

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA

RODRIGO APARECIDO MORAES-DE-SOUZA

Qualidade de polpa de camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh],
 submetida aos processos de congelamento, pasteurização, alta pressão
 hidrostática e liofilização e armazenada por quatro meses

Piracicaba

2011

RODRIGO APARECIDO MORAES-DE-SOUZA

Qualidade de polpa de camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh], submetida aos processos de congelamento, pasteurização, alta pressão hidrostática e liofilização e armazenada por quatro meses

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 5890 de 2010

Tese apresentada ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Área de Concentração: Química na Agricultura e no Ambiente

Orientadora: Profa. Dra. Marta Helena Fillet Spoto

Co-orientador: Dr. Amauri Rosenthal

PIRACICABA

2011

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP

Moraes-de-Souza, Rodrigo Aparecido

Qualidade de polpa de camu-camu [*Myrciaria dúbia* (H.B.K.) McVaugh], submetida aos processos de congelamento, pasteurização, alta pressão hidrostática e liofilização e armazenada por quatro meses / Rodrigo Aparecido Moraes-de-Souza; orientadora Marta Helena Fillet Spoto; co-orientador Amauri Rosenthal. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 5890 de 2010. - - Piracicaba, 2011.

111 p.: il.

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Química na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Ácido ascórbico 2. Ciência de alimentos 3. Conservação de alimentos
4. Frutas tropicais 5. Polpa 6. Processamento de alimentos 7. Qualidade dos alimentos
8. Vitamina C I. Título

CDU 634.42:664.8

DEDICO este trabalho aos homens e mulheres que deixaram sua terra para tentar uma vida melhor para si e para os seus, especialmente aos japoneses que vieram ao Brasil e a todos seus descendentes, povo admirável que tive a oportunidade de conviver de maneira muito próxima durante meu doutorado. De forma particular aos senhores YOSHIKI TAKAHASHI, produtor de camu-camu em Iguape-SP; TADASHI IKAWA, empresário de São Paulo-SP; KAORU YUYAMA, pesquisador do INPA, Manaus-AM; SATORU SASAKI, ex-produtor de camu-camu em Registro-SP; VALDEMAR MAKOTO AOKI, proprietário da banca Frutífera Trindade, no CEAGESP, São Paulo-SP e a seu filho DIEGO MAKOTO AOKI, ao sr. MITSUKI KOGA e a seus filhos Dr. OSVALDO KOGA e FRANCISCO KOGA, produtores de diversas culturas em Cajati-SP; e ao sr. LUIGI SHIRAKAWA, produtor de camu-camu em Mirandópolis-SP que contribuíram direta ou indiretamente para o fortalecimento da cultura do camu-camu em nosso país.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus maravilhosos pais, Juarez e Maria Helena, que são, individualmente, melhores do que eu jamais poderei ser, modelos concretos, e não teóricos, de amor, profissionalismo, abnegação, determinação, superação e de tantas outras qualidades. E que são, os dois juntos, modelo de carinho, de respeito, de dedicação, enfim de amor matrimonial verdadeiro, que os levou a completar quatro décadas de união este ano.

Aos meus irmãos, Ildebrando e Vânia, minhas referências, meus companheiros, meus suportes, minhas fontes contínuas de aprendizado. À Graziela e ao Leonardo, pessoas que entraram para minha família fazendo meus irmãos mais felizes e completos.

À minha querida sobrinha, Mariana, por ser tão especial, motivo de orgulho e de alegria.

À Renata Lima, ao seu esposo Josimar e à filha de ambos, Maria Eduarda, por tudo.

À minha família, especialmente à minha avó Helena Moraes, à minha tia Marlene Moraes, e aos meus primos Daniel Gomes, Alessandra Dias, Rosana Rodrigues e Felipe Souza por todo apoio e carinho.

Aos meus mais que amigos Acácio Jorge, Adriana de Lima e Eduardo Prado.

Aos meus colegas e amigos da I Turma de Ciências dos Alimentos, especialmente à Elisa Ravagnani, à Pamela Rossi, à Alessandra Romero, à Graziela Leal, à Claudinéia Soares, à Júlia Otoni e ao Osmar Vaz.

À Fernanda Spada, à Aline Bortoletto e ao Antonio Bisconsin, pessoas admiráveis, meus colegas de profissão, meus amigos e meus tão especiais anfitriões em Dijon.

Ao Evandro Alves por todo apoio durante meu tempo de doutorado.

Ao Jonathan Motillon, um grande amigo que me trouxe uma nova visão sobre muitas coisas importantes.

Ao Paulo Roberto Berni e ao Rodrigo Amancio pelo importante apoio que me deram.

Ao Lucas Flaves por todo estímulo que tem me dado.

A minhas companheiras Aline Schneider e Erika Cavalcante, por todo apoio em Madrid.

A todos os meus outros queridos amigos que não foram citados aqui, que mesmo distantes ou ausentes de meu cotidiano sempre farão parte de minha vida.

A Don Fernando Castro Vega, un hombre fenomenal, que me acogió como a un hermano en su casa, me hizo reír en todas las ocasiones, incluso en las más difíciles y tristes, y me enseñó como es preciosa su tierra.

Al Instituto del Frío (IF), actual Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y Nutrición (ICTAN), especialmente a mis compañeros de trabajo Asier de la Fuente y María Santos que en muy poco tiempo se mostraron buenos amigos, y a la Dra Begoña de Ancos, que hizo posible mi estancia en el Instituto.

A la investigadora Gloria Lobo Rodrigo, del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, que me recibió con generosidad; a su familia y a sus compañeros de trabajo que hicieron con que yo pudiera sentirme en casa, mismo estando tan lejos y con desconocidos.

A los españoles en general, especialmente a Pedro, Vicente, Antonio, Miguel Ángel, Ana, Mireya y Clara, que me dieron muestras de cómo son gentiles, cultos y acogedores.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela concessão de minha bolsa de doutorado (processo n° 2007/06753-0).

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura, à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e à Universidade de São Paulo, e às pessoas que compõem estas Instituições, por possibilitarem a realização de grande parte de meus sonhos.

Aos funcionários do CENA, especialmente à Marília Henyei, ao Fernando Perencin, à Silvia Guimarães, ao Marcio Bacchi, à Iolanda Rufini (Tatinha), à Neuda Fernandes, à Claudia Correa, à Sonia Campos, e à coordenadora do PPG-CENA Profa Dra Adriana Martinelli.

A todos do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, especialmente ao Prof. Severino Matias de Alencar, à Profa. Marisa d'Arce, à Profa. Gilma Sturion, à Regina Marafon, à Dona Amabile e aos membros de todos os laboratórios que inúmeras vezes me ajudaram possibilitando a realização de partes deste trabalho.

À minha querida orientadora, Dra. Marta Spoto, por seus ensinamentos e suporte, por ser uma pessoa surpreendente, e por ter me dado a possibilidade de voar, de realizar-me pessoal e profissionalmente.

Aos meus colegas do laboratório de frutas e hortaliças da ESALQ, especialmente à Márcia Goldschmidt a quem jamais poderei pagar o que me fez, à Evanilda Próspero, uma amiga muito querida, à Paula Porrelli e à Vanessa Groppo, por todos os momentos em que me apoiaram de diversas formas e à Jacqueline Oliveira e Fernanda Juliano por seguirem trabalhando com o camu-camu.

Aos meus eternos colegas do laboratório de bioquímica de alimentos, especialmente à Tatiane Oldoni, à Naiane Sangaletti, à Ingridy Cabral, à Adna Prado, à Keityane Bergamaschi, à Priscila Melo, à Luciana Mourão, à Rosângela Bezerra e à Ivani Moreno.

À EMBRAPA – Agroindústria de Alimentos, especialmente à Dra Renata Torrezan, ao Dr Flavio Quitério e aos técnicos de laboratório William Júnior e Sérgio Pontes.

Ao meu co-orientador Dr. Amauri Rosenthal, e à sua esposa, Dra. Rosires Deliza, por todo apoio, fundamental para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

À pesquisadora do INPA Dra Jerusa de Souza Andrade pelo pioneirismo e a constância no estudo sobre camu-camu.

Aos professores e pesquisadores que convidei para serem membros da Comissão Julgadora de minha defesa, especialmente à Profa. Dra. Maria Teresa A. Freire pela participação em minha qualificação, à Profa. Dra. Rosalinda Arévalo, por sua contribuição ao estudo sobre camu-camu, à Profa. Dra. Solange Brazaca por todo apoio dado durante minha passagem pela ESALQ, à Profa. Dra. Marta Verruma por sua atenção e à Profa. Dra. Solange Carpes.

E, finalmente, ao Poder Criador, que me permitiu ter tanto a agradecer.

Um jovem estava tão deprimido que foi pedir conselho a um sábio que vivia na periferia do vilarejo, e quando chegou à sua cabana o encontrou varrendo as folhas de outono.

- Mestre, sinto-me tão pouca coisa que não tenho forças para fazer nada. Dizem-me que não sirvo, que não faço nada bem, que sou incapaz e muito tonto. Como posso melhorar? O que posso fazer para que me dêem mais valor?

Sem olhar para ele, o sábio lhe disse:

- Quanto o sinto rapaz, não posso ajudá-lo, antes devo resolver um problema que tenho... – logo após uma pausa acrescentou – porém se quiser colaborar comigo, eu poderia solucionar o meu assunto com mais rapidez e depois lhe ajudaria.

- E... sim, mestre – titubeou o jovem.

- Bem – disse o mestre tirando um anel que levava no dedo mindinho da mão esquerda e entregando-o ao rapaz – devo vender este anel porque tenho que pagar uma dívida. Tome o cavalo que está aí e vá até o mercado. Procure conseguir a maior soma possível, mas não aceite menos que uma moeda de ouro. Vá e volte com essa moeda.

O jovem montou o cavalo e logo partiu. Chegando ao mercado, começou a oferecer o anel aos que poderiam estar interessados. Alguns olhavam para ele com certo interesse, até que o jovem lhes dizia quanto custava. Então uns se riam e outros lhe davam meia volta. Somente um ancião amável lhe explicou que uma moeda de ouro era muito valiosa para entregá-la em troca desse anel. Ofereceu-lhe uma moeda de prata e uma de cobre, porém o jovem tinha instruções de não aceitar menos que uma moeda de ouro e rejeitou a oferta.

O rapaz não se deu por vencido e continuou oferecendo o anel a cada pessoa que via no mercado, porém todos rejeitavam a sua oferta. Abatido pelo fracasso, tomou o cavalo e fez a viagem de volta. Quanto teria desejado ter ele mesmo uma moeda de ouro. Poderia tê-la entregue ao mestre para livrá-lo da sua preocupação e receber conselho e ajuda. Ao chegar a sua casa, lhe disse:

- Mestre, sinto muito, mas não é possível conseguir o que me pediu. De repente poderia obter duas ou três moedas de prata, porém não acho que poderia enganar a ninguém a respeito do verdadeiro valor do anel.

- Tenho a solução, jovem amigo – respondeu o mestre – pegue o cavalo e vá ver o joalheiro. Peça para ele que avalie o anel, assim teremos uma ideia justa do seu valor.

Apesar de estar cansado pela agitação do mercado, o jovem obedeceu. Entregou o anel ao joalheiro, que o examinou à luz da lâmpada a óleo com a sua lupa e o pesou:

- Diga ao mestre que o seu anel vale oitenta moedas de ouro – lhe disse - eu poderia conseguir essa soma para ele, dependendo da pressa que ele tenha.

- Oitenta moedas de ouro?! – exclamou o jovem.

- Sim – respondeu o joalheiro – esse é o valor. Porém se precisar vendê-lo com urgência, talvez tenha que rebaixar umas dez moedas.

O jovem tomou o anel e voltou emocionado à casa do sábio.

- Senta aí – lhe ofereceu o mestre.

Quando o jovem terminou o seu relato, o sábio disse:

- Você é como este anel: uma jóia valiosa e única. E, por isso mesmo, só pode ser avaliado por um experto. O que está fazendo pela vida pretendendo que qualquer um descubra o seu verdadeiro valor?

Dito isto, o mestre voltou a pôr o anel em sua mão esquerda.

RESUMO

MORAES-DE-SOUZA, R. A. **Qualidade de polpa de camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh], submetida aos processos de congelamento, pasteurização, alta pressão hidrostática e liofilização e armazenada por quatro meses.** 2011. 114 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

Este trabalho consta de uma avaliação da qualidade intrínseca e da qualidade percebida por potenciais consumidores espanhóis de polpa de camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh] submetida a quatro diferentes tratamentos: congelamento, pasteurização, pressurização (alta pressão hidrostática) e liofilização, armazenada congelada por quatro meses. A avaliação da qualidade intrínseca foi realizada por meio de análises dos parâmetros pH, sólidos solúveis, acidez, coloração, teores de ácido ascórbico, de compostos fenólicos e de antocianinas, e a avaliação da qualidade percebida por meio de testes sensoriais para os parâmetros aparência, cor, aroma e sabor. Este estudo justifica-se pelo reduzido consumo de camu-camu, uma fruta nativa da Amazônia com o mais elevado teor de vitamina C observado em estudos científicos (entre 1.721 e 2.900 mg de ácido ascórbico.100 g⁻¹), e que contém outros importantes compostos com atividade antioxidante como compostos fenólicos e carotenoides. Uma das razões do baixo consumo da fruta fresca é sua elevada acidez (entre 2,31 e 3,08 g de ácido cítrico.100 g⁻¹), portanto, é importante a apresentação de alternativas de consumo que preservem sua principal característica nutricional (elevado teor de vitamina C) e demais atividades biológicas, ainda pouco exploradas, enquanto enriquece seus valores sensoriais. Neste trabalho os valores dos parâmetros físicos e químicos encontrados para as polpas de camu-camu ao longo do armazenamento permaneceram estáveis. Foram observados diferentes efeitos dos tratamentos sobre os teores de ácido ascórbico, compostos fenólicos e antocianinas, sendo que a pasteurização foi o tratamento que causou maior impacto negativo. Sensorialmente a polpa reconstituída de liofilizado de camu-camu apresentou resultados inferiores às polpas submetidas aos demais tratamentos. Os teores de ácido ascórbico das polpas de camu-camu após 125 dias de armazenamento estiveram entre 1.200 e 1.796 mg por 100 g de polpa, valores relativamente inferiores aos apresentados em publicações sobre camu-camu nos últimos anos, entretanto, comparáveis aos apresentados para acerola (entre 1.191 e 1.921 mg.100 g⁻¹) e *kakadu* (1.240 mg.100 g⁻¹) e superiores ao apresentado para *rosehip* (1.141 mg.100 g⁻¹) outras fontes destacadas deste nutriente. Os néctares de camu-camu são uma alternativa para o consumo, visto que a fruta e suas polpas por serem destacadamente ácidas sofrem rejeição por potenciais consumidores.

Palavras-chave: Ácido ascórbico. Polpa de fruta. Padrão de Identidade e Qualidade.

ABSTRACT

MORAES-DE-SOUZA, R. A. **Quality of camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh] pulp submitted to the processes of freezing, pasteurization, high hydrostatic pressure and lyophilization and stored for four month.** 2011. 114 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

The purpose of this work is to present an assessment of the intrinsic quality and the quality perceived by potential Spanish consumers of camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh] pulp submitted to four different treatments: freezing, pasteurization, pressurization (high hydrostatic pressure) and lyophilization, stored frozen for four months. The intrinsic quality assessment was performed by analysis of pH, soluble solids, acidity, color, contents of ascorbic acid, phenolic compounds and anthocyanins, and assessment of the quality perceived by sensory tests for the parameters of appearance, color, aroma and flavor. This study is justified by the low consumption of camu-camu, an Amazon native fruit with the highest vitamin C content observed in scientific studies (between 1,721 and 2,900 mg of ascorbic acid $\cdot 100 \text{ g}^{-1}$), and contains other important compounds with antioxidant activity such as phenolics compounds and carotenoids. One reason for the low consumption of fresh fruit is its high acidity (between 2.31 and 3.08 g of citric acid $\cdot 100 \text{ g}^{-1}$), so it is important to introduce consumption alternatives that preserve their main nutritional characteristic (high vitamin C content) and other biological activities, yet little explored, while enriching their sensory values. In this study, it was detected that the values of physical and chemical parameters found for the camu-camu pulp throughout the storage period remained stable. It was observed that different effects of treatments on ascorbic acid, phenolic compounds and anthocyanins; and that pasteurization was the treatment that caused major negative impact. Sensorially reconstituted freeze-dried camu-camu pulp showed results lower than those subjected to other treatments. The ascorbic acid content of camu-camu pulp after 125 days of storage was between 1,200 and 1,796 mg per 100 g of pulp, relatively lower than the values presented in publications on camu-camu in recent years; however, they were closely comparable to those for acerola fruit (between 1,191 and 1,921 mg $\cdot 100 \text{ g}^{-1}$) and kakadu fruit (1,240 mg $\cdot 100 \text{ g}^{-1}$) and superior to that presented to rosehip fruit (1,141 mg $\cdot 100 \text{ g}^{-1}$) other highlighted sources of this nutrient. The camu-camu nectars are an alternative way for the consumer, since the fruit and its pulp, by being prominently acidic, suffer rejection by potential consumers.

