

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos



Dissertação

Produção de suco de maçã com pequenos frutos (amora, framboesa e morango): aspectos físico-químicos, bioativos e sensoriais

Giovana Paula Zandoná

Pelotas, 2017

Giovana Paula Zandoná

Produção de suco de maçã com pequenos frutos (amora, framboesa e morango): aspectos físico-químicos, bioativos e sensoriais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Comitê de Orientação:

Pesq. Dr. Cesar Valmor Rombaldi
Prof. Dr. César Luis Girardi
Prof. Dr. Fabio Clasen Chaves

Pelotas, 2017

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

Z27p Zandoná, Giovana Paula

Produção de suco de maçã com pequenos frutos (amora, framboesa e morango): aspectos físico-químicos, bioativos e sensoriais / Giovana Paula Zandoná ; Cesar Valmor Rombaldi, orientador ; César Luis Girardi, coorientador. — Pelotas, 2017.

97 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2017.

1. Malus domestica. 2. Processamento. 3. Potencial tecnológico. 4. Compostos fenólicos. 5. Armazenamento. I. Rombaldi, Cesar Valmor, orient. II. Girardi, César Luis, coorient. III. Título.

CDD : 664

Giovana Paula Zandoná

Produção de suco de maçã com pequenos frutos (amora, framboesa e morango):
aspectos físico-químicos, bioativos e sensoriais

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 10 de fevereiro de 2017

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Cesar Valmor Rombaldi (Orientador)
Doutor em Biologie Moléculaire Végétale pela Universidade Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse.

Pesq. Dr. César Luis Girardi
Doutor em Qualité et Sécurité des Aliments pela Universidade Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse.

Dr^a. Giseli Rodriguez Crizel
Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas.

Dr^a. Tatiane Timm Storch
Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por ter me concedido forças e saúde para traçar os caminhos e concluir mais uma importante etapa da minha vida.

Aos meus pais Claudir Paulo Zandoná e Marilene Ana De Marco Zandoná por todo amor, carinho, apoio, compreensão e por acreditarem fielmente na minha capacidade. Por instigar-me a sonhar, a ter esperança e enfrentar todas as situações com garra e humildade. À vocês muito obrigada!

Aos meus irmãos Jovani Paulo e Gleison, pelo afeto, amor e compreensão constante. À minha cunhada, Gisiane, pelo apoio e carinho.

Ao meu orientador, Dr. Cesar Valmor Rombaldi, por todos os ensinamentos e por contribuir grandemente com meu amadurecimento profissional e pessoal. Por ser um exemplo profissional e humano!

Ao professor Dr. Fabio Clasen Chaves, pela disponibilidade em me auxiliar e pelas oportunidades de aprendizagem proporcionadas, sempre me instigando a aprender a cada dia.

À Embrapa Uva e Vinho, pela oportunidade de realização dos experimentos, em especial ao pesquisador Dr. César Luis Girardi. Aos colegas, Juliele Dambros, Giseli Crizel, Tatiane Storch, Naciele Marini, Isadora de Oliveira, Isis Toralles, Camila Nunes, Wanderson Ferreira e Breno Gonçalves, por terem contribuído enormemente para a realização do trabalho, e pelos laços de amizade criados.

Ao LaCEM, em especial para a Jessica Hoffmann, Rosane Crizel, Bianca Camargo, Nathalia Madruga, Rafael Schiavon, Ellen Perin e aos demais colegas, pelo auxílio desde o primeiro momento que cheguei no DCTA. Pela gratificante convivência e por todos os trabalhos desenvolvidos e conhecimentos compartilhados. Vocês foram fundamentais do início ao fim desta caminhada!

A Capes pela concessão da bolsa e pelo apoio financeiro à pesquisa.

Agradeço imensamente à todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pelos ensinamentos e pela disposição em contribuir na formação de profissionais críticos e preparados para a carreira acadêmica, e, principalmente, por serem capazes de construir um ensino público de qualidade.

***"Destino não é uma questão de sorte, mas uma questão de escolha;
não é uma coisa que se espera, mas que se busca."***

William Jennings Bryan

Resumo

ZANDONÁ, Giovana Paula. **Produção de suco de maçã com pequenos frutos (amora, framboesa e morango): aspectos físico-químicos, bioativos e sensoriais**. 2017. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

A demanda por produtos com características semelhantes àquelas das frutas *in natura* vem sendo uma tendência atual, devido à divulgação dos benefícios trazidos por uma dieta rica em compostos bioativos. Nesse contexto, os sucos ganham espaço no mercado, especialmente quando se amplia a disponibilidade de compostos bioativos. Assim uma das possibilidades é associar aos sucos de maçã pequenos frutos como amora, framboesa e morango, que são ricas fontes de compostos com propriedades antioxidantes, além de fornecer diferenciadas características sensoriais. Com isso, objetivou-se desenvolver suco integral de maçã e suco de maçã com adição de pequenos frutos, avaliando as características físico-químicas e sensoriais. O trabalho foi realizado em três etapas: 1) desenvolvimento de suco integral de maçã das cultivares Fuji, Gala, Granny Smith e Pink Lady; 2) adição individual de 5, 10, 15 e 20 % amora, framboesa e morango ao suco de maçã 'Gala'; 3) produção de suco integral de maçã 'Gala' com adição individual de 5 % de cada pequeno fruto. Na primeira etapa, observou-se que o suco de maçã 'Granny Smith' apresentou maior acidez e maior presença de compostos bioativos. A menor acidez foi evidenciada para o suco da cv. Gala. O suco da cv. Fuji, apresentou maior quantidade de açúcares totais. Em relação à aceitabilidade o suco de maçã 'Gala' e 'Fuji' tiveram as melhores notas. Com isso, escolheu-se o suco de maçã 'Gala' para aplicação de diferentes concentrações de pequenos frutos. Na segunda etapa, pode-se perceber que as maiores concentrações de pequenos frutos adicionados aos sucos de maçã resultaram em menores notas na avaliação sensorial, demonstrando que a adição de mais do que 10 % de pequenos frutos pode causar depreciação sensorial dos sucos. Na terceira etapa observou-se que a adição de amora e de morango ao suco de maçã proporcionou o incremento de 18,5 % e 16,2 %, respectivamente, no teor de compostos fenólicos totais. Os principais compostos fenólicos individuais detectados nos sucos de maçã e nos sucos adicionados de pequenos frutos foram ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido cumárico e ácido gálico, os quais são importantes antioxidantes. A adição de pequenos frutos proporcionou o incremento de antocianinas ao suco de maçã, a amora forneceu o acréscimo de pelargonidina, cianidinas e keracianina. Quanto aos aspectos sensoriais, a adição de amora e framboesa proporcionaram maior aceitação para o atributo cor, e para o sabor o suco de maçã com morango, o suco de maçã integral e suco de maçã com amora tiveram melhor aceitabilidade. De forma geral, foi observado que a adição de pequenos frutos ao suco de maçã obteve boa aceitação e contribuiu para o aumento do teor de compostos bioativos, sendo uma boa alternativa para o enriquecimento do suco de maçã em compostos potencialmente benéficos à saúde, além de promover maior diversificação de produtos derivados de maçã.

Palavras-Chave: *Malus domestica*; processamento; potencial tecnológico; compostos fenólicos; armazenamento.

Abstract

ZANDONÁ, Giovana Paula. **Production of apple juice with small fruits (blackberry, raspberry and strawberry): physical-chemical, bioactive and sensorial aspects**. 2017. 97f. Dissertation (Master Degree in Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

The demand for products with characteristics similar to fresh fruits has been a current trend, due to the announcing of the benefits brought by a diet rich in bioactive compounds. In this context, juices gain market, especially when they expand the availability of bioactive compounds. Thus, one of the possibilities is to associate green apple juice with blackberry, raspberry, and strawberry, which are rich sources of compounds with antioxidant properties, and additionally provide unique sensory characteristics. The objective of this study was to develop integral apple juice and apple juice with the addition of small fruits, and to characterize their physicochemical and sensory characteristics. The work was developed in three steps: 1) apple integral juice development using cultivars Fuji, Gala, Granny Smith and Pink Lady; 2) individual addition of 5, 10, 15, and 20% blackberry, raspberry, and strawberry pulp to apple juice 'Gala'; 3) production of whole apple juice 'Gala' with individuality of 5 % of each small fruit. In the first step, it was observed that 'Granny Smith' juice presented the highest acidity and greatest bioactive content. The lowest acidity was observed for the cv. Gala and the highest sugar content was found in cv. Fuji juice. 'Gala' and 'Fuji' juices had the highest acceptability rates. Therefore 'Gala' was chosen for the application of different concentrations of small fruits. In the second step of the study, it could be noticed that the higher the concentration of small fruits added to the apple juice the lower the sensory evaluation scores, demonstrating that the addition of more than 10 % of small fruits can cause sensorial depreciation of the juices. In the third step, it was observed that the addition of blackberry and strawberry to apple juice contributed to an increase of total phenolic content of 18.5% and 16.2%, respectively. The main individual phenolic compounds detected in apple juices and juices added of small fruits were caffeic acid, ferulic acid, coumaric acid, and gallic acid, important antioxidant compounds. The addition of small fruits contributed to an increase in anthocyanin content in the apple juice; blackberry contributed with increases in pelargonidin, cyanidins, and keracyanin contents. As for the sensory, the addition of blackberry and raspberry contributed to a greater acceptance for the color attribute. Apple juice with strawberry, whole apple juice, and apple juice with blackberry had the best taste acceptability. In general, it was observed that addition of small fruits to apple juice promoted good acceptance and contributed to the increase bioactive compound content. These blends constitute a good alternative for the enrichment of apple juice in health beneficial compounds and promote a greater diversification of apple products.

Key-words: *Malus domestica*; processing; technological potential; phenolic compounds; storage.

Lista de Figuras

Figura 1 - Quadro de informações nutricionais obrigatórias	23
Figura 2 - Fluxograma de produção dos sucos integrais de maçãs	33
Figura 3 - Representação esquemática da máquina utilizada para o processamento de suco de maçã na Embrapa Uva e Vinho	35
Figura 4 - Sucos de maçãs produzidos na Embrapa Uva e Vinho	37
Figura 5 - Rótulos de suco de maçã 'Fuji' (A), suco de maçã 'Gala' (B), suco de maçã 'Granny Smith' (C) e de suco de maçã 'Pink Lady' (D), utilizados pela Embrapa Uva e Vinho	37
Figura 6 - Obtenção da polpa de framboesa	42
Figura 7 - Testes de sucos de maçã com 5, 10, 15 e 20 % de amora	42
Figura 8 – Testes de sucos de maçã com 5, 10, 15 e 20 % de framboesa	43
Figura 9 - Testes de sucos de maçã com adição de 5, 10, 15 e 20 % de morango	43
Figura 10 - Fluxograma de produção de suco de maçã integral e suco de maçã com pequenos frutos.....	47
Figura 11 - Suco integral de maçã, suco de maçã com 5 % de framboesa, suco de maçã com 5 % de amora e suco de maçã com 5 % de morango	47
Figura 12 - Cromatograma típico de ácido L-ascórbico.....	50
Figura 13 - Espectro de massa dos compostos pelargoinidina-3-monoglicosídeo m/z 433,1129 (A), cianidina-3-O-monoglicosídeo m/z 449,1078 (B), cianidina-3,5-O-diglucosídeo m/z 611,1607 (C), keracianina m/z 595,1657 (D).....	76

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Análises físico-químicas gerais nos sucos integrais de maçãs	54
Tabela 2 - Compostos bioativos totais detectados nos sucos de maçãs	55
Tabela 3 - Minerais presentes nos sucos de maçãs	57
Tabela 4 - Análise sensorial de sucos integrais de maçãs de diferentes cultivares	59
Tabela 5 - Caracterização físico-química de sucos de maçã 'Gala' com diferentes concentrações de amora-preta.....	60
Tabela 6 - Caracterização físico-química de sucos de maçã 'Gala' com diferentes concentrações de framboesa	60
Tabela 7 - Caracterização físico-química de sucos de maçã 'Gala' com diferentes concentrações de morango.....	61
Tabela 8 - Análise sensorial de sucos de maçã 'Gala' com diferentes concentrações de pequenos frutos.....	62
Tabela 9 - Análises físico-químicas em suco de maçã 'Gala' e sucos de maçã 'Gala' com pequenos frutos.....	65
Tabela 10 - Compostos bioativos totais em suco de maçã 'Gala' e sucos de maçã 'Gala' com pequenos frutos.....	69
Tabela 11 - Compostos fenólicos individuais em sucos de maçã 'Gala' e sucos de maçã 'Gala' com pequenos frutos	72
Tabela 12 - Flavonoides individuais em sucos de maçã 'Gala' e sucos de maçã 'Gala' com pequenos frutos.....	74
Tabela 13 - Antocianinas individuais em sucos de maçã 'Gala' com pequenos frutos	77
Tabela 14 - Quantificação de antocianinas individuais em sucos de maçã 'Gala' com pequenos frutos.....	77
Tabela 15 - Análise sensorial em suco de maçã 'Gala' e em sucos de maçã 'Gala' com pequenos frutos.....	80

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABTS	2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AT	Acidez total
Cu	Cobre
cv	Cultivar
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
Fe	Ferro
HPLC	Cromatografia líquida de alta eficiência
ha	Hectare
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
K	Potássio
Li	Lítio
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
MS	Espectrometria de massas
Na	Sódio
NS	Não significativo
P	Fósforo
PPO	Polifenoloxidase
POD	Peroxidase
Rb	Rubídio
RT	Tempo de retenção
SS	Sólidos solúveis
SMA	Suco de maçã com 5 % de amora
SMÇ	Suco integral de maçã
SMF	Suco de maçã com 5 % de framboesa
SMM	Suco de maçã com 5 % de morango
UR	Umidade relativa
Zn	Zinco

Sumário

1	Introdução.....	12
2	Objetivos	14
2.1	Objetivo Geral.....	14
2.2	Objetivos específicos.....	14
3	Hipótese geral.....	15
4	Revisão de Literatura	16
4.1	Maçã	16
4.2	Sucos.....	18
4.3	Aspectos tecnológicos fundamentais para a produção de suco de maçã ..	19
4.4	Os pequenos frutos	23
4.5	Compostos bioativos presentes nos sucos	27
4.5.1	Compostos fenólicos	27
4.5.2	Ácido ascórbico (vitamina C)	28
4.6	Análise sensorial	29
4.7	Alterações físico-químicas e sensoriais dos sucos.....	30
5	Material e Métodos	32
5.1	Etapa 1: Suco integral de maçã das cultivares ‘Fuji’, ‘Gala’, ‘Granny Smith’ e ‘Pink Lady’	32
5.1.1	Obtenção da matéria-prima e ingredientes.....	32
5.1.2	Desenvolvimento de sucos integrais de maçã	32
5.1.3	Caracterização físico-química.....	38
5.1.4	Caracterização dos compostos bioativos.....	39
5.1.5	Análise de minerais.....	40
5.1.6	Análise sensorial.....	40
5.2	Etapa 2: Testes com diferentes concentrações de pequenos frutos ao suco integral de maçã	41
5.2.1	Obtenção da matéria-prima e ingredientes.....	41
5.2.2	Testes de formulações de sucos de maçã ‘Gala’ com pequenos frutos... 	42
5.2.3	Análises físico-químicas.....	43
5.2.4	Análise sensorial	44
5.3	Etapa 3: Suco de maçã ‘Gala’ com adição de 5 % de cada pequeno fruto ..	45
5.3.1	Obtenção da matéria-prima	45

5.3.2 Desenvolvimento das formulações de sucos de maçã com pequenos frutos	45
5.3.3 Caracterização físico-química	48
5.3.4 Caracterização dos compostos bioativos	48
5.3.5 Análise sensorial	51
5.4 Análise estatística	52
6 Resultados e Discussões	52
6.1 Etapa 1: Suco integral de maçã das cultivares Fuji, Gala, Granny Smith e Pink Lady	52
6.1.1 Caracterização físico-química geral	52
6.2.2 Compostos bioativos totais	54
6.2.3 Minerais.....	55
6.2.4 Análise sensorial	57
6.2 Etapa 2: Sucos de maçã ‘Gala’ com diferentes concentrações de pequenos frutos	59
6.2.1 pH, acidez e sólidos solúveis.....	59
6.2.2 Análise sensorial.....	61
6.3 Etapa 3: Suco de maçã ‘Gala’ com adição individual de 5 % de cada pequeno fruto	63
6.3.1 Características físico-químicas gerais	63
6.3.2 Compostos bioativos totais	66
6.3.3 Compostos bioativos individuais	70
6.3.4 Análise sensorial.....	78
7 Considerações Finais	81
Referências Bibliográficas	82

1 Introdução

Uma tendência atual de consumo é a busca por produtos com características originais ou muito semelhantes às encontradas nas frutas. Neste contexto, os sucos integrais de frutas vêm despertando o interesse dos consumidores por manterem as propriedades sensoriais semelhantes àsquelas dos frutos *in natura*, e por preservarem as propriedades nutricionais e funcionais (GOULAS; MANGANARIS, 2012; ROMANO; ROSENTHAL; DELIZA, 2015; SABOIA; COPPINI, 2012).

Nesse âmbito, os compostos bioativos vêm ganhando destaque devido ao potencial de proteção e prevenção de diversas doenças, decorrentes da sua capacidade de manterem a homeostase celular e, por consequência, prevenirem doenças crônico-degenerativas (CHEN et al., 2012; OLESZEK, 2002; WOLFE; WU; LIU, 2003). Estes compostos são metabólitos secundários produzidos por plantas, e são representados, majoritariamente por ácidos fenólicos, ligninas, flavonoides, ácido ascórbico e carotenoides (CARBONE et al., 2011).

Os frutos de maçã e seus produtos, como o suco de maçã, são amplamente consumidos e destacam-se por apresentarem compostos bioativos, principalmente, compostos fenólicos (CARBONE et al., 2011; GRIMI et al., 2011; WŁODARSKA et al., 2016). O suco de maçã além de proporcionar benefícios à saúde do consumidor é uma forma de utilização de excedentes de produção e de agregação de valor aos frutos (PROTZEK et al., 1999). No Brasil, cerca de 95 % da produção é composta pelas cultivares Gala e Fuji (ABPM, 2016), com uma estimativa de que 25 a 35 % da produção, não apresentam características desejáveis para os padrões de classificação para o consumo *in natura*, podendo, portanto, serem utilizadas para fins industriais (ALBERTI et al., 2016). Assim, a elaboração de produtos alimentícios derivados de maçã pode proporcionar melhor aproveitamento dos frutos. Nesse sentido, um produto potencial é o suco integral de maçã, o qual engloba muitas propriedades benéficas do fruto *in natura*. Ainda, acredita-se que, a associação ao suco de maçã por sucos de outras frutas, pode contribuir para maior diversificação do perfil metabólico, inclusive melhorando o potencial sensorial (CRP, 2000).

Neste sentido, os pequenos frutos como amora-preta, framboesa e morango apresentam potencial para adição em sucos de maçã, devido à atratividade visual com colorações que variam do roxo, vermelho ao vermelho alaranjado, com agradável sabor ácido a doce-ácido e pelo aroma pronunciado (FERNÁNDEZ-LARA

et al., 2015; PAGOT et al., 2003; VAN DE VELDE et al., 2016). Além disso, estes frutos apresentam potencial metabólico, atribuído à elevada presença de antocianinas (BOWEN-FORBES; ZHANG; NAIR, 2010; FERNÁNDEZ-LARA et al., 2015). Estas características fazem com que os mesmos sejam conhecidos como fontes de compostos bioativos, proporcionando benefícios à saúde dos consumidores (SOUZA et al., 2014). Porém, estes frutos são altamente perecíveis, com isso a sua utilização em produtos derivados, tais como bebidas, proporcionam aumento no período de conservação. Deste modo, a adição de pequenos frutos ao suco de maçã proporciona uma diversificação de produtos, através de novos sabores e também contribui para o enriquecimento em compostos bioativos. Além de que, a adição de pequenos frutos ao suco de maçã, proporciona melhor aplicação destes frutos e fornece novas alternativas de aproveitamento (HORNEDO-ORTEGA et al., 2016; PAGOT et al., 2003).

Diante do exposto, este trabalho apresenta as tecnologias de obtenção e a avaliação da qualidade físico-química e sensorial de sucos integrais de diferentes cultivares de maçã (Gala, Fuji, Granny Smith e Pink Lady). Além disso, o trabalho também descreve e discute sobre a obtenção de diferentes formulações de suco de maçã 'Gala' adicionados de pequenos frutos (amora, framboesa e morango), as quais foram submetidas à avaliação sensorial e às análises físico-químicas, com vista a estimar o potencial bioativo dos sucos.

2 Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Objetivou-se desenvolver sucos integrais de maçã das cultivares Fuji, Gala, Granny Smith e Pink Lady, com intuito de aumentar a diversificação e agregação de valor à cadeia produtiva de maçãs, sobretudo propondo alternativa para a valorização das frutas separadas no processo de classificação para o consumo *in natura*. Também, se buscou avaliar o efeito da adição de polpa de amora, framboesa e morango ao suco integral de maçã, nas características físico-químicas e sensoriais dos sucos a fim de avaliar o potencial tecnológico e bioativo.

2.2 Objetivos específicos

- a) Desenvolver sucos integrais de maçã das cultivares Fuji, Gala, Granny Smith e Pink Lady;
- b) Analisar as melhores cultivares de maçã no desenvolvimento dos sucos, em relação aos atributos sensoriais e físico-químicos;
- c) Adicionar pequenos frutos (amora-preta, framboesa e morango) ao suco de maçã 'Gala' e avaliar as características físico-químicas e sensoriais; e,
- d) Avaliar a vida de prateleira do suco integral de maçã 'Gala' e dos sucos com pequenos frutos, produzidos em escala industrial, durante 90 dias de armazenamento.

3 Hipótese geral

a) Ao se associarem polpas de pequenos frutos (amora, framboesa ou morango) ao suco de maçã, além da ampliação da diversidade de compostos bioativos, se agregará qualidade sensorial ao suco.

4 Revisão de Literatura

4.1 Maçã

A maçã é um fruto pertencente à família das *Rosaceae*, proveniente da macieira (*Malus domestica* Borkh.), a qual é considerada uma frutífera de clima temperado, com origem na Europa e na Ásia (HOFFMANN; BERNARDI, 2004). O seu cultivo comercial no Sul do Brasil começou na década de 1960, no estado de Santa Catarina, com a implantação de pomares por imigrantes europeus e seus descendentes (BARBOSA; PIO, 2013; FREIRE et al., 1994), e ainda consiste predominantemente na região Sul do Brasil, nos municípios de Fraiburgo e São Joaquim, no estado de Santa Catarina e em Vacaria, no Rio Grande do Sul. Nestas regiões a macieira encontra melhores condições climáticas, em virtude da sua exigência de temperaturas abaixo de 7,2 °C e 9,7 °C, favorecendo assim o seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (FREIRE et al., 1994; NACHTIGALL; CARGNINO; LIMA, 2014).

A produção brasileira ocupa 34.515 hectares (ha), sendo o Rio Grande do Sul o responsável por cerca de 15.720 ha da área plantada e Santa Catarina por 17.028 ha, de acordo com os dados do IBGE na safra 2016 (BRASIL, 2016), com produção de 485.894 toneladas no Rio Grande do Sul e 501.913 toneladas em Santa Catarina. O país foi responsável pela produção, no ano de 2014, de 1.378.617 toneladas de maçã, segundo dados da *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2017), sendo que, a região Sul do Brasil, no ano de 2016, produziu cerca de 1.038.807 toneladas de maçã (BRASIL, 2016).

As cultivares produzidas no Brasil são 'Gala', 'Fuji', 'Eva', 'Golden Delicious', 'Brasil', 'Anna', 'Condessa', 'Catarina', 'Granny Smith' e 'Pink Lady', sendo que cerca de 55 % da produção brasileira consiste na cultivar 'Gala' e 40 % é composta pela cv. 'Fuji', tendo um predomínio entre as duas cultivares de 95 % da área plantada e produzida (ABPM, 2016; KIST et al., 2015). Em nível mundial existem diversas cultivares, porém as que possuem maiores destaques comerciais são: Red Delicious, Golden Delicious, Granny Smith, Fuji, Gala, Braeburn, Pink Lady, Jonagold Elstar (ABPM, 2016).

Os frutos da macieira são altamente apreciados pelos consumidores em virtude das características sensoriais como aparência, sabor, textura e aroma

(JOHNSTON et al., 2002), além de serem considerados uma boa fonte de compostos nutracêuticos (CARBONE et al., 2011), contendo consideráveis quantidades de compostos fitoquímicos (CARBONE et al., 2011; WŁODARSKA et al., 2016), como os compostos fenólicos, flavonoides, flavonóis e pequenas quantidades de antocianinas também são encontradas na casca do fruto (CHEN et al., 2012; WOLFE; WU; LIU, 2003).

