação de frutíferas nativas**: localização, fenologia e reprodução. Documentos 183. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 33p.

GOULART JUNIOR, R.; MONDARDO, M.; REITER, J.M.W. **Relatório sobre a Fruticultura Catarinense: Fruticultura em números - Safra 2014/15**. Florianópolis: Epagri, 2017. 114p. (Epagri. Documentos, 271).

HAMINIUK, C. W. I.; SIERAKOWSKI, M. R.; IZIDORO, D. R.; MACIEL, G. M.; SCHEER, A. DE P.; MASSON, M. L. Comportamento reológico de sistemas pécticos de polpas de frutas vermelhas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 225-231, jan.-mar. 2009.

HARDER, I.C.F.; TEIXEIRA, L.A.J.; POMMER, C.V.; GALLO, P.B. Desenvolvimento inicial de plantas de espécies frutíferas nativas e exóticas em Mococa, Sp. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura. **Anais...** Florianópolis, p.16-22, 2004.

HARDY, P. J.; MICHAEL, B. J. Volatile components of feijoa fruits. **Phytochemistry**, v. 9, p. 1355-1357, 1970.

HEALTH BENEFITS OF FEIJOE. Disponível em: <http://www.healthbenefitstimes.com/health-benefits-of-feijoe/> Acesso em: 25 mar 2016.

HOFFELNER, S. Functional constituents—what is allowed under the Health Claim Regulations? **Fluessiges Obst**, v. 77, n. 2, p. 70–72, 2010.

IELPO, M. T. L.; BASILE, A.; MIRANDA, R.; MOSCATIELLO, V.; NAPPO, C.; SORBO, S.; LAGHI, E.; RICCIARDI, M.M.; RICCIARDI, L.; VUOTTO, M.L. Immunopharmacological properties of flavonoids. **Fitoterapia**, v. 71, n.1, p.S101–S109, 2000.

ISOBE, Y., KASE, Y., NARITA, M., & KOMIYA, T. Antioxidative activity of tropical fruit, *Feijoa sellowiana* Berg.. **Journal of Home Economics of Japan**, v. 54, n.11, p. 945–949, 2003.

ISOBE, Y., KASE, Y., NARITA, M., & KOMIYA, T. Antioxidative activity of a polyphenol extract from *Feijoa sellowiana* Berg. and its application to cookies. **Nippon Kasei Gakkaishi**, v. 55, n. 10, p. 799–804, 2004.

JAFARI, F.; KHODAIYAN, F.; KIANI, H.; HOSSEINI, S. S. Pectin from carrot pomace: Otimização of extraction and physicochemical properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 157, p. 1315–1322, 2017.

JAGTAP, U.B.; BAPAT, V.A. Wines from fruits other than grapes: current status and future prospectus. **Food Bioscience**, v. 9, p. 80-96, 2015.

KELES, H.; INCE.; KÜÇÜKKURT, I.; TATLI, I.; AKKOL, E. K.; KAHRAMAN, C.; DEMIREL, H. H. The effects of Feijos *sellowiana* fruits on the antioxidante defense system, lipid peroxidation, and tissue morphology in rats. **Pharmaceutical Biology**, p. 1-8, 2011.

KINUPP, V.F.; BARROS, I.B.I. Teores de proteína e minerais de espécies nativas. Potenciais hortaliças e frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.4, p.846-857, 2008.

KOBORI, C. N.; JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Ciênc. Agrotec.**, v.29, n.5, p.1008-1014, 2005.

KORISH, M. Faba bean hulls as a potential source of pectin. *Journal of Food Science and Technology*, v. 52, n. 9, p. 6061–6066, 2015.

KHOO, H-E.; PRASAD, K. N.; KONG, K-W.; JIANG, Y.; ISMAIL, A. Carotenoids and their isomers: color pigments in fruits and vegetables. **Molecules**, v. 16, n. 2, p. 1710-1738, 2011.

LAPCIK, O.; KLEJDUS, B.; KOKOSKA, L.; DAVIDOVA, M.; AFANDI, K.; KUBAN, V.; HAMPL, R. Identification of isoflavones in *Acca sellowiana* and two *Psidium* species (Myrtaceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 33, p. 983-992, 2005.