Keywords: Ascorbic acid. Fruit pulp. Identity and Quality Standard.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Camu-camuzeiro cultivado em terra firme em Registro-SP. Crédito da Foto do próprio autor.	5
Figura 2 - Regiões de ocorrência natural de camu-camu. [Adaptado de Rodrigues et al. (2001)]	6
Figura 3 - Camu-camu partido ao meio, podendo ser visualizadas suas sementes, seu mesocarpo (polpa) e epicarpo (casca). Crédito da Foto: Sítio de Internet OLX	9
Figura 4 - Estruturas moleculares de (A) ácido ascórbico, (B) ácido dehidroascórbico, (C) ácido dicetogulônico, de (D) ácido isoascórbico e (E) ácido dehidroisoascórbico. Fonte: National Center for Biotechnology Information (U.S. National Library of Medicine, 2011) .	21
Figura 5 - Representação da roda de cores	40
Figura 6 - Fluxograma de obtenção e tratamento dos frutos de camu-camu para produção de polpas.....	48
Figura 7 - Frutos de camu-camu divididos por tamanho, da esquerda para direita os frutos tornam-se maiores. Credito da Foto do próprio autor.	49
Figura 8 - A. Seladora utilizada para selagem das polpas de camu-camu; B. polpa embalada	51
Figura 9 - A. Pasteurizador utilizado no tratamento das polpas de camu-camu. B. Envase das polpas pasteurizadas. Crédito das Fotos do próprio autor.	53
Figura 10 - Equipamento utilizado na pressurização das polpas de camu-camu	53
Figura 11 - Ficha cadastral entregue a cada provador nas avaliações sensoriais de cada atributo (aparência, cor, aroma, sabor) de polpa de camu-camu durante a fase preliminar	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Maiores produtores, exportadores e importadores de frutas em 2007	1
Tabela 2 - Principais compostos de aroma do camu-camu e algumas características.....	15
Tabela 3 - Frutas com os mais elevados índices de ácido ascórbico segundo publicações científicas entre 2005 e 2010	16
Tabela 4 - Métodos utilizados nas quantificações de ácido ascórbico e origens das polpas de camu-camu analisadas	17
Tabela 5 - Métodos utilizados nas quantificações químicas e caracterizações físicas das polpas de camu-camu.....	57
Tabela 6 - Pontuações utilizadas como referência para avaliar a qualidade percebida das polpas.....	60
Tabela 7 - Lista de características para cada atributo, utilizada pelos provadores para descrever as polpas	61
Tabela 8 - Contagem microbiológica em camu-camu higienizado com diferentes desinfetantes (UFC.g ⁻¹)	62
Tabela 9 - Parâmetros químicos de néctares obtidos de polpa e de liofilizado de camu-camu	63
Tabela 10 - Aceitação de néctares obtidos de polpa e de liofilizado de camu-camu	63
Tabela 11 - Teores de ácido ascórbico encontrados nas polpas submetidas aos diferentes níveis de pressão aplicados.....	64
Tabela 12 - Médias de aparência, cor e aroma de polpa de camu-camu submetida aos diferentes níveis de pressão	64
Tabela 13 - Composições centesimais de polpas de camu-camu, segundo diversos autores...	65
Tabela 14 - Valores médios [§] de peso, tamanho e parâmetros instrumentais de cor encontrados para os frutos de camu-camu utilizados nos processamentos (continua)	66
Tabela 15 - Valores médios de luminosidade (L*) encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento.....	67
Tabela 16 - Valores médios de a* e b* encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento (continua).....	68
Tabela 17 - Valores médios de °hue encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento	69
Tabela 18 - Valores médios de croma encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento	69
Tabela 19 - Valores médios de pH encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento	70
Tabela 20 - Valores médios de sólidos solúveis encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo dos 125 dias de armazenamento.....	71
Tabela 21 - Valores médios de acidez titulável encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento (continua)	72
Tabela 22 - Valores médios de <i>ratio</i> encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento	73
Tabela 23 - Valores médios de ácido ascórbico (mg.100 ⁻¹) encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento (continua).....	75
Tabela 24 - Valores médios de compostos fenólicos (mg.100 ⁻¹) encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento (continua)...	76
Tabela 25 - Valores médios de antocianinas (mg.100 ⁻¹) encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento (continua).....	78
Tabela 26 - Médias [§] da aparência de polpa de camu-camu submetida aos diferentes tratamentos ao longo do armazenamento	79

Tabela 27 - Número de vezes que cada característica da aparência de polpa de camu-camu submetida aos diferentes tratamentos foi citada pelos provadores aos 126 dias de armazenamento.....	80
Tabela 28 - Médias ^s da cor de polpa de camu-camu submetida aos diferentes tratamentos ao longo do armazenamento.....	80
Tabela 29 - Número de vezes que cada característica da cor de polpa de camu-camu submetida aos diferentes tratamentos foi citada pelos provadores aos 126 dias de armazenamento.....	81
Tabela 30 - Médias ^s do aroma de polpa de camu-camu submetida aos diferentes tratamentos ao longo do armazenamento.....	82
Tabela 31 - Número de vezes que cada característica da cor de polpa de camu-camu submetida aos diferentes tratamentos foi citada pelos provadores aos 126 dias de armazenamento.....	82
Tabela 32 - Médias das notas atribuídas à qualidade percebida pelos provadores do sabor de polpa e de néctar obtido de polpa de camu-camu submetida aos diferentes tratamentos aos 126 dias de armazenamento.....	84
Tabela 33 - Número de vezes que cada característica de sabor de polpa (P) de camu-camu submetida aos diferentes tratamentos e de néctar (N) derivado foi citada pelos provadores aos 126 dias de armazenamento.....	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABTS – 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid)
- CEAGESP – Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo
- CLAE – Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
- CLAE-EM – Cromatografia Líquida de Alta Eficiência – Espectrometria de Massa
- DPPH – N,N difenil N' picril hidrazil (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)
- EAG – equivalente ácido gálico (GAE – gallic acid equivalent)
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
- EPA – ácido eicosapentaenóico (eicosapentaenoic acid)
- FAO – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação
- FRAP – Ferric Reducing Antioxidant Power
- TOSC – Total Oxidant Scavenging Capacity
- UHQ – Ultra High Quality
- UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas
- USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Revisão de literatura.....	3
1.1.1 Características do camu-camuzeiro.....	5
1.1.2 Regiões produtoras.....	5
1.1.3 Florescimento e frutificação.....	6
1.1.4 Amadurecimento dos frutos.....	6
1.1.5 Características físicas do fruto maduro.....	8
1.1.6 Partes tissulares.....	9
1.1.7 Parâmetros de qualidade.....	10
1.1.8 Outros parâmetros de qualidade.....	12
1.1.9 Características químicas – composição centesimal do camu-camu.....	12
1.1.10 Compostos aromáticos.....	14
1.1.11 Vitamina C.....	15
1.1.12 Compostos fenólicos.....	22
1.1.13 Antocianinas.....	25
1.1.14 Carotenoides.....	27
1.1.15 Atividade antioxidante.....	28
1.1.16 Outras atividades biológicas.....	33
1.1.17 Obtenção da polpa.....	33
1.1.18 Congelamento.....	35
1.1.19 Pasteurização.....	36
1.1.20 Pressurização – Alta Pressão Hidrostática.....	36
1.1.21 Liofilização.....	37
1.1.22 Armazenamento.....	38
1.1.23 Efeitos de tratamentos sobre polpas e estabilidade durante estocagem.....	40
1.1.23.1 Indicadores de cor.....	40
1.1.23.2 Padrões de Identidade e Qualidade.....	41
1.1.24 Bebidas.....	43
1.1.25 Outros produtos.....	47
1.2 Objetivos.....	47
2 Material e métodos.....	48
2.1 Frutos.....	48
2.1.1 Transporte e armazenamento dos frutos.....	49
2.1.2 Seleção dos frutos.....	49
2.1.3 Higienização dos frutos.....	50
2.1.4 Branqueamento.....	50
2.2 Polpas.....	50
2.2.1 Despulpamento.....	51
2.2.2 Envase e selagem.....	51
2.2.3 Resfriamento, congelamento e armazenamento.....	52
2.3 Tratamentos nas polpas.....	52
2.3.1 Pasteurização.....	52
2.3.2 Pressurização – Alta Pressão Hidrostática.....	53
2.3.3 Liofilização.....	54
2.4 Transportes e armazenamento das polpas.....	54
2.4.1 Transporte para o Rio de Janeiro e armazenamento.....	54
2.4.2 Transporte para a Espanha e armazenamento.....	54

2.5 Néctar.....	55
2.6 Análises	55
2.6.1 Intervalos de tempo para a realização das análises.....	55
2.6.2 Análises Microbiológicas	56
2.6.3 Análises qualitativas de frutos e de polpas tratadas	56
2.6.4 Análises Sensoriais	58
2.6.4.1 Polpa.....	58
2.6.4.2 Néctar.....	58
2.6.5 Análises Estatísticas	61
3. Resultados e Discussão.....	62
3.1 Teste de desinfecção.....	62
3.2 Teste de aceitação de néctar	62
3.3 Teste de escolha do nível de pressão	63
3.4 Caracterização do fruto de camu-camu	64
3.4.1 Composição centesimal	65
3.4.2 Características físicas dos frutos	65
3.5 Caracterização da polpa de camu-camu	66
3.5.1 Indicadores de cor.....	66
3.5.1.1 Luminosidade (Claridade)	67
3.5.1.2 Valores a* e b*	67
3.5.1.3 Ângulo hue	68
3.5.1.4 Croma	69
3.5.2 Parâmetros de identidade e qualidade de polpa de fruta	70
3.5.2.1 pH	70
3.5.2.2 Teor de sólidos solúveis	71
3.5.2.3 Acidez titulável.....	71
3.5.2.4 <i>Ratio</i>	72
3.5.3 Ácido ascórbico	74
3.5.4 Compostos fenólicos	76
3.5.4.1 Antocianinas	77
3.5.5 Atividade enzimática	78
3.5.6 Análise sensorial das polpas	78
3.5.6.1 Aparência.....	78
3.5.6.1.1 Cor	80
3.5.6.2 Aroma	81
3.5.6.3 Sabor.....	82
4 Considerações finais	85
5 Conclusão	87
REFERÊNCIAS	88
APÊNDICE	97

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2009) o Brasil, no ano de 2007, foi o terceiro país em produção mundial de frutas com volume próximo a 39,2 milhões de toneladas, superado apenas por China e Índia, que produziram volumes superiores a 102 e 57 milhões de toneladas, respectivamente (Tabela 1).

A produção brasileira é grande e diversificada, formada por frutas tropicais e de clima temperado, em decorrência da extensão territorial, posição geográfica e condições edafoclimáticas (BRAZILIAN FRUIT, 2010). O consumo de frutas tropicais é crescente nos mercados internacionais devido ao reconhecimento de seus valores nutricionais e terapêuticos (RUFINO et al., 2010a; MYODA et al., 2010). Apesar disso o Brasil foi, em 2007, o vigésimo país em exportação, com faturamento pouco superior a 500 milhões de dólares (FAO, 2009), o que demonstra potencial de ampliação destas exportações.

A Espanha foi em 2007, segundo dados da FAO (2009), o país com maior volume de receita com exportação de frutas, com faturamento de aproximadamente 5,2 bilhões de dólares, apesar de ser o oitavo país na produção deste item, produzindo cerca de 14,9 milhões de toneladas. Alguns países da União Europeia também se destacam na importação de frutas, é o caso de Alemanha, Reino Unido, Holanda, Bélgica, França e Itália (Tabela 1), além da Espanha, 12º país maior importador mundial de frutas.

Tabela 1 - Maiores produtores, exportadores e importadores de frutas em 2007

Posição	Produção		Exportação		Importação	
	Países	Mil Ton.	Países	Mil US\$	Países	Mil US\$
1º	China	102.405	Espanha (UE)	5.191.763	Estados	5.075.223
2º	Índia	57.468	Chile	4.582.597	Alemanha	4.943.864
3º	Brasil	39.195	Estados Unidos	3.746.206	Reino Unido	4.107.989
4º	Estados Unidos	25.817	Itália (UE)	2.992.022	Holanda	3.256.606
5º	Itália (UE)	17.994	Bélgica (UE)	2.878.757	Federação	3.162.460
6º	Indonésia	16.649	Holanda (UE)	1.595.145	Bélgica	3.059.971
7º	México	15.863	França (UE)	1.578.631	França (UE)	3.050.589
8º	Espanha (UE)	14.916	México	1.578.631	Canadá	2.167.982
9º	Filipinas	14.569	Equador	1.362.017	China	1.823.768
10º	Irã	13.677	África do Sul	1.361.378	Itália (UE)	1.566.928

Fonte: FAO (2009). (UE) – União Europeia.

A comercialização de frutas e derivados exige cuidados na manipulação, no armazenamento e no transporte, fazendo com que um grande número de espécies de frutas nativas e exóticas permaneça inexplorado. A produção de polpa refinada, principal produto obtido da fruta (RODRIGUES et al., 2001), possibilita ampliar sua oferta, especialmente em

períodos de entressafra. Segundo Silva et al. (2008), o mercado potencial para polpa de fruta é promissor no Brasil.

O sucesso do açaí e da acerola, que foram introduzidos nos principais mercados mundiais, trazendo benefícios a milhares de pequenos produtores familiares demonstra a existência de boas perspectivas para a agroindústria brasileira de frutas (VASQUEZ-CAICEDO, 2005; GENOVESE et al., 2008). Rufino et al. (2010) avaliaram compostos bioativos e capacidade antioxidante de 18 frutas tropicais não tradicionais e afirmaram que grande número de frutas inexploradas nativas e exóticas do Brasil seriam de potencial interesse para a agroindústria como possíveis fontes de renda para as populações locais que poderiam acessar mercados especiais onde os consumidores enfatizam não apenas questões sensoriais, mas também o caráter exótico e a presença de nutrientes capazes de prevenir doenças degenerativas, segundo os autores, cinco espécies de mirtáceas se destacariam entre estas frutas, murta, jabolão, uvaia, jabuticaba e camu-camu. Os frutos da família das mirtáceas têm um significativo uso histórico como frutas comestíveis e como parte da medicina tradicional em todo o mundo tropical e subtropical (CHIRINOS et al., 2010). Uma mirtácea em particular, o camu-camu, possui o mais elevado teor de ácido ascórbico encontrado em uma fonte natural, é rica em compostos fenólicos e ainda apresenta carotenoides em sua composição, o que poderia torná-la muito bem sucedida, não somente no Brasil, mas também nos mercados europeus e norte-americanos como um ingrediente funcional natural (VASQUEZ-CAICEDO 2005; RODRIGUES et al., 2006).

Para o aumento da vida útil de produtos de fruta, geralmente utiliza-se a pasteurização. A pasteurização é um tratamento térmico utilizado para a destruição de microorganismos termossensíveis e inativação enzimática. Como consequência da aplicação de calor, parte do valor nutricional e funcional da fruta é perdida, da mesma forma, as características sensoriais também são prejudicadas. Assim, o estudo de alternativas que preservem características de qualidade de frutas e ampliem sua vida de prateleira tem aumentado nos últimos anos, sendo que aqueles que permitam a eliminação ou redução da aplicação de processos térmicos e do uso de aditivos são os mais atraentes (FELLOWS, 2006).