Dentre estes compostos, os fenólicos têm maior destaque, com quantidades superiores na cultivar 'Fuji', seguido da 'Red delicious' e 'Gala' (BOYER; LIU, 2004). Os principais compostos fenólicos encontrados nos frutos de maçã são o ácido clorogênico e ácido cumárico. Quanto aos flavonoides há a presença de procianidina, catequina, epicatequina, quercitina, sendo também encontradas antocianinas como a cianidina. A presença destes compostos caracteriza a maçã como uma boa fonte de polifenóis (JAKOBEK; BARRON, 2016), destacando que nos Estados Unidos é considerada como o segundo fruto com maior atividade antioxidante, ficando atrás apenas da *cranberry* (BOYER; LIU, 2004).

Estes compostos, além de participarem da atividade metabólica do fruto, também apresentam propriedades antioxidantes (CARBONE et al., 2011; WŁODARSKA et al., 2016), as quais são capazes de auxiliar na prevenção de doenças crônicas, cânceres e retardar o envelhecimento (BOYER; LIU, 2004). Além dos compostos fenólicos, os frutos contêm vitamina C, sendo estimado a presença de 1.500 mg de vitamina C em 100 gramas de maçã (EBERHARDT; LEE; LIU, 2000). Esta quantidade foi relacionada com a capacidade dos extratos de maçã em inibir o desenvolvimento de células cancerígenas no cólon e fígado (EBERHARDT; LEE; LIU, 2000).

Tendo em vista, o aumento significativo da produção da maçã e ao fato de que a cadeia produtiva da maçã brasileira está basicamente estruturada a oferecer e demandar frutos para consumo *in natura*, gera-se um volume considerável de frutos descartados no processo de classificação (LAZZAROTTO et al., 2012). Estes frutos, segundo Smock e Neubert (1950), citados por Paganini e colaboradores (2014) (PAGANINI et al., 2004), caracterizam-se por apresentar tamanho impróprio aos padrões de classificação para o consumo *in natura*, como coloração desuniforme, cicatrizes decorrentes de fatores físicos (pássaros ou granizo), ferimentos, sintomas de doenças (manchas de sarna) e problemas fisiológicos (escurecimentos internos). No entanto, esses fatores não alteram a sua composição química, deixando os

frutos aptos para a produção de derivados, como o suco e a sidra (LAZZAROTTO et al., 2012).

4.2 Sucos

Os sucos de frutas integrais vêm despertando o interesse dos consumidores, por proporcionarem benefícios à saúde, por conterem propriedades nutritivas, através da presença de vitaminas, minerais e compostos com atividade antioxidante (GOULAS; MANGANARIS, 2012), particularmente ácido ascórbico e fenóis (BARTOSZEK; POLAK, 2016). Além de fornecerem benefícios à saúde do consumidor, os sucos integrais são considerados formas de utilização de excedentes de produção e de agregação de valor aos frutos (PROTZEK et al., 1999).

No Brasil, o suco de maçã é pouco consumido (ROSA; COSENZA; LEÃO, 2006), quando comparado com a Europa e os Estados Unidos, onde é considerado um dos sucos mais populares, chegando a ser o segundo mais consumido (WOSIACKI; NOGUEIRA, 2005).

De acordo com a legislação brasileira, o suco ou sumo é uma bebida não fermentada, não concentrada e não diluída, obtida da fruta madura e sã, ou parte do vegetal de origem, por processamento tecnológico adequado, submetida a tratamento que assegure a sua apresentação e conservação até o momento do consumo (BRASIL, 1994). Quanto à composição deve conter no mínimo 10,5 °Brix de sólidos solúveis a 20 °C; acidez total de no mínimo 0,15 g. 100 g⁻¹ expressa em ácido málico; açúcares totais naturais da maçã de no máximo 13,5 g. 100 g⁻¹; e acidez volátil em ácido acético de no máximo 0,04 g. 100 g⁻¹ (BRASIL, 2000).

No mercado encontram-se disponíveis o suco integral, misto, desidratado, concentrado, reconstituído e tropical. O suco integral refere-se ao suco na concentração original da fruta, ou seja, somente o suco proveniente da fruta, sem adição de açúcar. O suco misto é definido como suco obtido pela mistura de duas ou mais frutas e das partes comestíveis de dois ou mais vegetais, ou dos seus respectivos sucos. O suco desidratado é o suco sob o estado sólido, obtido pela desidratação do suco integral, enquanto que o suco concentrado é aquele parcialmente desidratado. O suco reconstituído é aquele obtido pela diluição de suco concentrado ou desidratado, até a concentração original do suco integral ou ao teor

de sólidos solúveis mínimo estabelecido nos respectivos padrões de identidade e qualidade para cada tipo de suco integral (BRASIL, 1994). O suco tropical é obtido pela dissolução em água potável, da polpa da fruta polposa de origem tropical (BRASIL, 2003).

Em função do processamento utilizado, o suco integral se destaca por manter propriedades sensoriais e nutricionais semelhantes às encontradas nos frutos. Essa característica, aliada à demanda por alimentos sem adição de conservantes e açúcares e com características semelhantes à de alimentos não processados, faz com que o suco integral seja preferido pela maioria dos consumidores (ROMANO; ROSENTHAL; DELIZA, 2015; SABOIA; COPPINI, 2012). Nesse sentido, a obtenção de suco misto é uma alternativa para potencializar os efeitos benéficos do suco na saúde do consumidor, além de que a mistura de espécies pode melhorar a aparência, a palatabilidade, o sabor e o equilíbrio do suco (CRP, 2000).

4.3 Aspectos tecnológicos fundamentais para a produção de suco de maçã

Em termos tecnológicos, para produzir suco com qualidade, é necessário observar alguns aspectos fundamentais relacionados com qualidade e conservação das frutas, higiene e sanitização de equipamentos e instalações e condições de armazenamento na produção (LAZZAROTTO et al., 2012; VENTURINI, 2010).

Para a produção de suco de maçã, pode-se utilizar frutas de categorias inferiores (categorias 2 e 3 ou indústria) estabelecidas durante o processo de classificação de maçãs para o consumo *in natura* (BRASIL, 2006). Contudo, as maçãs descartadas em função de apresentarem tamanho inapropriado, manchas e/ou deformações devem ser saudáveis e possuir uma composição química apta para esse tipo de produção (LAZZAROTTO et al., 2012). Além disso, as frutas não devem estar em estágio de maturação avançada, com baixa firmeza de polpa e farináceas (BAUDUIN, 2006; VENTURINI, 2010).

A elaboração de suco integral de maçã, em geral envolve as seguintes etapas: colheita dos frutos, recepção, seleção, lavagem, sanitização, moagem, prensagem, filtragem, inativação enzimática, clarificação, pasteurização, envase, rotulagem e armazenamento.

Após a recepção das maçãs na agroindústria, caso as mesmas não sejam imediatamente submetidas ao processamento, deve-se adotar um método adequado

de conservação. Dentre os métodos, destaca-se a atmosfera refrigerada que, por aumentar o tempo de armazenamento, amplia as possibilidades de utilização das frutas ao longo do ano e não apenas na época da colheita (TOCCHINI; NISIDIA; MARTIN, 1995). A refrigeração, com temperaturas próximas a 0 °C e umidade relativa de aproximadamente 90 %, além de auxiliar na diminuição da taxa respiratória e da produção de etileno, reduz a perda de massa por desidratação e a incidência de patógenos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Nas operações da agroindústria, deve-se realizar uma rigorosa higiene e sanitização dos equipamentos e das instalações. Isso porque, principalmente durante o processamento das maçãs, ocorre acúmulo de resíduos nos equipamentos. Assim, a realização de higiene e sanitização garantem um maior controle da qualidade sanitária dos sucos produzidos, evitando, além da contaminação por micro-organismos, insetos e roedores, a ocorrência de alterações indesejáveis no produto final (GAVA, 1984).

Durante o processamento, a moagem consiste em uma operação que permite diminuir o tamanho da maçã, a fim de facilitar o processo realizado posteriormente, assim proporcionando a percolação do suco através da massa triturada. Nesta etapa, podem ocorrer reações de escurecimento e degradação enzimática, em decorrência de que, com a ruptura dos tecidos do fruto, ocorre a liberação do suco da maçã, o qual contém enzimas, açúcares, ácidos e compostos fenólicos que quando em contato com o oxigênio resultam em reações indesejáveis como o escurecimento (FELLOWS, 2006; VENTURINI, 2010).

A prensagem é uma etapa que permite a extração dos açúcares e ácidos da massa triturada, obtida na moagem, além de aumentar o rendimento do suco. Esta operação é realizada por prensas verticais, horizontas ou esteiras, que por pressão permitem melhor extração do suco (VENTURINI, 2010).

A clarificação é uma etapa importante, a qual tem o intuito de retirar as substâncias pécticas, através de tratamento enzimático de despectinização. A maçã apresenta elevada quantidade destes compostos, principalmente, a pectina, a qual forma depósitos ou se complexam com outros compostos, alterando a aparência do suco. Além disso, as substâncias pécticas contribuem com o aumento da viscosidade do suco, alteram consistência, turbidez e formam complexos com compostos fenólicos oxidados que se depositam, prejudicando os aspectos sensoriais dos sucos (KASTER, 2009; VENTURINI, 2010).

Dessa forma, o processo de despectinização através de tratamento enzimático com enzimas hidrolases como a poligalacturonase e pectinametilesterase, desempenha papel importante nos sucos de maçã. Estas enzimas resultam na redução de tamanho e na descaracterização dos polissacarídeos como substâncias coloidais, podendo flocular ou sedimentar (KASTER, 2009). A utilização de bentonita (argila industrial) desempenha papel importante na clarificação de sucos por apresentar o mecanismo de absorção superficial de proteínas, íons e pesticidas. A absorção desses compostos se deve à capacidade de troca de cátions da argila (DIK; KATNAS; ÖZILGEN, 1996). Outros coadjuvantes de tecnologia que podem ser utilizados a fim remover estas substâncias são gelatina, sílica sol, caolim, carvão ativado, polivinilpirrolidona e ácido pécico (VENTURINI, 2010).

A pasteurização consiste em um tratamento térmico, com aplicação de elevadas temperaturas por um determinado tempo, através da inibição da carga microbiana composta por micro-organismos deteriorantes e patogênicos, como também da inativação enzimática, proporcionando assim o aumento da vida útil dos sucos (FELLOWS, 2006).

Após o tratamento térmico, o envase do suco pode ser a quente, no qual o suco pasteurizado é envasado com temperaturas entre 82 a 85 °C e mantido cerca de 2 a 3 minutos nesta temperatura, e em seguida deve ser adicionado água gelada por aspersão sobre a embalagem para que haja redução da temperatura e assim evitar que os sucos permaneçam por longo tempo a altas temperaturas, as quais podem ocasionar em sabores indesejáveis. Outra opção é o envase asséptico, no qual o suco após a pasteurização é resfriado até atingir temperatura ambiente e, posteriormente, embalado (SALOMÃO, 2009).

Os sucos podem ser engarrafados em recipientes de vidro, pelo fato de ser um material impermeável, inerte, reutilizável, reciclável, resistente ao calor e ao empilhamento, e por ser transparente, proporcionando ao consumidor melhor visibilidade do produto (FELLOWS, 2006).

O rótulo, além de ser uma estratégia de *marketing* do produto, consiste em uma ferramenta obrigatória por apresentar informações importantes ao consumidor, sendo regulamentado pela legislação brasileira através de órgãos como o Ministério da Saúde que atua através da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA),

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) e pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

Segundo a legislação brasileira, o rótulo é toda inscrição, legenda, imagem ou matéria descritiva, gráfica, escrita, impressa, estampada, afixada, afixada por encaixe, gravada ou colada, vinculada à embalagem, de forma unitária ou desmembrada, sobre a embalagem, parte plana da cápsula ou outro material empregado na vedação do recipiente (BRASIL, 2009). Essas informações se destinam a identificar a origem, a composição e as características dos produtos.

No rótulo deve conter o nome empresarial e endereço da empresa, do padronizador, do envasilhador ou engarrafador ou do importador; o número do registro do produto no MAPA; denominação do produto; marca comercial; ingredientes; a expressão “Indústria Brasileira, por extenso ou abreviada”; conteúdo, expresso na unidade de medida correspondente, de acordo com normas específicas; identificação do lote ou da partida; e prazo de validade (BRASIL, 2009). Além das informações obrigatórias, o rótulo deve ser atraente para o consumidor, sendo uma ferramenta publicitária. Nesse sentido, as cores, os desenhos, o material e o tipo de impressão devem ser levados em consideração.

A Resolução ANVISA RDC nº 360/03 torna obrigatória a rotulagem nutricional baseada nas regras estabelecidas com o objetivo principal de atuar em benefício do consumidor e ainda evitar obstáculos técnicos ao comércio (BRASIL, 2003). As informações nutricionais que devem constar obrigatoriamente no rótulo estão descritas no Figura 1. A ANVISA incentiva ainda a dispor nos rótulos informações referentes ao conteúdo de colesterol, cálcio e ferro, além da presença de componentes como potencial alergênico.

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL		
Porção de... g ou mL (medida caseira)		
	Quantidade por porção	%VD ⁽¹⁾
Valor energético	kcal e kJ	%
Carboidratos	g	%
Proteínas	g	%
Gorduras totais	g	%
Gorduras saturadas	g	%
Gorduras trans	g	-
Fibra alimentar	g	%
Sódio	mg	%
Outros minerais ⁽¹⁾	mg ou mcg	
Vitaminas ⁽¹⁾	mg ou mcg	
⁽¹⁾ Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas. ⁽¹⁾ Quando declarados.		

Figura 1 - Quadro de informações nutricionais obrigatórias

Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005.

4.4 Os pequenos frutos

No grupo dos pequenos frutos também chamados de frutos vermelhos ou *small fruits* fazem parte a amora, framboesa, morango, mirtilo, groselha, entre outras, as quais são cultivadas em regiões de clima temperado. Estes frutos estão sendo cada vez mais apreciados pelos consumidores por terem elevada qualidade sensorial e valor nutritivo (GIOVANELLI; LIMBO; BURATTI, 2014), além de serem considerados ricos em compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas, com propriedades antioxidantes (LAU; SHUKITT-HALE; JOSEPH, 2006; PAREDES-LÓPEZ et al., 2010; SOUZA et al., 2014). Em contrapartida, estes frutos possuem características de serem delicados, apresentando perda de firmeza e aparecimento de podridões em poucos dias após a colheita, o que compromete o seu tempo de vida útil (BARBIERI; VIZZOTTO, 2012; GIOVANELLI; LIMBO; BURATTI, 2014; HORNEDO-ORTEGA et al., 2016).

Diante disso, o desenvolvimento de produtos com a aplicação destes frutos, se constitui em formas de utilização dos mesmos, proporcionando aumento do período de conservação, e também oferecendo novas alternativas de aproveitamento para a cadeia produtiva e para o mercado destes frutos (HORNEDO-ORTEGA et al., 2016). Além disso, os consumidores, comerciantes e produtores familiares vêm tendo maior interesse nestes frutos, em virtude de seus aspectos sensoriais, nutricionais e funcionais (PAGOT et al., 2003).

Morango

O morango (*Fragaria x ananassa*, Duch) é considerado a espécie mais difundida no Brasil entre os pequenos frutos em consequência da melhor adaptabilidade, bem como das características sensoriais e físico-químicas do fruto (PAGOT et al., 2003). Em nível mundial a China é o principal país produtor de morango, com produção de 2.997.504 toneladas, seguido pelos Estados Unidos com 1.360.869 toneladas. Na América do Sul, no ano de 2013, o Chile (45.819 toneladas), Colômbia (42.448 toneladas), Venezuela (38.911 toneladas), Peru (30.776 toneladas) e a Argentina (13.095 toneladas), classificaram-se entre os 50 principais países com consideráveis produções, de acordo com dados da *Food and Agriculture Organization* para o ano de 2013 (FAO, 2016). Embora o Brasil não se situe entre os principais países produtores deste fruto, possui uma área estimada de cultivo de 3.500 hectares (PAGOT et al., 2003), com produção em torno de 100 mil toneladas na safra de 2003 (MADAIL; REICHERT; MIGLIORINI, 2005).

A concentração da produção localiza-se na região Sudeste e Sul do país, com predomínio no estado de Minas Gerais, o qual produziu cerca de 30 mil toneladas em 2003, seguido de São Paulo com produção em torno de 29 mil toneladas e do Rio Grande do Sul, com 11 mil toneladas. No Rio Grande do Sul, a produção se concentra predominantemente nas regiões do Vale do Rio Caí, da Serra Gaúcha e na Região Sul do Rio Grande do Sul, tendo o município de Pelotas como o principal produtor e processador da fruta (MADAIL; REICHERT; MIGLIORINI, 2005).

O morango caracteriza-se por ser um pseudofruto não climatérico, de importante contribuição econômica, ocasionado por sua qualidade sensorial, com coloração, aroma e sabor bastante atrativos e pela adaptabilidade às condições climáticas e ambientais. Além de possuir atrativos aspectos sensoriais, é fonte de compostos bioativos, sendo eles os compostos fenólicos, com destaque para o ácido

p-cumárico, ácido ferúlico, ácido gálico e ácido elágico (FERNÁNDEZ-LARA et al., 2015; KIM et al., 2015b); flavonoides com a presença de catequina, quercitina, kaemperol (AABY et al., 2012; FERNÁNDEZ-LARA et al., 2015; MIKULIC-PETKOVSEK et al., 2012); e antocianinas, principalmente a pelargonidina e seus derivados (HORNEDO-ORTEGA et al., 2016; KIM et al., 2015b), e em menores quantidades são encontrados os derivados de cianidina, delphinidina e peonidina (HORNEDO-ORTEGA et al., 2016). Outro composto importante presente no morango é o ácido ascórbico, que juntamente com os demais compostos bioativos presentes nos frutos contribuem para a elevada atividade antioxidante (CORDENUNSI et al., 2002; KIM et al., 2015b).

Considerando os desejáveis aspectos sensoriais e bioativos, além de ser uma cultura bastante difundida, tanto pelos produtores rurais como pelos consumidores (PAGOT et al., 2003), bem como por ser tradicionalmente desenvolvida por pequenos produtores da agricultura familiar, a sua produção e processamento contribuem para promover alternativas de agroindustrialização (EMATER, 2001). Além disso, o morango proporciona o desenvolvimento de produtos diferenciados com maior valor agregado, que ofereçam benefícios à saúde dos consumidores.

Amora

A amora-preta (*Rubus* spp.) é um fruto de clima temperado, pertence à família das *Rosaceae* (FERREIRA; ROSSO; MARCADANTE, 2010), originária da Ásia, Europa e América, com boa adequação em regiões com um inverno bem definido (HUSSAIN et al., 2016). Dentre os pequenos frutos, a amora é o segundo mais produzido e cultivado no Brasil, com uma área estimada de 110 hectares, com produção anual em torno de 1.300 toneladas (PAGOT et al., 2003). Possui sabor ácido-doce (HUSSAIN et al., 2016), coloração entre o vermelho púrpura e azul, o que torna o fruto muito atraente (FERREIRA; ROSSO; MARCADANTE, 2010).

De acordo com a literatura, a amora-preta se destaca entre os pequenos frutos por conter maior teor de compostos fenólicos (850,52 mg. 100 g equivalente de ácido gálico), flavonoides (87,03 mg. 100 g de catequina), antocianinas (58,61 mg. 100 g de cianidina 3-glucosídeo) e, conseqüentemente, maior atividade antioxidante (SOUZA et al., 2014). Este fruto é considerado fonte de compostos bioativos, sendo eles os compostos fenólicos como o ácido gálico, ácido *p*-hidroxibenzoico, ácido vanílico, elagitaninos, procianidinas (DA ROSA et al., 2014;

KIM et al., 2015a; MIKULIC-PETKOVSEK et al., 2012), os flavonoides, contendo a quercitina e a epicatequina; e antocianinas, principalmente, compostas por cianidinas e em menor quantidade pelargonidina (DA ROSA et al., 2014; KIM et al., 2015a; MIKULIC-PETKOVSEK et al., 2012; VAN DE VELDE et al., 2016).

Framboesa

A framboesa (*Rubus idaeus*) é um fruto pertencente à família das *Rosaceae*, originária da Europa e da Ásia, com características de ser um fruto suculento, ter sabor doce e levemente ácido (RASEIRA et al., 2004; RIBEIRO, 2003), com coloração vermelha atrativa, ocasionada pelas antocianinas, que são os principais compostos do fruto (STAVANG et al., 2015). Em nível mundial o principal país produtor da framboesa é a Federação Russa com produção de 143 mil toneladas, seguida pela Polônia com produção de 121.040 toneladas e Estados Unidos da América, com 91.300 toneladas (FAO, 2016). No Brasil, os principais Estados produtores são o Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais, com uma área cultivada estimada de 40 hectares (PAGOT et al., 2003).

Embora não seja uma cultura bastante difundida no país, em decorrência das limitações técnicas de cultivo, atribuídas pela sensibilidade da planta e dos frutos às condições climáticas encontradas (PAGOT et al., 2003), há uma crescente busca dos consumidores por este fruto e seus produtos, em virtude da sua composição química, por conter compostos bioativos com atividade antioxidante (SOUZA et al., 2014).

Os principais compostos bioativos presentes na framboesa são os compostos fenólicos com presença de elagitaninos, ácido elágico, ácido *p*-cumárico, ácido gálico (ANTTONEN; KARJALAINEN, 2005; BOBINAIT; VIŠKELIS; VENSKUTONIS, 2012; MULLEN et al., 2002); os flavonoides, sendo encontrado a quercitina como o principal flavonoide, seguido do kaempferol e em níveis traços a epicatequina (CHOI; SHIM; KIM, 2015; MIKULIC-PETKOVSEK et al., 2012; MULLEN et al., 2002; STAVANG et al., 2015); as antocianinas, com a presença de cianidinas e pelargonidinas (STAVANG et al., 2015), sendo a cianidina a antocianina majoritária do fruto. Fu e colaboradores (2015) também relatam a presença de delfinidina e peonidina (FU et al., 2015).

A framboesa também possui alto teor de ácido ascórbico que, de acordo com a literatura varia de aproximadamente 15 a 92 mg. 100 g⁻¹ (BOBINAIT; VIŠKELIS;

VENSKUTONIS, 2012; HAFFNER et al., 2002; PANTELIDIS et al., 2007; SAMPATH et al., 2016; SOUZA et al., 2014). Os compostos fenólicos, as antocianinas e o ácido ascórbico são os compostos responsáveis pela atividade antioxidante do fruto, e a sua presença depende fortemente de fatores genéticos, variedade do fruto, condições de cultivo, maturação, clima, condições de armazenamento, além do método de extração utilizado para a análise destes compostos (BOBINAIT; VIŠKELIS; VENSKUTONIS, 2012).

A framboesa requer verão fresco e inverno moderado, tem exigência de frio hibernal e temperaturas de, aproximadamente, 7°C, em pelo menos 250 horas, durante o inverno (RASEIRA et al., 2004). Na indústria, apresenta potencial para a fabricação de geleias, compotas, xarope, pudim, sorvete (BRASKEVILLE, 1998; RIBEIRO, 2003).

4.5 Compostos bioativos presentes nos sucos

Os compostos bioativos vêm ganhando destaque devido ao potencial de proteção e prevenção de diversas doenças, decorrentes da sua capacidade de inibir o crescimento de células cancerígenas e diminuir o risco de doenças cardiovasculares, entre outros (CHEN et al., 2012; OLESZEK, 2002; WOLFE; WU; LIU, 2003). Estes compostos são decorrentes do metabolismo secundário das plantas, constituídos majoritariamente por ácidos fenólicos, ligninas, flavonoides, antocianinas, ácido ascórbico e carotenoides (CARBONE et al., 2011), sendo que a sua presença e produção no fruto é ocasionada por fatores genéticos, climáticos e ambientais (SOUZA et al., 2014). Na planta atuam na defesa contra agressores e também como atrativos de polinizadores (TAIZ; ZEIGER, 2013). Além de serem responsáveis pelos pigmentos e características sensoriais dos frutos (STAVANG et al., 2015).

4.5.1 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são os principais grupos de compostos bioativos presentes nos pequenos frutos (SEERAM, 2008). Quimicamente, possuem um grupo fenol e um grupo hidroxila ligados a um anel aromático, provenientes basicamente de duas rotas metabólicas, a rota do ácido chiquímico e do ácido

malônico (TAIZ; ZEIGER, 2013). São encontrados naturalmente em frutas, e estão relacionados ao crescimento e reprodução das plantas, defesa de radiações ultravioleta e agressões causadas por insetos e patógenos (MANACH et al., 2004). Além disso, desempenham funções na coloração e *flavor* dos frutos, contribuindo para a adstringência, acidez e sabor amargo dos mesmos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O incremento destes compostos nos alimentos vem tendo um destaque nos estudos (CRUXEN et al., 2017; GUNATHILAKE; RUPASINGHE; PITTS, 2013; ZARE; ORSAT; BOYE, 2015), por atuarem no organismo como antioxidante, anti-inflamatório e por proporcionarem efeito hipocolesterolêmico (SEIFRIED et al., 2007).