LI, D-Q.; DU, G-M.; JING, W-W.; LI, J-F.; YAN, J-Y.; LIU, Z-Y. Combined effects of independent variables on yield and protein content of pectin extracted from sugar beet pulp by acid citric. **Carbohydrate Polymers**, v. 129, p. 108–114, 2015.

LIU, L.; JIANG, T.; YAO, J. A two-step chemical process for the extraction of cellulose fiber and pectin from mulberry branch bark efficiently. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 19, n. 3, p. 568–573, 2011.

LOUSADA JÚNIOR, J. E.; DA COSTA, J. M. C.; NEUMAN, J.; NEIVA, M.; RODRIGUEZ, N. M. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.1, p.70-76, 2006.

LU, X.; SEIB, P. A. Assay of dehydroascorbic acid in bread and dough added as a crystalline dimer. **Cereal Chemistry**, v. 75, n. 2, p. 200-206, 1998.

MACAGNAN, F. T. **Potencial tecnológico e nutricional de subprodutos do processamento de frutas**. Santa Maria: UFSM, 2013. 161f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

MARAN, J. P.; SIVAKUMAR, V.; THIRUGNANASAMBANDHAM, K.; SRIDHAR, R. Microwave assisted extraction of pectin from waste *Citrullus lanatus* fruit rinds. *Carbohydrate Polymers*, v. 101, n. 1, p. 786–791, 2014.

MELO, P. S.; BERGAMASCHI, K. B.; TIVERON, A. P.; MASSARIOLI, A. P.; OLDONI, T. L. C.; ZANUS, M. C.; PEREIRA, G. E.; ALENCAR, S. M. DE. Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais. **Ciência Rural**, v.41, n.6, jun, 2011.

MIGUEL, A. C. A.; ALBERTINI, S.; BEGIATO, G. F.; DIAS, J. R. P. S.; SPOTO, M. H. F. Aproveitamento agroindustrial de resíduos sólidos provenientes do melão minimamente processado
Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, v. 28, n. 3, p. 733-737, jul.-set. 2008.

MINJARES-FUENTES, R.; FEMENIA, A.; GARAU, M. C.; MEZA-VELÁZQUEZ, J. A.; SIMAL, S.; ROSSELLÓ, C. Ultrasound-assisted extraction of pectins from grape pomace using acid citric: A response surface methodology approach. *Carbohydrate Polymers*, v. 106, p. 179–189, 2014.

MONFORTE, M. T.; LANUZZA, F.; MONDELLO, F.; NACCARI, C.; PERGOLIZZI, S.; GALATI, E. M. Phytochemical composition and gastroprotective effect of *Feijoa sellowiana* Berg fruits from Sicily. **Journal of Coastal Life Medicine**, v. 2, n.1, p. 14-21, 2014a.

MONFORTE, M. T.; FIMIANI, V.; LANUZZA, F.; NACCARI, C.; RESTUCCIA, S.; GALATI, E. M.; FLAMINI, G. *Feijoa sellowiana* Berg fruit juice: Anti-inflammatory effect and activity on superoxide anion generation. **Journal of Medicinal Food**, v. 17, p. 455–461, 2014b.

MORENO-ARRIBAS, M. V.; POLO, M. C. **Wine chemistry and biochemistry**, 728p. 2009.

MORETTO, S. P.; NODARI, E. S.; NODARI, R. O. A Introdução e os Usos da Feijoa ou Goiabeira Serrana (*Acca sellowiana*): A perspectiva da história ambiental. **FRONTEIRAS: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, Anápolis-Goiás, v.3, n.2, jul.-dez., p.67-79. 2014.

MORROT G.; BROCHET, F. Ce que le nez peut dire. In: La Dégustation, **J. Int. Sci. Vigne et Vin**, n° Hors Série, p.15-18, 2000.

MOSBAH, H.; LOUATI, H.; BOUJBIHA, M. A.; CHAHDOURA, H.; SNOUSSI, M.; FLAMINI, G.; ASCRIZZI, R.; BOUSLEMA, A.; ACHOUR, L.; SELMI, B. Phytochemical characterization, antioxidant, antimicrobial and pharmacological activities of *Feijoa sellowiana* leaves growing in Tunisia. **Industrial Crops and Products**, v. 112, p. 521–531, 2018.