Determinar e analisar o teor de ácido ascórbico, principal componente da vitamina C, em polpas de camu-camu submetidas aos diferentes tratamentos, assim como sua conservação ao longo do período de armazenamento, é de grande importância, visto que, segundo estudos científicos publicados até 2010, o camu-camu seria em todo o mundo, a fruta com maior concentração deste composto com teores entre 1.721 a 2.900 mg.100 g⁻¹ (SILVA et al., 2006a,

2006b, 2006c; BARDALES et al., 2008). Conservar este nutriente em produtos comerciais, oferecendo assim possibilidades de consumo a públicos que atualmente não têm acesso ao fruto, ou àqueles que tendo o acesso não o consomem em sua forma natural, é poder contribuir com um maior aporte nutricional.

Seria necessário conduzir mais pesquisas visando à qualidade da própria fruta e à aplicação de tecnologias para o processamento industrial, preservando a qualidade nutricional, favorecendo a ampliação da vida útil e o deslocamento a grandes distâncias para permitir o desenvolvimento da comercialização do camu-camu nos mercados nacionais e internacionais (RODRIGUES et al., 2001; 2004, MAEDA et al., 2006). Pesquisas também são necessárias para melhor compreensão da influência dos constituintes da fruta na capacidade antioxidante e para avaliar sua biodisponibilidade efetiva *in vivo* (RODRIGUES et al., 2006).

1.1 Revisão de literatura

A partir de buscas realizadas nas bases de dados *Web of Science*, *Scopus* e *Scielo* sobre as palavras camu-camu e *Myrciaria dubia* foi encontrada mais de uma centena de artigos científicos publicada; deste conjunto, a maioria tem o fruto do camu-camu como único foco ou uns dos focos do estudo, sob diversas abordagens, o que contribui para o sistema agroindustrial da fruta.

A primeira publicação encontrada em revista científica abordando o fruto do camu-camu é de autoria de Bradfield e Roca, publicada em 1964. Os autores avaliaram o teor de ácido ascórbico em camu-camu e em dois produtos derivados, bebidas e geleias, e observaram que os teores encontrados estavam entre os mais altos relatados para ácido ascórbico de fontes naturais. Outros estudos sobre frutos do camu-camu e seus derivados sob a ótica da ciência dos alimentos somente foram publicados em revistas científicas mais de 25 anos depois, sendo o primeiro deles publicado em 1991, conduzido por Andrade et al.

O elevado teor de vitamina C (ácido ascórbico e ácido dehidroascórbico) no camu-camu favorece o seu desenvolvimento comercial (ZAPATA; DUFOUR, 1993; YUYAMA et al., 2003). Albertino et al., 2009 afirmaram que relativamente à sua composição pode-se inferir que o camu-camu fornece 30 vezes mais vitamina C que a laranja, assim como um complemento total de minerais e aminoácidos que auxiliam na absorção desta vitamina. Segundo Isabelle et al. (2010) o teor de ácido ascórbico da laranja é de 34 mg por 100 g de fruto.

O camu-camu foi cultivado em terra não inundável da Amazônia e apresentou período de colheita mais longo que o habitual, entre novembro e maio, tornando-se uma interessante cultura para os pequenos produtores naquela região (RODRIGUES; MARX, 2006).

Apesar da descoberta e da divulgação da alta concentração de ácido ascórbico no camu-camu e da sua adaptabilidade em terra-firme, este fruto continuou não fazendo parte do hábito alimentar da população da Amazônia, e a demanda pelas agroindústrias permaneceu baixa (MAEDA et al., 2006). Além disso, o consumo de camu-camu não se tornou generalizado no Brasil (GENOVESE et al., 2008). O consumo restrito é atribuído principalmente à elevada acidez e ao amargor da casca. Como o amargor está relacionado ao teor de compostos fenólicos, que é elevado na casca de camu-camu, o tipo de processamento utilizado na obtenção da polpa é determinante em sua percepção (MAEDA et al., 2006).

O consumo mundial existente é realizado graças à comercialização de frutas e polpas congeladas, usadas na obtenção de produtos processados, como bebidas, geleias, sorvetes, concentrados e tabletes de vitamina C natural; o consumo também acontece como aditivo em alimentos ou bebidas enriquecendo o teor de vitamina C ou conferindo sabor (ANDRADE et al., 1995; RODRIGUES et al., 2001; ALVES et al., 2002; YUYAMA et al., 2003; MAEDA et al., 2006; GENOVESE et al., 2008).

Derivados de camu-camu têm como principais mercados o Japão e os Estados Unidos da América (ALVES et al., 2002; BARDALES et al., 2008; CHIRINOS et al., 2010; MYODA et al., 2010). Nestes e no mercado europeu há uma demanda crescente para esta fruta (RODRIGUES et al., 2001; ALBERTINO et al., 2009).

No Japão e em outros países desenvolvidos o consumo é realizado na forma de produtos energéticos ou nutracêuticos, ou como fontes de vitamina C (RODRIGUES et al., 2001; ALVES et al., 2002; VASQUEZ-CAICEDO, 2005; BARDALES et al., 2008).

A demanda mundial é atendida pelo Peru, que exportou 160 toneladas em 2004-2005 (BARDALES et al., 2008), onde incentivos do governo e de empreendimentos privados resultaram em aumento significativo na produção da fruta (RODRIGUES et al., 2001); e no desenvolvimento de muitos processos alternativos e aplicações para a polpa de camu-camu, fornecendo informações valiosas para pequenos e médios produtores (VASQUEZ-CAICEDO, 2005). Considerando o potencial crescente de camu-camu como uma cultura industrial, o desenvolvimento de plantações naquele país de acordo com as demandas dos setores industriais internos e externos mostrou-se necessário (ALVES et al., 2002; VASQUEZ-CAICEDO, 2005).

1.1.1 Características do camu-camuzeiro

O camu-camuzeiro é um arbusto (Figura 1) profundamente enraizado, e as raízes têm um grande número de capilares absorventes. Possui aproximadamente 8 m de altura, raramente atingindo 12 m (de 3 a 6 m de altura segundo BRADFIELD; ROCA, 1964). Seu tronco pode atingir 15 cm de diâmetro, é de superfície lisa e descasca naturalmente em períodos de seca, sua cor varia de castanho-claro a púrpura. As folhas são opostas, simples, peciolares, elípticas ou lanceoladas, com 3 a 10 cm de comprimento e 1,5 a 4,5 cm de largura, com ápice acuminado e base arredondada, providas de uma nervura central com 18 a 20 pares de nervuras laterais e um pecíolo cilíndrico com 3 a 6 mm de comprimento e 1 a 2 mm de largura (RODRIGUES et al., 2001).



Figura 1 - Camu-camuzeiro cultivado em terra firme em Registro-SP. Crédito da Foto do próprio autor.

1.1.2 Regiões produtoras

O camu-camuzeiro pode ser encontrado na bacia do rio Amazonas, sua área de ocorrência natural, em quase toda a região amazônica, crescendo naturalmente nas margens dos rios, córregos, lagos e pântanos. A maior concentração de populações naturais e variedades podem ser encontradas na Amazônia peruana, principalmente ao longo dos rios Nanay, Napo, Ucayali, Marañon e Putumayo e seus afluentes. No Brasil, sua distribuição estende-se ao longo dos rios Javari, Negro e Trombetas e seus afluentes, e pelo médio e alto Amazonas e alto Solimões. Sua distribuição estende-se também para a Venezuela, na bacia do alto e médio Orenoco e para a Colômbia (Figura 2) (RODRIGUES et al., 2001; VASQUEZ-

CAICEDO, 2005). O camu-camuzeiro passou na década de 1990 a ser cultivado no Estado de São Paulo, tendo demonstrado boa adaptação à terra firme (MAEDA et al., 2006). Foram relatados pomares comerciais em duas regiões bastante distintas do estado de São Paulo, Mirandópolis, região oeste, e Iguape, região sul do estado (ZANATTA et al., 2005). Além das áreas de ocorrência natural e de plantio comercial, existem estações experimentais em diversas regiões, como o estado do Paraná (JUSTI et al., 2005).



Figura 2 - Regiões de ocorrência natural de camu-camu. [Adaptado de Rodrigues et al. (2001)]

1.1.3 Florescimento e frutificação

O florescimento, na área de ocorrência natural, acontece quando o nível de água abaixa, ou seja, entre setembro e dezembro (BARDALES et al., 2008).

A frutificação nas áreas de ocorrência natural acontece entre dezembro e abril (BRADFIELD; ROCA, 1964), no entanto, em terras firmes da Amazônia o período de frutificação foi estendido de novembro a maio (RODRIGUES; MARX, 2006). Em São Paulo, há registro de safra entre maio e julho (ZANATTA et al., 2005).

1.1.4 Amadurecimento dos frutos

O dia da plena abertura das flores (antese) é uma data importante para estimar o amadurecimento do fruto (ANDRADE et al., 1991; 1995; VASQUEZ-CAICEDO, 2005).

Vasquez-Caicedo (2005) afirmou que a produção de frutos é iniciada com a antese, requerendo 77 dias até que a fruta esteja fisiologicamente madura. Durante o amadurecimento o fruto leva, aproximadamente, 26 dias para se tornar vermelho intenso. O período de colheita pode começar assim que os frutos estejam semi-maduros (verde-vermelho), correspondente aos 12 últimos dias de desenvolvimento do fruto.

Segundo Rodrigues et al. (2001) a fruta deveria ser colhida no começo do amadurecimento quando a casca anteriormente verde adquire algum fragmento cor de vinho. Depois de 3 a 4 dias a fruta adquire uma intensa cor vinho. Ainda segundo os autores, se a fruta for usada para a produção de vitamina C, a colheita deve ser feita quando o fruto ainda está completamente verde, embora em seu tamanho máximo.

Entretanto, segundo Vasquez-Caicedo (2005) o camu-camu não sofre mudanças pós-colheita, o que torna fundamental estabelecer a data de colheita dos frutos baseando-se em experiências locais e sob condições específicas. Em geral, é recomendado colher os frutos no estágio ótimo de amadurecimento, quando se encontram levemente vermelhos, porque frutos vermelho-púrpura e sobremaduros não resistem ao transporte.

Dois trabalhos apresentaram a evolução do amadurecimento dos frutos de camu-camu: Andrade et al. (1995) e Bardales et al. (2008).

Andrade et al. (1995) avaliaram frutos colhidos no Amazonas aos 56, 71, 85, 95, 104 e 113 dias após a antese e acompanharam o peso do fruto durante o amadurecimento e notaram que a taxa de aumento do peso se caracterizou por três etapas: a primeira e a última etapa apresentaram taxas mais lentas de aumento de peso, enquanto na segunda etapa a taxa foi bastante acelerada (entre os 71 e 85 dias após a antese).

Bardales et al. (2008) avaliaram os frutos da Colômbia da antese ao estágio de totalmente maduro, além do peso acompanharam os diâmetros equatorial e longitudinal dos frutos e notaram que o crescimento máximo foi alcançado aproximadamente 66 dias após o total florescimento (antese). Notaram também três etapas de crescimento dos frutos: crescimento lento nos primeiros 26 dias, crescimento exponencial entre 26 e 56 dias, e estabilidade após este período; e um ligeiro aumento do peso fresco na última etapa.

Bardales et al. (2008) também acompanharam taxa respiratória; cor da casca; e teor de ácido ascórbico. O camu-camu exibiu moderada taxa respiratória a 20°C ($167 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) durante a segunda etapa (aos 43 dias após a antese), enquanto na fase de máximo crescimento a taxa respiratória diminuiu para $65 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; a respiração do fruto manteve-se moderada, no estágio maduro, ao redor de $100 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ou menos; não houve detecção do etileno conforme com o comportamento não climatérico do CO_2

exibido durante o amadurecimento do fruto. O padrão respiratório do camu-camu está de acordo com o de outras espécies de mirtáceas não climatéricas (BARDALES et al., 2008).

O camu-camu exibiu coloração verde durante as duas primeiras etapas, tornando-se vermelho-rosada no meio da última etapa. Esta coloração foi rapidamente substituída pela cor característica da casca, vermelho-vinho. No final da terceira etapa o fruto tornou-se vermelho-escuro com o progresso da senescência do fruto (BARDALES et al., 2008). O período de senescência é a etapa em que os frutos apresentam coloração arroxeadada, quase preta, com certo grau de desidratação, e as cascas murchas (YUYAMA, K. et al., 2002).

Alves et al. (2002) avaliaram frutos colhidos no Pará em três estádios de amadurecimento de acordo com a cor (verde, $\frac{3}{4}$ verde e $\frac{3}{4}$ vermelho) e não observaram diferença significativa no peso (6,58 g e 7,05 g), no comprimento (2,14 cm e 2,21 cm) e no diâmetro (2,23 cm e 2,31 cm) dos frutos colhidos nos dois últimos estádios de amadurecimento.

1.1.5 Características físicas do fruto maduro

Os frutos maduros do camu-camu são globosos de superfície lisa e brilhante, de 1 a 4 cm de diâmetro, pesando entre 4,5 e 15,5 g, coloração variando de vermelho-escuro a púrpuro-negro, apresentando de uma a quatro sementes em forma de rim por fruto, sendo o mais comum de duas a três de 8 a 15 mm de comprimento e de 5,5 a 11 mm de largura (RODRIGUES et al., 2001; YUYAMA et al., 2003; MAEDA et al., 2006). A Figura 3 mostra frutos de camu-camu inteiros e partido ao meio, podendo serem visualizadas as sementes e a polpa.

A densidade relativa do fruto foi relatada como sendo entre 1,026 e 1,030 g.mL⁻¹ (ZAPATA; DUFOUR, 1993).

K. Yuyama et al. (2002) avaliaram frutos maduros colhidos em diferentes áreas de Roraima e não observaram diferença estatística entre os pesos dos frutos (entre 9,46 e 11,35 g), no entanto, havia diferença entre os diâmetros de frutos (entre 2,49 e 2,68 cm), enquanto Zanatta et al. (2005) analisaram frutos maduros colhidos no estado de São Paulo em duas cidades bastante distantes e observaram que os frutos de Mirandópolis foram menores (2,17 cm) e mais leves (7,6 g) que os produzidos em Iguape (2,40 cm; 8,7 g).

A casca do camu-camu é fina e brilhante, indo do rosa ao vermelho profundo ou púrpura intenso quando completamente madura (RODRIGUES et al., 2001). A cor da casca

do fruto maduro foi descrita como vermelho-Borgonha (BRADFIELD; ROCA, 1964), vermelho arroxeadado (YUYAMA et al., 2003) e vermelho-vinho (BARDALES et al., 2008).

A polpa foi descrita como rosada, succulenta e extremamente ácida, tendo um sabor agradável e sendo macia (RODRIGUES et al., 2001; ALVES et al., 2002). Zapata e Dufour (1993) observaram que durante o amadurecimento a cor da polpa da fruta mudou do amarelo-esverdeado para o rosa, provavelmente devido à migração de antocianina a partir da casca.

Bauer (2000) definiu camu-camu como uma fruta que parece uma cereja, tendo casca vermelha e polpa castanho-amarelada; odor doce, com notas de ameixa, damasco e forte de pêssego; gosto com uma nota inicial muito forte de noz-moscada, cereja, e ameixa, sendo adequada para misturas. O autor acrescentou que a polpa tem um gosto amargo e adstringente, que quando diluída 1:1 (com açúcar) ou 1:1,5 (sem açúcar), o sabor se torna similar ao da cereja; a casca tem sabor parecido ao de noz-moscada e de terpenos.



Figura 3 - Camu-camu partido ao meio, podendo ser visualizadas suas sementes, seu mesocarpo (polpa) e epicarpo (casca). Crédito da Foto: Sítio de Internet OLX¹

1.1.6 Partes tissulares

Alguns trabalhos apresentaram estudos sobre as partes tissulares dos frutos de camu-camu. Este tipo de estudo é importante porque auxilia nas estimativas de rendimento de polpa (ALVES et al., 2002) e de concentração de compostos, visto que esta está relacionada aos diferentes tecidos dos frutos (YUYAMA, K. et al., 2002).