Os flavonoides constituem a maior classe dentro dos compostos fenólicos, que contêm basicamente 15 carbonos, organizados em dois anéis aromáticos, ligados por uma ponte de três carbonos (TAIZ; ZEIGER, 2013). A sua estrutura é resultante da rota metabólica do ácido chiquímico e do ácido malônico. Estes são responsáveis pelas cores azul, vermelho e amarelo de flores, frutas e folhas (BOBBIO; BOBBIO, 2001), os quais são divididos em quatro grupos: antocianinas, flavonas, flavonóis e isoflavonas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

As antocianinas são flavonoides responsáveis pela maioria das cores vermelhas, rosa, roxa e azul observadas nos vegetais, sendo que a cor é influenciada pelos fatores de quantidade da presença de hidroxila e metoxila, ácidos aromáticos esterificados e efeito do pH. As antocianinas contêm em sua estrutura açúcares, e quando não há a presença de açúcares são chamadas de antocianidinas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Dentre as antocianinas, as mais encontradas nos alimentos de origem vegetal são as cianidinas (vermelho violáceo), delfinidinas (azul violáceo), peonidinas (vermelho rosáceo), pelargonidinas (vermelho alaranjado), petunidinas (violeta) e malvidinas (SAMPAIO, 2015; TAIZ; ZEIGER, 2013).

4.5.2 Ácido ascórbico (vitamina C)

O ácido ascórbico é um componente encontrado abundantemente nos vegetais folhosos, legumes e frutas, sendo classificado como uma vitamina hidrossolúvel (CHAMPE; HARVEY; FERRIER, 2006). Esta vitamina é responsável por desenvolver função protetora, por atuar como um antioxidante (VALENTE et al.,

2011), estando disponível para uma oxidação energeticamente favorável, assim se oxida para preservar o alimento (ARAÚJO, 1999). Em decorrência do ter efeito antioxidante é amplamente utilizado como aditivo alimentar para preservar o sabor a cor de diversos alimentos (VALENTE et al., 2011).

No organismo humano, o ácido ascórbico desenvolve uma série de atividades fisiológicas importantes, por atuar basicamente como coenzima em reações de hidroxilação, sendo necessária para a manutenção do tecido conjuntivo (colágeno), na cicatrização de tecidos danificados, também por auxiliar na absorção do ferro atribuído na dieta (CHAMPE; HARVEY; FERRIER, 2006). Entretanto, não é sintetizada no organismo humano pela ausência da enzima *L*-gulonolactona oxidase, por isso a sua necessidade deve ser suprida através da alimentação (DU; CULLEN; BUETTNER, 2012). Sua deficiência no organismo causa a doença do escorbuto (CHAMPE; HARVEY; FERRIER, 2006; NISCHI, 1999).

4.6 Análise sensorial

A análise sensorial consiste numa ferramenta importante para a análise de alimentos, pois possibilita a caracterização do produto através da evocação, medição, análise e interpretação das reações dos alimentos, percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição (ABNT, 1993). Estes parâmetros estão ligados às ideias, significados, entendimentos, pensamentos e noções dos consumidores, as quais permitem que o provador interprete, entenda e atribua significado às percepções de acordo com seus conceitos (STOLZENBACH et al., 2016).

Em sucos, a análise sensorial permite avaliar a aceitabilidade do produto final, quanto aos parâmetros de qualidade, sendo eles cor, sabor, aroma, textura e preferência do consumidor (SAINZ, 2006). Pode ser aplicada a fim de determinar normas, critérios e referências de qualidade, bem como para o controle de qualidade da produção industrial, com intuito de manter as características comerciais do produto através do atendimento das exigências dos consumidores. Também desempenha um importante papel no fornecimento de informações para o desenvolvimento e comercialização de novos produtos (STOLZENBACH et al., 2016; TEIXEIRA, 2009).

A análise sensorial, juntamente com as análises físico-químicas, permite conhecer os atributos desejáveis e indesejáveis dos sucos, obtendo informações sobre a qualidade e aceitabilidade dos alimentos, o que auxilia a indústria de alimentos (SAINZ, 2006).

4.7 Alterações físico-químicas e sensoriais dos sucos

Na indústria de sucos, um dos principais desafios consiste em produzir sucos com a qualidade próxima dos frutos recém processados, garantindo aos consumidores uma qualidade original do fruto (YI et al., 2017). Além de visar também o aumento da vida de prateleira dos sucos, buscando manter os nutrientes, para garantir a segurança dos alimentos (SAEEDUDDIN et al., 2015).

Para o suco de maçã, os indicativos de qualidade mais importantes são os aspectos de cor e sabor, sendo que mudanças nestes atributos podem ocorrer durante e após o processamento, devido à presença de enzimas como a polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD), as quais são susceptíveis ao oxigênio e desencadeiam reações enzimáticas indesejáveis nos aspectos sensoriais e nutricionais (TEREFE; BUCKOW; VERSTEEG, 2014; RIENER et al., 2008), pois agem através da oxidação dos compostos fenólicos (SAEEDUDDIN et al., 2015). As reações não enzimáticas, como reações de *Maillard*, destruição do ácido ascórbico e degradação de pigmentos, também podem comprometer os aspectos sensoriais e a vida útil dos sucos (ANTHON et al., 2002; IBARZ; PAGÁN; GARZA, 2000).

A manutenção do ácido ascórbico nos sucos consiste em um importante aspecto de qualidade, em virtude de atuar como um indicador da preservação da qualidade nutricional dos sucos (VILLADIEGO et al., 2012). A principal causa da sua decomposição nos alimentos é decorrente de oxidações, tanto aeróbica como anaeróbica, as quais levam à formação de pigmentos escuros (furaldeídos), que quando se polimerizam formam melanoidinas (PEREIRA, 2008).

Quanto à presença de antocianinas nos produtos de frutas, de acordo com trabalho desenvolvido por Hornedo-Ortega et al., (2016) na avaliação de bebida fermentada de morango, as antocianinas e a atividade antioxidante apresentaram redução com o tempo e temperatura de armazenamento dos produtos, sendo que temperaturas de 4 °C conservaram por maior tempo estes pigmentos do que a temperatura ambiente (20 °C). Assim, os autores concluíram que a temperatura

influência fortemente na preservação de antocianinas em bebidas de morango, sendo a refrigeração um dos métodos de conservação que auxiliam na manutenção destes pigmentos, proporcionando melhor preservação das propriedades bioativas de bebidas de frutas (HORNEDO-ORTEGA et al., 2016). Conseqüentemente, observou-se também mudanças significativas na coloração dos produtos, quando armazenados em temperatura ambiente em menor tempo, do que comparado aos produtos que permaneceram em refrigeração (HORNEDO-ORTEGA et al., 2016). Deste modo, a avaliação dos sucos durante o tempo de armazenamento consiste numa ferramenta importante para avaliar a estabilidade dos sucos durante o armazenamento (SAINZ, 2006).

5 Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido em três etapas, sendo que a primeira consistiu no desenvolvimento de sucos integrais de maçã das cultivares Fuji, Gala, Granny Smith e Pink Lady. Essa etapa teve o intuito de avaliar a cultivar com maior destaque sensorial, para ser usada na formulação com pequenos frutos. Em seguida, realizou-se a etapa dois, na qual, a partir da escolha da melhor cultivar de maçã, desenvolveu-se em escala laboratorial a aplicação individual de amora-preta, framboesa e morango nas concentrações de 5, 10, 15 e 20 %. Os sucos com diferentes concentrações de pequenos frutos foram submetidos à análise sensorial para obter a melhor concentração de cada pequeno fruto para o desenvolvimento de sucos de maçã em escala industrial. A etapa três consistiu na produção de sucos de maçã 'Gala' com adição de 5 % de cada pequeno fruto, bem como na avaliação das características físico-químicas e sensoriais.

5.1 Etapa 1: Suco integral de maçã das cultivares 'Fuji', 'Gala', 'Granny Smith' e 'Pink Lady'

5.1.1 Obtenção da matéria-prima e ingredientes

Foram utilizadas maçãs 'Gala', 'Fuji', 'Pink Lady' e 'Granny Smith', colhidas em pomares experimentais da Embrapa Uva e Vinho e da empresa Rasip®, localizados em Vacaria - RS. As maçãs, após a colheita, foram armazenadas em câmaras frias (0 °C e \pm 90 de UR) até o momento de uso para o processamento.

5.1.2 Desenvolvimento de sucos integrais de maçã

Essa etapa do trabalho permitiu gerar um boletim técnico, intitulado como "Suco de Maçã", o qual se encontra em processo de publicação como Circular Técnica.

Nesta etapa, foram desenvolvidas quatro formulações de suco de maçã, sendo elas: 1) Suco de maçã 'Fuji'; 2) Suco de maçã 'Gala'; 3) Suco de maçã 'Granny Smith'; 4) Suco de maçã 'Pink Lady', os quais foram produzidos conforme o fluxograma geral de processamento apresentado na figura 2, em equipamento *Belt*

press EBP350, marca Voran[®], com capacidade de processar até 300 Kg/h, com um rendimento de até 70 % do peso dos frutos inseridos na linha de processamento.

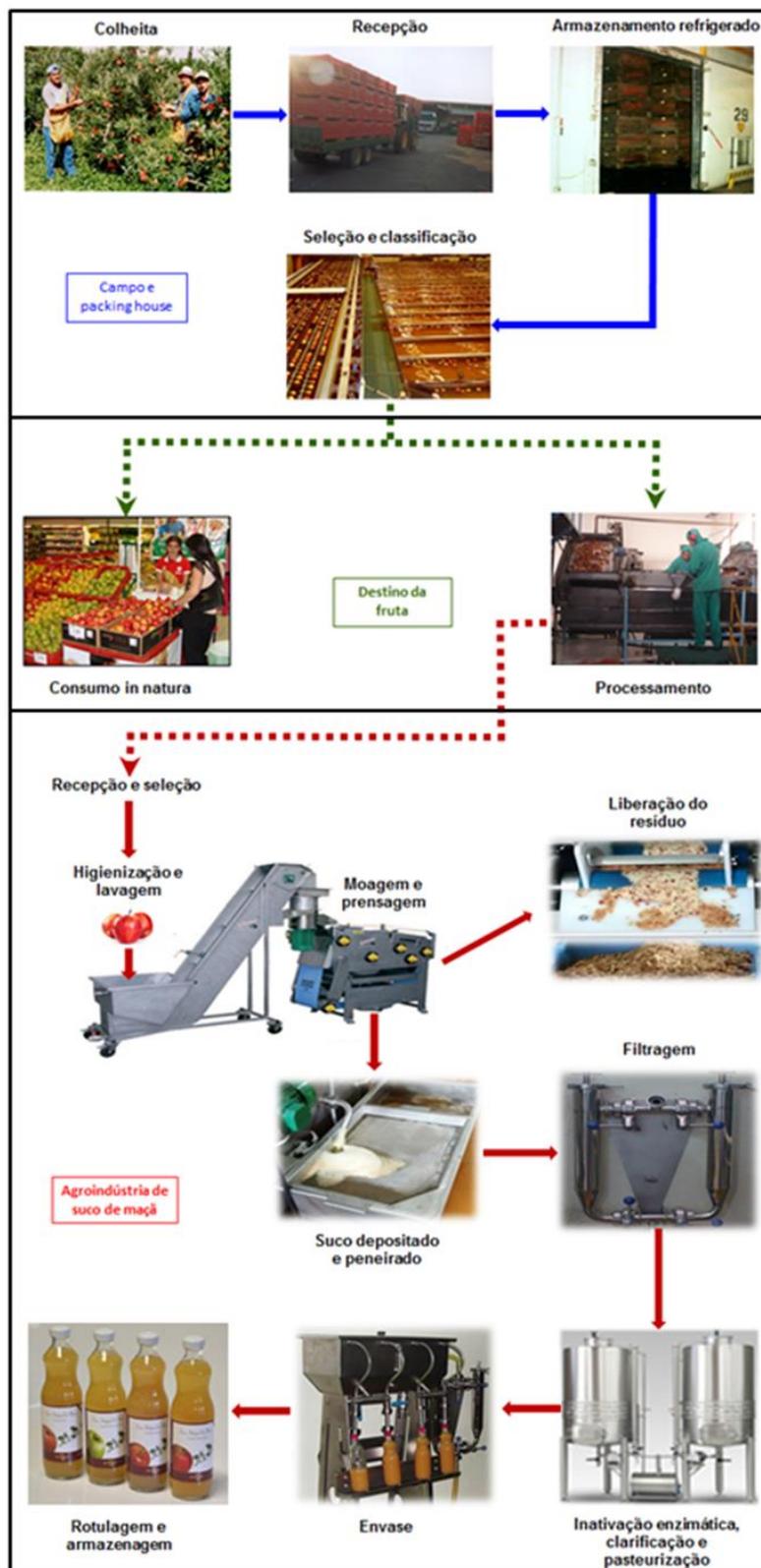


Figura 2 - Fluxograma de produção dos sucos integrais de maçãs

Colheita, recepção e seleção da matéria-prima

As maçãs, após colhidas, foram depositadas em caixas de madeira, chamadas de *bins* de maçã, e passaram pelas operações de seleção e classificação, utilizando-se aquelas maçãs que apresentaram tamanho, coloração, manchas ou cicatrizes, alterações no formato, que as desqualificavam para o mercado *in natura*. Posteriormente, as maçãs foram destinadas para a Embrapa Uva e Vinho, onde foram armazenadas em câmara fria com temperatura de 0°C e umidade relativa de $\pm 90\%$, até o momento de processamento dos frutos.

Os frutos utilizados apresentaram as seguintes características: a cultivar 'Fuji' obteve pH de 3,68, acidez total de 0,40 g. 100⁻¹ g de ácido málico, sólidos solúveis totais de 15,9 ° Brix e firmeza de 65,45 N; a 'Gala' pH de 3,77, acidez total de 0,36 g. 100⁻¹ g ácido málico, sólidos solúveis totais de 13,2 ° Brix e firmeza de 52,06 N; a 'Granny Smith' apresentou pH de 3,35, acidez total de 0,74 g. 100⁻¹ g de ácido málico, sólidos solúveis totais de 13,3 ° Brix e firmeza de 80,97 N.

Lavagem e sanitização

Ao iniciar-se o processamento, refez-se a seleção dos frutos, eliminando-se os que apresentavam podridões. Em seguida, as maçãs foram lavadas com o objetivo de eliminar as impurezas e matérias estranhas grosseiras como terra, pedras, folhas e outras sujidades. Posteriormente, os frutos foram sanitizados em água contendo hipoclorito de sódio (150 ppm, pH 6) por 15 minutos, com o intuito de reduzir a carga microbiana.

Moagem e prensagem

A moagem e prensagem foram realizadas em equipamento *Belt press* EBP350, marca Voran® (Figura 2 e 3). No equipamento, as maçãs foram carregadas por esteira tipo elevador, onde foram novamente lavadas com água potável e submetidas à moagem, seguida de prensagem (Figura 2).

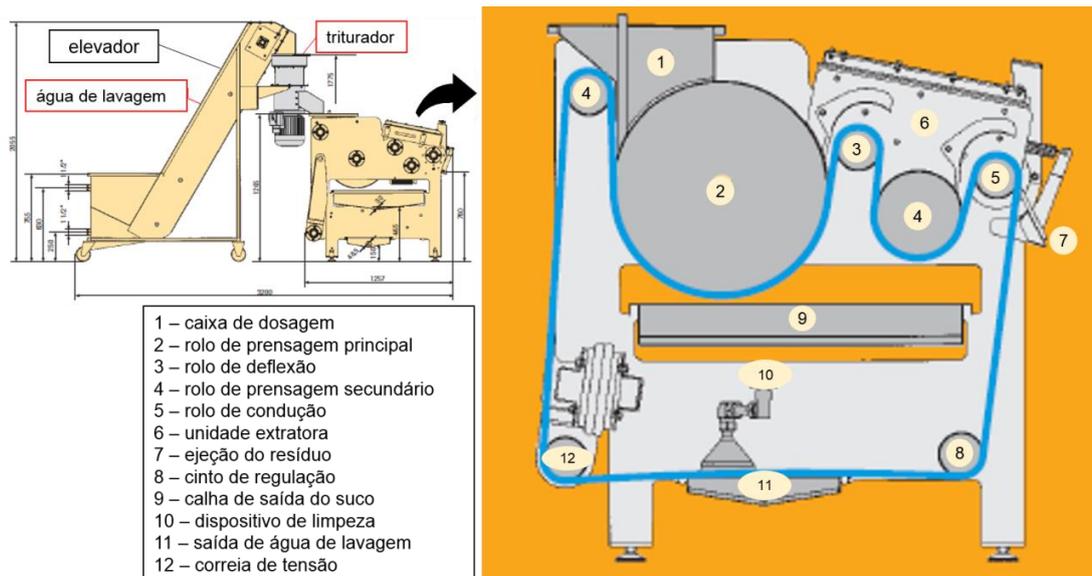


Figura 3 - Representação esquemática da máquina utilizada para o processamento de suco de maçã na Embrapa Uva e Vinho

Fonte: Adaptado de (VORAN® MASCHINEN GMBH, 2016).

Após a etapa de moagem, os frutos triturados foram encaminhados para a caixa de dosagem, e dessa para um sistema de rolos (prensagem principal e prensagem secundária) contra uma tela atuando como elemento drenante, com a finalidade de comprimir a massa triturada e permitir a drenagem do suco. Assim, ocorreu a separação do suco e o resíduo de maçã (bagaço).

Filtragem

O suco obtido na etapa anterior foi direcionado para a filtragem em duas telas/peneiras de aço inox para uma filtração com intuito de remoção de partículas grosseiras. Posteriormente, o suco foi armazenado em tanque de aço inox para, imediatamente, ser submetido à inativação enzimática.

Inativação enzimática

O suco foi destinado por meio de canos para o pasteurizador, com permutador de calor, sendo submetido a 85 °C durante 2 segundos, com intuito de inativar as enzimas presentes.

Clarificação

Após a inativação enzimática, o suco foi conduzido para um tanque de aço inox de 2000 L, com temperatura de 0 °C, onde ocorreu o processo de clarificação. Os sucos de maçã receberam tratamento enzimático com solução contendo enzimas hidrolases, sendo elas a poligalacturonase e pectinametilesterase (0,5 mL. L⁻¹) e a adição de bentonita (1 g. L⁻¹). Nesta etapa, os sucos foram mantidos a temperatura de 0 °C por 2 dias.

Pasteurização

Após a etapa de clarificação, o suco foi retirado do reservatório sem a borra e submetido à pasteurização, em pasteurizador (EHA27, Voran®), por 85 °C durante 15 minutos.

Envase e rotulagem

Após a etapa de pasteurização, os sucos foram envasados a quente, em equipamento manual, com sistema de abastecimento em série e acondicionados em garrafas de vidro (Figura 4), com capacidade de 500 mL. Em seguida, sobre as garrafas de sucos, foi adicionada, por aspensão, água potável em temperatura ambiente para evitar que os sucos permanecessem em temperatura elevada.

Depois do engarrafamento, as garrafas receberam os rótulos de acordo com a cultivar produzida. Na figura 5 pode-se visualizar os rótulos utilizados para os sucos de maçã integral produzidos pela Embrapa Uva e Vinho.



Figura 4 - Sucos de maçãs produzidos na Embrapa Uva e Vinho

Fonte: AUTORA, 2016.



Figura 5 - Rótulos de suco de maçã ‘Fuji’ (A), suco de maçã ‘Gala’ (B), suco de maçã ‘Granny Smith’ (C) e de suco de maçã ‘Pink Lady’ (D), utilizados pela Embrapa Uva e Vinho

Fonte: EMBRAPA UVA E VINHO, 2015.

Armazenamento

Os sucos foram armazenados em caixas de papelão e mantidos à temperatura de aproximadamente 20 °C, até o momento das análises.

5.1.3 Caracterização físico-química

5.1.3.1 pH, sólidos solúveis, acidez total e coloração

O pH e a acidez total (AT) foram realizadas nos frutos (maçãs) e nos sucos integrais de maçã. O pH foi determinado por potenciometria a 20°C, em pHmetro (HI2221, Hanna Instruments®). Para determinação de AT nos sucos de maçã mediu-se 10 mL de suco e adicionaram-se 90 mL de água destilada, e titulou-se com NaOH 0,1 mol.L⁻¹, até que a fenolftaleína adicionada (3 gotas) revelasse coloração rósea. Os resultados foram expressos em g. 100⁻¹ g de ácido málico (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado conforme o Instituto Adolfo Lutz (2008), a 20 °C, usando refratômetro digital (PR-32α, Atago®) e os valores expressos em °Brix.

A cor foi determinada em colorímetro (CR 300, Minolta Chromamater) usando o sistema de cor CIELab. Os parâmetros avaliados foram L, a* e b*, nos quais L (luminosidade) varia de preto (0) a branco (100), e os parâmetros a* e b* foram utilizados para calcular o ângulo Hue ($^{\circ}\text{Hue} = \tan^{-1} b^*/a^*$), o qual indica a cor observada.

5.1.3.2 Açúcares totais

A determinação dos açúcares totais, redutores e não redutores foram determinados de acordo com método de Lane & Eynon (1934), através de titulação com solução de Fehling. Os resultados foram expressos em % açúcares totais em glicose, % de açúcares redutores em glicose e % de açúcares não redutores em sacarose.

5.1.4 Caracterização dos compostos bioativos

5.1.4.1 Compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos foram determinados de acordo com Singleton & Rossi (1965) e Swain & Hillis (1959). Para a extração foram medidos 2 mL de amostra e diluídos em 5 mL de metanol P.A., posteriormente, deixou-se por 30 minutos em banho ultrassom. Após procedeu-se a centrifugação (7000 rpm/ 15 min) (Centrifuge 5420 R, eppendorf®) e foi coletado o sobrenadante em eppendorf de 1,5 mL e armazenado em freezer a – 20 °C. Para a reação adicionou-se na microplaca 15 µL do extrato, 240 µL de água destilada e 15 µL de Folin Ciocalteau 0,25 N e deixou-se reagir por 10 minutos. Posteriormente, adicionou-se 30 µL de NaCO₂ e deixou-se no escuro por 2 horas. A leitura foi feita em espectrofotômetro (Spectramax 190, Molecular Devices®) no comprimento de onda de 725 nm. Os resultados foram expressos em mg.100 mL de ácido gálico.

5.1.4.2 Flavonoides totais

Os flavonoides totais foram determinados segundo Zhishen; Mengcheng; Jianming (1999). Na microplaca adicionou-se 120 µL de água destilada, 30 µL do extrato preparado para a análise de compostos fenólicos totais, 9 µL de NaNO₂ e aguardou-se por 5 minutos. Após adicionou-se 9 µL de AlCl₃ e aguardou-se por 6 minutos. Posteriormente, acrescentou-se 30 µL de NaOH e 72 µL de água destilada. As amostras foram lidas em espectrofotômetro (Spectramax 190, Molecular Devices®) em 510 nm. Os resultados foram expressos em mg.100 mL de catequina.

5.1.4.3 Atividade antioxidante

O potencial antioxidante foi determinado através do método adaptado de Brand-Williams; Cuvelier; & Berset, (1995), utilizado o radical livre 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH). Primeiramente, foi preparado a solução mãe de DPPH (24 mg de DPPH em 100 mL de metanol). Seguidamente, foi preparada a solução de uso, através da diluição de 10 mL da solução mãe em 45 mL de metanol P.A. A absorbância dessa solução de uso foi ajustada para 1,100 ± 0,02 nm. Para a reação,

na microplaca adicionou-se 20 μL do extrato preparado para compostos fenólicos e 280 μL de solução de uso de DPPH e deixou-se reagir no escuro por 3 horas. A leitura da absorvância foi realizada no comprimento de onda de 515 nm em espectrofotômetro (Spectramax 190, Molecular Devices®). Para o radical ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)), utilizou-se o mesmo extrato preparado para compostos fenólicos, através do método descrito por Rufino et al., (2007). Os resultados foram expressos em mg. 100 mL de trolox.

5.1.5 Análise de minerais

Os minerais nos sucos integrais de maçã foram determinados de acordo com (RIZZON; SALVADOR, 2010), no Laboratório de Cromatografia e Espectrometria de Massas (LaCEM) da Embrapa Uva e Vinho.