MOTOHASHI, N.; KAWASE, M.; SHIRATAKI, Y.; TANI, S.; SAITO, S.; SAKAGAMI, H.; KURIHARA, T.; NAKASHIMA, H.; WOLFARD, K.; MUCSI, I.; VARGA, A.; MOLNÁR, J. Biological activity of *Feijoa* peel extracts. **Anticancer Research**, v. 20, n. 6B, p. 4323–4329, 2000.

MUNIZ, C. R.; BORGES, M. DE F.; ABREU, F. A. P. DE; NASSU, R. T.; FREITAS, C. A. S. DE. Bebidas fermentadas a partir de frutos tropicais. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 309-322, jul./dez. 2002.

MUNHOZ, C. L., SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J., SOARES-JÚNIOR, M. S. Extração de pectina de goiaba desidratada. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.30, n.1, Campinas, 2010.

NAIDU, K. A. Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview. **Nutrition Journal**, v. 2, p. 2-7, 2003.

NACZK, M., SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in foods. **Journal of Chromatography A**, v. 1054, p. 95-111, 2004.

NASCIMENTO FILHO, W. B. DO; FRANCO, C. R. Avaliação do potencial dos resíduos produzidos através do processamento agroindustrial no brasil. **Rev. Virtual Quim.**, v. 7, n. 6, p. 1968-1987, 2015,

NICOLLI, K.P.; WELKE, J. E.; CLOSS, M.; CARAMÃO, E. B.; COSTA, G.; MANFROI, V.; ZINI, C. A. Characterization of the volatile profile of brazilian moscatel sparkling wines through solid phase microextraction and gas chromatography. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.26, n.7, p.1411-1430, 2015.

OLIVEIRA, J. M. M. **Aromas varietais e de fermentação determinantes da tipicidade das castas loureiro e alvarinho**. 2000. 267f. Tese (Doutorado em Engenharia Química e Biológica) Universidade do Minho, Portugal , 2000.

OLIVEIRA, D. S.; AQUINO, P. P.; RIBEIRO, S. M. R.; PROENÇA, R. P. C.; SANT'ANA, H. M. P. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 33, n.1, p.89-98, 2011 a.

OLIVEIRA, A. DA S.; SANTOS, D. DA C.; OLIVEIRA, E. N. A. DE; SILVA, F. L. H. DA; FLORENTINO, E. R. Produção de fermentado alcoólico do fruto de mandacaru sem espinhos (*Cereus jamacaru*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.3, p.271-277, 2011 b.

OLIVEIRA, T. I. S.; ROSA, M. F.; CAVALCANTE, F. L.; PEREIRA, P. H. F.; MOATES, G. K., WELLNER, N.; MAZZETTO, S. E.; WALDRON, K. W.; AZEREDO, H. M. C. Optimization of pectin extraction from banana peels with citric acid by using response surface methodology. **Food Chemistry**, v. 198, p. 113-118, 2016.

PAIVA, E. P.; LIMA, M. S.; PAIXÃO, J. A. Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Iberoamericana de Polímero**, v. 10, n. 4, p. 196-211, 2009.

PASQUARIELLO, M. S.; MASTROBUONI, F.; DI PATRE, D.; ZAMPELLA, L.; CAPUANO, L. R.; SCORTICHINI, M.; PETRICCIONE, M. Agronomic, nutraceutical and molecular variability of feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret) germplasm. **Scientia Horticulturae**, v. 191, p. 1-9, 2015.

PEREIRA, P. H. F.; OLIVEIRA, T. I. S.; ROSA, M. F.; CAVALCANTE, F. L.; MOATES, G. K.; WELLNER, N.; WALDRON, K. W.; AZEREDO, H. M. C. Pectin extraction from pomegranate peels with citric acid. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 88, p. 373-379, 2016.

PETRY, V. S.; NODARI, R. O.; HOLDERBAUM, D. F. Escurecimento enzimático, compostos fenólicos totais e atividade da polifenol oxidase na polpa de cinco genótipos de

Feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret). Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/159705/VANESSA%20SAMARA%20PETRY.pdf?sequence=1> Acesso em: 31 jan 2017.