Nos diferentes trabalhos o peso das sementes variou entre 17 e 29% do peso total da fruta (ANDRADE et al., 1995; YUYAMA, K. et al., 2002; ALVES et al., 2002 e VASQUEZ-CAICEDO, 2005), portanto a parte comestível, o pericarpo, formado pelo conjunto polpa e casca estaria entre 71 e 83%. Andrade et al. (1991) observaram rendimento da polpa de 84,5%. O peso da casca seria aproximadamente um terço do peso da polpa, ou seja, entre 15%

¹ OLX - <http://cidadesaopaulo.olx.com.br/pictures/fruta-camu-camu-100-vezes-mais-vitamina-c-que-uma-laranja-iiid-193177657>. Acesso em: 20 junho 2011.

e 20% do peso total do fruto fresco (YUYAMA, K. et al., 2002; VASQUEZ-CAICEDO, 2005).

Maeda e Andrade (2003) observaram que a incorporação da casca à polpa aumentou o rendimento de polpa em mais de 30% e destacaram que é na casca que o camu-camu apresenta maior concentração de ácido ascórbico, pigmentos e compostos fenólicos.

Andrade et al. (1995) observaram que a média de peso do pericarpo aumentou quase 3,5% entre 56 e 113 dias após a antese, no mesmo período o teor de umidade foi relativamente constante.

1.1.7 Parâmetros de qualidade

Na definição de parâmetros de qualidade de uma fruta, polpa de fruta ou de qualquer outro derivado, são importantes os teores de sólidos solúveis, açúcares totais e redutores, acidez titulável, amido, e pectina total e solúvel e os índices de pH e de *ratio* (razão entre teor de sólidos solúveis e acidez titulável) (RUFINO et al., 2009).

Para o camu-camu os teores de sólidos solúveis encontrados foram de 5,6°Brix (ZAPATA; DUFOUR, 1993; MAEDA; ANDRADE, 2003) até 8,22°Brix (SILVA; ANDRADE, 1997). Estes valores foram observados em frutos em diferentes estádios de amadurecimento, colhidos em diferentes regiões e submetidos a diferentes tratamentos (ZAPATA; DUFOUR, 1993; SILVA; ANDRADE, 1997; ALVES et al., 2002; MAEDA; ANDRADE, 2003; ZANATTA et al., 2005; SILVA et al., 2005). Nesta fruta, o teor de sólidos solúveis é representado de forma destacada (mais de 40%) por ácidos orgânicos, e os açúcares estão em baixas concentrações (ALVES et al., 2002; MAEDA; ANDRADE, 2003).

O teor de açúcares totais em camu-camu maduro, apesar de quase triplicar com o amadurecimento, é muito baixo comparado à maioria das outras frutas, entre 1,5 e 3,1%. Os açúcares solúveis representaram somente cerca de 20% dos sólidos solúveis da fruta. A sacarose (açúcar não-redutor) pode estar ausente, por isso os açúcares redutores representam muitas vezes a totalidade dos açúcares presentes, e destes a maior fração (até 75%) é de frutose (ANDRADE et al., 1991; ZAPATA; DUFOUR, 1993; ALVES et al., 2002; SILVA et al., 2006a, 2006b). Andrade et al. (1991) afirmaram que geralmente os frutos ricos em vitamina C apresentam quantidades mínimas de sacarose, em decorrência do desvio da glicose para a síntese de ácido ascórbico.

O teor de amido (0,3 a 0,4%), semelhante ao de frutos cítricos, e o de pectina (0,1 a 0,2%), podem ser considerados baixos, e sugerem que a extração de suco ou polpa deve ser

relativamente fácil e se beneficiar pouco do uso de processos enzimáticos (ANDRADE et al., 2001; ALVES et al., 2002; SILVA et al., 2006b).

A acidez titulável do camu-camu, mesmo diminuindo com o amadurecimento (ZAPATA; DUFOUR, 1993; SILVA; ANDRADE, 1997; ALVES et al., 2002), variou, geralmente, entre 2,31% (SILVA et al., 2005) e 3,08% (ZAPATA; DUFOUR, 1993), o que permite classificá-lo como muito ácido (ANDRADE et al., 1991, ALVES et al., 2002). Sua acidez equipara-se à do *grapefruit* (2,2%) e é inferior à do limão (5%) (ANDRADE et al., 1991). Em experimento realizado por Maeda e Andrade (2003) foram registrados índices superiores, entre 4,10 e 4,40%.

O principal ácido do camu-camu maduro é ácido cítrico (1.980 mg.100 g⁻¹), mas ácido ascórbico e ácido málico também destacam-se (940 mg.100 g⁻¹ e 600 mg.100 g⁻¹ respectivamente) (ZAPATA; DUFOUR, 1993).

O *ratio*, ou índice de palatabilidade, é a razão entre o teor de sólidos solúveis e acidez titulável total, frequentemente usado como índice de maturidade para estimar qualidade sensorial da fruta, o grau de doçura e intensidade de processamento (ZAPATA; DUFOUR, 1993; ALVES et al., 2002; MAEDA; ANDRADE, 2003).

Para o camu-camu maduro o *ratio* é de 1,54 (MAEDA; ANDRADE, 2003) a 2,81 (SILVA et al., 2005), um índice de palatabilidade extremamente baixo, se comparado com a maioria dos frutos consumidos frescos e que ressalta o baixo grau de doçura do fruto (ALVES et al., 2002; MAEDA; ANDRADE, 2003). Este baixo índice é reflexo da elevada acidez e do baixo teor de açúcares (SILVA et al., 2006a).

Por ser consequência da relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável, o *ratio*, aumentou com o amadurecimento (ZAPATA; DUFOUR, 1993; CHIRINOS et al., 2010). Villanueva-Tiburcio et al. (2010) apresentaram resultados contraditórios sobre o *ratio* de camu-camu em três estádios de amadurecimento com índices de 4,28 (verde); 3,44 (semi-maduro); e 2,57 (maduro).

O pH do camu-camu esteve entre 2,4 (ZANATTA et al., 2005) e 3,2 (MAEDA; ANDRADE, 2003). O baixo pH é importante por ser um fator limitante para o crescimento de bactérias patogênicas e deterioradoras, além de favorecer a estabilidade do ácido ascórbico, uma vez que esta vitamina tem maior estabilidade em pH ácido, característica tecnológica desejável na delimitação do tempo e do tipo de tratamento térmico para o processamento industrial (MAEDA; ANDRADE, 2003; MAEDA et al., 2006).

Faraoni (2006) avaliando polpa congelada e polpa pasteurizada de manga encontrou na polpa congelada índice de pH superior ao da polpa pasteurizada a 80°C, no entanto a polpa

pasteurizada a 75°C não diferiu estatisticamente da polpa congelada. Importante destacar que a diferença nos valores de pH entre estas amostras era de, aproximadamente, 0,3. Quanto aos teores de sólidos solúveis, as polpas pasteurizadas superaram em 2,0 a 2,5°Brix as polpas congeladas, indicando um possível efeito da pasteurização sobre as polpas. Quanto à acidez os valores das polpas congeladas foram próximos a 0,14 g de ácido cítrico.100 g⁻¹ de polpa, os valores de polpa pasteurizada a 70°C a 0,18 g de ácido cítrico.100 g⁻¹ e os de polpa pasteurizada a 80°C entre 0,21 e 0,26 g de ácido cítrico.100 g⁻¹, os valores diferiam estatisticamente. E o *ratio* da polpa pasteurizada a 80°C foi significativamente inferior ao *ratio* das polpas congelada e pasteurizada a 75°C. Não foram encontrados estudos que comparassem o efeito de liofilização ou pressurização sobre polpa de frutas armazenadas.

1.1.8 Outros parâmetros de qualidade

Um importante parâmetro de identidade e qualidade do fruto é a cor da casca, tanto que vários trabalhos basearam-se neste critério para classificar o grau de maturidade da fruta (ZAPATA; DUFOUR, 1993; ALVES et al., 2002; VILLANUEVA-TIBURCIO et al., 2010, CHIRINOS et al., 2010), no entanto, foram encontrados apenas dois trabalhos relatando valores instrumentais de cor para a casca de camu-camu. Zapata e Dufour (1993) avaliaram frutos de camu-camu em três estádios de amadurecimento, e observaram que o valor L* (luminosidade) permaneceu praticamente inalterado, enquanto os valores a* e b* aumentaram. Segundo Bardales et al. (2008) o camu-camu exibiu uma coloração verde, depois vermelho-rosada e finalmente a cor característica da casca, vermelho vinho, o que foi demonstrado pela redução do valor H* durante o amadurecimento de 110° (verde) a 26° (vermelho). Os autores ainda afirmaram que luminosidade e croma do fruto também diminuíram durante o amadurecimento, o que refletiu na ligeira opacidade, e em uma cor embaçada e menos viva.

1.1.9 Características químicas – composição centesimal do camu-camu

Os teores de umidade de camu-camu apresentados estão entre 89,8 e 93,3% (SILVA et al., 2005; MAEDA et al., 2006; SILVA et al., 2006a, 2006b, 2006c; RODRIGUES; MARX, 2006; GENOVESE et al., 2008; RUFINO et al., 2010a). Os teores de proteína, lipídios e minerais são bastante reduzidos (ANDRADE et al., 1991; RODRIGUES; MARX,

2006). O teor de sólidos totais aumentou em paralelo com o amadurecimento (ZAPATA; DUFOUR, 1993).

Justi et al. (2000) analisaram a composição centesimal de polpas de camu-camu e demonstraram que aproximadamente 94% era de umidade, 3,5% de carboidratos, 1,4% de ácido ascórbico (vitamina C) e 1% dos demais componentes (proteínas, lipídios, minerais e fibras).

Mesmo com teores de proteínas, lipídios, minerais e fibras bastante reduzidos alguns trabalhos foram publicados detalhando estes grupos de nutrientes.

Zapata e Dufour (1993) avaliaram aminoácidos em camu-camu e observaram que o teor aumentou com o amadurecimento de 78,7 para 173,2 mg.100 g⁻¹, principalmente serina, valina e leucina. Rodrigues e Marx (2006), baseados nos dados apresentados por Zapata e Dufour (1993), chamaram a atenção para a ocorrência de ácido 4-aminobutírico (GABA), um aminoácido não proteinogênico, conhecido por estimular o crescimento da planta. Sua concentração normalmente varia de 0,5 a 3,25 mg.100 g⁻¹. O nível mais alto de GABA é encontrado em tecidos vegetais quando eles são expostos a estresse. Os autores propuseram que a concentração extremamente elevada em camu-camu (8,2 mg.100 g⁻¹) seria consequência da submersão parcial na época de colheita e que seria interessante observar teores deste aminoácido em plantas de áreas não inundáveis, para confirmar tal proposição.

Justi et al. (2000) analisaram o perfil de ácidos graxos e verificaram que a concentração era de 52,5% de poliinsaturados (os ômega 3 α -linolênico (18:3w3) e eicosapentaenoico (20:5w3), respectivamente, 30 e 13% e o restante de ômega 6); 37,5% de saturados e 11,8% do monoinsaturado ácido oléico (18:1w9). Destacaram que o ácido eicosapentaenoico (EPA) é um ácido característico de óleo de peixe e animais marinhos.

Os teores dos elementos minerais reconhecidos como nutrientes essenciais foram apresentados por Zapata e Dufour (1993), Justi et al. (2000) e Yuyama et al. (2003), e caracterizaram-se por grandes variações nos teores do mesmo elemento nos diferentes estudos. Yuyama et al. (2003) encontraram tais variações até mesmo em frutos colhidos de plantas banhadas pelo mesmo rio e justificaram que poderia ser devido ao tipo e condições de solo, maturação e armazenamento dos frutos. No entanto, independente das variações, o mineral mais abundante em camu-camu é o potássio, e somente o cromo atenderia às recomendações mínimas, segundo a National Academy of Science (YUYAMA et al., 2003).

Yuyama, L. et al. (2002) avaliaram casca e polpa de camu-camu e encontraram destacados teores de fibra alimentar total (6,18%) e insolúvel (5,08%) nas cascas dos frutos, e

concluíram que os frutos analisados apresentaram um potencial relevante como fonte de fibra alimentar, particularmente nas cascas, apresentando uma concentração média de fibra alimentar total de 2,88 g.100 g⁻¹ de fruto. Este índice é mais de duas vezes superior ao valor máximo de 1,18 g.100 g⁻¹ apresentado por Rodrigues et al. (2006), em um artigo de revisão sobre camu-camu.

Segundo a Portaria n° 27, de 13 de janeiro de 1998, da Secretaria de Vigilância Sanitária (BRASIL, 1998), para que um alimento sólido possa ser considerado “fonte de” fibra, necessitaria conter no mínimo 3% desta classe de compostos.

1.1.10 Compostos aromáticos

Os compostos voláteis responsáveis pelo aroma do camu-camu foram identificados por Franco e Shibamoto (2000) e Quijano E Pino (2007).

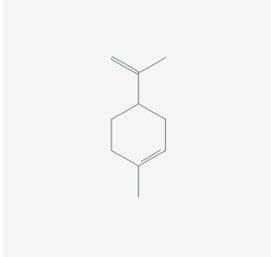
Aproximadamente 98% dos compostos voláteis eram terpenos, sendo 66,2% α -pineno, 23,7% D-limoneno e 4,6% β -cariofileno (um sesquiterpeno). Além destes compostos foram detectados outros que caracterizaram qualitativamente a fruta: α -fencheno, car-3-eno, γ -terpineno e *p*-cimeno e os monoterpene alcoóis, eucaliptol, fenchol e 4-terpineol (dos 24 compostos voláteis detectados, 20 foram identificados) (FRANCO; SHIBAMOTO, 2000).

Dentre os compostos identificados por Quijano e Pino (2007), 185 foram relatados pela primeira vez em camu-camu. Assim como no estudo de Franco e Shibamoto (2000) os hidrocarbonetos terpênicos predominaram; no entanto, o limoneno foi o principal composto, seguido por α -pineno (Tabela 2). Os autores destacaram que compostos aromáticos podem ser liberados de precursores não-voláteis (compostos glicosilados) por hidrólise ácida ou enzimática durante o processamento industrial; e que a maioria dos terpenos oxigenados tem baixos limiares de odor, podendo contribuir para o aroma global da fruta. Por fim, afirmaram que um dos métodos de isolamento produziu a maior quantidade de 2-furfural em comparação com os outros métodos testados por eles, provavelmente devido à oxidação de ácido ascórbico, presente em teores bastante elevados.

A polpa de camu-camu em avaliação olfativa, por um profissional flavorista, teve seu odor caracterizado como: fresco-frutado, floral-álcool, graxo e picante. O limoneno e os ésteres de baixos pesos moleculares ocasionam características de odor fresco-frutado, enquanto o odor floral-álcool pode ser atribuído ao α -terpineol e terpinen-4-ol, o odor graxo aos ácidos graxos e o odor picante ao α -pineno. Com base em tais atributos a fruta foi

considerada uma interessante alternativa na saborização de produtos alimentícios, tais como refrescos, chás de frutas e gomas de mascar (QUIJANO; PINO, 2007).

Tabela 2 - Principais compostos de aroma do camu-camu e algumas características.

Composto	Limoneno	α -pineno
Fórmula estrutural		
Nome IUPAC	1-metil-4-prop-1-en-2-ilciclohexeno	4,6,6-trimetilbiciclo[3.1.1]hept-3-eno
Isômeros	(4S)-1-metil-4-prop-1-en-2-ilciclohexeno; (4R)-1-metil-4-prop-1-en-2-ilciclohexeno	(1R,5R)-4,6,6-trimetilbiciclo[3.1.1]hept-3-eno; (1S,5S)-4,6,6-trimetilbiciclo[3.1.1]hept-3-eno; (5R)-4,6,6-trimetilbiciclo[3.1.1]hept-3-eno; (5S)-4,6,6-trimetilbiciclo[3.1.1]hept-3-eno; (1R)-4,6,6-trimetilbiciclo[3.1.1]hept-3-eno
ID composto	439250, 440917	6654, 82227
Peso molecular	136,23404 [g.mol ⁻¹]	136,23404 [g.mol ⁻¹]
Fórmula molecular	C ₁₀ H ₁₆	C ₁₀ H ₁₆

Fonte: National Center for Biotechnology Information (U.S. National Library of Medicine, 2011)

1.1.11 Vitamina C

O mais importante antioxidante hidrossolúvel, a vitamina C, não pode ser sintetizado no corpo humano (RUFINO et al., 2010a), portanto, o ser humano depende da dieta para adquiri-lo, geralmente pelo consumo de frutas e hortaliças (ALBERTINO et al., 2009).