Para a determinação de sódio e potássio, utilizou-se espectrofotômetro de absorção atômica (modelo 2380, marca Perkin-Elmer®), com módulo de atomização de chama, sendo que a absorvância foi lida em comprimento de onda de 766,6 nm; para o sódio a absorvância foi obtida no comprimento de onda de 589 nm. Já o fósforo foi lido em espectrofotômetro UV-Vis (modelo Cary 60 UV-Vis, Agilent Technologies®). Para as demais determinações (cálcio, magnésio, manganês, ferro, cobre, zinco, lítio e rubídio) utilizou-se espectrofotômetro de absorção atômica (modelo AA 240 FS, Varian®, com lâmpada Catodo Oco). Para o Ca, a absorvância foi obtida em comprimento de onda de 422,7 nm; o Mg utilizou-se comprimento de onda de 285,2 nm; para o Mn 279,5 nm; para o Fe 248,3 nm; para o Cu 325,0 nm; para o Zn 213,9 nm; para o Li 670,8 nm; para o Rb 780 nm. Os resultados foram expressos em mg. L^{-1} de cada composto, exceto para o Li, o qual foi apresentado em $\mu\text{g. L}^{-1}$.

5.1.6 Análise sensorial

Os testes sensoriais realizados foram de aceitação, preferência e intenção de compra. O painel para as análises dos sucos de maçã das cultivares 'Fuji', 'Gala', 'Granny Smith' e 'Pink Lady' foi composto por 50 julgadores não treinados, entre 18 a 50 anos, de ambos os gêneros, pertencentes à comunidade da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves – RS. As análises foram realizadas em cabines individuais,

sob luz branca, onde cada julgador recebeu as amostras codificadas com três dígitos escolhidos ao acaso e foi usado como veículo bolacha água e sal e água mineral. As fichas de avaliações se deram através de programa computadorizado.

Para o teste de aceitabilidade para os atributos cor, aroma, sabor, viscosidade, acidez, doçura, turbidez e qualidade global, foi utilizado escala hedônica de nove pontos (1 = desgostei muitíssimo; 2 = desgostei muito; 3 = desgostei regularmente; 4 = desgostei ligeiramente; 5 = não gostei, nem desgostei; 6 = gostei ligeiramente; 7 = gostei regularmente; 8 = gostei muito; 9 = gostei muitíssimo). Para o teste de intenção de compra a escala consistiu-se de cinco pontos (1 = certamente não compraria; 2 = possivelmente não compraria; 3 = talvez comprasse/talvez não comprasse; 4 = possivelmente compraria; 5 = certamente compraria). Quanto ao teste de preferência, consistiu-se pela ordenação da amostra mais preferida para a menos preferida (1 mais preferida a 4 menos preferida). A avaliação sensorial foi realizada conforme a metodologia das Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade Cenecista de Bento Gonçalves, CAAE 39203214.1.0000.5571.

5.2 Etapa 2: Testes com diferentes concentrações de pequenos frutos ao suco integral de maçã

5.2.1 Obtenção da matéria-prima e ingredientes

Foram utilizados maçãs da cultivar 'Gala' colhidas na safra de 2015, dos pomares experimentais da Embrapa Uva e Vinho e da empresa Rasip®, localizados em Vacaria - RS. Foram selecionadas maçãs consideradas impróprias para os padrões de classificação para o consumo *in natura*, conforme os Padrões de Identidade e Qualidade da Maçã determinados pela legislação vigente (BRASIL, 2006). Imediatamente após a colheita as maçãs foram processadas na Cantina da Embrapa Uva e Vinho.

Os pequenos frutos, amora-preta, framboesa e morango foram adquiridos congelados na empresa Mais Fruta®, do produtor rural Jair de Sousa Vargas, localizada em Vacaria – RS.

5.2.2 Testes de formulações de sucos de maçã 'Gala' com pequenos frutos

Em escala laboratorial, os pequenos frutos (amora-preta, framboesa e morango) foram triturados individualmente em liquidificador (Performance Magiclean, Chrome, Arno®), por 1 minuto e filtrados em peneira com malha de 0,50 mm (Figura 6). Após, a polpa foi adicionada ao suco de maçã 'Gala' (descrito no capítulo 1), nas concentrações testadas (5, 10, 15 e 20%) (m/v). A seguir, foram engarrafados em garrafas de vidro de 500 mL e pasteurizados a 85°C/15 minutos (Figura 7, 8 e 9). Os produtos foram armazenados em temperatura de 20 °C, até o momento das análises.



Figura 6 - Obtenção da polpa de framboesa

Fonte: AUTORA, 2016.



Figura 7 - Testes de sucos de maçã com 5, 10, 15 e 20 % de amora

Fonte: AUTORA, 2016.



Figura 8 – Testes de sucos de maçã com 5, 10, 15 e 20 % de framboesa

Fonte: AUTORA, 2016.



Figura 9 - Testes de sucos de maçã com adição de 5, 10, 15 e 20 % de morango

Fonte: AUTORA, 2016.

5.2.3 Análises físico-químicas

5.2.3.1 pH, acidez total e sólidos solúveis

O pH e a acidez total (AT) foram analisados nas polpas de amora-preta, framboesa e morango e no suco integral de maçã e nos sucos com diferentes concentrações de pequenos frutos. O pH foi determinado por potenciometria à 20°C, em pHmetro (HI2221, Hanna Instruments®). Para determinação de AT nos sucos

mediu-se 10 mL de suco e adicionou-se 90 mL de água destilada, adicionou-se fenolftaleína e titulou-se com NaOH 0,1 mol. L⁻¹. Nas polpas de amora-preta, framboesa e morango, pesou-se 5 g e adicionou-se 45 mL de água destilada e determinou-se por potenciometria utilizando NaOH 0,1 mol.L⁻¹ até pH 8,1 (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Os resultados foram expressos em g. 100⁻¹ g de ácido málico.

O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado conforme Instituto Adolfo Lutz (2008), a 20 °C usando refratômetro digital (PR-32α, Atago®) e os valores expressos em ° Brix. Para as amostras de polpa dos pequenos frutos, as mesmas foram filtradas em algodão, enquanto nas amostras de sucos, pingou-se a amostra diretamente sobre o prisma do refratômetro.

5.2.4 Análise sensorial

Nos sucos de maçã 'Gala' com adição individual de 5, 10, 15 e 20 % de amora-preta, framboesa e morango foram realizados os testes de aceitabilidade, preferência e intenção de compra, com 10 julgadores não treinados, entre 18 a 50 anos, de ambos os gêneros, pertencentes à comunidade da Embrapa Uva e Vinho. As análises foram realizadas em cabines individuais, sob luz branca, onde cada provador recebeu as amostras codificadas com três dígitos escolhidos ao acaso e foi usado como veículo para remoção de sabores residuais bolacha água e sal e água mineral.

Para o teste de aceitabilidade (cor, aroma, sabor, viscosidade, acidez, doçura, turbidez e qualidade global), foi utilizado escala hedônica de nove pontos (1 = desgostei muitíssimo; 2 = desgostei muito; 3 = desgostei regularmente; 4 = desgostei ligeiramente; 5 = não gostei, nem desgostei; 6 = gostei ligeiramente; 7 = gostei regularmente; 8 = gostei muito; 9 = gostei muitíssimo). Para o teste de preferência ordenou-se da menos preferida para a mais preferida. Quanto ao teste de intenção de compra a escala consistiu-se em cinco pontos (1 = certamente não compraria; 2 = possivelmente não compraria; 3 = talvez comprasse/talvez não comprasse; 4 = possivelmente compraria; 5 = certamente compraria), conforme a metodologia das Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade Cenecista de Bento Gonçalves, CAAE 39203214.1.0000.5571.

5.3 Etapa 3: Suco de maçã ‘Gala’ com adição de 5 % de cada pequeno fruto

5.3.1 Obtenção da matéria-prima

Foram utilizadas maçãs da cultivar ‘Gala’ colhidas na safra de 2016, nos pomares experimentais da Embrapa Uva e Vinho e da empresa Rasip®, localizados em Vacaria - RS. Foram selecionadas maçãs consideradas impróprias para o padrão de classificação para o consumo *in natura*, de acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2006). Os pequenos frutos amora-preta, framboesa e morango foram adquiridos congelados na empresa Mais Fruta®, do produtor rural Jair de Sousa Vargas, localizada em Vacaria – RS.

5.3.2 Desenvolvimento das formulações de sucos de maçã com pequenos frutos

A partir da escolha das concentrações com melhor aceitabilidade e mais preferidas, produziu-se em escala industrial suco integral de maçã ‘Gala’, suco com 95 % de maçã ‘Gala’ e 5 % de amora-preta, suco com 95 % de maçã ‘Gala’ e 5 % de framboesa e suco com 95 % de maçã ‘Gala’ e 5 % de morango. O fluxograma de produção está apresentado na figura 10.

As maçãs ‘Gala’ foram selecionadas, sendo descartados os frutos que apresentavam podridões, maturação avançada e danos com ruptura da casca. Em seguida, as maçãs foram lavadas e sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio a 150 mg.L⁻¹, pH 6,0. Na sequência, os frutos foram moídos e prensados em equipamento *Belt press* (EBP350, Voran®), obtendo-se o suco e o resíduo da maçã (bagaço). O suco foi submetido ao tratamento térmico por 85 °C por 15 segundos para inativação enzimática, sendo em seguida resfriado e mantido a 0 °C por 24 horas. Nesta etapa foi adicionada a solução enzimática (poligalacturonase e pectinametilsterase 0,5 mL. L⁻¹) e, em seguida, bentonita (1 g. L⁻¹) para a clarificação.

Após foram preparadas as polpas de cada pequeno fruto (amora-preta, framboesa e morango), as quais foram obtidas através da trituração individual em liquidificador (Performance Magiclean, Chrome, Arno®), por 1 minuto a baixa velocidade e filtrados em peneira com malha de 0,50 mm.

As maçãs utilizadas apresentavam pH $4,34 \pm 0,02$, acidez total $0,25 \pm 0,01$ g. 100^{-1} g de ácido málico, sólidos solúveis $11,33 \pm 0,35$ °Brix e firmeza $59,92 \pm 1,94$ N. A polpa de amora apresentava pH de $3,18 \pm 0,02$, acidez total de $1,27 \pm 0,01$ g. 100^{-1} g de ácido málico, sólidos solúveis $9,70 \pm 0,06$ °Brix; a polpa de framboesa pH $2,88 \pm 0,01$, acidez $2,42 \pm 0,03$ g. 100^{-1} g de ácido málico, sólidos solúveis $8,67 \pm 0,07$ °Brix; e a polpa de morango pH $3,31 \pm 0,01$, acidez $1,25 \pm 0,01$ g. 100^{-1} g de ácido málico e sólidos solúveis de $8,53 \pm 0,09$ °Brix.

Posteriormente, o suco de maçã foi separado em quatro lotes (42 litros cada), e procedeu-se à adição dos pequenos frutos amora, framboesa e morango, obtendo-se quatro formulações: 1) suco 100% maçã (SMÇ), 2) suco misto de maçã com 5 % de polpa de amora (SMA), 3) suco misto de maçã com 5 % de polpa de framboesa (SMF); e, 4) suco misto de maçã com 5% de polpa de morango (SMM). Os sucos foram submetidos à pasteurização (EHA27, Voran®) a 85 °C por 15 minutos, seguido de envase a quente, em garrafas de vidro de 500 mL (Figura 11). As garrafas foram resfriadas por aspensão de água em temperatura ambiente, armazenadas a 20 °C e analisadas imediatamente após o processamento e 90 dias depois.

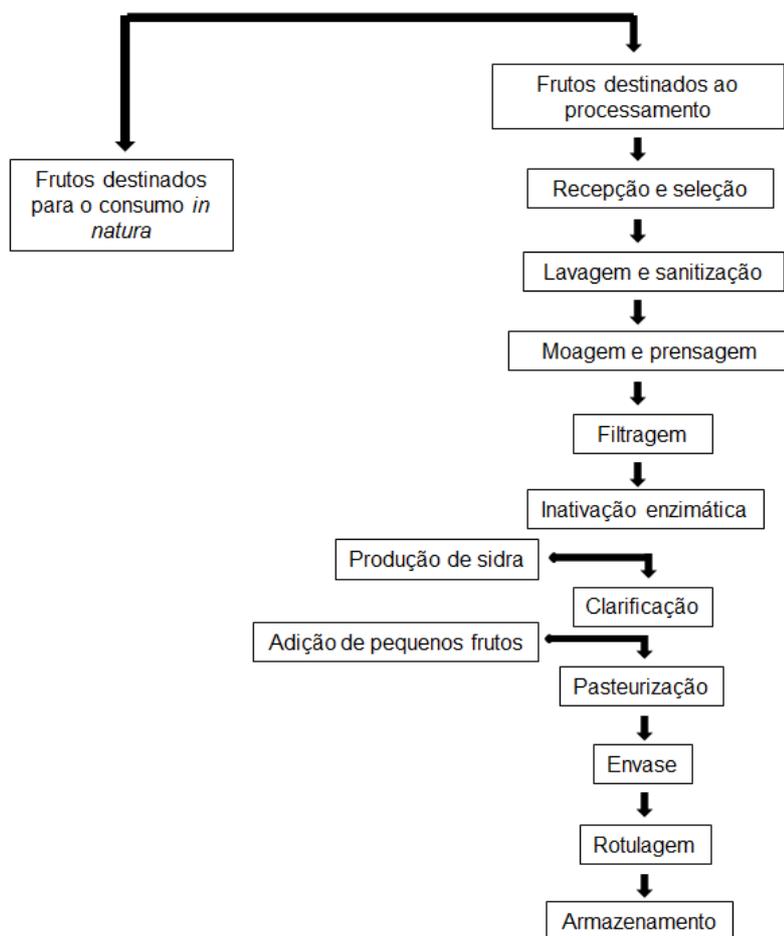


Figura 10 - Fluxograma de produção de suco de maçã integral e suco de maçã com pequenos frutos



Figura 11 - Suco integral de maçã, suco de maçã com 5 % de framboesa, suco de maçã com 5 % de amoras e suco de maçã com 5 % de morango

Fonte: EMBRAPA/ZANELLA, 2016.

5.3.3 Caracterização físico-química

5.3.3.1 pH, sólidos solúveis, acidez e coloração

O pH e a acidez total (AT) foram realizadas nos frutos (maçãs) e nos sucos de maçã com pequenos frutos. O pH foi determinado por potenciometria à 20°C, em pHmetro (HI2221, Hanna Instruments®). Para determinação de AT nos sucos de maçã mediu-se 10 mL de suco e adicionou-se 90 mL de água destilada, adicionou-se fenolftaleína e titulou-se com NaOH 0,1 mol.L⁻¹ (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Os resultados foram expressos em g. 100⁻¹ g de ácido málico. O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado conforme Instituto Adolfo Lutz (2008), a 20 °C usando refratômetro digital (PR-32α, Atago®) e os valores expressos em ° Brix.

A coloração foi determinada utilizando colorímetro (CR 300, Minolta Chromometer) no padrão CIE-L*a*b*. L* define a luminosidade e as coordenadas a* e b* variam, respectivamente, do (-) verde para o (+) vermelho e do (-) azul para o (+) amarelo. Os parâmetros a* e b* foram usados para calcular o ângulo Hue, o qual indica a cor observada ($^{\circ}\text{Hue} = \tan^{-1} b^*/a^*$).

5.3.4 Caracterização dos compostos bioativos

5.3.4.1 Compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos foram determinados de acordo com Singleton & Rossi (1965) e Swain & Hillis (1959). Para a extração foram medidos 2 mL de amostra e diluídos em 5 mL de metanol e mantidos por 30 minutos em banho ultrassom. Após foi centrifugado (7000 rpm/ 15 min) (centrifuge 5430 R, eppendorf®), coletado o sobrenadante em microtubo de 1,5 mL e armazenado em freezer a -20°C. Para a reação adicionou-se na microplaca 15 µL do extrato, 240 µL de água destilada e 15 µL de Folin Ciocalteau 0,25 N e deixou-se reagir por 10 minutos. Posteriormente, adicionou-se 30 µL de NaCO₂ e deixou-se no escuro por 2 horas. A absorbância foi lida em espectrofotômetro (Epoch, BioTek®) a 725 nm. Os resultados foram expressos em mg.100 mL⁻¹ de ácido gálico, de acordo com curva padrão de ácido gálico.

5.3.4.2 Flavonoides totais

Os flavonoides totais foram determinados segundo Zhishen; Mengcheng; Jianming (1999). Para essa análise utilizou-se o mesmo extrato preparado para os compostos fenólicos totais. A reação foi conduzida inicialmente com 120 μL de água destilada, 30 μL de extrato, 9 μL de NaNO_2 . Após 5 minutos, adicionou-se 9 μL de AlCl_3 e aguardou-se por 6 minutos, sendo então acrescentado 30 μL de NaOH e 72 μL de água destilada. As amostras foram lidas em espectrofotômetro (Spectramax 190, Molecular Devices®) a 510 nm. Os resultados foram expressos em $\text{mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ de catequina, de acordo com curva padrão de catequina.

5.3.4.3 Antocianinas totais

O teor de antocianinas totais foi determinado através do método de Lee & Francis (1972). Em 2 mL de amostra adicionou-se 5 mL de metanol acidificado a pH 1.0. A solução foi homogeneizada em intervalos de 15 minutos por 1 hora, sendo então centrifugada (centrifuge 5430 R, eppendorf®) por 15 minutos a 7.000 g, a 4 °C. Após realizou-se a leitura do sobrenadante em espectrofotômetro (Epoch, BioTek®) em comprimento de onda de 520 nm. Os resultados foram expressos em $\text{mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ de cianidina-3-glicosídeo, seguindo a curva padrão deste composto.

5.3.4.4 Vitamina C

O procedimento foi realizado de acordo com Vinci et al., (1995), onde 2 mL de amostra foram acrescentados de 5 mL da solução extratora (3% ácido metafosfórico, 8% de ácido acético) e mantidos por 1 hora em contato com o extrator, com agitação em vórtex em intervalos de 15 minutos. Após foi centrifugado (centrifuge 5430 R, eppendorf®) por 15 minutos a 7.000 g, 4 °C. Coletou-se o sobrenadante para microtubos de 2 mL e procedeu-se filtragem da amostra (filtros de membrana de 0,45 μM), a qual foi transferida para vials. Diluiu-se a amostra 1:1 com a fase móvel e injetou-se no cromatografo (Shimatzu). Os resultados foram expressos em $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ de ácido L-ascórbico (Figura 12).

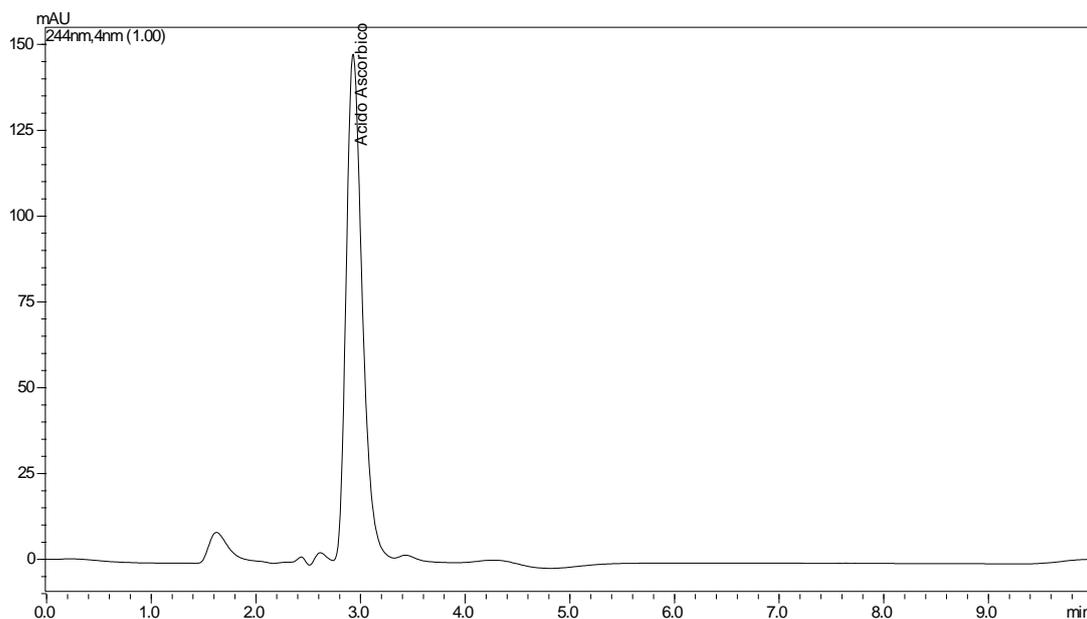


Figura 12 - Cromatograma típico de ácido L-ascórbico

Fonte: UFPEL/DCTA, 2016.

5.3.4.5 Atividade antioxidante

A capacidade antioxidante foi determinada segundo o método descrito por Brand-Williams; Cuvelier; Berset (1995), utilizando o radical 2,2-diphenyl-1-176 picrylhydrazil (DPPH), em que a absorbância foi lida em espectrofotômetro (Epoch, BioTek®) em 517 nm, após 3 horas de reação. Os resultados foram expressos em mg. 100 g⁻¹ de trolox, de acordo com a curva padrão de trolox.

5.3.4.6 Ácidos fenólicos, flavonoides e antocianinas individuais

Para a análise de compostos fenólicos individuais, 2 mL de suco foram centrifugados por 10 minutos, a 4 °C, 7.500 rpm (centrifuge 5430 R, eppendorf). Posteriormente, foi filtrado em filtro com membrana de 0,45 µM e injetados 10 µL do extrato em cromatógrafo líquido (UFLC, Shimadzu, Japão) acoplado a espectrômetro de massas de alta resolução do tipo quadrupolo-tempo de voo (Maxis Impact, Bruker Daltonics, Bremen, Alemanha). Para a separação cromatográfica foi utilizada a coluna Bidentate C18 (100 x 2,1 mm) (MicroSolv Technology Corporation, Eatontown, NJ, EUA). As fases móveis foram: água acidificada com 0,1% de ácido

fórmico (eluente A) e acetonitrila acidificada com 0,1 % de ácido fórmico (eluente B). Para separação foi utilizado um gradiente: 0,00 min – 5 % B, 0,01 – 15,00 minutos, 90 % B, 15,00 – 18,00 min, 90 % B, 18,01 – 20,00 min, 5 % B, permanecendo por 6 minutos nessa condição. O fluxo foi de 0,2 mL min⁻¹ e a temperatura da coluna foi mantida a 40 °C.

O espectrômetro de massas foi operado nos modos ESI positivo (antocianinas) e negativo (ácidos fenólicos e flavonoides), com espectros adquiridos ao longo de uma faixa de massa de m/z 50 a 1200, com voltagem capilar em 3,5 kV, pressão do gás de nebulização (N₂) de 2 bar, gás de secagem em 8 L. min⁻¹, temperatura da fonte de 180 °C, colisão de RF de 150 Vpp; transfer 70 mS e armazenamento pré-pulso de 5 mS. O equipamento foi calibrado com formiato de sódio 10 mM, cobrindo toda a faixa de aquisição (de m/z 50 até 1200). Experimentos automáticos de MS/MS foram realizados ajustando os valores de energia de colisão como se segue: m/z 100, 15 eV; m/z 500, 35 eV; m/z 1000, 50 eV, usando nitrogênio como gás de colisão. Os dados de MS e MS/MS foram processados por meio do software Data analysis 4.0 (Bruker Daltonics, Bremen, Alemanha).

Os ácidos fenólicos, flavonoides e antocianinas foram caracterizados pelo espectro de UV/Vis (210-800 nm), espectro de massa e padrões de fragmentação MSⁿ em comparação com os dados da biblioteca do equipamento e bases de dados (Metlin, MassBank, KeggCompound, ChemSpider). A quantificação dos ácidos fenólicos e flavonoides foram realizados através de curva de calibração externa com padrões de cada composto. Os resultados foram expressos em µg. 100 mL⁻¹. O teor de antocianinas foi quantificado em relação à curva de calibração externa de pelargonidina. Os resultados foram expressos em µg. 100 mL⁻¹.

5.3.5 Análise sensorial

A análise sensorial consistiu em testes de aceitação e intenção de compra, sendo composta por um painel de 65 julgadores, não treinados, entre 18 a 50 anos, de ambos os gêneros, pertencentes à comunidade da Embrapa Uva e Vinho, de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). Os testes foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial da Embrapa Uva e Vinho, em cabines individuais, sob luz branca. Cada provador recebeu as amostras codificadas com três dígitos escolhidos ao acaso e bolacha água e sal e água mineral, as quais

foram utilizadas como veículo para remoção de sabores residuais. Para o teste de aceitabilidade (cor, aroma, sabor, viscosidade, acidez, doçura, turbidez e qualidade global) foi utilizado escala hedônica de nove pontos (1 – Desgostei muito a 9 – Gostei muito). Já para o teste de intenção de compra a escala hedônica consistiu-se em cinco pontos (1 – Certamente não compraria a 5 – Certamente compraria). A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade Cenecista de Bento Gonçalves, CAAE 39203214.1.0000.5571.