POODI, Y.; BIMAKR, M.; GANJLOO,A.; ZARRINGHALAMI, S. Intensification of bioactive compounds extraction from feijoa (*Feijoa sellowiana* Berg.) leaves using ultrasonic waves. **Food and Bioproducts Processing**, v. 108, p. 37–50, 2018.

PORTMANN, M. Anatomie des organes des sens. In: La Dégustation, **J. Int. Sci. Vigne Vin**, n. Hors Série, 10-13, 2000.

RAJI, Z.; KHODAIYAN, F.; REZAEI, K.; KIANI H.; HOSSEINI, S. S. Extraction optimization and physicochemical properties of pectin from melon peel. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 98, p. 709–716, 2017.

RAMÍREZ, F.; KALLARACKAL, J. Feijoa [*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret] pollination: A review. **Scientia Horticulturae**, v. 226, p. 333–341, 2017.

RASEIRA, M. do C.B.; ANTUNES, L. E. C.; TREVISAN, R.; GONÇALVES, E. D. **Espécies frutíferas nativas do Sul do Brasil**. Documentos 129. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 124 p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Avanços na pesquisa de carotenóides em alimentos: contribuições de um laboratório brasileiro. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 63, n. 2, p. 129-38, 2004.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenoides**. Tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos. Brasília: MMA/SBF, 100 p., 2008.

ROMERO-RODRIGUEZ, M.A.; VAZQUEZ-ODERIZ, M.L.; LOPEZ-HERNANDEZ, J.; SIMAL-LOZANO, J. Composition of babaco, feijoa, passion-fruit and tamarillo produced in Galicia (NW Spain). **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.49, n.3, p.251-255, 1994.

ROSA, J. S. DA; GODOY, R. L. DE O.; OIANO NETO, J.; CAMPOS, R. DA S.; MATTA, V. M. DE; FREIRE, C. A.; SILVA, A. S. DE; SOUZA, R. S. DE. Desenvolvimento de um método de análise de vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão iônica. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 837-846, out.-dez. 2007.

RUPERTO, G., TRINGALI, C. Secondary metabolites from the leaves of *Feijoa sellowiana* Berg. **Phytochemistry**, v. 65, p. 2947-2951, 2004.

SAJ, O. P.; ROY, R. K.; SAVITHA, S. V. Chemical composition and antimicrobial properties of essential oil of *Feijoa sellowiana* O. Berg. (pineapple guava). **Journal of Pure and Applied Microbiology**, v. 2, n.1, p. 227–230, 2008.

SANCHEZ-MORENO, C. Review: Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. **Food Sci. Technol. Int.** V.8 p.121-137, 2002.

SANDHU, D.K.; JOSHI, V.K. Technology, quality and scope of fruit wines especially apple beverages. **Indian Food Industry**, v. 14, n.1, p. 24 - 34, 1995.

SANTOS, K. L DOS. **Diversidade cultural, genética e fenotípica da goiabeira serrana (*Acca sellowiana*): implicações para a domesticação da espécie**. Florianópolis: UFSC, 2009, 163f. Tese (Doutorado em Ciências), Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, 2009.

SANTOS, M. DA S.; CARNEIRO, P. I. B.; WOSIACKI, G.; PETKOWICZ, C. L. DE O.; CARNEIRO, E. B. B. Caracterização físico-química, extração e análise de pectinas de frutos de *Campomanesia Xanthocarpa* B. (Gabiroba). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 101-106, jan./mar. 2009.

SANTOS, J. D. G.; VIEIRA, I. J. C.; BRAZ-FILHO, R.; BRANCO, A. Chemicals from agave sisalana biomass: Isolation and identification. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, n. 4, p. 8761–8771, 2015.

SANTOS, R. O.; TRINDADE, S. C.; MAURER, L. H.; BERSCH, A. M.; SAUTTER, C. K.; PENNA, N. G. Physicochemical, Antioxidant and Sensory Quality of Brazilian Blueberry Wine. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 88, n. 3, p. 1557-1568, 2016.

SARMENTO, M.B; DA SILVA, A.C.S; DA SILVA, C.S. Recursos genéticos de frutas nativas da família Myrtaceae no Sul do Brasil. **Magistra**, Cruz das Almas-BA, v. 24, n. 4, p. 250-262, 2012.