Genovese et al. (2008) afirmaram que muitos estudos tinham sido relatados sobre as principais fontes de vitamina C, especialmente citros, kiwi, cerejas e melões, cujos teores poderiam exceder 100 mg.100 g⁻¹, no entanto, o teor em amostras de camu-camu que haviam analisado apresentava em torno de quatro vezes este valor e, deste modo, poderia representar uma excelente fonte de vitamina C na dieta. O camu-camu comparado a outras frutas é a mais rica fonte de vitamina C (Tabela 3). Rufino et al. (2010a) encontraram teores de vitamina C de 1.882 mg.100 g⁻¹ em camu-camu e de 1.357 mg.100 g⁻¹ em acerola, esta última sendo bastante reconhecida pelo elevado teor de ácido ascórbico.

Rodrigues et al. (2001) afirmavam que Villachica, em dois trabalhos de 1996², destacou o elevado índice de vitamina C em camu-camu, 2.994 mg.100 g⁻¹ (sendo 2.780 mg de ácido ascórbico reduzido) e que o índice aumentou com o amadurecimento do fruto.

Tabela 3 - Frutas com os mais elevados índices de ácido ascórbico segundo publicações científicas entre 2005 e 2010

Nome popular	Quantidade (mg.100 g ⁻¹)	Estudo
Camu-camu	2.900	Bardales et al (2008)
Camu-camu	2.585	Maeda et al. (2007)
Camu-camu	2.195	Villanueva-Tiburcio et al. (2010)
Camu-camu	2.010	Chirinos et al. (2010)
Camu-camu	1.962	Silva et al. (2005)
Acerola	1.921	De Rosso e Mercadante (2007)
Camu-camu	1.882	Rufino et al. (2010a)
Acerola	1.836	Araújo et al. (2007)
Camu-camu	1.721	Silva et al. (2008)
Acerola	1.525	Assis et al. (2009)
Acerola	1.450	Mezadri et al. (2008)
Acerola	1.357	Rufino et al.(2010a)
<i>Kakadu</i>	1.240	Konczak et al. (2010)
Acerola	1.191	Mamede et al. (2009)
<i>Rosehip</i>	1.141	Pirone et al. (2007)
Camu-camu	397	Genovese et al. (2008)

Nome popular = Nome científico; Camu-camu = *Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh; Acerola = *Malpighia emarginata* DC; *Kakadu* = *Terminalia ferdinandiana* Exell; *Rosehip* = *Rosa eglantheria*

Entre 2005 e 2010, os trabalhos publicados sobre camu-camu informaram teores de ácido ascórbico na polpa entre 1.721 e 2.585 mg.100 g⁻¹ (SILVA et al., 2006a, 2006b, 2006c; SILVA et al., 2005; CHIRINOS et al., 2010; VILLANUEVA-TIBURCIO et al., 2010; MAEDA et al., 2006). Estas concentrações foram encontradas em frutos de diferentes origens e por meio de diferentes métodos de determinação (Tabela 4). Também é importante destacar que Genovese et al. (2008) encontraram um teor de 397 mg.100 g⁻¹, valor bastante inferior ao que geralmente é relatado. Rufino et al. (2010a) afirmaram ter determinado o teor de vitamina C, e não de ácido ascórbico, e que esse foi de 1.882 mg.100 g⁻¹. Chirinos et al. (2010) apresentaram teor de ácido dehidroascórbico de 121 mg.100 g⁻¹, valor 16 vezes menor que o teor de ácido ascórbico que foi de 2.010 mg.100 g⁻¹.

² VILLACHICA, L.H. El cultivo de camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. Mc Vaugh) en la Amazonia Peruana. SPT-TCA n. 46. Tratado de Cooperacion Amazonica, Lima (Peru), Jul 1996. 95 p. VILLACHICA, L.H. Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia, Proyecto FAO/GCP/RLA/118/NET, Lima, Peru, 1996.

Tabela 4 - Métodos utilizados nas quantificações de ácido ascórbico e origens das polpas de camu-camu analisadas

Método	Origem	Quantidade (mg AA. 100 g ⁻¹)	Estudo
Cromatografia líquida de alta eficiência	Tarapacá, Amazonas, Colômbia	2.900	Bardales et al. (2008)
Não descrito pelos autores	Rio Preto do Eva, Amazonas, Brasil	2.585	Maeda et al. (2007)
Espectrofotometria, usando 2,6 diclorofenolindofenol	Ucayali, Peru	2.195	Villanueva et al. (2010)
Cromatografia líquida de alta eficiência	Iquitos, Peru	2.010	Chirinos et al. (2010)
Titulometria com iodo	Sudeste do Brasil	1.962	Silva et al. (2005)
Titulometria, usando 2,6 diclorofenolindofenol	Belém, Pará, Brasil	1.882	Rufino et al. (2010a)
Titulometria com iodo	Sudeste do Brasil	1.721	Silva et al. (2008)
Cromatografia líquida de alta eficiência	Estado de São Paulo, Brasil	397	Genovese et al. (2008)

Sandoval et al. (2001) encontraram índice de ácido ascórbico no extrato liofilizado de camu-camu de 840 mg por 100 g (não foram informados o método utilizado na determinação, a origem do fruto, o grau de amadurecimento, nem os processos para obtenção da amostra).

Considerando concentrações de ácido ascórbico superiores a 1.800 mg.100 g⁻¹, com apenas um fruto pesando, em média, 10 g com 50% de polpa, um homem adulto de referência estaria com as suas recomendações nutricionais em termos de vitamina C atendidas, segundo Yuyama, K. et al. (2002).

Níveis plasmáticos mínimos de vitamina C de 0,2 mg.L⁻¹ são recomendados na prevenção de riscos à saúde, mas superdosagens de vitamina C (> 3 mg.L⁻¹) não causam toxicidade, pois ela é usualmente eliminada através da urina e das fezes. Por isso, a quantidade extremamente elevada de vitamina C encontrada em camu-camu não representa risco à saúde (VASQUEZ-CAICEDO, 2005).

Em camu-camu, a casca é o local de maior concentração de ácido ascórbico (ANDRADE et al., 1995; YUYAMA, K. et al., 2002; MAEDA; ANDRADE, 2003; MAEDA et al., 2006). Análises das cascas indicaram cerca de 5% de teor de ácido ascórbico (ALVES et al., 2002). O teor de ácido ascórbico no epicarpo (casca) foi 88% superior em relação ao encontrado no mesocarpo (polpa) (MAEDA et al., 2006). Em função das concentrações mais elevadas de ácido ascórbico estarem na casca, sua incorporação à polpa contribui

positivamente, elevando os teores em aproximadamente 25%, ou mais. Com o processo de despolpa, a concentração no mesocarpo aumenta, favorecida pela presença de minúsculos fragmentos do epicarpo na polpa processada (MAEDA; ANDRADE, 2003; MAEDA et al, 2006).

Villanueva-Tiburcio et al. (2010) analisaram cascas de frutos de camu-camu em diferentes estádios de amadurecimento (maduro, semi-maduro e verde) obtidos de Ucayali, Peru. O maior conteúdo de ácido ascórbico no estado fresco apresentou-se na casca de camu-camu maduro com 2.195 mg.100 g⁻¹, seguida pela casca do semi-maduro 2.050 mg.100 g⁻¹ e pela casca do camu-camu verde 1.378 mg.100 g⁻¹. Após secagem, o maior conteúdo de ácido ascórbico apresentou-se na casca do fruto semi-maduro com 5.349 mg.100 g⁻¹, seguido pela casca do fruto maduro (1.641 mg.100 g⁻¹) e pela casca do fruto verde (1.538 mg.100 g⁻¹).

A concentração de ácido ascórbico nos frutos verdes é menor e vai aumentando até atingir o máximo quando os frutos estiverem maduros (ZAPATA; DUFOUR, 1993; ANDRADE et al., 1995; YUYAMA, K. et al., 2002; ALVES et al., 2002). Alguns autores encontraram teores de ácido ascórbico mais elevados em frutos semi-maduros que em frutos maduros (SILVA; ANDRADE, 1997; JUSTI et al., 2000; BARDALES et al., 2008). Bradfield e Roca (1964) afirmaram não ter encontrado diferença significativa entre os teores de ácido ascórbico nos frutos em diferentes estádios.

Andrade et al. (1995) em estudos sobre o amadurecimento do fruto mostraram que 56 dias após a antese o camu-camu tinha um teor de 2.005 mg.100 g⁻¹, este valor decresceu para 1.613 mg.100 g⁻¹ aos 71 dias, embora tenha aumentado novamente alcançando valor máximo de 2.606 mg.100 g⁻¹ aos 113 dias. Os dados mostraram que o índice de vitamina C aumentou em 25,8% entre os 85 e 113 dias, o que representou uma síntese de 40,54 mg.dia⁻¹, indicativo de amadurecimento.

Bardales et al. (2008), analisando frutos colhidos na Colômbia afirmaram que o camu-camu exibiu teores máximos no estágio semi-maduro (2.900 mg), enquanto verde e maduro mostraram níveis próximos a 2.100 mg.

Além dos diferentes tecidos e do grau de amadurecimento, outros determinantes da concentração de ácido ascórbico em um fruto são condições ambientais (características de solo e fatores climáticos), diferenças genéticas, efeito de agroquímicos e poluentes (VASQUEZ-CAICEDO, 2005; SILVA et al., 2006b; MAEDA et al., 2007; RODRIGUES; MARX, 2006; BARDALES et al., 2008; GENOVESE et al., 2008).

Bradfield e Roca (1964) afirmaram ter encontrado diferenças significativas nos teores de ácido ascórbico entre frutos no mesmo estádio e colhidos em diferentes localidades de Iquitos, Peru.

Andrade et al. (1991), avaliando frutos maduros (entre 104 e 113 dias após a antese) procedentes de plantas em adaptação à terra firme no Amazonas, observaram que o teor de vitamina C, 2.950 mg.100 g⁻¹ de polpa integral, equivalia ao de populações silvestres da Amazônia Peruana.

Justi et al. (2000) avaliaram teores de vitamina C nas polpas de frutos de uma estação experimental do estado Paraná, e afirmaram que a concentração de vitamina C encontrada em frutos deste estado (1.490 mg.100 g⁻¹) foi menor comparada às de frutos da Amazônia.

Yuyama et al. (2002), analisando frutos colhidos em diferentes áreas de Roraima apresentaram os mais elevados teores de ácido ascórbico relatados sobre camu-camu, entre 3.571 e 6.112 mg.100g⁻¹ de polpa, e afirmaram que poderia ser devido a variabilidade genética e que seria possível encontrar outras populações com teor de ácido ascórbico ainda maior, necessitando continuidade das pesquisas.

A natureza química do fruto pode determinar a degradação ou estabilidade do ácido ascórbico. Alguns componentes naturais das frutas têm efeito inibidor sobre a degradação, como os flavonóides, que podem reduzir a oxidação de ácido ascórbico por meio de mecanismos de complexação com metais ou agindo como receptores de radicais livres (MAEDA et al., 2006). No entanto, alguns flavonóides, como as antocianinas, podem gerar perdas de ácido ascórbico por meio de reações de condensação de ácido ascórbico ao carbono 4 de uma antocianina, resultando na perda de ambos os componentes (DE ROSSO; MERCADANTE, 2007). Outros compostos como enzimas, ácidos e até mesmo a água presentes na fruta facilitam a degradação do ácido ascórbico (MAEDA et al., 2007; VILLANUEVA-TIBURCIO et al., 2010).

A elevada concentração de ácido ascórbico do camu-camu pode contribuir favoravelmente para sua estabilidade, uma vez que quando presente em altas concentrações, a taxa de degradação desta vitamina é reduzida (MAEDA et al., 2007).

Outros fatores determinantes da concentração e estabilidade da vitamina C são pH, presença de íons metálicos, de oxigênio e de enzimas, tempo e temperatura de processamento e de armazenamento (MAEDA et al., 2007; GENOVESE et al., 2008), por isso o índice de vitamina C encontrado em frutas frescas pode ser maior que em polpas comerciais (GENOVESE et al., 2008). O valor de pH é importante para a estabilidade do ácido ascórbico, uma vez que este composto tem maior estabilidade em pH ácido (MAEDA et al., 2006).

Frutos de três estádios de amadurecimento armazenados a 20°C e 85% de umidade relativa por uma semana mostraram teor de ácido ascórbico cerca de 50% menor comparado com o fruto maduro. Frutos maduros mantiveram maiores níveis de ácido ascórbico por cinco dias após colheita que os frutos colhidos em estádios anteriores e submetidos ao mesmo período de vida-de-prateleira (BARDALES et al., 2008).

Polpas submetidas a branqueamento apresentaram redução no teor de ácido ascórbico superior a 30% em experimento realizado por Maeda e Andrade (2003); no entanto em outro experimento a redução não atingiu 1% (MAEDA et al., 2006). Em ambos os experimentos os frutos foram branqueados por imersão, no entanto as condições do primeiro branqueamento foram 90°C por 7 minutos, e as do segundo, 70°C por 2 minutos.

Justi et al. (2000) avaliaram a estabilidade da vitamina C em polpas de camu-camu durante o armazenamento congelado, a -18°C, e demonstraram que a concentração de vitamina C reduziu 23% nos primeiros 28 dias, acumulou uma perda de 26% até o centésimo dia, e permaneceu constante até o fim do experimento, aos 335 dias.

Finalmente, o método usado na determinação do teor de ácido ascórbico também pode ser um fator que contribui para os diferentes valores de concentração apresentados para um mesmo fruto ou produto derivado (RODRIGUES et al., 2001; RODRIGUES; MARX, 2006).

Zapata e Dufour (1992) desenvolveram um método de determinação simultânea de ácido ascórbico e ácido dehidroascórbico por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) analisando tablete de ácido ascórbico (1.000 mg), além de camu-camu, kiwi, laranja e tomate. Os autores encontraram para o tablete de ácido ascórbico valores de 1.090 mg de ácido ascórbico e 16 mg de ácido dehidroascórbico por 100 mL de amostras, e para o suco de camu-camu valores de 961 mg e 31 mg por 100 mL, respectivamente, enquanto as demais amostras apresentaram números, no mínimo, 10 vezes inferior em ácido ascórbico, e concluíram que o camu-camu seria uma excelente fonte de vitamina C. Além destes dois compostos pelo método foi possível determinar ácido isoascórbico, no entanto ácido dehidroisoascórbico não foi detectado.

Aragão et al. (1996) utilizaram método enzimático para analisar frutos do Amazonas e encontraram teor de ácido ascórbico de 1.100 mg por 100 g de fruto.

Na atividade global de vitamina C em fontes dietéticas são determinados os teores de ácidos ascórbico e dehidroascórbico (Figura 4), pois o L-ácido ascórbico, principal forma biologicamente ativa, é reversivelmente oxidado a L-ácido dehidroascórbico, que também exibe atividade biológica. Mais oxidação gera ácido dicetogulônico (Figura 4), que não tem

função biológica conhecida (ALBERTINO et al., 2009). L-ácido ascórbico é amplamente distribuído em plantas, onde ele desempenha papel crucial no metabolismo e no crescimento tissular (ALBERTINO et al., 2009). Chirinos et al. (2010) observaram que o teor de ácido ascórbico foi de 12 a 19 vezes maior que o de ácido dehidroascórbico durante o amadurecimento.