5.4 Análise estatística

A análise estatística consistiu-se nos de testes de ANOVA e Tukey (nível de significância de 1 %), em que foram realizadas utilizando o programa Agricolae in R (MANDIBURU, 2015).

6 Resultados e Discussões

6.1 Etapa 1: Suco integral de maçã das cultivares Fuji, Gala, Granny Smith e Pink Lady

6.1.1 Caracterização físico-química geral

O suco de maçã 'Gala' apresentou o maior pH (Tabela 1), seguido pelos sucos das cultivares 'Fuji', 'Pink Lady' e 'Granny Smith'. A maior acidez foi observada para o suco de maçã 'Granny Smith' (0,71 g. 100⁻¹ g de ácido málico), seguido do suco de maçã 'Fuji' (0,39 g. 100⁻¹ g de ácido málico), suco de maçã 'Pink Lady' (0,33 g. 100⁻¹ g de ácido málico) e suco de maçã 'Gala' (0,30 g. 100⁻¹ g de ácido málico). Os sólidos solúveis totais foram de 15,20 ° Brix para o suco de maçã 'Fuji', 13,10 ° Brix para o suco de maçã 'Granny Smith', 12,67 ° Brix para o suco de maçã 'Pink Lady' e 11,60 ° Brix para o suco de maçã 'Gala'. Quanto à coloração, a luminosidade do suco de maçã 'Gala' foi de 28,13, a do suco de maçã 'Fuji' 25,16, a do suco de maçã 'Granny Smith' 24,63 e a do suco de maçã 'Pink Lady' 24,63. Para a tonalidade, o suco de maçã 'Gala' apresentou 131,89 ° Hue, o suco de maçã 'Fuji' 118,43 ° Hue, o suco de maçã 'Granny Smith' 114,48 ° Hue e o suco de maçã 'Pink Lady' 109,63 ° Hue (Tabela 1).

Desse conjunto de resultados, se observa que o suco de maçã 'Granny Smith' apresentou maior acidez e menor pH, o que é coerente com o fato de ser essa cultivar produtora de fruta ácida (TREPTOW; QUEIROZ; ANTUNES, 1995). Estes resultados corroboram com trabalho desenvolvido por Yi e colaboradores (2017), no qual o suco de maçã da cultivar Granny Smith apresentou maior acidez (4,6 mg. mL⁻¹ de ácido málico), quando comparado com suco da cultivar Pink Lady (2,87 mg. mL⁻¹ de ácido málico) (YI et al., 2017). A menor acidez foi evidenciada para o suco de maçã 'Gala'; isto era esperado, pelo fato de que esta cultivar contém pouca acidez (RIZZON; BERNARDI; MIELE, 2005).

O suco de maçã 'Fuji' apresentou maior teor de sólidos solúveis totais (Tabela 1), e isso é coerente com a característica dessa cultivar que produz maçãs com elevados teores de açúcares (JORGE; TREPTOW; ANTUNES, 1998). O suco de maçã 'Fuji' foi considerado mais doce (Tabela 1), o que pode ter sido proporcionado pela maior presença de açúcares totais, como pode ser observado na tabela 1.

O suco de maçã 'Gala' foi o que apresentou maior luminosidade, seguido do suco de maçã 'Fuji'; entretanto, todos os sucos apresentaram luminosidade próxima a 0, sendo que a luminosidade varia entre 0 (preto) a 100 (branco), indicando que os sucos tiveram colorações escuras. Nesse sentido, é importante ressaltar que a coloração é um parâmetro fundamental na avaliação de sucos, pois influencia diretamente na aceitação do produto, além de ser um indicativo de alterações de pigmentos (IBARZ; PAGÁN; GARZA, 2000; ZHANG et al., 2008). Quanto à tonalidade, valores de ângulo Hue próximos a 0° e 360° correspondem à coloração vermelha, a 90° ao amarelo, a 180° ao verde e 270° aos tons de azul (ZHANG et al., 2008), indicando que todos os sucos apresentaram coloração amarelada e escura (pelos valores de luminosidade).

Quanto aos açúcares totais, o suco da cv. Fuji apresentou maior teor, quando comparado com os demais (Tabela 1), o que pode ter ocorrido por esta cultivar sintetizar e acumular mais açúcares, consequência de ser uma fruta de ciclo de crescimento e maturação mais longos (ALBERTI et al., 2016; DO AMARANTE; STEFFENS; ARGENTA, 2011).

De acordo com a legislação brasileira, os sucos de maçã devem apresentar, no mínimo 10,5 °Brix, a 20 °C, acidez total mínima de 0,15 g. 100 g⁻¹ de ácido málico, açúcares totais naturais da maçã de no máximo 13,5 g.100 g⁻¹ (BRASIL,

2000). Diante disso, todos os sucos de maçã corresponderam aos critérios exigidos pela legislação.

Tabela 1 – Análises físico-químicas gerais nos sucos integrais de maçãs

Análises	Sucos							
	Suco cv. Fuji		Suco cv. Gala		Suco cv. Granny Smith		Suco cv. Pink Lady	
pH	3,70 ± 0,00	b	3,73 ± 0,00	a	3,33 ± 0,00	d	3,58 ± 0,00	c
AT ¹	0,39 ± 0,00	b	0,30 ± 0,00	d	0,71 ± 0,00	a	0,33 ± 0,00	c
SS ²	15,20 ± 0,06	a	11,60 ± 0,00	d	13,10 ± 0,06	b	12,67 ± 0,03	c
Luminosidade	25,16 ± 0,03	b	28,13 ± 0,05	a	24,63 ± 0,02	c	24,63 ± 0,02	c
Ângulo Hue	118,43 ± 0,29	b	131,89 ± 0,86	a	114,48 ± 0,25	c	109,63 ± 0,39	d
Açúcares totais ⁴	12,21 ± 0,18	a	9,40 ± 0,07	b	9,55 ± 0,11	b	9,82 ± 0,19	b
Açúcares redutores ⁵	5,81 ± 0,08	b	6,83 ± 0,10	a	5,73 ± 0,07	b	6,10 ± 0,12	b
Açúcares não redutores ⁶	6,08 ± 0,24	a	2,44 ± 0,09	c	3,62 ± 0,04	b	3,53 ± 0,09	b

Resultados expressos em média ± erro padrão. Letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$). ¹AT: acidez total expressa em g. 100⁻¹ g de ácido málico; ²SS: sólidos solúveis expresso em ° Brix; ⁴: expresso em % de açúcares totais; ⁵: expresso em % de açúcares redutores; ⁶: % de açúcares não redutores.

6.2.2 Compostos bioativos totais

Para os compostos bioativos totais (Tabela 2), o suco de maçã ‘Granny Smith’, apresentou maior quantidade de compostos fenólicos totais (107,89 mg. 100 mL⁻¹ de ácido gálico), flavonoides totais (22,75 mg. 100 mL⁻¹ de catequina) e, conseqüentemente, maior atividade antioxidante frente aos radicais DPPH (86,33 mg. 100 mL⁻¹ de trolox) e ABTS (85,10 mg. 100 mL⁻¹ de trolox).

O maior teor de compostos bioativos e atividade antioxidante para o suco de maçã ‘Granny Smith’ pode ter relação às maiores quantidades de compostos fenólicos (FERREIRA, 2011). Este suco pode ser considerado como possuidor de alta concentração de compostos fenólicos, uma vez que Ramful e colaboradores (2011) classificam como baixa concentração quantidades menores de 75 mg. 100 g⁻¹, média 75 a 95 mg. 100 g⁻¹ e alta concentração quando acima de 95 mg. 100 g⁻¹ de compostos fenólicos (RAMFUL et al., 2011). Já, o suco de maçã ‘Fuji’, pode ser considerado com quantidade média de compostos fenólicos (78,37 mg. 100 mL⁻¹ de ácido gálico) (Tabela 2) e os sucos de maçã ‘Gala’ (64,60 mg. 100 mL⁻¹ de ácido gálico) e ‘Pink Lady’ (45,81 mg. 100 mL⁻¹ de ácido gálico) com baixa concentração destes compostos (RAMFUL et al., 2011).

Em relação aos flavonoides totais (Tabela 2), todos os sucos apresentam baixas quantidades destes compostos (suco de maçã 'Fuji' 2,63 mg. 100 mL⁻¹ de catequina; suco de maçã 'Gala' 2,50 mg. 100 mL⁻¹ de catequina; suco de maçã 'Granny Smith' 22,75 mg. 100 mL⁻¹ de catequina; suco de maçã 'Pink Lady' 6,73 mg. 100 mL⁻¹ de catequina), em virtude de que se considera baixa quantidade valores menores que 40 mg. 100 g⁻¹, média de 40 a 60 mg. 100 g⁻¹ e alta quantidade acima de 60 mg. 100 g⁻¹ (RAMFUL et al., 2011).

Tabela 2 - Compostos bioativos totais detectados nos sucos de maçãs

Sucos	Fenóis totais ¹	Flavonoides totais ²	DPPH ³	ABTS ³
Suco cv. Fuji	78,37 ± 0,27 b	2,63 ± 0,43 c	54,60 ± 0,57 b	41,01 ± 0,42 b
Suco cv. Gala	64,60 ± 0,54 c	2,50 ± 0,49 c	35,62 ± 0,36 c	34,43 ± 0,47 c
Suco cv. Granny Smith	107,89 ± 0,40 a	22,75 ± 0,18 a	86,33 ± 0,47 a	85,10 ± 0,44 a
Suco cv. Pink Lady	45,81 ± 0,56 d	6,73 ± 0,38 b	21,94 ± 0,47 d	17,66 ± 0,52 d

Resultados expressos em média ± erro padrão. Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,01). ¹mg. 100 mL⁻¹ de ácido gálico; ²mg. 100 mL⁻¹ de catequina; ³mg. 100 mL⁻¹ de trolox.

6.2.3 Minerais

Quanto aos minerais, no processamento, grande parte dos minerais fica retida nos respectivos bagaços (NOGUEIRA et al., 2007; REIS, 2013), porém isto não foi avaliado no presente estudo. No entanto, para todas as cultivares usadas nos sucos de maçã, o potássio (K), o fósforo (P), magnésio (Mg), cálcio (Ca) e sódio (Na) foram os minerais presentes em abundância (Tabela 3).

O potássio (K) foi o majoritário encontrado em todos os sucos de maçã (1.120,80 mg. L⁻¹ no suco de maçã 'Fuji, 1.120,80 mg. L⁻¹ no suco de maçã 'Granny Smith', 963,10 mg. L⁻¹ no suco de maçã 'Gala' e 912,03 mg. L⁻¹ no suco de maçã 'Pink Lady') (Tabela 3). Este mineral se destaca nos frutos de maçã (NOGUEIRA et al., 2007), como também foi o principal mineral encontrado em sucos de maçã das variedades 'Gala', 'Lis Gala' e 'Fuji suprema' por Alberti e colaboradores (2016) (ALBERTI et al., 2016). O suco de maçã 'Fuji' e o suco de maçã 'Granny Smith' apresentaram maior quantidade de potássio, quando comparado aos demais sucos, o que pode ter sido ocasionado pela adubação do solo, pois é um mineral necessário para a planta, uma vez que a falta do mesmo acarreta em frutos

pequenos, com menor acidez e pouca coloração (HUNSCHE; BRACKMANN; ERNANI, 2003).

O fósforo (P) foi o segundo mineral encontrado em maior quantidade nos sucos, sendo que, o suco de maçã 'Fuji' apresentou maior teor deste composto ($71,10 \text{ mg. L}^{-1}$) quando comparado com os demais sucos (suco de maçã 'Granny Smith' $70,10 \text{ mg. L}^{-1}$, suco de maçã 'Gala' $48,87 \text{ mg. L}^{-1}$, suco de maçã 'Pink Lady' $39,03 \text{ mg. L}^{-1}$) (Tabela 3). Nos sucos de maçã o fósforo pode estar relacionado com a sua presença nos frutos, em virtude da capacidade de absorção das cultivares de maçã, região de cultivo e safra do fruto, além de ser um mineral importante, pois a sua deficiência pode acarretar em danos fisiológicos ao fruto (AMARANTE et al., 2012; NAVA et al., 2002). No organismo humano, o fósforo tem função no crescimento e renovação dos tecidos, atua na formação de energia, além de ser um importante componente celular, fazendo parte da composição dos fosfolipídios (PEIXOTO, 2012).

O magnésio (Mg) apresentou $32,50 \text{ mg. L}^{-1}$ no suco de maçã 'Fuji', $33,40 \text{ mg. L}^{-1}$ no suco de maçã 'Gala', $42,03 \text{ mg. L}^{-1}$ no suco de maçã 'Granny Smith', $30,47 \text{ mg. L}^{-1}$ no suco de maçã 'Pink Lady'. A maçã é considerada como fonte de magnésio (NOGUEIRA et al., 2007) (Tabela 3), sendo que este é um elemento que atua como cofator de diversas enzimas, bem como participa na síntese de proteínas, síntese de RNA e DNA, na manutenção dos tecidos nervosos e membranas celulares, dessa forma é necessário para o organismo humano (SHILS et al., 2003). De acordo com a Organização Mundial da Saúde, é recomendando o consumo diário de 260 mg/dia para um adulto entre 19 e 65 anos (FAO/OMS, 2001).

Para o cálcio (Ca) o suco de maçã 'Gala' apresentou $26,03 \text{ mg. L}^{-1}$, o suco de maçã 'Pink Lady' $24,37 \text{ mg. L}^{-1}$, suco de maçã 'Granny Smith' $21,03 \text{ mg. L}^{-1}$ e o suco de maçã 'Fuji' $19,50 \text{ mg. L}^{-1}$. De acordo com dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) e ANVISA (BRASIL, 2004; FAO/OMS, 2001) recomenda-se o consumo diário de 1.000 mg de Ca, em virtude de ser um nutriente essencial para as funções vitais do organismo, como a coagulação sanguínea, formação da estrutura óssea e dentes, além de atuar na prevenção de doenças como raquitismo e osteoporose (MARTINS FILHO, 1995).

Para o sódio (Na) o suco de maçã 'Gala' apresentou $14,20 \text{ mg. L}^{-1}$, o suco de maçã 'Fuji' $13,90 \text{ mg. L}^{-1}$, o suco de maçã 'Pink Lady' $13,80 \text{ mg. L}^{-1}$ e o suco de maçã 'Granny Smith' $12,40 \text{ mg. L}^{-1}$. Embora ainda não tenha estabelecido

quantidades diárias recomendadas, sabe-se que o sódio desempenha funções no controle de absorção e transporte de alguns nutrientes, como o cloro, a glicose e a água (CARDOSO, 2006; MARQUES et al., 2010).

Em menores quantidades foram detectados o manganês (Mn), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), lítio (Li) e rubídio (Rb) (Tabela 3). Dentre estes minerais, a recomendação diária para um adulto é 14 mg/dia de Fe (BRASIL, 2004) e 7 mg/dia de Zn (FAO/OMS, 2001). O Zn é um componente essencial para diversas enzimas envolvidas na degradação de carboidratos, lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos, além de contribuir para a manutenção das células e dos órgãos. O ferro está ligado ao transporte de oxigênio, bem como é um constituinte da hemoglobina, atuando no controle e prevenção de anemia (FAO/OMS, 2001; FOSCHESATO FILHO; BARROS, 2003).

Tabela 3 - Minerais presentes nos sucos de maçãs

Minerais	Sucos							
	Suco cv. Fuji		Suco cv. Gala		Suco cv. Granny Smith		Suco cv. Pink Lady	
K ¹	1.120,80±0,03	a	963,10±0,06	b	1.120,80 ± 0,06	a	912,03 ± 0,03	c
Na ¹	13,90 ± 0,00	b	14,20 ± 0,06	a	12,40 ± 0,06	c	13,80 ± 0,00	b
Ca ¹	19,50 ± 0,06	d	26,03 ± 0,03	a	21,03 ± 0,03	c	24,37 ± 0,03	b
Mg ¹	32,50 ± 0,06	c	33,40 ± 0,06	b	42,03 ± 0,03	a	30,47 ± 0,03	d
Mn ¹	0,83 ± 0,03	bc	0,90 ± 0,00	b	0,80 ± 0,00	c	1,03 ± 0,03	a
Cu ¹	0,80 ± 0,00	a	0,70 ± 0,00	b	0,80 ± 0,00	a	0,71 ± 0,00	b
Fe ¹	0,40 ± 0,00	b	0,50 ± 0,00	a	0,30 ± 0,00	c	0,20 ± 0,00	d
Zn ¹	0,39 ± 0,00	b	0,52 ± 0,00	a	0,36 ± 0,00	c	0,51 ± 0,00	a
Li ¹	1,50 ± 0,00	a	0,98 ± 0,42	a	1,40 ± 0,00	a	1,20 ± 0,00	a
Rb ²	1,80 ± 0,00	b	1,60 ± 0,00	c	3,30 ± 0,00	a	1,30 ± 0,00	d
P ¹	71,10 ± 0,06	a	48,87± 0,03	c	70,10 ± 0,06	b	39,03 ± 0,03	d

Resultados expressos em média ± erro padrão. Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,01). ¹: mg. L⁻¹; ² = µg. L⁻¹.

6.2.4 Análise sensorial

Os sucos de maçã das distintas cultivares foram avaliados sensorialmente, quanto aos testes de aceitação, intenção de compra e preferência (Tabela 4).

O suco de maçã ‘Gala’ obteve a maior nota para o atributo acidez, com médias próximas ao “gostei regularmente”, o suco de maçã ‘Fuji’ e ‘Pink Lady’ apresentaram médias próximas ao “gostei ligeiramente”. O suco de maçã ‘Granny Smith’ apresentou menor aceitação (4,65 = “não gostei, nem desgostei”), o que pode

ter sido ocasionado, em virtude da acidez ser mais elevada (Tabela 1), pois sucos de maçã com intensa ou fraca acidez resultam em menor apreciação (STOLZENBACH et al., 2016). Isto também foi evidenciado em trabalho desenvolvido por Yi e colaboradores (2017), em que os sucos de maçã ‘Granny Smith’ tiveram menor aceitabilidade do que sucos de maçã ‘Pink Lady’ e ‘Jonagold’ ocasionado pela sua maior acidez (YI et al., 2017). Além disso, o consumidor brasileiro tem preferência por maçãs com baixa acidez e mais doces (VENTURINI, 2010).

Para o aroma o suco de maçã ‘Gala’ obteve a melhor nota (6,77) (Tabela 4), classificando ao “gostei regularmente”. No atributo doçura o suco de maçã ‘Gala’, ‘Fuji’ e ‘Pink Lady’ tiveram médias próximas ao “gostei regularmente” e ‘Granny Smith’ próximas ao “não gostei, nem desgostei”. Isto pode ser explicado, pelo fato de que sucos mais doces, com moderada acidez apresentam melhor aceitação (STOLZENBACH et al., 2016).

Quanto ao sabor o suco de maçã ‘Gala’ teve maior aceitabilidade (Tabela 4), classificando-se ao “gostei regularmente”. Entretanto, o suco cv. Granny Smith teve com médias próximas ao “não gostei e nem desgostei”, que pode ser sido decorrente de que esta cultivar é considerada com sabor pouco apreciado pelos consumidores brasileiros (VENTURINI, 2010). De um modo geral, para os atributos cor e viscosidade os julgadores não observaram diferença significativa entre os sucos, entretanto obtiveram médias correspondentes ao “gostei ligeiramente” e “gostei regularmente” para cor, e “gostei ligeiramente” para viscosidade.

Quanto à qualidade global os sucos de maçã ‘Fuji’ e ‘Gala’ tiveram maior aceitação (Tabela 4), com médias próximas ao “gostei regularmente”. Para o teste de preferência (Tabela 4), o suco de maçã ‘Gala’ foi o mais preferido, seguido do suco de maçã ‘Fuji’, sendo que o mesmo ocorreu para intenção de compra, em que o suco ‘Gala’ obteve médias próximas ao “possivelmente compraria”. Isto pode ter ocorrido, em virtude de as cultivares ‘Gala’ e ‘Fuji’ caracterizam-se por serem mais doces, uma vez que a doçura dos sucos induz a preferência do consumidor (STOLZENBACH et al., 2016). Além disso, são cultivares mais difundidas no Brasil, onde os consumidores estão acostumados com o consumo destas variedades (ABPM, 2016).

Tabela 4 - Análise sensorial de sucos integrais de maçãs de diferentes cultivares

Atributos/Testes	Sucos							
	Suco cv. Fuji		Suco cv. Gala		Suco cv. Granny Smith		Suco cv. Pink Lady	
Acidez ¹	6,27	a	6,92	a	4,65	b	6,02	a
Aroma ¹	5,95	ab	6,77	a	5,02	b	5,30	b
Cor ¹	6,47	ns	6,32		6,67		6,82	
Doçura ¹	6,30	a	7,25	a	5,12	b	6,57	a
Sabor ¹	6,60	a	7,07	a	5,00	b	6,10	a
Turbidez ¹	5,95	ns	5,60		6,27		6,27	
Viscosidade ¹	6,40	ab	6,92	a	5,62	b	6,50	ab
Qualidade Global ¹	6,92	a	6,65	a	5,30	b	6,35	a
Intenção de compra ²	3,25	a	3,47	a	2,20	b	3,15	a
Preferência ³	2,20	bc	1,80	c	3,42	a	2,57	b

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$); ns: não significativo. ¹Valores hedônicos no teste de aceitação são como se segue: 1 = desgostei muitíssimo a 9 = gostei muitíssimo. ²Valores de intenção de compra indicam: 1 = certamente não compraria a 5 = certamente compraria. ³Valores de preferência indicam: 1 = mais preferida a 4= menos preferida.

Tendo em vista, que a cultivar Gala compõe cerca de 55 % dos pomares brasileiros (ABPM, 2016), aliado aos resultados dos testes sensoriais dos sucos de maçã, esta foi escolhida para dar continuidade ao trabalho. Assim, foi realizada a adição individual de 5, 10, 15 e 20 % de amora-preta, framboesa e morango ao suco de maçã (etapa dois).

6.2 Etapa 2: Sucos de maçã ‘Gala’ com diferentes concentrações de pequenos frutos

6.2.1 pH, acidez e sólidos solúveis

Os sucos de maçã com diferentes concentrações de amora (Tabela 5), apresentaram diferenças significativas em relação ao pH em todas as amostras. Verificou-se que quanto menor a quantidade de pequeno fruto adicionado, maior foi o pH dos sucos. Pode-se observar que a acidez aumentou conforme a maior adição de polpa de amora. Em contrapartida, o suco com adição de 5% de amora apresentou maior teor de sólidos solúveis (11,55 °Brix), se diferenciando estatisticamente do suco com 20 % de amora (11,30 °Brix). Deste modo, observou-se que maiores quantidades de amora-preta adicionadas ao suco de maçã conferiram menor pH e sólidos solúveis e maior acidez.

Tabela 5 - Caracterização físico-química de sucos de maçã 'Gala' com diferentes concentrações de amora-preta

Tratamentos	pH		AT ¹		SS ²	
Suco de maçã com 5% amora	3,95 ± 0,01	a	0,33 ± 0,00	d	11,55 ± 0,02	a
Suco de maçã com 10 % amora	3,84 ± 0,01	b	0,36 ± 0,01	c	11,53 ± 0,03	a
Suco de maçã com 15 % amora	3,82 ± 0,01	b	0,44 ± 0,00	b	11,50 ± 0,04	a
Suco de maçã com 20 % amora	3,77 ± 0,00	c	0,48 ± 0,00	a	11,30 ± 0,03	b

Resultados expressos em média ± erro padrão. Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$). ¹AT: acidez total expressa em g. 100⁻¹ g de ácido málico; ²SS: sólidos solúveis expressos em °Brix.

Quanto ao suco de maçã com adição de framboesa (Tabela 6), assim como o ocorrido no suco de amora, maiores concentrações do pequeno fruto levaram a uma diminuição do pH e aumento da acidez.

Tabela 6 - Caracterização físico-química de sucos de maçã 'Gala' com diferentes concentrações de framboesa

Tratamentos	pH		AT ¹		SS ²	
Suco de maçã com 5% framboesa	3,89 ± 0,00	a	0,39 ± 0,00	d	11,84 ± 0,06	a
Suco de maçã com 10 % framboesa	3,83 ± 0,01	ab	0,48 ± 0,00	c	11,54 ± 0,04	b
Suco de maçã com 15 % framboesa	3,76 ± 0,01	b	0,62 ± 0,00	b	11,40 ± 0,05	b
Suco de maçã com 20 % framboesa	3,81 ± 0,02	b	0,66 ± 0,00	a	11,10 ± 0,04	c

Resultados expressos em média ± erro padrão. Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$). ¹AT: acidez total expressa em g. 100⁻¹ g de ácido málico; ²SS: sólidos solúveis expressos em °Brix.