SHAW, G. J.; ELLINGHAM, P. J.; BIRCH, E. J. Volatile constituents of feijoa-headspace analysis of intact fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 34, p. 143–741, 1983.

SEBRAE. **Agronegócio: Fruticultura**. Boletim de inteligência. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/64ab878c176e5103877bfd3f92a2a68f/\\$File/5791.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/64ab878c176e5103877bfd3f92a2a68f/$File/5791.pdf) Acesso em: 13 mar 2017.

SERAFIN, C.; NART, V.; MALHEIROS, A.; CRUZ, A, B.; MONACHE, F. D.; GETTE, M. A.; ZACCHINO, S.; FILHO, V. C. Avaliação do potencial antimicrobiano de *Plinia glomerata* (Myrtaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, p. 578-582, 2007.

SERRA CATARINENSE. **Bem-Vindo a Serra Catarinense. Uma terra de vários encantos!** Disponível em: http://serracatarinense.com/bem_vindo_a_serra.html Acesso em: 24 mar 2016.

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

SILVA, M. L. C.; RENATA SILVA COSTA, R. S.; SANTANA, A. DOS S.; KOBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 669-682, jul./set. 2010.

SILVA, H. R. **Atuação de bentonite e polivinilpolipirrolidona (PVPP) na clarificação de vinhos espumantes.** 2011. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

SILVA, L. R. DA; MARTINS, L. DO V.; CALOU, I. B. F.; DEUS, M. DO S. M DE; FERREIRA, P. M. P.; PERON, A. P. Flavonoides: constituição química, ações medicinais e potencial tóxico. **Acta Toxicol. Argent.**, v. 23, n. 1, p. 36-43, 2015.

SILVEIRA, A. C. ; OYARZÚN, D. ; RIVAS, M. ; ZÁCCARI, F. Postharvest quality evaluation of feijoa fruits (*Acca sellowiana* (Berg) Burret). **Agrociencia**, v. 20, n. 2, p. 14-21, 2016.

SOARES, R. D.; WELKE, J. E.; NICOLLI, K. P.; ZANUS, M.; CARAMÃO, E. B.; MANFROI, V.; ZINI, C. A. Monitoring the evolution of volatile compounds using gas chromatography during the stages of production of Moscatel sparkling wine. **Food Chemistry**, v. 183, p. 291–304, 2015.

SOUZA, A. G. DE **Caracterização física, química, nutricional e antioxidante em frutos e flores de genótipos de goiabeira-serrana [*Acca sellowiana* (berg.) Burret].** 2015. 168 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2015.

SUN-WATERHOUSE, D. Thedevelopmentoffruit-basedfunctionalfoodstargeting the health and wellness market: A review. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, p. 899–920, 2011.

SUN-WATERHOUSE, D.; WANG, W.; WATERHOUSE, G. I. N.; WADHWA, S. S. Utilisation potential of feijoa fruit wastes as ingredients for functional foods. **Food and Bioprocess Technology**, 6, 3441–3455, 2013.

SUNDAR RAJ, A.; RUBILA, S.; JAYABALAN, R.; RANGANATHAN, T. V. A review on pectin: chemistry due to general properties of pectin and its pharmaceutical uses open Access. **Scientific Reports**, v. 1, n.2, 2012.

TEIXEIRA, M.; MONTEIRO, M. Degradação da vitamina c em suco de fruta. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v.17, n.2, p.219-227, abr./jun. 2006.

TERA. Quais são os resíduos gerados pela indústria alimentícia? Publicado em 27-01-2016. Disponível em:

<https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/quais-sao-os-residuos-gerados-pela-industria-alimenticia> Acesso em: 01 out 2018.

THAKUR, B. R.; SINGH, R. K., HANDA, A. K. Chemistry and uses of pectin — A review. **Crit. Rev. Food Sc. Nut.**, v. 37, p.47-73, 2009.

THORP, G. Feijoa. In.: JANICK, J.; PAULL, R. E. (Ed.). **The encyclopedia of fruit & nuts.** London, CABI Publisher. 2006. P. 526-534.