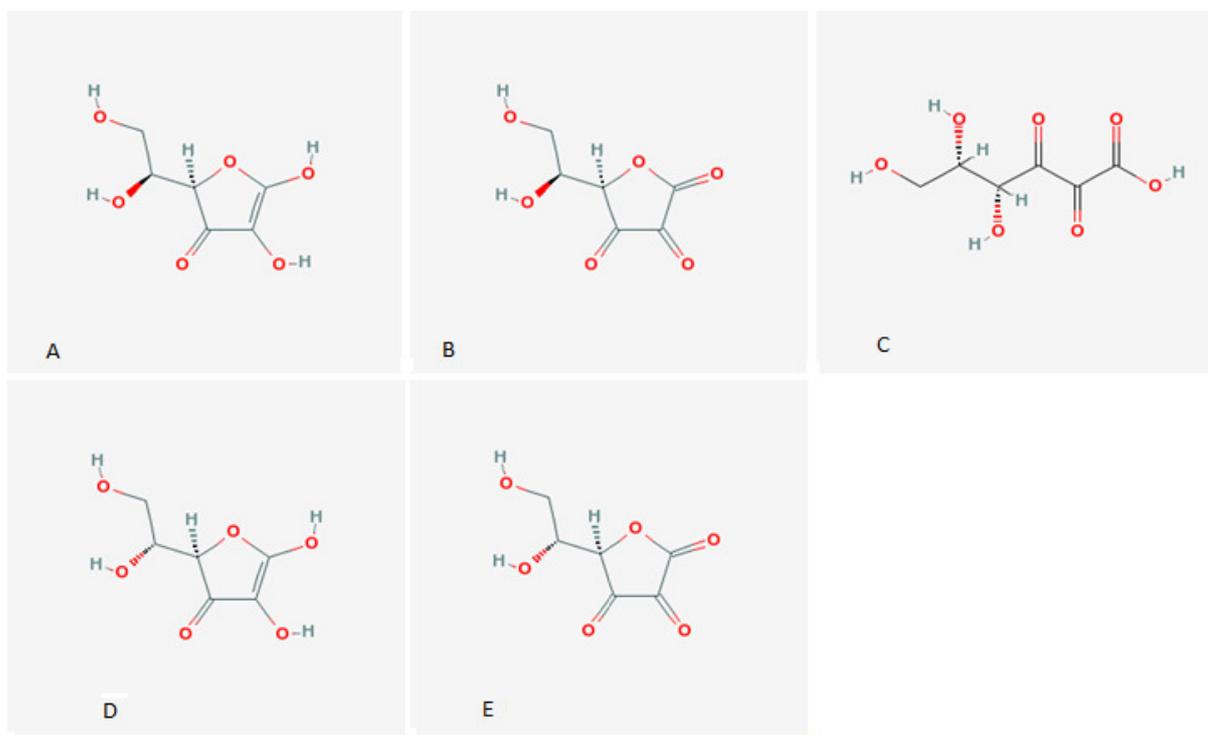


Figura 4 - Estruturas moleculares de (A) ácido ascórbico, (B) ácido dehidroascórbico, (C) ácido dicetogulônico, de (D) ácido isoascórbico e (E) ácido dehidroisoascórbico. Fonte: National Center for Biotechnology Information (U.S. National Library of Medicine, 2011)

Outros compostos relacionados são ácido dehidroisoascórbico e ácido isoascórbico ou eritórbico (Figura 4) com atividade biológica 20 vezes menor que a do ácido ascórbico e não encontrados em produtos naturais (ZAPATA; DUFOUR, 1992). A matriz natural pode ser essencial para efeitos protetores do ácido ascórbico à saúde (RODRIGUES; MARX, 2006).

Alguns estudos chamaram a atenção para possíveis atividades pró-oxidantes do ácido ascórbico devido à formação de radicais ascorbila durante a oxidação, ou devido à reação do ácido ascórbico com a água e as enzimas presentes na fruta gerando peróxido de hidrogênio, um agente oxidante (RUFINO et al., 2010a; VILLANUEVA-TIBURCIO et al., 2010).

A conservação do elevado índice de ácido ascórbico exige adequada manipulação dos frutos para reduzir perdas pós-colheita, sendo necessários estudos sobre as modificações

durante o armazenamento (SILVA; ANDRADE, 1997). Como em qualquer fruta rica em vitamina C, o tempo decorrido entre a colheita e o consumo é crucial, até 25% do teor de vitamina pode ser perdido em menos de um mês (ALBERTINO et al., 2009).

1.1.12 Compostos fenólicos

Compostos fenólicos são amplamente estudados, entre outras razões por possuírem potencial atividade antioxidante, o que é interessante para a indústria de alimentos tanto pela possibilidade de serem utilizados como conservantes naturais de alimentos, quanto pela possibilidade de conferirem alegações funcionais aos alimentos que os contenham (MORAES-DE-SOUZA et al., 2008).

Compostos fenólicos de vegetais compreendem grande diversidade de compostos que podem ser classificados em diferentes grupos, baseando-se no número de anéis fenólicos que eles contêm e nos elementos estruturais ligados a estes anéis. Os grupos podem ser: ácidos fenólicos (ácidos hidroxibenzóicos e hidroxicinâmicos), estilbenos, ligninas e flavonóides (antocianinas, flavonóis, flavanonas, flavan-3-óis, entre outros). Flavan-3-óis podem ser encontrados como oligômeros e polímeros, sendo conhecidos como taninos condensados. Os taninos hidrolisáveis são um grupo de fenólicos que possui um açúcar esterificado com ácido gálico (galotaninos) ou com ácido elágico (elagitaninos) (CHIRINOS et al., 2010).

O camu-camu é um fruto que apresenta alta concentração de compostos fenólicos, na faixa de 1.370 a 2.110 mg de equivalente ácido gálico.100 g⁻¹, os quais podem ser relacionados com as características sensoriais de amargor e adstringência no fruto e em produtos derivados limitando sua aceitabilidade (ALVES et al., 2002; MAEDA; ANDRADE, 2003). Outra influência sensorial dos compostos fenólicos é na coloração devido às antocianinas. Compostos fenólicos também são importantes por apresentarem propriedade antioxidante (MAEDA; ANDRADE, 2003).

Genovese et al. (2008) caracterizaram frutas do Brasil em relação aos seus teores de compostos fenólicos totais e observaram que o camu-camu apresentou o mais elevado teor (1.797 mg EAG.100 g⁻¹).

Chirinos et al. (2010) verificaram que o teor de compostos fenólicos totais em camu-camu aumentou do estágio verde (1.120 mg EAG.100 g⁻¹) para o semi-maduro (1.420 mg EAG.100 g⁻¹), e então diminuiu no estágio maduro (1.320 mg EAG.100 g⁻¹).

Nestes trabalhos foi destacado que o método mais utilizado de quantificação de teor de compostos fenólicos, o método de Folin, não é específico, pois está relacionado à capacidade redutora de uma amostra, e a presença de ácido ascórbico, açúcares e aminas aromáticas pode interferir na medida e levar a superestimação do teor de compostos fenólicos totais. O alto nível de ácido ascórbico, poderia então influenciar a quantificação do teor de compostos fenólicos em camu-camu (GENOVESE et al., 2008; REYNERTSON et al., 2008; CHIRINOS et al., 2010).

Devido à influência do ácido ascórbico na determinação de compostos fenólicos totais, foi realizado um experimento em que foram isolados o ácido ascórbico e compostos fenólicos em duas frações distintas, FI e FII, respectivamente. Na fração FII foram verificados teores de compostos fenólicos totais de 129, 155 e 219 mg EAG.100 g⁻¹, no entanto os autores alertaram para possíveis perdas ocorridas durante o fracionamento, visto que foi verificada redução de 10 vezes no teor de ácido ascórbico em relação ao teor original (CHIRINOS et al., 2010).

Para elucidar as principais famílias de fenólicos presentes em camu-camu foram estimados na FII, por espectrofotometria, os totais de flavanóides (TFA), flavonóides (TFO) e antocianinas (TA). Durante o amadurecimento os teores das três classes de compostos aumentaram, TFA de 11,6 a 19,2 mg equivalente catequina.100 g⁻¹, TFO 7,7 a 13,3 mg equivalente quercetina.100 g⁻¹ e TA de 0,8 a 52,6 mg equivalente cianidina-3-glicosídeo.100 g⁻¹, sendo este o maior aumento verificado (65,7 vezes). Outros compostos fenólicos não quantificados, mas presentes em camu-camu, foram calculados por meio da diferença entre o teor de compostos fenólicos totais e a soma dos teores das três classes quantificadas. Os compostos não classificados representaram a maioria dos compostos fenólicos, variando de 61,6% a 84,9% (CHIRINOS et al., 2010).

Segundo a quantificação de compostos fenólicos por CLAE realizada por Chirinos et al. (2010), independente do estágio de amadurecimento a família de compostos fenólicos mais importante é a de flavan-3-ol (valores oscilaram entre 55,1 e 56,7 mg.100 g⁻¹ nos estádios verde, semi-maduro e maduro), seguido pelo grupo de ácido elágico (entre 29,4 e 31,6 mg.100 g⁻¹). No entanto, as antocianinas (entre traços e 24,6 mg.100 g⁻¹) que são o grupo menos importante quando o fruto está no estágio verde ou no estágio semi-maduro, supera os grupos flavanona (12,3 e 12,5 mg.100 g⁻¹) e flavonol (entre 6,4 e 13,9 mg.100 g⁻¹) no estágio maduro. Enquanto os valores de antocianinas aumentaram com o amadurecimento e os de flavonóis diminuíram, nos demais grupos houve estabilidade.

Sobre as agliconas presentes em camu-camu, em três estádios de amadurecimento foram observados três picos representativos: ácido gálico, ácido elágico e derivado de ácido gálico. No estádio maduro, três picos adicionais foram detectados (cianidina, delphinidina e miricetina). Ácidos gálico e elágico em FII hidrolisado foram os mais representativos picos para os três estádios de amadurecimento. Os autores destacaram que a detecção de ácidos gálico e elágico como principais picos poderia indicar que camu-camu contém quantidades importantes de taninos hidrolisáveis dos tipos galo ou elagitaninos; destacaram também que na hidrólise de galotaninos são obtidos ácido gálico e núcleo poliol e na hidrólise de elagitaninos se obtém ácido elágico; e que muitos compostos fenólicos presentes em camu-camu permaneciam não-identificados (CHIRINOS et al., 2010).

Rodrigues et al. (2006) avaliaram compostos fenólicos em camu-camu e os identificaram por CLAE-EM como flavonol-mono-glicosídeos, tendo como agliconas quercetina e miricetina, mas não campferol, e diferentes carboidratos ligados. Os três compostos dominantes foram uma miricetina-pentosídeo, uma miricetina-hexosídeo e uma quercetina-pentosídeo. Diferentemente, em outros estudos, os derivados de quercetina e campferol foram os principais flavonóides (GENOVESE et al., 2008; GONÇALVES et al., 2010). Genovese et al. (2008) ainda destacaram que o camu-camu apresentou alto teor de ácido elágico ($48 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$); que derivados de cianidina foram detectados; e que ácido clorogênico não foi detectado. Sandoval et al. (2001) relataram a presença de catequina no extrato liofilizado de camu-camu. A presença de cianidina-3-glicosídeo, ácido elágico, quercetina, e rutina foi confirmada (REYNERTSON et al., 2008).

Assim como em outros compostos, a distribuição de flavonóides em plantas depende de muitos fatores, incluindo variação do grau de exposição à luz (GENOVESE et al., 2008).

A maior concentração de compostos fenólicos e flavonóides no pericarpo (polpa e casca) de camu-camu está presente no epicarpo (casca) (MAEDA; ANDRADE, 2003; MAEDA et al., 2006). Myoda et al. (2010) avaliaram teor de compostos fenólicos de resíduos de industrialização de camu-camu e destacaram que sua semente e sua casca contém teor de fenólicos significativamente mais abundante que outras frutas tropicais; que o teor de fenólicos foi maior em extratos de semente que em extratos de cascas; e que seria interessante caracterizar constituintes fenólicos nestes extratos.

Villanueva-Tiburcio et al. (2010) avaliaram cascas de camu-camu em três estádios de amadurecimento e relataram que o maior conteúdo de compostos fenólicos totais foi encontrado em casca de fruto semi-maduro, com $7,70 \text{ mg EAG} \cdot \text{g}^{-1}$.

Perdas máximas de flavonóides (96,3%) aconteceram em amostras armazenadas sob condições de iluminação (VASQUEZ-CAICEDO, 2005).

Segundo Maeda e Andrade (2003) sem o branqueamento do fruto e com a reincorporação da casca, as polpas apresentaram concentrações mais elevadas de compostos fenólicos. No entanto, na preparação de néctares, aqueles preparados com polpas branqueadas apresentaram teores mais elevados de compostos fenólicos que aqueles em que se utilizaram polpas não branqueadas.

1.1.13 Antocianinas

Muitos fatores são conhecidos por influenciar a composição de antocianinas de um fruto, tais como diferenças genéticas, o processo de amadurecimento, exposição à luz e temperatura (ZANATTA et al., 2005).

O camu-camu, durante o amadurecimento, tem uma variação de cor do verde ao púrpura, como resultado do aumento dos teores de antocianinas na casca (ZANATTA et al., 2005; MAEDA et al., 2006; GENOVESE et al., 2008). Os pigmentos estão, predominantemente, na casca (MAEDA et al., 2006).

Segundo Maeda et al. (2007), durante o processamento e/ou armazenamento do alimento pode ocorrer a degradação de antocianinas, dependendo dos seguintes fatores: pH, temperatura, presença de oxigênio e enzimas, além da interação com outros componentes do alimento como: ácido ascórbico, íons metálicos, açúcares e co-pigmentos. Antocianinas, normalmente, são mais estáveis sob condições ácidas.

No beneficiamento, a aplicação do branqueamento nos frutos, o tipo de despulpamento e a utilização ou não das cascas são decisivos na obtenção de teores de antocianinas (MAEDA; ANDRADE, 2003; MAEDA et al., 2006).

Villanueva-Tibúrcio et al. (2010) verificaram que após secagem de cascas de camu-camu, as antocianinas não foram detectadas, e justificaram tal ocorrência como consequência da degradação, decorrente da reação com o ácido ascórbico, assim como com o peróxido de hidrogênio, que se forma a partir da reação do ácido ascórbico com a água e as enzimas presentes na casca da fruta.

No armazenamento, perdas significativas de antocianinas foram observadas em polpas de camu-camu armazenadas por 30 dias às mais elevadas temperaturas (até 42°C) (81%) e condições de iluminação (76%) (VASQUEZ-CAICEDO, 2005)

O processo de extração de antocianinas é afetado por fatores como: temperatura, velocidade de agitação, polaridade do solvente e tamanho da partícula, pois maior contato do sólido com o solvente incrementa o processo de difusão, melhorando a transferência dos diversos componentes sólidos e diminuindo o tempo de extração (VILLANUEVA-TIBURCIO et al., 2010).

Embora antocianinas e carotenoides sejam encontrados em um mesmo alimento, tais como em acerola e camu-camu, estudos relacionados à determinação concomitante de ambos os pigmentos não são comuns. As estruturas químicas destes dois grupos de pigmentos não têm nada em comum e, conseqüentemente, os sistemas analíticos empregados são muito diferentes. Extração e separação de antocianinas são conduzidas em solventes aquosos sob pH ácido, enquanto a presença de ácido pode levar a isomerização de carotenoides, rearranjo, e degradação, e para estes pigmentos solventes orgânicos são empregados para as análises (DE ROSSO; MERCADANTE, 2007).

Chirinos et al. (2010) determinaram teores de antocianinas em camu-camu em diferentes estádios de amadurecimento. Os teores aumentaram 65,7 vezes com o amadurecimento, de 0,8 a 52,6 mg ECG.100 g⁻¹. No estágio maduro, o teor de antocianinas foi similar ao valor relatado por Zanata et al. (2005).

Maeda et al. (2006) apresentaram teores de antocianinas de 181,38 mg.100 g⁻¹ no epicarpo e 0,14 mg.100 g⁻¹ no mesocarpo.

Rodrigues et al. (2006) encontraram índice total de antocianinas de 54 mg.100 g⁻¹ e afirmaram que comparado ao açaí (fruta que apresenta teor de aproximadamente 450 mg de antocianinas.100 g⁻¹) sua concentração é baixa.

Outros teores de antocianinas em camu-camu apresentados foram 30 mg.100 g⁻¹ (GENOVESE et al., 2008); 42,2 mg.100 g⁻¹ (RUFINO et al., 2010a); e 53,8 mg.100 g⁻¹ de polpa (VASQUEZ-CAICEDO, 2005).