Nos sucos de maçã com morango (Tabela 7) maiores concentrações do pequeno fruto também levaram a uma diminuição do pH e aumento da acidez. Por outro lado, diferentes concentrações de morango não provocaram mudanças significativas quanto ao teor de sólidos solúveis.

Tabela 7 - Caracterização físico-química de sucos de maçã 'Gala' com diferentes concentrações de morango

Tratamentos	pH		AT ¹		SS ²	
Suco de maçã com 5 % morango	3,90 ± 0,01	a	0,34 ± 0,01	d	11,45 ± 0,02	ns
Suco de maçã com 10 % morango	3,86 ± 0,01	b	0,38 ± 0,00	c	11,30 ± 0,00	
Suco de maçã com 15% morango	3,87 ± 0,01	b	0,44 ± 0,00	b	11,13 ± 0,03	
Suco de maçã com 20 % morango	3,88 ± 0,01	ab	0,47 ± 0,00	a	11,15 ± 0,15	

Resultados apresentados em média ± erro padrão. Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$); ns = não houve diferença significativa entre as amostras. ¹AT: acidez total expressa em g. 100⁻¹ g de ácido málico; ²SS: Sólidos solúveis expressos em °Brix.

A maçã cv. Gala é considerada doce e com pouca acidez, com pH próximo a 3,67 e acidez total de 0,28 g.100 mL⁻¹ de ácido málico (VIEIRA et al., 2011) (RIZZON; BERNARDI; MIELE, 2005). Por outro lado, pequenos frutos como amora, framboesa e morango apresentam normalmente uma acidez mais elevada (GRANADA; VENDRUSCOLO; TREPTOW, 2001). Assim, a adição de pequenos frutos ao suco de maçã proporcionou, de forma geral, aumento da acidez e diminuição do pH e sólidos solúveis. Portanto, as formulações apresentaram comportamentos muito semelhantes quanto às características físico-químicas analisadas.

Quanto à acidez total e sólidos solúveis todos os sucos estão de acordo com o “Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Suco de Maçã” (BRASIL, 2000), que é de no mínimo 0,15 g.100 g⁻¹ de ácido málico e 10,5 °Brix.

6.2.2 Análise sensorial

Em relação à análise sensorial (Tabela 8), quanto ao teste de aceitabilidade para os atributos sabor e qualidade global, os sucos adicionados de 5 % e 10 % de pequenos frutos apresentaram as maiores notas para os atributos sabor (7,4 e 6,8, respectivamente) e qualidade global (7,2 e 6,9, respectivamente), as quais correspondem ao “gostei regularmente”. Para os atributos cor, aroma de maçã, viscosidade, doçura e turbidez não houve influência significativa entre os pequenos frutos adicionados, como também da porcentagem adicionada. Para o atributo sabor e qualidade global, houve diferença apenas da porcentagem de pequenos frutos, sem interação com o tipo de pequeno fruto adicionado, assim realizou-se o teste de

Tukey apenas para a porcentagem em geral, pois os sucos de maçã com amora-preta, framboesa e morango apresentaram similaridade nos resultados.

Pode-se observar que a maior concentração de pequenos frutos resultou em menores notas na avaliação sensorial, demonstrando que a adição de mais do que 5 % de pequenos frutos pode causar depreciação do produto do ponto de vista sensorial. Esse resultado pode estar relacionado aos menores teores de sólidos solúveis e maior acidez total, verificados nos sucos com adição das maiores concentrações de pequenos frutos. Uma vez que, sucos com elevada acidez são menos aceitos do ponto de vista sensorial (STOLZENBACH et al., 2016). Isto também foi observado por Gunathilake; Rupasinghe; Pitts, (2013), em que maiores quantidades de *cranberry* adicionados ao suco de maçã, influenciou na depreciação sensorial dos sucos desenvolvidos (GUNATHILAKE; RUPASINGHE; PITTS, 2013).

Quanto ao teste de intenção de compra os sucos com 5 e 10 % de cada pequeno fruto obtiveram médias correspondentes ao “possivelmente compraria”. Enquanto 15 % e 20 % classificaram os sucos em “talvez comprasse/talvez não comprasse”. No teste de preferência, os sucos com 5 e 10 % de pequenos frutos foram os mais preferidos, independente da espécie adicionada. A menor intenção de compra e preferência dos sucos com adição de 15 e 20 % de pequenos frutos pode ter sido decorrente da maior acidez destes sucos, a qual pode ter influenciado na menor apreciação dos provadores (GUNATHILAKE; RUPASINGHE; PITTS, 2013; STOLZENBACH et al., 2016).

Tabela 8 - Análise sensorial de sucos de maçã 'Gala' com diferentes concentrações de pequenos frutos

Atributo/Teste	Tratamentos							
	5%		10%		15%		20%	
Sabor ¹	7,4	a	6,8	ab	5,6	c	5,7	bc
Qualidade Global ¹	7,2	a	6,9	ab	6,1	ab	6,0	b
Intenção de compra ²	3,8	a	3,5	ab	2,8	b	2,6	b
Preferência ³	2,0	b	2,1	b	2,9	a	3,1	a

Médias seguidas por letra igual na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$). ¹Valores hedônicos no teste de aceitação (cor, aroma, sabor, viscosidade, acidez, doçura, turbidez e qualidade geral) são como se segue: 1 = desgostei muitíssimo a 9 = gostei muitíssimo. ²Valores de intenção de compra indicam: 1 = certamente não compraria a 5 = certamente compraria. ³Valores de preferência indicam: 1 = mais preferida a 4 = menos preferida.

Diante dos resultados apresentados, levando em consideração os atributos de sabor e qualidade global, bem como os resultados dos testes de intenção de compra

e preferência, as concentrações de 5 % de cada um dos pequenos frutos foram selecionadas para produção de sucos de maçã com adição individual de amora, framboesa e morango em escala industrial (etapa três).

6.3 Etapa 3: Suco de maçã ‘Gala’ com adição individual de 5 % de cada pequeno fruto

6.3.1 Características físico-químicas gerais

Logo após o processamento, o pH foi de 3,51 para o suco de maçã, 3,50 para o suco de maçã com amora, 3,44 para o suco de maçã com framboesa e 3,50 para o suco de maçã com morango. A acidez total foi de 0,44 g.100 g⁻¹ de ácido málico para o suco de maçã, 0,47 g.100 g⁻¹ de ácido málico para suco de maçã com amora, 0,54 g.100 g⁻¹ de ácido málico para o suco de maçã com framboesa e 0,50 g.100 g⁻¹ de ácido málico para o suco de maçã com morango. Os sólidos solúveis totais (SS) foram de 10,89 °Brix (SMÇ), 10,63 °Brix (SMA), 10,56 °Brix (SMF) e 10,84 °Brix (SMM). Quanto à cor, para o parâmetro luminosidade, o SMÇ apresentou 25,01, SMA 23,27, SMF 24,72 e SMM 25,09. O suco de maçã apresentou tonalidade de 89,96 °Hue, suco de maçã com amora 23,30 °Hue e maçã com framboesa 33,00 °Hue, o suco de maçã com morango 60,90 °Hue (Tabela 9). Após 90 dias de armazenamento, houve redução no pH, AT e SS para todos os sucos (Tabela 9).

Os valores de pH, AT e SS detectados logo após o processamento eram esperados, tendo em vista que as características das frutas é de serem ácidas, os quais, conforme dados da literatura, apresentam pH de 3,64 (amora), 2,86 (framboesa) e 3,73 (morango), com acidez entre 1,51 g. 100 g⁻¹ ácido cítrico (amora), 1,88 g. 100 g⁻¹ ácido cítrico (framboesa), 0,86 g. 100 g⁻¹ ácido cítrico (morango) (SOUZA et al., 2014), e com teor de sólidos solúveis totais entre 12 a 14 °Brix (maçã) (CARBONE et al., 2011), 10,17 ° Brix (amora) (SOUZA et al., 2014), 13,5 ° Brix (framboesa) (GIOVANELLI; LIMBO; BURATTI, 2014) e 10,50 ° Brix (morango) (SOUZA et al., 2014).

Os sucos avaliados, quanto à luminosidade (L) encontravam-se em tons escuros com valores de L próximos a 0. No entanto, durante o armazenamento observou-se um aumento significativo na luminosidade em todas as amostras (Tabela 9), indicando que os sucos ficaram mais claros, o que pode ter ocorrido em

virtude da degradação de alguns pigmentos, que absorvem luz e induzem mudanças na coloração. Assim, o aumento da luminosidade, pode significar menor teor de antocianinas (FERNÁNDEZ-LARA et al., 2015), uma vez que os pigmentos presentes influenciam fortemente na coloração (HERNANZ et al., 2008). Um segundo fator que pode influenciar na luminosidade dos sucos é a presença de sólidos em suspensão, que formam complexos e se depositam na parte inferior da embalagem, podendo assim ter contribuído para a clarificação dos sucos (NETO; FARIA, 1999).

O suco de maçã apresentou tonalidade próxima ao amarelo ($^{\circ}$ Hue 89,96); o suco de maçã com amora e maçã com framboesa próximo ao vermelho ($^{\circ}$ Hue 23,3 e 33,0, respectivamente); o suco de maçã com morango próximo ao laranja avermelhado ($^{\circ}$ Hue 60,9) (Tabela 9). Após 90 dias, houve alteração significativa da tonalidade (ângulo Hue) para todos os sucos (SMÇ: 92,96 $^{\circ}$ Hue, SMA: 18,10 $^{\circ}$ Hue, SMF: 28,09 $^{\circ}$ Hue, SMM: 59,90 $^{\circ}$ Hue), entretanto permaneceram próximos aos tons de cor descritos logo após a obtenção.

Tabela 9 - Análises físico-químicas em suco de maçã 'Gala' e sucos de maçã 'Gala' com pequenos frutos

Sucos	Tempo (dias)	pH	AT		SS		Coloração									
							L*			°Hue						
SMÇ	0	3,51±0,01	A	a	0,44±0,01	D	a	10,89±0,01	A	a	25,01±0,02	B	b	89,96±0,40	A	b
	90	3,48±0,01		b	0,38±0,01		b	10,61±0,01		b	25,43±0,05		a	92,96±0,25		a
SMA	0	3,50±0,02	B	a	0,47±0,03	C	a	10,63±0,02	B	a	23,27±0,13	D	b	23,76±0,33	D	a
	90	3,42±0,01		b	0,41±0,00		a	10,39±0,10		b	23,74±0,06		a	18,10±0,22		b
SMF	0	3,44±0,02	C	a	0,54±0,01	A	a	10,56±0,02	C	a	24,72±0,13	C	b	33,03±0,55	C	a
	90	3,36±0,00		b	0,51±0,01		b	10,26±0,02		b	25,16±0,07		a	28,09±0,26		b
SMM	0	3,50±0,01	B	a	0,50±0,01	B	a	10,94±0,02	A	a	25,09±0,03	A	b	60,87±0,48	B	a
	90	3,44±0,02		b	0,47±0,00		b	10,64±0,02		b	26,13±0,03		a	59,90±0,11		b

Média ± Erro padrão. Letras maiúsculas iguais na mesma coluna, não diferem entre os quatro sucos pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$); letras minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem entre o tempo de armazenamento da amostra em questão pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$). SMÇ: Suco de maçã; SMA: Suco de maçã com amora; SMF: Suco de maçã com framboesa; SMM: Suco de maçã com morango. AT: Acidez total ($\text{g} \cdot 100^{-1}$ de ácido málico); SS: ° Brix.

6.3.2 Compostos bioativos totais

A adição de pequenos frutos ao suco de maçã (Tabela 10) contribuiu para o aumento de compostos bioativos, com exceção no teor de flavonoides totais.

O maior teor de compostos fenólicos foi observado nos sucos com adição de amora (46,83 mg. 100 mL⁻¹) e morango (45,53 mg. 100 mL⁻¹). A adição destes pequenos frutos proporcionaram incremento de 18,53 % e 16,21 %, respectivamente, no teor de compostos fenólicos totais ao suco de maçã (38,15 mg. 100 mL⁻¹). Este incremento pode ter sido favorecido pelo fato da amora e o morango conterem maiores quantidades de compostos fenólicos na fruta *in natura* quando comparados com a framboesa (SOUZA et al., 2014). Deste modo, a adição destes pequenos frutos proporcionou um enriquecimento destes compostos ao suco de maçã, aumentando o seu potencial bioativo, visto que estas substâncias apresentam propriedades bioativas benéficas à saúde, devido à sua atividade antioxidante (LIMA et al., 2015).

A adição dos pequenos frutos ao suco de maçã não influenciou no acréscimo de flavonoides totais (Tabela 10).

O teor de compostos fenólicos, após 90 dias de armazenamento, reduziu em aproximadamente 23 % em todos os sucos avaliados. Para o teor de flavonoides foi observada a redução apenas no suco de maçã com amora (19 %) (Tabela 10). A redução destes compostos pode ter sido ocasionada pela oxidação destes compostos, através de reações enzimáticas e/ou não enzimáticas, como também por serem compostos afetados pela luz e temperatura (FERNÁNDEZ-LARA et al., 2015; IBARZ; PAGÁN; GARZA, 2000; LUM et al., 2016; SHIOZER; BARATA, 2007).

A adição de amora ao suco de maçã proporcionou incremento de 71,42 % no teor de antocianinas totais (Tabela 10), enquanto framboesa e morango contribuíram para um aumento de 55,55 % e 42,86 %, respectivamente. Isto era esperado, uma vez que estes pequenos frutos são considerados ricos em antocianinas, sendo que, de acordo com dados da literatura, a amora se destaca por conter maior teor de antocianinas, seguida do morango e da framboesa (SOUZA et al., 2014). O teor de antocianinas permaneceu estável durante o armazenamento (Tabela 10), o que contrasta com os resultados referentes à luminosidade, que indicam uma degradação de pigmentos, tornando os sucos mais claros. Desta forma, a alteração

no valor L pode ser consequência da precipitação de sólidos em suspensão, durante o armazenamento (NETO; FARIA, 1999).

O ácido L-ascórbico desempenha função antioxidante, atuando na preservação de oxidações, as quais podem levar a características sensoriais indesejáveis, principalmente, na coloração dos sucos, por isso a presença de ácido ascórbico nos sucos de maçã é desejável (COSTA et al., 2012). O SMM apresentou maior teor de ácido L-ascórbico ($16,67 \mu\text{g. mL}^{-1}$), seguido do SMF ($14,87 \mu\text{g. mL}^{-1}$), SMÇ ($13,67 \mu\text{g. mL}^{-1}$) e SMA ($12,87 \mu\text{g. mL}^{-1}$) (Tabela 10). A adição de morango ao suco de maçã incrementou em 18 % o teor de ácido L-ascórbico (Tabela 10). De acordo com trabalho desenvolvido por Souza et al., (2014), o morango contém alto teor de ácido ascórbico, o que explica o fato do SMM apresentar incremento no teor desse composto. Em contrapartida, os quatro sucos podem ser considerados pobres em ácido ascórbico, uma vez que Ramful et al., (2011) classificam como baixa uma concentração menor que $300 \mu\text{g. mL}^{-1}$, média de 300 a $500 \mu\text{g. mL}^{-1}$ e elevada quando a concentração de ácido ascórbico é maior do que $500 \mu\text{g. mL}^{-1}$. Porém, ainda que as concentrações não sejam suficientes para classificar os sucos avaliados como boas fontes de ácido ascórbico, a adição de pequenos frutos, principalmente morango, contribuiu para o aumento dos teores deste composto no suco de maçã. Este incremento em ácido ascórbico foi, no entanto, reduzido pelas perdas durante o armazenamento, sendo que o suco de maçã adicionado de morango foi o único que apresentou queda significativa (5,82 %) de ácido ascórbico após 90 dias de armazenamento.

A perda de ácido ascórbico pode ter sido decorrente do acondicionamento dos sucos em garrafas de vidro transparente, o que é desfavorável, por este composto ser facilmente degradado com a presença de luz (USAGA et al., 2017). O fato desta redução ter sido significativa somente no suco de maçã com morango provavelmente deve-se aos maiores teores de ácido ascórbico neste suco. Por outro lado, considerando que a permanência do ácido ascórbico no produto durante o processamento e armazenamento atua como um indicador da preservação da qualidade nutricional (VILLADIEGO et al., 2012), a perda deste composto no suco de maçã com morango pode indicar perdas nutricionais.

A atividade antioxidante é decorrente da presença de compostos bioativos, dos compostos fenólicos, flavonoides, carotenoides, antocianinas e ácido ascórbico (CHEN et al., 2012). A maior atividade de inibição do radical DPPH (Tabela 10) foi

observada nos sucos com adição de amora (57,51 mg.100 mL⁻¹) e morango (62,74 mg.100 mL⁻¹). Observa-se que a adição de pequenos frutos ao suco de maçã contribuiu para o incremento do teor de fenóis totais, antocianinas totais e ácido ascórbico e, conseqüentemente, aumento da atividade antioxidante frente ao radical DPPH. Isto era esperado, em virtude da elevada presença de compostos bioativos nos pequenos frutos (SOUZA et al., 2014), proporcionando assim desejável contribuição no aumento de compostos desejáveis aos sucos de maçã.

Tabela 10 - Compostos bioativos totais em suco de maçã 'Gala' e sucos de maçã 'Gala' com pequenos frutos

Sucos	Tempo (dias)	Fenóis totais ¹	Flavonoides totais ¹	Antocianinas totais ¹	Ácido ascórbico ²	DPPH ¹					
SMÇ	0	38,15 ± 0,40	B a	17,55 ± 1,68	A a	0,04 ± 0,00	D ns	13,67 ± 0,37	BC a	51,74 ± 2,23	B a
	90	28,59 ± 0,99	b	14,64 ± 0,76	a	0,03 ± 0,00		14,35 ± 0,29	a	46,07 ± 0,52	a
SMA	0	46,83 ± 2,17	A a	18,89 ± 0,76	A a	0,14 ± 0,01	A	12,87 ± 0,22	C b	57,51 ± 1,13	A a
	90	34,54 ± 0,11	b	15,27 ± 0,77	b	0,13 ± 0,00		13,95 ± 0,28	a	52,19 ± 2,15	a
SMF	0	39,41 ± 1,85	B a	17,74 ± 2,00	A a	0,09 ± 0,00	B	14,87 ± 0,34	B a	55,23 ± 1,68	AB a
	90	31,96 ± 0,36	b	16,44 ± 1,15	a	0,08 ± 0,00		14,40 ± 0,45	a	51,54 ± 2,13	a
SMM	0	45,53 ± 0,52	A a	18,88 ± 0,49	A a	0,07 ± 0,00	C	16,67 ± 0,20	A a	62,74 ± 1,84	A a
	90	34,62 ± 0,43	b	16,93 ± 0,94	a	0,07 ± 0,00		15,70 ± 0,20	b	48,14 ± 1,73	b

Média ± Erro padrão. Letras maiúsculas iguais na mesma coluna, não diferem entre os quatro sucos pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$); letras minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem entre o tempo de armazenamento da amostra em questão pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$). ¹: mg.100 mL⁻¹; ²: µg. mL; SMÇ: Suco de maçã; SMA: Suco de maçã com amora; SMF: Suco de maçã com framboesa; SMM: Suco de maçã com morango.

6.3.3 Compostos bioativos individuais

Os principais compostos fenólicos (Tabela 11) encontrados nos sucos foram o ácido cafeico (SMÇ 33,80 a SMF 26,71 $\mu\text{g}\cdot 100\text{ mL}$), ácido ferúlico (SMA 5,93 a SMM 4,70 $\mu\text{g}\cdot 100\text{ mL}$), ácido cumárico (SMF 3,20 a SMA 2,43 $\mu\text{g}\cdot 100\text{ mL}$) e ácido gálico (SMA 3,25 a SMÇ 3,15 $\mu\text{g}\cdot 100\text{ mL}$). Estes compostos constituem os principais compostos fenólicos encontrados em sucos de maçãs (KARAMAN et al., 2010). Em trabalho desenvolvido por Lee; Chan; Mitchell, (2017), os principais ácidos fenólicos identificados em frutos provenientes das cultivares Fuji, Gala, Golden Delicious e Pink Lady, incluem o ácido clorogênico, ácido cafeico e ácido *p*-cumárico. A presença destes compostos auxilia na prevenção e redução do risco de doenças desencadeadas por estresses oxidativos (BOYER; LIU, 2004; KARAMAN et al., 2010).

Pode-se observar que para o ácido cafeico, o suco de 100 % maçã e o suco de maçã com amora, apresentaram maiores quantidades (33,80 e 33,53 $\mu\text{g}\cdot 100\text{ mL}$, respectivamente) em comparação com o suco de maçã com framboesa (26,71 $\mu\text{g}\cdot 100\text{ mL}$) e maçã com morango (27,65 $\mu\text{g}\cdot 100\text{ mL}$). A maior presença de ácido cafeico é desejável, pelo fato de desempenhar funções anti-inflamatórias e antioxidantes (ANWAR et al., 2013; LIU et al., 2014; SATO et al., 2011). A adição de framboesa e morango não ocasionou no aumento nos teores deste composto, pelo contrário, diminuiu, provavelmente devido a um efeito de diluição.

De modo geral, o suco de maçã com morango apresentou maior teor de ácido cumárico e ácido hidroxibenzoico, sendo que o morango é um fruto que se destaca pelo alto teor de ácidos fenólicos, principalmente de ácido *p*-cumárico e catequina (FERNÁNDEZ-LARA et al., 2015), seguido do SMF, SMÇ e SMA.

Para os ácidos ferúlico, gálico e vanílico a adição de pequenos frutos não aumentou a presença dos mesmos às amostras. A adição de framboesa ao suco de maçã proporcionou um incremento de 46,67 % no teor de ácido siríngico. Esse suco apresentou maior teor quando comparado aos demais.

Com relação ao tempo de armazenamento o teor de ácido cafeico reduziu cerca de 15,35 % apenas no suco de maçã com framboesa, que pode ter ocorrido em decorrência de alterações químicas (HEINMAA et al., 2016). O ácido cumárico aumentou sua concentração no suco de maçã com morango e o mesmo ocorreu para o ácido ferúlico no suco de maçã com morango e no suco de maçã com amora

durante os 90 dias de armazenamento. Para o ácido siríngico comportamento similar sucedeu no suco de maçã com amora. O ácido gálico, ácido hidroxibenzóico e ácido vanílico mantiveram-se estáveis durante o armazenamento.

Tabela 11 - Compostos fenólicos individuais em sucos de maçã 'Gala' e sucos de maçã 'Gala' com pequenos frutos

Sucos	Compostos fenólicos ($\mu\text{g}\cdot 100\text{ mL}^{-1}$)																					
	Dias	Ácido cafeico		Ácido cumárico		Ácido ferúlico		Ácido gálico		Ácido hidroxibenzóico		Ácido siríngico		Ácido vanílico								
SMÇ	0	33,80±1,00	A	a	3,05±0,24	BC	a	5,09±0,57	NS	a	3,15±0,06	NS	ns	0,28±0,06	B	ns	2,96±0,64	B	a	1,17±0,30	NS	ns
	90	31,06±1,10		a	3,09±0,07		a	5,22±1,26		a	3,17±0,08			0,25±0,02			3,29±0,62		a	1,40±0,15		
SMA	0	33,53±0,10	A	a	2,43±0,12	C	a	5,93±0,79		b	3,25±0,03			0,92±0,37	B		0,69±0,11	B	b	1,90±0,35		
	90	31,76±1,26		a	2,52±0,08		a	8,89±0,90		a	3,31±0,07			0,92±0,28			4,00±0,70		a	0,97±0,19		
SMF	0	26,71±1,31	B	a	3,20±0,21	B	a	5,37±0,16		a	3,22±0,04			1,67±0,27	B		5,57±0,46	A	a	2,22±0,49		
	90	22,61±0,92		b	3,91±0,26		a	6,16±0,67		a	3,25±0,05			0,93±0,09			6,86±0,80		a	2,05±0,45		
SMM	0	27,65±1,52	B	a	3,07±0,27	A	b	4,70±0,25		b	3,22±0,10			8,25±0,54	A		2,52±0,78	B	a	1,13±0,28		
	90	23,99±0,82		a	8,05±0,55		a	10,95±0,66		a	3,24±0,06			6,63±1,61			0,97±0,00		a	1,92±0,24		

Média \pm Erro padrão. Letras maiúsculas iguais na mesma coluna, não diferem entre os quatro sucos pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$); letras minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem entre o tempo de armazenamento da amostra em questão, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$). NS: não significativo. SMÇ: Suco de maçã; SMA: Suco de maçã com amora; SMF: Suco de maçã com framboesa; SMM: Suco de maçã com morango.