TOMEI, R. R.; SALVADOR, M. J. **Metodologias analíticas atuais para avaliação da atividade antioxidante de produtos naturais.** Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Marcos_Salvador2/publication/228356974_Metodologias_analiticas_atuais_para_avaliacao_da_atividade_antioxidante_de_produtos_naturais/links/00b495295e966aaaeb000000.pdf Acesso em 11 jan de 2017

TORALLES, R. P.; VENDRUSCOLO, J. L.; VENDRUSCOLO, C. T.; DEL PINO, F. A. B.; ANTUNES, P. L. Determinação das constantes cinéticas de degradação do ácido ascórbico em purê de pêssego: efeito da temperatura e concentração. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v.28, n. 1, Campinas Jan./Mar. p. 18-23, 2008.

TUNCEL, N. B.; YILMAZ, N. Optimizing the extraction of phenolics and anti-oxidants from feijoa (*Feijoa sellowiana*, Myrtaceae). **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, p. 141-150, 2015.

VALENTE, A. L. P.; AUGUSTO, F. Microextração por Fase Sólida. **Química Nova.**, v. 23, n. 4, p. 523–530, 2000.

VASCO-CORREA, J.; ZAPATA, A. D. Z. Enzymatic extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) at laboratory and bench scale. **Food Science and Technology**, v. 80, p. 280-285, 2017.

VENTURINI FILHO, W. G.; GRAGONE, G.; SILVA, J. B. DE A. E. **Bebidas alcoólicas: Ciência e tecnologia**, volume 1. São Paulo: Blucher, 2010, p. 15.

VORAGEN, G. J.; PILNIK, W.; THIBAUT, J. F.; AXELOS, M. A. V.; RENARD, C. M. G. C. **Pectins**. In: Food polysaccharides and their applications, cap. 10, Stephen A. M. (ed.), Marcel Dekker Inc., New York, 1995.

VRIESMANN, L. C.; TEÓFILO, R. F.; PETKOWICZ, C. L. DE O. Extraction and characterization of pectin from cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.) with acid citric. **Food Science and Technology**, v. 49, p. 108-116, 2012.

VUOTTO, M. L., BASILE, A., MOSCATIELLO, V., DE SOLE, P., CASTALDO-COBIANCHI, R., LAGHI, E., IELPO, M. T. L. Antimicrobial and antioxidant activities of Feijoa sellowiana fruit. **International Journal of Antimicrobial Agents**, v. 13, n. 3, p. 197–201, 2000.

WANG, M.; HUANG, B.; FAN, C.; ZHAO, K.; HU, H.; XU, X.; PAN, S.; LIU, F. Characterization and functional properties of mango peel pectin extracted by ultrasound assisted citric acid. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 91, p. 794–803, 2016.

WELKE, J. E.; MANFROI, V.; ZANUS, M.; LAZAROTTO, M.; ZINI, C. A. Characterization of the volatile profile of Brazilian Merlot wines through comprehensive two dimensional gas chromatography time-of-flight mass spectrometric detection. **Journal of Chromatography A**, v. 1226, p. 124–139, 2012 a.

WELKE, J. E.; ZANUS, M.; LAZAROTTO, M.; SCHMITT, K. G.; ZINI, C. A. Volatile characterization by multivariate optimization of headspace-solid phase microextraction and sensorial evaluation of Chardonnay base wines. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 23, p. 678–687, 2012 b.

WELKE, J. E.; ZANUS, M.; LAZZAROTTO, M.; ZINI, C. A. Quantitative analysis of headspace volatile compounds using comprehensive two-dimensional gas chromatography and their contribution to the aroma of Chardonnay wine. **Food Research International**, v. 59, p. 85–99, 2014.

WESTERENG, B.; MICHAELSEN, T. E.; SAMUELSEN, A. B.; KNUTSEN, S. H. Effects of extraction conditions on the chemical structure and biological activity of white cabbage pectin. **Carbohydrate Polymers**, v. 72, n. 1, p. 32–42, 2008.

WESTON, R.J. Bioactive products from fruit of the feijoa (*Feijoa sellowiana*, Myrtaceae): A review. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.121, n.1, p.923- 926, 2010.

ZHU, F. Chemical and biological properties of feijoa (*Acca sellowiana*). **Trends in Food Science & Technology**, v. 81, p. 121–131, 2018.