Zanatta et al. (2005) foram pioneiros em analisar o perfil de antocianinas. Frutos de duas diferentes regiões do estado de São Paulo foram analisados. Cianidina-3-glicosídeo foi identificada como o principal pigmento em frutos de ambas as regiões (89,5% em frutos produzidos em Iguape e 88,0% em frutos produzidos em Mirandópolis), seguido por delphinidina-3-glicosídeo (4,2% e 5,1%, respectivamente). O mais alto teor de antocianinas foi detectado em frutos de Iguape (54 mg.100 g⁻¹), comparado ao de Mirandópolis (30,3 mg.100 g⁻¹), provavelmente devido às mais baixas temperaturas ou o mais elevado índice pluviométrico na região de Iguape. Porém, esta diferença não foi significativa. Um derivado

de cianidina foi encontrado somente em pequena quantidade em duas amostras de Mirandópolis.

1.1.14 Carotenoides

Os carotenoides são conhecidos por suas propriedades corantes e por terem funções biológicas, como atividade pró-vitamina A, e potenciais efeitos na prevenção de doenças crônico-degenerativas (ZANATTA; MERCADANTE, 2007).

Andrade et al. (1991) avaliando frutos maduros procedentes de plantas em adaptação à terra firme no Amazonas, observou que o camu-camu era fonte insignificante de carotenoides e de pró-vitamina A.

Zanatta e Mercadante (2007) avaliando frutos maduros procedentes da região Sudeste do Brasil afirmaram que, em comparação com algumas frutas tropicais tais como acerola, cajá e maracujá, o camu-camu não pode ser considerado uma boa fonte de carotenoides e de provitamina A. Entretanto, o camu-camu contém maiores teores de carotenoides e provitamina A (entre 14 e 25 equivalente retinol.100 g⁻¹) que caju, e sua concentração de luteína é proporcionalmente maior que todas estas frutas e comparável a alguns vegetais folhosos, que são boas fontes de luteína. Afirmaram também que reduzida quantidade de carotenoide dificultou análise CLAE-EM. Rufino et al. (2010a) determinaram os teores de carotenoides 0,4 mg.100 g⁻¹ para polpa de camu-camu. Luteína é um importante antioxidante estudado por possíveis efeitos protetores aos olhos (AMBROSIO et al., 2006).

Os carotenoides presentes em camu-camu originários de duas diferentes regiões do estado de São Paulo e uma do estado do Pará foram identificados e quantificados experimentalmente, e o maior teor, independente da origem, foi de all-trans-luteína (aproximadamente metade do teor total de carotenoide), seguido por β-caroteno, violaxantina, luteoxantina e zeaxantina (AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUES-AMAYA, 2004; ZANATTA; MERCADANTE, 2007).

Zanatta e Mercadante (2007) afirmaram que embora os perfis de carotenoides tenham sido similares para as amostras de ambas as regiões por eles estudadas, em pesquisa anteriormente mencionada, os frutos de Mirandópolis continham significativamente índices mais elevados de carotenoides que os de Iguape. Os níveis de luteína foram 3,7 vezes maiores e a concentração de β-caroteno foi quase duas vezes maior em amostras de Mirandópolis, provavelmente também neste caso devido às mais altas temperaturas e exposições à luz encontrada nesta região, em comparação com aquelas de Iguape. Destacaram, no entanto, que

as condições do solo e o uso de agroquímicos são importantes características que afetam lotes de uma mesma região, além do estágio de amadurecimento, pois o camu-camu sofre mudanças químicas e físicas durante o amadurecimento que influenciam a biossíntese de carotenoides. No entanto, os autores afirmaram que para três compostos os índices foram maiores nos frutos de Iguape e que mutatoxantina não foi detectada durante análises quantitativas de frutos de Mirandópolis. Os autores destacaram, ainda, que foram observadas diferenças significativas nos teores de carotenoides dentro dos próprios lotes, em frutos originários de ambas as regiões.

Outros carotenoides detectados em camu-camu foram neoxantina, cis-neoxantina, luteoxantina, anteraxantina, β -criptoxantina, 5,8-epoxi- β -caroteno, 5,6-epóxido- β -caroteno e cis- β -caroteno e outros compostos não identificados (AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUES-AMAYA, 2004; ZANATTA; MERCADANTE, 2007).

1.1.15 Atividade antioxidante

Para a produção de energia, os organismos vivos utilizam um processo biológico essencial, a oxidação. Entretanto, o excesso de espécies reativas de oxigênio produzidas *in vivo* durante reações oxidativas é fortemente associado ao envelhecimento e ao desenvolvimento de doenças degenerativas. As espécies reativas de oxigênio (radicais livres) também são responsáveis pelo processo de auto-oxidação e pelo desenvolvimento de rancidez em alimentos. O ácido ascórbico e outros antioxidantes naturais de origem vegetal têm grande aplicação na indústria de alimentos, na ampliação da estabilidade e da vida útil dos produtos alimentícios (RUFINO et al., 2010b).

Os alimentos de origem vegetal estão associados a uma redução na incidência de doenças degenerativas, pois eles contêm elevados níveis de compostos biologicamente ativos que propiciam benefícios à saúde, além do valor nutricional básico. Os antioxidantes naturais, tais como as vitaminas A, C e E e compostos fenólicos, têm atraído interesse devido à sua segurança e potencial efeito terapêutico. Estes antioxidantes são capazes de agir como sequestradores de radicais livres, decompositores de peróxido, supressores de oxigênio singlete, inibidores de enzima e sinérgicos (CHIRINOS et al., 2010; RUFINO et al., 2010b; GONÇALVES et al., 2010).

Mudanças nos teores e perfis de fitoquímicos, como vitamina C, compostos fenólicos e carotenoides, durante o amadurecimento são evidentes. No entanto, informações científicas

sobre as mudanças nos compostos antioxidantes em diferentes estádios de amadurecimento são escassas (CHIRINOS et al., 2010).

Devido ao seu extremamente elevado teor de ácido ascórbico e à presença de antocianinas e carotenoides, a polpa de camu-camu apresenta notável potencial antioxidante (SANDOVAL et al., 2001; RODRIGUES et al., 2006; CHIRINOS et al., 2010, RUFINO et al., 2010a), com perspectivas promissoras para sua exploração. Cascas e sementes de camu-camu, com teores elevados de fenólicos totais, mostraram atividade antioxidante potente e possibilidade de serem utilizados como recurso multi-funcional para a indústria de alimentos (MYODA et al., 2010). Os autores propuseram que seria interessante caracterizar constituintes fenólicos em extratos de sementes e cascas, e que a aplicação de resíduos como fontes utilizáveis para alimentos funcionais pode contribuir para indústria de processamento de camu-camu.

Os dados encontrados sobre potencial antioxidante do camu-camu adicionam informações valiosas ao conhecimento atual sobre sua considerável capacidade antioxidante, embora os métodos de avaliação e os resultados relatados não tenham ainda sido suficientemente padronizados, dificultando comparações (RUFINO et al., 2010a).

Utilizando o sistema β -caroteno-ácido linoleico, o camu-camu apresentou uma capacidade antioxidante baixa (GENOVESE et al., 2008), ou nem pode ser testado em nenhuma concentração (RUFINO et al., 2010). Os autores atribuíram o problema ao seu elevado teor de ácido ascórbico (GENOVESE et al., 2008; RUFINO et al., 2010a). No sistema β -caroteno-ácido linoléico o ácido ascórbico demonstrou comportamento pró-oxidante devido à formação de radical ascorbila durante a reação de oxidação. O ascorbato pode agir como um pró-oxidante in vivo. Na presença de ascorbato e íons de metais de transição livres (Fe e Cu), o radical hidroxila pode ser gerado, e iniciar peroxidação lipídica (GENOVESE et al., 2008).

Utilizando o método de sequestro do radical ABTS foram encontrados IC_{50} de 20,25; 32,54; e 33,76 $\mu\text{g.mL}^{-1}$, para cascas de camu-camu semi-maduro, verde e maduro, respectivamente, demonstrando maior eficiência da casca de camu-camu semi-maduro (VILLANUEVA-TIBURCIO et al., 2010).

O camu-camu testado com outras frutas apresentou os mais altos níveis de atividade antioxidante pelo método ABTS (153 $\mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$ de peso fresco), seguido por puçá-preto (125 $\mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$), acerola (96,6 $\mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$) e juçara (78,3 $\mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$); o mesmo aconteceu na polpa liofilizada de camu-camu (1.237 $\mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$ de peso seco),

seguido por acerola (953 $\mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$), juçara (606 $\mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$) e murici (412 $\mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$) (RUFINO et al., 2010a).

O camu-camu também apresentou os mais altos níveis de atividade antioxidante pelo método FRAP (279 $\mu\text{mol Fe}_2\text{SO}_4.\text{g}^{-1}$ de peso fresco), seguido por puçá-preto (208 $\mu\text{mol Fe}_2\text{SO}_4.\text{g}^{-1}$), acerola (148 $\mu\text{mol Fe}_2\text{SO}_4.\text{g}^{-1}$) e murta (108 $\mu\text{mol Fe}_2\text{SO}_4.\text{g}^{-1}$); o mesmo aconteceu na polpa liofilizada de camu-camu (2.502 $\mu\text{mol Fe}_2\text{SO}_4.\text{g}^{-1}$ de peso seco), seguido por acerola (1.996 $\mu\text{mol Fe}_2\text{SO}_4.\text{g}^{-1}$), puçá-preto (909 $\mu\text{mol Fe}_2\text{SO}_4.\text{g}^{-1}$) e juçara (834 $\mu\text{mol Fe}_2\text{SO}_4.\text{g}^{-1}$) (RUFINO et al., 2010a).

Utilizando o método de sequestro do radical peroxila foram encontrados IC_{50} de 4,3 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ (SANDOVAL et al., 2001) para polpa de camu-camu. Em outro estudo foram encontrados os valores de IC_{50} de 8,30; 12,21 e 14,39 $\mu\text{g.mL}^{-1}$, para cascas de camu-camu semi-maduro, verde e maduro, respectivamente (VILLANUEVA-TIBURCIO et al., 2010). Estes autores relataram um IC_{50} de 430 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ para maca peruana (*Lepidium meyenii*), e concluiu que o camu-camu seria mais eficiente contra radicais peroxila.

Usando o método de sequestro do DPPH o IC_{50} do camu-camu (3,6 μg de extrato liofilizado. mL^{-1}) foi encontrado como sendo menor que a metade do mesmo índice para o Trolox, no entanto, 10 vezes maior que o índice para o ácido ascórbico (SANDOVAL et al., 2001). Em outro estudo foram encontrados IC_{50} de 46,20; 114,20; e 117,80 $\mu\text{g.mL}^{-1}$, para cascas secas de camu-camu semi-maduro, maduro e verde, respectivamente (VILLANUEVA-TIBURCIO et al., 2010). Sendo assim, o camu-camu mostrou-se mais eficiente que o Trolox, porém menos que o ácido ascórbico, e cascas secas de camu-camu semi-maduro mostraram-se mais eficientes que as cascas de camu-camu verde ou maduro.

Utilizando o mesmo método DPPH, porém outra forma de análise, o EC_{50} , o camu-camu apresentou a mais eficiente atividade antioxidante para a polpa liofilizada (42,6 g de peso seco. g^{-1} DPPH), seguido por acerola (49,2 g. g^{-1} DPPH), puçá-preto (65,6 g. g^{-1} DPPH) e juçara (70,1 g. g^{-1} DPPH); no entanto para a polpa fresca, o camu-camu teve atividade de 478 g fruto fresco. g^{-1} DPPH, menos eficiente que a do puçá-preto (414 g. g^{-1} DPPH), porém superior à da acerola (670 g. g^{-1} DPPH) e da murta (936 g. g^{-1} DPPH) (RUFINO et al., 2010a).

Ainda utilizando o método DPPH e com outra forma de análise, o camu-camu apresentou a mais elevada atividade antioxidante (69,24 $\text{L.mol}^{-1}.\text{g.s}$). Neste caso utilizou-se o método DPPH em termos de k_2 que é a taxa em que DPPH pode ser oxidado por 1 g de fruta, resultando em atividade antioxidante maior que α -tocoferol (37,35 $\text{L.mol}^{-1}.\text{g.s}$), por este critério. Outras frutas que se destacaram, nesse caso, foram murta (26,03 $\text{L.mol}^{-1}.\text{g.s}$) e gurguri (22,20 $\text{L.mol}^{-1}.\text{g.s}$) (RUFINO et al., 2010b).

Finalmente, utilizando o método DPPH e mais outra forma de análise, uma atividade antioxidante muito alta foi observada para camu-camu (141 μmol equivalente Trolox.g⁻¹), mais que 10 vezes superior às das outras frutas, cambuci (9 μmol ET.g⁻¹), jaracatiá (4,4 μmol ET.g⁻¹), araçá (4,1 μmol ET.g⁻¹) e araçá-boi (1,8 μmol ET.g⁻¹) (GENOVESE et al., 2008). Em outro estudo a capacidade antioxidante pelo método DPPH alcançou um valor de 185 μmol equivalente Trolox.g⁻¹; 167 μmol ET.g⁻¹ e 153 μmol ET.g⁻¹ para os frutos semi-maduro, maduro e verde, respectivamente. Após o fracionamento, a capacidade antioxidante em FI e FII foram respectivamente 121,2 μmol ET.g⁻¹ (verde), 137,8 μmol ET.g⁻¹ (semi-maduro) e 112,6 μmol ET.g⁻¹ (maduro); e 19,8 μmol ET.g⁻¹ (verde), 26,1 μmol ET.g⁻¹ (semi-maduro) e 32,7 μmol ET.g⁻¹ (maduro) (CHIRINOS et al., 2010).

Foram encontradas altas correlações ($r^2 \geq 0,7$) entre ácido ascórbico, compostos fenólicos e atividade antioxidante determinada pelos métodos ABTS, FRAP e radical peroxila (RUFINO et al., 2010a; VILLANUEVA et al., 2010; CHIRINOS et al., 2010), no entanto foi encontrada baixa correlação ($r^2 < 0,4$) entre ácido ascórbico e atividade antioxidante determinada pelo método DPPH (RUFINO et al., 2010; CHIRINOS et al., 2010), o que sugere que a capacidade antioxidante dos frutos é derivada dos compostos fenólicos. Entretanto, é muito importante mencionar a não-especificidade do método Folin, pois outros agentes redutores podem interferir na medida e levar a uma superestimação do teor de compostos fenólicos (CHIRINOS et al., 2010).

Para estimar a contribuição de compostos fenólicos para a capacidade antioxidante total do fruto, extratos de camu-camu foram fracionados por meio de extração fase sólida, então uma fração rica em fenólicos pode ser obtida, chamada de FII, sendo a fração rica em ácido ascórbico denominada FI. A participação de FI e FII na capacidade antioxidante dos frutos nos diferentes estádios de amadurecimento avaliados variou de 67,5 a 79,3% e de 20,7 a 32,5%, respectivamente. Estes resultados demonstraram que a fração rica em ácido ascórbico foi a maior contribuinte para a capacidade antioxidante total do camu-camu, a despeito das perdas ocorridas durante o fracionamento. A contribuição de FI e FII para a capacidade antioxidante é também relacionada à perda de compostos fenólicos que poderia ter acontecido durante o processo de fracionamento, assim como o método de determinação da capacidade antioxidante usado. O ácido ascórbico desempenhou contribuição significativamente elevada na capacidade antioxidante total do camu-camu nos três estádios de amadurecimento (CHIRINOS et al., 2010).

Foram testados dois tipos de amostras de camu-camu: 1. polpa congelada de camu-camu, originária do Pará e 2. polpa liofilizada de camu-camu, originária do Amazonas.

Ambas as amostras mostraram quase idênticos valores TOSC (capacidade total sequestradora de oxidante) contra radicais peroxilas e peroxinitrito, sendo mais efetivas em sequestrar estes radicais que outras frutas (açai, maçã, mirtilo e laranja). Contra radicais hidroxilas, a fração I apresentou valores semelhantes aos de mirtilo, enquanto a fração II foi notavelmente mais ativa. Essa diferença não pode ser atribuída ao teor de ácido ascórbico porque ambas apresentaram uma média de 1.500 mg.100 g⁻¹. Além disso, o ácido ascórbico é conhecido por fornecer efeito inibitório muito fraco contra radicais hidroxilas, em alguns casos ele mostra efeito pró-oxidante. Talvez, diferentes índices de compostos fenólicos sejam responsáveis pelo fenômeno (RODRIGUES et al., 2006).