Dentre os flavonoides, a catequina e a epicatequina foram os compostos encontrados em maior abundância tanto no suco integral de maçã (SMÇ 747,96 $\mu\text{g}\cdot 100\text{ mL}^{-1}$), quanto nos sucos de maçã com adição de pequenos frutos (SMF 657,90, SMM 628,23, SMA 575,70 $\mu\text{g}\cdot 100\text{ mL}^{-1}$) (Tabela 12). Estes compostos possivelmente são provenientes da maçã, pois neste fruto são encontrados em maiores quantidades. Além disso, os flavonoides são considerados a principal classe de compostos fenólicos presentes na maçã, compondo cerca de 70 a 90 % dos compostos presentes (HEINMAA et al., 2016; VRHOVSEK et al., 2004). Entretanto, entre os sucos a maior presença de catequina foi encontrada no suco de maçã com morango (Tabela 12) (125,18 $\mu\text{g}\cdot 100\text{ mL}^{-1}$), no qual o morango proporcionou acréscimo de 40,57 % deste composto ao suco de maçã (74,39 $\mu\text{g}\cdot 100\text{ mL}^{-1}$ de catequina). Isto pode ser proporcionado em virtude do morango ser um fruto que se destaca quanto à presença de catequina (FERNÁNDEZ-LARA et al., 2015).

Para os compostos epicatequina, miricetina e quercitina não foi observada diferença significativa entre os sucos. Para a rutina pode-se observar que a incorporação dos pequenos frutos ao suco de maçã influenciou positivamente no aumento deste composto. A presença de rutina no suco de maçã é importante, pois auxilia na qualidade nutricional e nas propriedades antioxidantes (JESZKA-SKOWRON; KRAWCZYK; ZGOŁA-GRZEŚKOWIAK, 2015). Heinmaa e colaboradores (2016) detectaram a presença de rutina em suco de maçã obtido por diferentes métodos de processamento (HEINMAA et al., 2016).

Em relação ao tempo de armazenamento, houve diminuição de catequina após 90 dias nos sucos de maçã e maçã com framboesa, que pode ter ocorrido pela interação da catequina com outros compostos presentes nos sucos, como as proteínas, podendo assim ocorrer precipitação, ou através de degradações atribuída à oxidação (HEINMAA et al., 2016; LAMARÃO; FIALHO, 2009; SOARES et al., 2006). Para os demais compostos (epicatequina, miricetina e quercitina), não foi observada diferença significativa durante o armazenamento, indicando que o tempo de armazenamento não influenciou na redução dos mesmos.

Tabela 12 - Flavonoides individuais em sucos de maçã 'Gala' e sucos de maçã 'Gala' com pequenos frutos

Amostra	Flavonoides ($\mu\text{g} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$)															
	Tempo	Catequina		Epicatequina		Miricetina		Quercetina		Rutina						
SMÇ	0	74,39±1,31	B	a	747,96±18,53	NS	ns	7,60±0,03	NS	ns	6,98±0,06	NS	ns	12,50±0,58	C	ns
	90	59,28±2,83		b	560,91±10,79			7,76±0,07			6,95±0,11			12,03±0,59		
SMA	0	62,22±0,88	B	a	575,70±5,45			7,58±0,02			7,39±0,19			43,09±0,64	A	
	90	59,07±2,87		a	566,30±19,97			7,67±0,05			6,90±0,04			42,62±0,28		
SMF	0	66,21±2,04	B	a	657,90±12,05			7,65±0,06			7,57±0,20			15,31±0,32	B	
	90	53,37±1,39		b	552,00±20,09			7,65±0,08			7,26±0,25			15,31±0,40		
SMM	0	125,18±0,43	A	a	628,23±65,34			7,81±0,23			7,24±0,06			14,16±0,80	B	
	90	124,68±0,58		a	567,62±29,01			7,59±0,02			7,39±0,49			13,75±1,00		

Média \pm Erro padrão. Letras maiúsculas iguais na mesma coluna, não diferem entre os quatro sucos pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$); letras minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem entre o tempo de armazenamento da amostra em questão, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$). NS: não significativo. SMÇ: Suco maçã; SMA: Suco de maçã com amora; SMF: Suco de maçã com framboesa; SMM: Suco de maçã com morango.

A adição individual das três espécies de pequenos frutos contribuiu para a presença de antocianinas individuais no suco de maçã (Tabela 13). Quando comparado às quatro formulações, o suco de maçã com amora se destaca por apresentar pelargonidina-3-O-monoglicosídeo, cianidina-3-O-monoglucosídeo e karacianina (Tabela 13), sendo que o suco de maçã com amora apresentou incremento de 82,16 % (Tabela 14) de cianidina-3-O-monoglucosídeo em comparação ao suco de maçã com framboesa e 93,83 % em relação ao suco de maçã com morango. O suco de maçã com morango apresentou cerca de 86 % de pelargonidina-3-O-monoglicosídeo (Tabela 14) a mais do que o suco de maçã com amora e suco de maçã com framboesa. Isto era esperado, pois o morango é um fruto em que a pelargonidina é uma das antocianinas predominantes (FERNÁNDEZ-LARA et al., 2015). Estes resultados corroboram com as antocianinas totais (Tabela 10), onde o suco de maçã com amora apresentou maior teor de antocianinas totais em comparação com os demais sucos. É possível inferir que os sucos com pequenos frutos contribuíram com incremento de 100 % no teor das antocianinas individuais ao suco de maçã. Este resultado é bastante promissor, pois, além de enriquecer o suco de maçã em compostos bioativos, a adição de pequenos frutos também auxilia na obtenção de coloração mais atrativa à bebida.

Os espectros de fragmentação das antocianinas encontradas nos sucos de maçã com pequenos frutos estão apresentados na Figura 13.

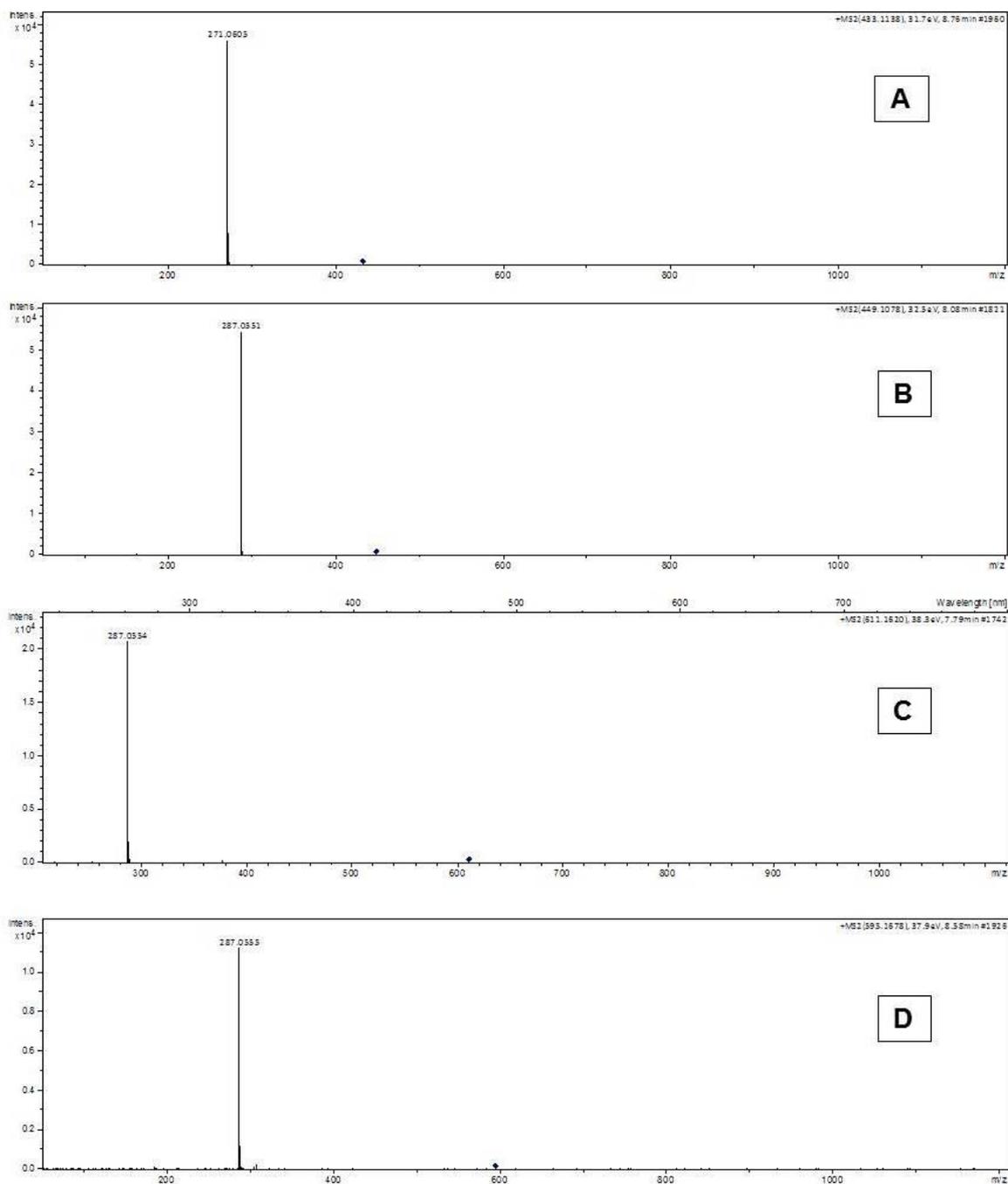


Figura 13 - Espectro de massa dos compostos pelargoinidina-3-monoglicosídeo m/z 433,1129 (A), cianidina-3-O-monoglicosídeo m/z 449,1078 (B), cianidina-3,5-O-diglucosídeo m/z 611,1607 (C), keracianina m/z 595,1657 (D)

Tabela 13 - Antocianinas individuais em sucos de maçã 'Gala' com pequenos frutos

TR [min]	m/z Experimental [M+H] ⁺	m/z teórica [M+H] ⁺	Erro [ppm]	m/z fragmentação	mSigma [£]	Energia de colisão (eV)	Fórmula molecular [M+H] ⁺	Identificação**	Amostras			
									SMÇ	SMA	SMF	SMM
8,76	433,1138	433,1129	-1,9	271,0605	49,9	31,7	C ₂₁ H ₂₁ O ₁₀	Pelargonidina-3-O-monoglicosídeo	-	+	+	+
8,08	449,1078	449,1078	0,1	287,0551	37,5	32,5	C ₂₁ H ₂₁ O ₁₁	Cianidina-3-O-monoglucosídeo	-	+	+	+
7,79	611,1620	611,1607	-2,2	287,0554	36,4	38,3	C ₂₇ H ₃₁ O ₁₆	Cianidina-3,5-O-diglucosídeo	-	-	+	-
8,58	595,1678	595,1657	-3,4	287,0555	75,3	37,9	C ₂₇ H ₃₁ O ₁₅	Keracianina	-	+	+	-

*Confirmado com MS/MS; + detectado; - não detectado; TR = tempo de retenção; [£]mSigma, semelhança de perfil isotópico (quanto menor o valor, maior a similaridade); ** (BRITO et al., 2014). SMÇ: Suco de maçã; SMA: Suco de maçã com amora; SMF: Suco de maçã com framboesa; SMM: Suco de maçã com morango.

Tabela 14 - Quantificação de antocianinas individuais em sucos de maçã 'Gala' com pequenos frutos

Sucos	Tempo (dias)	Antocianinas individuais (µg. 100 mL ⁻¹)							
		Pelargonidina-3-O-monoglicosídeo	Cianidina-3-O-monoglucosídeo	Cianidina-3,5-O-diglucosídeo	Keracianina				
SMÇ	0	-	ND	-	ND	-	ND	-	ND
	90	-	-	-	-	-	-	-	-
SMA	0	2,75 ± 0,01	B	45,42 ± 1,77	A	-	ND	4,67 ± 0,14	A
	90	2,70 ± 0,01		35,34 ± 1,23		-		4,15 ± 0,05	
SMF	0	2,91 ± 0,01	B	8,10 ± 0,05	B	16,35 ± 0,88	A	3,90 ± 0,09	B
	90	2,74 ± 0,00		5,88 ± 0,17		12,65 ± 0,15		3,39 ± 0,02	
SMM	0	20,05 ± 0,51	A	2,78 ± 0,00	C	-	ND	-	
	90	14,38 ± 0,07		2,70 ± 0,00		-		-	

Resultados expressos como média ± erro padrão (n=4). Letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,01); ND = não detectável. SMÇ: Suco de maçã; SMA: Suco de maçã com amora; SMF: Suco de maçã com framboesa; SMM: Suco de maçã com morango.

6.3.4 Análise sensorial

A aceitabilidade e a intenção de compra do suco integral de maçã e dos sucos de maçã com pequenos frutos estão apresentados na tabela 15.

Quanto à aceitabilidade dos sucos, para o atributo cor, o suco de maçã com amora e maçã com framboesa obtiveram as maiores médias correspondentes ao “gostei muito”. Isto pode ter ocorrido pela amora e framboesa serem frutos que apresentam colorações atrativas, em tons que variam do vermelho ao roxo (PAGOT et al., 2003; STAVANG et al., 2015), o que pode ter proporcionado uma coloração mais atrativa aos sucos perante os julgadores. O suco integral de maçã e suco de maçã com morango obtiveram médias correspondentes ao “gostei regularmente”. Em contrapartida, no atributo aroma, a melhor aceitabilidade foi evidenciada para o suco com morango e suco integral de maçã (8 = gostei muito), podendo ser em decorrência dos julgadores possuírem hábitos de consumirem frutos e produtos de morango e maçã, os quais são culturas mais difundidas (PAGOT et al., 2003; PETRI; LEITE, 2007). Os aspectos de cor, sabor e aroma são parâmetros importantes para os sucos de maçã, pois são indicadores de qualidade (YI et al., 2017), sendo a cor o primeiro atributo a influenciar no consumo de um alimento (BOBBIO; BOBBIO, 2001). Desta forma, a adição de amora e framboesa ao suco de maçã proporcionou produtos mais atrativos do ponto de vista visual, porém não foram capazes de incrementar o aroma de forma satisfatória.

Quanto ao atributo sabor, a melhor aceitabilidade foi evidenciada no suco de maçã com morango (7,6 = gostei muito), suco integral de maçã (7,3 = gostei regularmente) e maçã com amora (7,1 = gostei regularmente), os quais se diferiram estatisticamente do suco adicionado de framboesa (6,4 = gostei ligeiramente). Ainda assim, o suco de maçã adicionado de framboesa obteve média próxima ao “gostei ligeiramente”, o que confirma sua potencialidade para aplicação em produtos. Para o atributo viscosidade e turbidez, não houve diferença significativa entre os diferentes sucos. Porém, em relação à doçura e acidez, o suco adicionado de framboesa foi o que apresentou as menores notas, o que também pode ter influenciado na menor nota de sabor para este suco, uma vez que sucos mais ácidos e pouco doces apresentam depreciação na aceitabilidade (GUNATHILAKE; RUPASINGHE; PITTS, 2013). Considerando a baixa aceitação na doçura e acidez do suco de maçã adicionado de framboesa, uma alternativa para a melhoria deste produto poderia ser

a utilização de concentração menor de framboesa, mas suficiente para conferir a coloração desejada que o pequeno fruto proporciona ao suco de maçã. Este novo produto possivelmente teria as características de doçura e acidez mais próximas às da maçã, porém com a coloração atrativa da framboesa.

Quanto à qualidade global, a maior aceitabilidade foi evidenciada no suco de maçã com morango e suco integral de maçã com médias próximas ao “gostei muito”, e para o suco de amora com notas próximas ao “gostei regularmente”. Entretanto, o suco de framboesa apresentou diferença significativa em comparação ao suco de maçã com morango e ao suco integral de maçã. Todavia, teve boa aceitação por parte dos julgadores, classificando-se com médias próximas ao “gostei ligeiramente”.

No teste de intenção de compra, o suco de maçã integral, o suco de maçã com morango e de maçã com amora tiveram as melhores médias, avaliados com intenção de compra dentro do “possivelmente compraria”. Já o suco de maçã com framboesa classificou-se entre o “talvez comprasse/talvez não comprasse”. Observa-se que a adição de framboesa levou a notas mais baixas para o sabor e qualidade global, bem como proporcionou uma menor intenção de compra quando comparado com os demais sucos. Este comportamento pode ser reflexo do baixo hábito de consumo de framboesa no Brasil, o que pode ter acarretado em estranhamento por parte dos julgadores em relação às características sensoriais fornecidas por este fruto ao suco. Porém, também pode ter sido ocasionado pela baixa aceitação de acidez e doçura conferidos pela framboesa ao suco de maçã, corroborando com Stolzenbach e colaboradores (2016) que demonstram a importância da doçura e acidez na aceitação dos produtos pelos consumidores (STOLZENBACH et al., 2016).

O tempo de armazenamento não afetou em nenhum dos parâmetros sensoriais, os quais não apresentaram diferença significativa após 90 dias de armazenamento. Este resultado demonstra que, embora algumas alterações físico-químicas (pH e cor) e de compostos bioativos tenham sido observados em virtude do armazenamento, estas não interferiram nas propriedades sensoriais dos sucos.

Tabela 15 - Análise sensorial em suco de maçã 'Gala' e em sucos de maçã 'Gala' com pequenos frutos

Atributos	Sucos							
	SMÇ		SMA		SMF		SMM	
Cor ¹	6,9	b	7,8	a	7,8	a	6,7	b
Aroma ¹	7,2	a	6,6	b	6,2	b	7,5	a
Sabor ¹	7,3	ab	7,1	b	6,4	c	7,6	a
Viscosidade ¹	7,4	ns	7,2		7,0		7,4	
Acidez ¹	7,3	ab	7,1	ab	6,9	b	7,5	a
Doçura ¹	7,5	a	7,3	ab	6,9	b	7,4	ab
Turbidez ¹	6,9	ns	6,7		6,6		6,6	
Qualidade Global ¹	7,4	a	7,2	ab	6,8	b	7,6	a
Intenção de compra ²	3,9	ab	3,6	bc	3,3	c	4,0	a

Médias (entre 0 e 90 dias) seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$). ns = não significativo.¹Valores hedônicos no teste de aceitação (cor, aroma, sabor, viscosidade, acidez, doçura, turbidez e qualidade geral) são como se segue: 1 = desgostei muitíssimo a 9 = gostei muitíssimo.²Valores de intenção de compra indicam: 1 = certamente não compraria a 5 = certamente compraria.

7 Considerações Finais

A partir dos dados obtidos no presente trabalho é possível concluir que o suco de maçã 'Granny Smith' possui maior presença de compostos bioativos, e conseqüentemente, maior atividade antioxidante. Entretanto, apresentou menor apreciação sensorial, o que pode ser devido à maior acidez. A preferência quanto aos atributos sensoriais foi evidenciada para o suco de maçã 'Gala', uma vez que sucos mais doces influenciam na melhor aceitação do produto.

Os sucos de maçã com adição individual de diferentes concentrações de pequenos frutos, em escala laboratorial, apresentaram comportamentos muito semelhantes quanto às características físico-químicas analisadas, tornando-se mais ácido conforme o maior acréscimo de pequenos frutos. Dessa forma, evidenciou-se que as formulações com 5 % e 10 % de cada pequeno fruto tiveram melhores destaques sensoriais, o que demonstrou que o incremento de baixas concentrações de pequenos frutos até 10 % em suco de maçã tem melhor potencial para aplicação em sucos de maçã.

Em relação aos sucos desenvolvidos em escala industrial pode-se perceber que a adição de pequenos frutos promoveu o incremento de compostos bioativos ao suco de maçã (compostos fenólicos e antocianinas), e concomitante aumento da atividade antioxidante frente ao radical DPPH.

A adição de amora resultou em aumento no teor de rutina, a framboesa de ácido siríngico e o morango de ácido cumárico, ácido hidroxibenzóico e catequina. A amora foi o fruto que proporcionou o maior incremento no teor de antocianinas ao suco de maçã e o morango foi o fruto que promoveu o maior incremento no teor de ácido ascórbico.

Foram observadas alterações nas características físico-químicas dos sucos durante o armazenamento, entretanto estas modificações não influenciaram na aceitabilidade dos sucos.

Do ponto de vista sensorial, o suco de maçã com adição de morango e amora foram os mais aceitos, mantendo-se estáveis durante o armazenamento. Desta forma, a adição de amora e de morango ao suco de maçã constitui-se em alternativa promissora de diversificação de produtos, apresentando vantagens tecnológicas e nutricionais.

Referências Bibliográficas

AABY, K. et al. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. **Food Chemistry**, v. 132, n. 1, p. 86–97, 2012.

ABPM, 2016. **Associação Brasileira dos Produtos de Maçã**. Disponível em: <http://www.abpm.org.br>. Acesso em: 14 de março de 2016.

ALBERTI, A. et al. Impact on chemical profile in apple juice and cider made from unripe, ripe and senescent dessert varieties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 65, p. 436–443, 2016.

AMARANTE, C. V. T. DO et al. Composição mineral de maçãs “Gala” e “Fuji” produzidas no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 47, n. 4, p. 550–560, 2012.

ANTHON, G. E.; SEKINE, Y.; WATANABE, N.; BARRET, D. Thermal inactivation of pectin methylesterase, polygalacturonase and peroxidase in tomato juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 6153 – 6159, 2002.

ANTTONEN, M. J.; KARJALAINEN, R. O. Environmental and genetic variation of phenolic compounds in red raspberry. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, n. 8, p. 759–769, 2005.

ANWAR, J. et al. Caffeic acid treatment alters the extracellular adenine nucleotide hydrolysis in platelets and lymphocytes of adult rats. **Food and Chemical Toxicology**, v. 56, p. 459–466, 2013.

ARAÚJO, J. **Química de alimentos: teoria e prática**. 2ª ed. Viçosa: Editora UFV, 1999. 416 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR1208. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia**, Rio de Janeiro, 1993. 8 p.

BARBOSA, W.; PIO, R.; **História da fruticultura de clima temperado no Brasil, com ênfase no melhoramento genético**. Infobibos, abril, 2013. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2013_1/brasil/index.htm>. Acesso em: 21 de junho de 2016.

BARBIERI, R. L.; VIZZOTTO, M. Pequenas frutas ou frutas vermelhas. **Informe Agropecuário**, v. 33, n. 268, p. 7–10, 2012.

BARTOSZEK, M.; POLAK, J. A comparison of antioxidative capacities of fruit juices, drinks and nectars, as determined by EPR and UV-vis spectroscopies. **Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 153, p. 546–549, 2016.

BAUDUIN, R. **Guide pratique de la fabrication du cidre**. Sees: Centre Technique des Productions Cidricoles, 2006. 68 p.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, O. B. **Química do processamento de alimentos**. 2ª ed. São Paulo: Varela, 1992. 103-113 p.

BOBINAIT, R.; VIŠKELIS, P.; VENSKUTONIS, P. R. Variation of total phenolics, anthocyanins, ellagic acid and radical scavenging capacity in various raspberry (*Rubus* spp.) cultivars. **Food Chemistry**, v. 132, n. 3, p. 1495–1501, 2012.

BOWEN-FORBES, C. S.; ZHANG, Y.; NAIR, M. G. Anthocyanin content, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer properties of blackberry and raspberry fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, n. 6, p. 554–560, 2010.

BOYER, J.; LIU, R. H. Apple phytochemicals and their health benefits. **Nutrition journal**, v. 3, n. 1, p. 5, 2004.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. .; BERSET, C. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, p. 25–30, 1995.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Consulta Pública nº 80, de 13 de dezembro de 2004. Proposta de Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária de Recomendada (IDR) de Proteína, Vitaminas e Minerais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 dez. 2004. Disponível em: <<http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP%5B8989-1-0%5D.PDF>>. Acesso em: 30 jan. 2017.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da diretoria colegiada - RDC nº 14, de 23 de dezembro de 2003. Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 dez. 2003. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/ec3966804ac02cf1962abfa337abae9d/Resolucao_RDC_n_360de_23_de_dezembro_de_2003.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 02 out. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 05 jun. 2009. Seção 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm>. Acesso em: 01 out. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000. Art.2º- Aprovar os Regulamentos Técnicos para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa das seguintes frutas:... , e para suco das seguintes frutas:..., maçã,... conforme consta do Anexo II desta Instrução Normativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jan. 2000. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:R92wUbtBQ5gJ:www2.agricultura.rs.gov.br/uploads/126989581629.03_enol_in_1_00_mapa.doc+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 30 set. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 5, de 9 de fevereiro de 2006. Aprova Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Maçã. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 fev. 2016. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=805793610>>. Acesso em: 23 dez. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, autoriza a criação da Comissão Intersetorial de Bebidas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 jul. 1994. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8918.htm>. Acesso em: 30 set. 2015.

BRASIL. Levantamento sistemático da produção agrícola. **Instituto Brasileiro de Geografia e estatística**, v. 29, p. 1 – 79, 2016.

BRASKEVILLE, Hannah. **Sobremesas**. Editora Manole LTDA. 1ª ed. brasileira, 1998. 12-30 p.

BRITO, A. et al. Anthocyanin characterization, total phenolic quantification and antioxidant features of some chilean edible berry extracts. **Molecules**, v. 19, n. 8, p. 10936–10955, 2014.

BURDURLU, H. S.; KARADENIZ, F. Effect of storage on non enzymatic browning of apple juice concentrates. **Food Chemistry**, Berlin, v. 80, n. 1, p. 91-97, 2003.

CARBONE, K. et al. Phenolic composition and free radical scavenging activity of different apple varieties in relation to the cultivar, tissue type and storage. **Food Chemistry**, v. 127, n. 2, p. 493–500, 2011.

CARDOSO, M. A. **Nutrição Humana: nutrição e metabolismo**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A.; FERRIER, D. R. **Bioquímica Ilustrada**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, , 2006. 371 – 389 p.

CHEN, C. S. et al. Effects of fruit bagging on the contents of phenolic compounds in the peel and flesh of “Golden Delicious”, “Red Delicious”, and “Royal Gala” apples. **Scientia Horticulturae**, v. 142, p. 68–73, 2012.

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

CHOI, M. H.; SHIM, S. M.; KIM, G. H. Phenolic acids and quercetin from Korean black raspberry seed protected against acetaminophen-induced oxidative stress in mice. **Journal of Functional Foods**, v. 19, p. 404–416, 2015.

DIK, T.; KATNAŞ, S.; ÖZILGEN, M. Effects of Bentonite Combinations and Gelatin on the Rheological Behaviour of Bentonite – Apple Juice Dispersions. **LWT - Food Science and Technology**, England, v. 29, n. 7, p. 673-676, 1996.

CORDENUNSI, B. R.; NASCIMENTO, J. R. O.; GENOVESE, M. I., LAJOLO, F. M. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 2581-2586, 2002.

COSTA, A. S. G. et al. Teas, dietary supplements and fruit juices: A comparative study regarding antioxidant activity and bioactive compounds. **LWT - Food Science and Technology**, v. 49, n. 2, p. 324–328, 2012.

CRP. Guide pour L'élaboration et la pasteurisation des jus de fruits. In: PASTEURISATION, C. R. DE (Ed.). . **Guide pour L'élaboration et la pasteurisation des jus de fruits**. Lausanne: [s.n.]. p. 1–36.

CRUXEN, C. E. DOS S. et al. Probiotic butiá (*Butia odorata*) ice cream: Development, characterization, stability of bioactive compounds, and viability of *Bifidobacterium lactis* during storage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 75, p. 379–385, 2017.

DA ROSA, C. G. et al. Encapsulation of the phenolic compounds of the blackberry (*Rubus fruticosus*). **LWT - Food Science and Technology**, v. 58, n. 2, p. 527–533, 2014.

DO AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; ARGENTA, L. C. Yield and fruit quality of “Gala” and “Fuji” apple trees protected by white anti-hail net. **Scientia Horticulturae**, v. 129, n. 1, p. 79–85, 2011.

DU, J.; CULLEN, J. J.; BUETTNER, G. R. Ascorbic acid: Chemistry, biology and the treatment of cancer. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Reviews on Cancer**, v. 1826, n. 2, p. 443–457, 2012.

EBERHARDT, M. V.; LEE, C. Y.; LIU, R. H. Antioxidant activity of fresh apples. **Nature**, v. 405, p. 903 – 904, 2000.

EMATER. Rio Grande do Sul / ASCAR. **Levantamento da fruticultura comercial do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, p. 77, 2002.

EMBRAPA UVA E VINHO. **Figura de rótulos de sucos de maçãs**. 2015.

EMBRAPA/ZANELLA, Viviane. **Fotografia de sucos de maçã com pequenos frutos**. 2016.

FAO. **Food and Agriculture Organization**. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/download/FB/FBS/E>. Acesso em: 21 jul. 2015.

FAO/OMS. Food and Agriculture Organization of the United Nations / World Health Organization. **Human Vitamin and Mineral Requirements**. 2001. In: Report 7^a Joint FAO/OMS Expert Consultation. Bangkok, Thailand, 2001. 1 – 303 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-y2809e.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2017.

FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#country>>. Acesso em: 12 jan. 2017.

FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization**. Producción de produtos alimentarios y agrícolas/Países por produto. 2016. Disponível em: http://faostat3.fao.org/browse/rankings/countries_by_commodity/S. Acesso em: 22 jun. 2016.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Prática**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2006, 602 p.

FERREIRA, D. S.; ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. Compostos bioativos presentes em amora-preta (*Rubus* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 664-674, 2010.

FERNÁNDEZ-LARA, R. et al. Assessment of the differences in the phenolic composition and color characteristics of new strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivars by HPLC-MS and Imaging Tristimulus Colorimetry. **Food Research International**, v. 76, p. 645–653, 2015.

FERREIRA, C. J. M. **Caracterização físico-química de variedades de maçãs de Carrazeda de Ansiães**. [s.l.] Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro Vila Real, 2011.

FOSCHESATO FILHO, L.; BARROS, E. **Medicina interna: na prática clínica**. Porto Alegre: Artmed, 2003. 358 p.

FREIRE, C. J. DA S. et al. **A cultura da maçã**. 19. ed. Brasília: [s.n.].

FU, Y. et al. Chemical composition and antioxidant activity of Chinese wild raspberry (*Rubus hirsutus* Thunb.). **LWT - Food Science and Technology**, v. 60, n. 2, p. 1262–1268, 2015.

GAVA, A. J. **Princípios da Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Nobel, 1984. 83 – 92 p.

GIOVANELLI, G.; LIMBO, S.; BURATTI, S. Effects of new packaging solutions on physico-chemical, nutritional and aromatic characteristics of red raspberries (*Rubus idaeus* L.) in postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 98, p. 72–81, 2014.

GOULAS, V.; MANGANARIS, G. A. Exploring the phytochemical content and the antioxidant potential of Citrus fruits grown in Cyprus. **Food Chemistry**, v. 131, n. 1, p. 39–47, 2012.

GRANADA, G. L.; VENDRUSCOLO, J. L.; TREPTOW, R. O. Caracterização química e sensorial de sucos clarificados de amora-preta (*Rubus* spp. L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7, p. 143–147, 2001.

GRIMI, N. et al. Impact of apple processing modes on extracted juice quality: Pressing assisted by pulsed electric fields. **Journal of Food Engineering**, v. 103, n. 1, p. 52–61, 2011.

GUNATHILAKE, K. D. P. P.; RUPASINGHE, H. P. V.; PITTS, N. L. Formulation and characterization of a bioactive-enriched fruit beverage designed for cardio-protection. **Food Research International**, v. 52, n. 2, p. 535–541, 2013.

HAFFNER, K. et al. Quality of red raspberry *Rubus idaeus* L. cultivars after storage in controlled and normal atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, v. 24, p. 279–289, 2002.

HEINMAA, L. et al. Content of health-beneficial compounds and sensory properties of organic apple juice as affected by processing technology. **LWT - Food Science and Technology**, p. 1–8, 2016.

HERNANZ, D. et al. Multivariate statistical analysis of the color-anthocyanin relationships in different soilless-grown strawberry genotypes. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 56, n. 8, p. 2735–41, 2008.

HOFFMANN, A.; BERNARDI, J. Aspectos botânicos. In: NACHTIGALL, G. R. (Ed.). **Frutas do Brasil**. Brasília, DP: Embrapa Uva e Vinho: [s.n.]. v. 37, p. 17 –24.

HOLLMAN, P.C.H. Evidence for health benefits or plant phenols: local or systemic effects. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, p. 842–852, 2001.

HORNEDO-ORTEGA, R. et al. Influence of storage conditions on the anthocyanin profile and colour of an innovative beverage elaborated by gluconic fermentation of strawberry. **Journal of Functional Foods**, v. 23, p. 198–209, 2016.

HUNSCHE, M.; BRACKMANN, A.; ERNANI, P. R. Efeito da adubação potássica na qualidade pós-colheita de maçãs “Fuji”. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 38, n. 4, p. 489–496, 2003.

HUSSAIN, I. et al. Phenology of “Tupy” and “Xavante” blackberries grown in a subtropical area. **Scientia Horticulturae**, v. 201, p. 78–83, 2016.

IBARZ, A.; PAGÁN, J.; GARZA, S. Kinetic models of non-enzymatic browning in apple puree. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 8, p. 1162–1168, 2000.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4ª Ed., 1ª Ed. Digital. São Paulo, 2008.

JAKOBEK, L.; BARRON, A. R. Ancient apple varieties from Croatia as a source of bioactive polyphenolic compounds. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 45, p. 9–15, 2016.

JESZKA-SKOWRON, M.; KRAWCZYK, M.; ZGOŁA-GRZEŚKOWIAK, A. Determination of antioxidant activity, rutin, quercetin, phenolic acids and trace elements in tea infusions: Influence of citric acid addition on extraction of metals. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 40, p. 70–77, 2015.

JOHNSTON, J. W. et al. Temperature and ethylene affect induction of rapid softening in “Granny Smith” and “Pacific Rose™” apple cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, v. 25, n. 3, p. 257–264, 2002.

JORGE, Z. L. C.; TREPTOW, R. O.; ANTUNES, P. L. Avaliação físico-química e sensorial de suco de maçãs cultivares Fuji, Granny Smith e seus “Blends”. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 4, n. 0532, p. 15–19, 1998.

KARAMAN, Ş. et al. Comparison of total antioxidant capacity and phenolic composition of some apple juices with combined HPLC-CUPRAC assay. **Food Chemistry**, v. 120, n. 4, p. 1201–1209, 2010.

KASTER, Bruna. **Efeitos das condições operacionais na microfiltração do suco de maçã**. 2009. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/92855>>. Acesso em: 23 jun. 2015.

KIM, M. J. et al. Shelf life and changes in phenolic compounds of organically grown blackberries during refrigerated storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 110, p. 257–263, 2015a.

KIM, S. K. et al. Variation of bioactive compounds content of 14 oriental strawberry cultivars. **Food Chemistry**, v. 184, p. 196–202, 2015b.

KIST, B. B. et al. **Anuário brasileiro da maçã 2015**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2015. 71 p.

LAMARÃO, R. C.; FIALHO, E. Aspectos funcionais das catequinas do chá verde no metabolismo celular e sua relação com a redução da gordura corporal. **Revista de Nutricao**, v. 22, n. 2, p. 257–269, 2009.

LANE, J. H.; EYNON, L. Determination of reducing sugars by Fehling's solution with methylene blue indicator. **Norman Rodge**, London, p. 8, 1934.

LAU, F. C.; SHUKITT-HALE, B.; JOSEPH, J. A. Beneficial effects of berry fruit polyphenols on neuronal and behavioral aging. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, p. 2251 – 2255, 2006.

LAZZAROTTO, J. J. et al. **Sidra com padrão tecnológico diferenciado: uma avaliação junto ao setor produtivo da maçã brasileira 1**. 2012.

LEE, D.H.; FRANCIS, F.J. Standardization of pigment analyses in wanberries. **Hotscience**, v.7, n.1, p. 83-84, 1972.

LIMA, M. D. S. et al. Phenolic compounds, organic acids and antioxidant activity of grape juices produced in industrial scale by different processes of maceration. **Food Chemistry**, v. 188, p. 384–392, 2015.

LIU, M. et al. The protective effect of caffeic acid against inflammation injury of primary bovine mammary epithelial cells induced by lipopolysaccharide. **Journal of dairy science**, v. 97, n. 5, p. 2856–65, 2014.

LUM, G. B. et al. Oxidative metabolism is associated with physiological disorders in fruits stored under multiple environmental stresses. **Plant Science**, v. 245, p. 143–152, 2016.

MADAIL, J. C. M.; REICHERT, L. J.; MIGLIORINI, L. C. Sistema de Produção do Morango. Coeficientes técnicos para a cultura do morangueiro. Embrapa Clima Temperado: **Sistema de produção**, 5. Versão Eletrônica. Nov./2005. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap15.htm>>. Acesso em: 22 jun. 2016.

MANACH, C. et al. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 79, p. 727-747, 2004.

MANDIBURU, F. DE. **agricolae: statistical procedures for agricultural research. R package version 1.2-3**. <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>, 2015.

MARQUES, A. et al. Composição centesimal e de minerais de casca e polpa de manga (*Mangifera indica* L.) cv. Tommy Atkins. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1206-1210, 2010.

MARTINS FILHO, José. **Lidando com crianças, conversando com os pais**. 2ª ed. Campinas, SP: Papyrus, v. 1, 1995. 80 p.

MIKULIC-PETKOVSEK, M. et al. HPLC-MS n identification and quantification of flavonol glycosides in 28 wild and cultivated berry species. **Food Chemistry**, v. 135, n. 4, p. 2138–2146, 2012.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Rotulagem Nutricional Obrigatória** - Manual de Orientação às Indústrias de Alimentos. 2ª versão atualizada. Ministério da Saúde, 2005. 44 p. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/5f53be80474583c58ee8de3fbc4c6735/manual_industria.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 02 out. 2015.

MULLEN, W. et al. Effect of freezing and storage on the phenolics, ellagitannins, flavonoids, and antioxidant capacity of red raspberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 18, p. 5197–5201, 2002.

NACHTIGALL, G. R.; CARGNINO, C.; LIMA, C. M. DE. Irrigação e Fertirrigação na Cultura da Macieira na Região de Vacaria/RS. **Documentos**, v. 89, p. 1–36, 2014.

NAVA, G. et al. Fertilidade do Solo e Nutrição na Produção Integrada de Maçã. **Circular Técnica**, v. 22, p. 1– 14, 2002.

NETO, R. D. S. C; FARIA, J. D. A. F. Fatores que influem na qualidade do suco de laranja. **Ciência e Tecnologia em Alimentos**, v. 19, n.1, p. 153-161, 1999.

NISCHI, K. **A medicina Nischi**: princípio de saúde prática. São Paulo: Ibrasa, 1999. 91 p.

NOGUEIRA, A. et al. Influência do processamento no teor de minerais em sucos de maçãs. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 259–264, 2007.

OLESZEK, W. Dietary phytochemicals and human health. **Dietary phytochemicals and human health**, v. 1, p. 163 – 166, 2002.

PAGANINI, C. et al. Análise da aptidão industrial de seis cultivares de maçãs, considerando suas avaliações físico-químicas (dados da safra 2001/2002). **Ciência Agrotecnologia**, v. 28, p. 1336–1343, 2004.

PAGOT, E. et al. **Documentos 37** (A. Hoffmann, S. de S. Sebben, Eds.)Embrapa Uva e Vinho. Documentos 37. **Anais...**Bento Gonçalves - RS: Seminário Brasileiro sobre Pequenas Frutas, 2003.

PANTELIDIS, G. E. et al. Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. **Food Chemistry**, v. 102, n. 3, p. 777–783, 2007.

PAREDES-LÓPEZ, O. et al. Berries: Improving Human Health and Healthy Aging, and Promoting Quality Life-A Review. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 65, n. 3, p. 299–308, 2010.

PEIXOTO, Adriana Lopes. **Nutrição e Metabolismo**: A importância do consumo equilibrado de nutrientes no processo metabólico. 1ª ed., Editora: As. Sistemas, 2012. 111 p.

PEREIRA, V. R. **Ácido Ascórbico – características , mecanismos de atuação e aplicações na indústria de alimentos**. [s.l.] Universidade Federal de Pelotas, 2008.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B. Brasileira de. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 857–1166, 2007.

PROTZEK, E. C. et al. Avaliação sensoral de suco de maçã produzido a partir de rejeitos de produção. **B. CEPPA**, v. 17, p. 59–70, 1999.

RAMFUL, D. et al. Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2088–2099, 2011.

RASEIRA, M. C. B.; GONÇALVES, E. D.; TREVISAN, R. L.; ANTUNES, E. C. **Aspectos técnicos da cultura da framboeseira**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 22, 2004.

REIS, L. S. **Influência do armazenamento na extração sequencial de micronutrientes e elementos traço em farinha de resíduos de frutas e hortaliças**. [s.l.] Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, 2013.

RIBEIRO, J. A. **Património florístico duriense – plantas bravias comestíveis ou condimentares e fruteiras silvestres**. [s.l.: s.n.]. v. 16.

RIENER, J.; NOCI, F.; CRONIN, D. A.; MORGAN, D. J.; LYNG, J. G. Combined effect of temperature and pulsed electric fields on apple juice peroxidase and polyphenoloxidase inactivation. **Food Chemistry**, v. 109, p. 402–407, 2008.

RIZZON, L. A.; BERNARDI, J.; MIELE, A. Características analíticas dos sucos de maçã Gala, Golden Delicious e Fuji. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 750–756, 2005.

RIZZON, L. A.; SALVADOR, M. B. G. **Metodologia para análise de vinho**. 1^a. ed. Brasília, DP: Embrapa Informação Tecnológica: [s.n.].

ROMANO, K. R.; ROSENTHAL, A.; DELIZA, R. How do brazilian consumers perceive a non-traditional and innovative fruit juice? An approach looking at the packaging. **Food Research International**, v. 74, p. 123–130, 2015.

ROSA, S. E. S.; COSENZA, J. P.; LEÃO, L. T. S. . **Panorama do setor de bebidas no Brasil BNDES Setorial**, n. 23, p. 101-150, 2006. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2607/1/BS%2023%20Panorama%20do%20Setor%20de%20Bebidas%20no%20Brasil_P.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2016.

RUFINO, M. DO S. M. et al. Metodologia Científica : Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS. **Comunicado Técnico**, 128 Embrapa, p. 3–6, 2007.

SABOIA, J.; COPPINI, D. **Percepção do Consumidor em Relação à Imagem e Qualidade do Suco de Uva na Região do Vale dos Vinhedos** Percepção do Consumidor em Relação à Imagem e Qualidade do Suco de Uva na Região do Vale dos Vinhedos. **Anais...IX Convibra Administração - Congresso Virtual Brasileiro de Administração**, 2012. Disponível em: <adm.convibra.com.br>

SAEEDUDDIN, M. et al. Quality assessment of pear juice under ultrasound and commercial pasteurization processing conditions. **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, n. 1, p. 452–458, 2015.

SAINZ, Ricardo Lemos. **Suco clarificado de pêssigo [*Prunus persica* (L.) Batsch]**: processamento, vida-de-prateleira, comportamento enzimático, físico, químico e sensorial. 2006. 165 f. Tese (Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2006. Disponível em: <http://www.dcta.create.inf.br/manager/uploads/documentos/teses/tese_ricardo_lemos_sainz.pdf>. Acesso em: 13 set. 2016.

SALOMÃO, B. DE C. M. **Detecção de patulina e deesinfecção de maçãs destinadas à produção de suco**. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

SAMPAIO, Camila Ramos Pinto. **Caracterização físico-química, capacidade antioxidante e compostos bioativos de frutos de murici vermelho (*Byrsonimaligustrifolia* A. Juss.) em cinco estádios de maturação**. 2015. 104 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: <<http://www.posalim.ufpr.br/Pesquisa/pdf/Tese%20Camila%20Sampaio.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2016.

SAMPATH, C. et al. Bioactive compounds isolated from apple, tea, and ginger protect against dicarbonyl induced stress in cultured human retinal epithelial cells. **Phytomedicine**, v. 23, n. 2, p. 200–213, 2016.

SANDRI, I. G.; LORENZONI, C. M. T.; FONTANA, R. C.; SILVEIRA, M. M. D. Use of pectinases produced by a new strain of *Aspergillus niger* for the enzymatic treatment of apple and blueberry juice. **LWT – Food Science and Technology**, v. 51, Issue 2, p. 469–475, 2013.

SATO, Y. et al. In vitro and in vivo antioxidant properties of chlorogenic acid and caffeic acid. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 403, n. 1-2, p. 136–138, 2011.

SEERAM, N. P. Berry Fruits : Compositional Elements , Biochemical Activities , and the Impact of Their Intake on Human Health , Performance , and Disease. **Journal of A**, v. 56, p. 627–629, 2008.

SEIFRIED, H. E.; ANDERSON, D. E.; FISHER, E. I.; MILNER, J. A.; A review of the interaction among dietary antioxidants and reactive oxygen species. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 18, p. 567 – 579, 2007.

SHILS, M. E.; OLSON, J. A.; SHIKE, M.; ROSS, A. C. **Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença**. 9ª ed. São Paulo: Manole, v. 1, 2003. 1026 p.

SHIOZER, A. L.; BARATA, L. E. S. Estabilidade de Corantes e Pigmentos de Origem Vegetal. **Revista Fitos**, v. 3, p. 6–24, 2007.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J.A.JR., Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.16, p.144-158, 1965.

SOARES, L. A. L. et al. Avaliação de complexos formados por catequina e macromoléculas. **Acta Farmaceutica Bonaerense**, v. 25, n. 1, p. 10–16, 2006.

SOUZA, V. R. DE et al. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. **Food Chemistry**, v. 156, p. 362–368, 2014.

STAVANG, J. A. et al. Raspberry fruit quality changes during ripening and storage as assessed by colour, sensory evaluation and chemical analyses. **Scientia Horticulturae**, v. 195, p. 216–225, 2015.

STOLZENBACH, S. et al. Understanding Liking in Relation to Sensory Characteristics, Consumer Concept Associations, Arousal Potential and “Appropriateness for Use” Using Apple Juice as an Application. **Journal of Sensory Studies**, v. 31, n. 2, p. 135–142, 2016.

SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolic constituent of *Prunus domestica* L.- The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science Food and Agriculture**, v. 10, n. 1, p. 63-68, 1959.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TEIXEIRA, L. V. Análise Sensorial Na Indústria De Alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 366, p. 12–21, 2009.

TEREFE, N. S.; BUCKOW, R.; VERSTEEG, C. Quality-related enzymes in fruit and vegetable products: Effects of novel food processing technologies, part 1: Highpressure processing. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 54, nº 1, p. 24-63, 2014.

TOCCHINI, R. P.; NISIDIA, A. L. A. C.; MARTIN, Z. J. **Industrialização de polpas, sucos e néctares de frutas**. Manual do ITAL, Campinas, p.85, 1995.

TREPTOW, R. DE O.; QUEIROZ, M. I.; ANTUNES, P. L. Caracterização físico-química e sensorial de quatro cultivares de maçãs (*Malus doméstica* Borkh.). **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 1, p. 179–184, 1995.

UFPEL/DCTA. **Figura de cromatograma típico de ácido L-ascórbico**. 2016.

USAGA, J. et al. Ascorbic acid and selected preservatives influence effectiveness of UV treatment of apple juice. **LWT - Food Science and Technology**, v. 75, p. 9–16, 2017.

VALENTE, A. et al. Ascorbic acid content in exotic fruits: A contribution to produce quality data for food composition databases. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2237–2242, 2011.

VAN DE VELDE, F. et al. Quantitative comparison of phytochemical profile, antioxidant, and anti-inflammatory properties of blackberry fruits adapted to Argentina. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 47, p. 82–91, 2016.

VENTURINI, W. G. F. Suco de maçã. In: **Bebidas não alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. [s.l.] Edgardo Blucher, 2010. v. 2p. 269 – 301.

VILLADIEGO, A. M. D. et al. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. 2^a. ed. Brasília, DP: Embrapa: [s.n.].

VINCI, G. et al. Ascorbic acid in exotic fruits: a liquid chromatographic investigation. **Food Chemistry**, v. 53, n. 2, p. 211–214, 1995.

VORAN® MASCHINEN GMBH. **Szalagprés EBP 350**. Disponível em: <http://www.voran.at/uploads/tx_product/Voran_Maschinen_Bandpresse_EBP350_H.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2015.

VRHOVSEK, U. et al. Quantitation of polyphenols in different apple varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 21, p. 6532–6538, 2004.
WŁODARSKA, K. et al. Explorative study of apple juice fluorescence in relation to antioxidant properties. **Food Chemistry**, v. 210, p. 593–599, 2016.

WOLFE, K.; WU, X.; LIU, R. H. Antioxidant activity of apple peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 3, p. 609–614, 2003.

YI, J. et al. Quality change during high pressure processing and thermal processing of cloudy apple juice. **LWT - Food Science and Technology**, v. 75, p. 85–92, 2017.

ZARE, F.; ORSAT, V.; BOYE, J. I. Functional, Physical and Sensory Properties of Pulse Ingredients Incorporated into Orange and Apple Juice Beverages. **Journal of Food Research**, v. 4, n. 5, p. 143, 2015.

ZHANG, Y. et al. Stability and colour characteristics of PEF-treated cyanidin-3-glucoside during storage. **Food Chemistry**, v. 106, n. 2, p. 669–676, 2008.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**, v. 64, n. 4, p. 555–559, 1999.

WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A. Suco de maçã. In: VENTURINI FILHO, W.G. **Tecnologia de Bebidas**. Editora Edgard Blücher: São Paulo, 2005. 255 – 291 p.