Para avaliar a contribuição do ácido ascórbico na capacidade antioxidante total do camu-camu contra radicais peroxila, a amostra de camu-camu I foi diluída para obter a mesma concentração de ácido ascórbico que foi usada para uma solução padrão de ácido ascórbico (1,66 mg.100 mL⁻¹). A TOSC resultante de camu-camu foi 68% e a do padrão de ácido ascórbico foi 49%. Os valores indicam que o ácido ascórbico contribui para a maior parte da capacidade antioxidante total, como poderia ser esperado contra radical peroxila, mas outros compostos ou efeitos sinérgicos devem estar envolvidos (RODRIGUES et al., 2006).

Pesquisas que objetivem a caracterização estrutural de compostos fenólicos presentes, a análise do tipo de açúcar ligado, e a quantificação destes compostos, assim como uma correlação para seus impactos na capacidade antioxidante total, são importantes (RODRIGUES et al., 2006).

Outros tipos de determinação de atividade antioxidante são relevantes, por isso Sandoval et al. (2001) determinaram a atividade de citoproteção do extrato liofilizado de camu-camu em células “RAW 264,7” tratadas com peróxido de hidrogênio. A viabilidade das células “RAW 264,7” tratadas com peróxido de hidrogênio (> 50 µmolar) diminuiu. A administração de extrato (10 µg.mL⁻¹) às células “RAW 264,7” protegeu contra efeito deletério de peróxido de hidrogênio (50 µmolar) (SANDOVAL et al., 2001).

Inoue et al. (2008) conduziram experimento em 20 voluntários homens saudáveis e avaliaram, após 7 dias de testes, marcadores de estresse oxidativo, tais como os níveis urinários de 8-hidroxi-deoxiguanosina e espécies reativas de oxigênio totais, e observaram diminuição significativa destes marcadores no grupo camu-camu, enquanto nenhuma mudança foi percebida no grupo vitamina C. Resultados sugerem que camu-camu pode ter fortes propriedades antioxidantes, comparadas com cápsulas de vitamina C contendo teor equivalente de vitamina C. Estes efeitos podem ser devido à atividade de outras substâncias antioxidantes, além da vitamina C, ou pela modulação da cinética *in vivo* da vitamina C em

camu-camu (camu-camu pode ter substâncias que aumentam a disponibilidade *in vivo* de vitamina C). Os autores chamaram a atenção para a presença de potássio, considerado acelerador da absorção intestinal de vitamina C.

1.1.16 Outras atividades biológicas

Os extratos de cascas e sementes de camu-camu mostraram atividade antimicrobiana contra o *Staphylococcus aureus*. Os autores afirmaram que os constituintes lipofílicos foram responsáveis pela atividade antimicrobiana (MYODA et al., 2010).

Outras atividades dos compostos bioativos na promoção de saúde são anti-inflamatórias, e atividade hipocolesterolêmica (GONÇALVES et al., 2010).

Inoue et al. (2008) conduziram experimento em 20 voluntários homens saudáveis e avaliando marcadores inflamatórios observaram que os mesmos diminuíram significativamente no grupo camu-camu, enquanto nenhuma mudança foi percebida no grupo vitamina C. Resultados sugerem que o camu-camu pode ter fortes propriedades anti-inflamatórias, comparadas com cápsulas de vitamina C contendo teor equivalente de vitamina C.

Alguns trabalhos foram desenvolvidos objetivando identificar compostos em frutos e folhas de camu-camu que pudessem trazer benefícios fisiológicos na prevenção de complicações do diabetes, e encontraram resultados positivos (GONÇALVES et al., 2010; CHIRINOS et al., 2010).

Akachi et al. (2010) avaliaram o efeito protetor de sucos de frutas contra injúria hepática induzida por D-galactosamina (GalN) em ratos. Os resultados foram positivos. Os autores determinaram a estrutura do composto responsável pelos benefícios como sendo de 1-metilmalato e afirmaram que malato, 1,4-dimetilmalato, citrato e tartarato não tiveram efeito significativo sobre a injúria hepática. Afirmaram que seria interessante saber se sucos de frutas que têm efeito supressor sobre injúria hepática induzida por GalN, também têm efeito supressor em outros tipos de injúrias hepáticas, por exemplo, hepatite induzida por vírus.

1.1.17 Obtenção da polpa

A fabricação e o comércio de polpa de fruta no Brasil são orientados pelos Padrões de Identidade e Qualidade definidos na Instrução Normativa nº 1 de 7 de janeiro de 2000 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 2000). Esta norma aprovou o

Regulamento Técnico Geral para fixação de Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de frutas, além de Regulamentos Técnicos para fixação de Padrões de Identidade e Qualidade de 15 frutas (entre elas não constava camu-camu) e definiu polpa de fruta como o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtido de frutos polposos, através de processo tecnológico adequado, com um teor mínimo de sólidos totais, proveniente da parte comestível do fruto; e que a polpa de fruta deveria manter as características físicas, químicas e sensoriais originais do fruto.

Nesta norma estão definidos parâmetros gerais de identidade e qualidade para polpas obtidas de frutas, assim como parâmetros específicos para aquelas obtidas de 15 frutas consumidas no país. Entre estas frutas não está o camu-camu, pois seu consumo ainda é bastante reduzido.

Em estudos realizados sobre camu-camu os processos de obtenção de polpa foram geralmente os mesmos. Os frutos foram selecionados quanto ao estágio de amadurecimento, à presença de injúrias e sanidade, os escolhidos foram em seguida lavados em água corrente, imersos em solução sanitizante (geralmente solução clorada), novamente lavados e secados ao ambiente (SILVA et al., 2005; 2006a; MAEDA et al., 2006; 2007).

Alguns estudos utilizaram o branqueamento para inativação de enzimas, visando eliminar perda do ácido ascórbico por oxidação enzimática (MAEDA et al., 2006). O branqueamento foi realizado por imersão dos frutos em água quente por um período de tempo e em seguida em banho de gelo. As combinações de temperatura e tempo de imersão em banho quente foram de 95°C por 2 minutos (DIB TAXI et al., 2003), 90°C durante 7 minutos (MAEDA; ANDRADE, 2003), 98°C por 2 minutos (SILVA et al., 2006a) e 70°C por 2 minutos, neste caso, temperatura e tempo foram definidos em testes qualitativos para enzima peroxidase (MAEDA et al., 2006).

Para obter polpa comercial de camu-camu é necessária a utilização de despulpadora. Alguns critérios de seleção de uma despulpadora devem ser o rendimento, a conservação do índice de ácido ascórbico, a atividade de peroxidase e a qualidade sensorial na polpa obtida. Foi realizada uma otimização da extração de polpa de camu-camu testando três extratores: uma despulpadora de escova, uma despulpadora de pá e um “finisher” e os pesquisadores observaram que a despulpadora de escova proporcionou o maior rendimento da polpa, mas também a maior perda em ácido ascórbico. Quanto à atividade de peroxidase, a despulpadora de escova proporcionou o suco com um pouco mais de atividade enzimática, provavelmente devido aos danos à semente. A avaliação sensorial não mostrou diferença na aceitação da polpa obtida de despulpadora de escova e da despulpadora de pá, mas uma grande rejeição foi

observada quando a polpa foi obtida do “finisher”. A despulpadora de escova foi selecionada como a melhor tecnologia de acordo com a avaliação sensorial e o rendimento da polpa (RODRIGUES et al., 2001). No mesmo trabalho, os autores afirmaram que o rendimento da polpa refinada seria entre 50 e 55% e que sementes e cascas representariam 38 a 40% do peso da fruta. Dib Taxi et al. (2003) utilizaram uma despulpadora de escova para obtenção de polpa de camu-camu.

Poucos trabalhos relatam o envase: em um trabalho a polpa foi envasada em garrafa de vidro (MAEDA et al., 2007), e em outros dois trabalhos em sacos plásticos de polietileno (ZAPATA; DUFOUR, 1993; SILVA et al., 2006).

Apesar de ser bastante importante na determinação da qualidade da conservação da polpa em nenhum trabalho publicado sobre camu-camu foram relatadas informações sobre a selagem.

1.1.18 Congelamento

Congelamento e armazenamento congelado são processos de preservação apropriados amplamente aplicados nas indústrias de alimentos, e o conhecimento das propriedades termofísicas dos alimentos é importante na definição das condições de processamento e armazenamento de alimentos (SILVA et al., 2008).

Para diminuir a formação de gelo que poderia danificar a estrutura do produto, e reduzir a atividade de água, podem ser utilizados recursos de “crioproteção” como adição de solutos de baixo peso molecular (açúcares e sais) ou desidratação parcial do alimento antes do congelamento (SILVA et al., 2008).

Diferente de soluções aquosas mais simples, os alimentos em processos de congelamento, mesmo em condição de congelamento máxima, apresentam a fase gelo em equilíbrio metaestável com uma porção não congelada da matriz, geralmente uma solução altamente concentrada, contendo enzimas, açúcares, ácidos e sais. Esta fase torna-se uma matriz amorfa altamente viscosa que se solidifica em um estado vítreo a uma temperatura específica, chamada de temperatura de transição vítrea da matriz maximamente congelada ($T'g$) (SILVA et al., 2008).

A modificação da formulação do sistema alimentício altera sua $T'g$, visto que solutos de elevados pesos moleculares (como biopolímeros) aumentam a $T'g$, enquanto os de pesos moleculares mais baixos (como frutose e glicose) diminuem o valor (SILVA et al., 2008).

A polpa natural de camu-camu apresentou uma baixa T_g ($-58,2^\circ\text{C}$), valor comparável aos encontrados para frutas ricas em açúcar como o abacaxi ($T_g = -51,6^\circ\text{C}$) e caqui ($T_g = -56,6^\circ\text{C}$), no entanto para camu-camu, a causa pode ser atribuída ao elevado teor de ácidos. Amostras com atividade de água superior a 0,90 exibiram uma T_g praticamente constante ($-58,8^\circ\text{C}$) o que representou a temperatura de transição vítrea da matriz maximamente congelada (T_g) (SILVA et al, 2006a).

1.1.19 Pasteurização

A pasteurização pode ser feita em tacho encamisado, em pasteurizador tubular ou em trocadores de calor de superfície raspada. Frutas ácidas permitem que a pasteurização de polpas aconteça a temperaturas inferiores a 100°C . A combinação de tempo e temperatura deve reduzir a carga microbiana, mas preservar as características físicas, químicas, nutricionais e sensoriais originais da fruta (EMBRAPA; SEBRAE, 2003).

Neves et al. (2007), estudando polpa de manga, avaliaram o processo de pasteurização (95°C por 1 minuto) por um prazo de 28 dias. Concluíram que os resultados foram bastante satisfatórios para descontaminação microbiológica, para o perfil físico-químico (pH, acidez titulável e sólidos solúveis) e preferência sensorial. No entanto, a redução de vitamina C foi drástica, chegando ao fim do experimento sem qualquer traço deste composto.

Visando à qualidade microbiológica de polpa de camu-camu, mas mantendo o teor elevado de ácido ascórbico, Rodrigues et al. (2001) apresentaram o resultado de um experimento de otimização da pasteurização da polpa de camu-camu, testando tempos de 1,3 a 3,0 minutos e temperaturas de 73 a 90°C como variáveis independentes. A combinação ótima de temperatura e tempo encontrada foi de 80°C durante 1,3 a 2 minutos.

1.1.20 Pressurização – Alta Pressão Hidrostática

O tratamento por alta pressão hidrostática para alimentos é um método não-térmico de processamento que visa inativar enzimas e destruir micro-organismos, apresentando como vantagem a preservação de características naturais do produto em termos nutricionais e sensoriais (RASTOGI et al., 2007). O método hidrostático consiste na aplicação de pressões superiores a 100 MPa ao alimento dentro de um vaso, utilizando um meio, geralmente água, que transfere a pressão ao produto (CAMPOS et al., 2003). A pressurização é quase

instantânea e acontece de maneira uniforme no alimento. O tratamento apresentou resultados positivos em alimentos de origem vegetal, tais como geleias, sucos e polpas (AHMED et al., 2005).

Polpas de maracujá, de açaí e de manga foram submetidas a este tratamento (ROSENTHAL et al., 2005; 2006a; 2006b). Todas estas polpas foram acondicionadas em embalagens plásticas de alta resistência e submetidas à pressurização na Embrapa Agroindústria de Alimentos, utilizando como meio de transferência de pressão álcool 70%. Para as três polpas testou-se a pressão de 300, 400 e 500 MPa, a temperaturas de 25°C, 30°C e 35°C e tempos de 5, 10 e 15 minutos para determinar as melhores condições de processamento, em termos de garantia de condições higiênico-sanitárias para o consumo; em todas as condições analisadas os índices foram satisfatórios, atendendo os limites estabelecidos para micro-organismos pelos órgãos competentes. As polpas de maracujá e de manga foram também avaliadas sensorialmente e classificadas pelos provadores como de qualidade equivalente às frutas *in natura*.

Em outro estudo, a inativação enzimática foi testada para polpa de açaí. As enzimas avaliadas foram a peroxidase (POD) e a polifenol-oxidase (PPO), o equipamento e as condições foram idênticos aos utilizados para os estudos anteriormente citados, no entanto os resultados não foram satisfatórios para este quesito (ROSENTHAL et al., 2006c). O método analítico descritivo quantitativo – ADQ foi utilizado para comparar perfil sensorial de suco de abacaxi obtido da polpa submetida ao tratamento por alta pressão hidrostática com os de suco obtido da fruta fresca e sucos de marcas comerciais. Os valores encontrados demonstraram que o suco obtido da polpa *in natura* e aquele obtido da polpa submetida à APH apresentaram características sensoriais bastante semelhantes, não diferindo estatisticamente (DELIZA et al., 2005).

Não foi relatada nenhuma publicação sobre a aplicação de alta pressão hidrostática em camu-camu, a partir da revisão realizada.

1.1.21 Liofilização

O processo de liofilização é caracterizado por três etapas: congelamento, secagem primária e secagem secundária. O congelamento proporciona interrupção das reações químicas e das atividades biológicas. O material congelado é desidratado por sublimação seguida pela dessorção, utilizando-se baixas temperaturas de secagem a pressões reduzidas. O

congelamento é uma das etapas mais críticas do processo de liofilização (TATTINI JUNIOR et al., 2006).

Arévalo (2002) utilizou liofilizador do tipo armário, temperatura de operação de -60°C na câmara de condensação e pressão de 10^{-1} mbar (10 Pa) na bomba de vácuo durante 48 horas para obter polpa liofilizada de camu-camu, visando analisar atributos de qualidade no produto. Determinou -58°C como a temperatura de transição vítrea, portanto o processo deveria acontecer em temperaturas inferiores a este índice. Os valores encontrados para índice de ácido ascórbico foram inconclusivos.

A polpa congelada de camu-camu foi liofilizada em um liofilizador de bancada a -50°C e 100 mTorr por 48 horas (SILVA et al., 2006a, 2006b, 2006c). A retenção de vitamina C com a liofilização foi de 98% para polpa natural de camu-camu (SILVA et al., 2006c).

Para a reconstituição de polpa de camu-camu liofilizada foi utilizada água UHQ até atingir o índice de água de acordo com a literatura (RODRIGUES et al., 2006).

1.1.22 Armazenamento

O armazenamento congelado é amplamente utilizado em indústrias de alimentos e, embora alimentos congelados normalmente não sofram crescimento microbiológico, estão sujeitos a mudanças como o escurecimento enzimático e a degradação de pigmentos, lipídios e vitaminas (SILVA et al., 2008).

O armazenamento congelado apresenta vantagens na conservação de polpas de frutas, seja pela preservação das propriedades químicas, nutricionais e sensoriais, seja pela inibição do crescimento microbiológico nas temperaturas usuais de congelamento (-18°C). No entanto, este método apresenta custos de produção, transporte e armazenamento relativamente elevados, assim como não impede a atividade enzimática, o que pode provocar significativas alterações de cor e sabor em polpas de frutas congeladas (LOPES et al., 2005).

Lopes et al. (2005) analisaram durante 90 dias polpas congeladas (-18°C) de pitanga e concluíram que ao final do período os padrões de identidade e de qualidade foram mantidos. No entanto, o teor de carotenoides foi reduzido significativamente, quase atingindo 15%, nos primeiros 30 dias (no restante do período manteve-se estável) e, em termos sensoriais, o atributo aparência variou significativamente, ocasionando uma forte queda na aceitação do produto.

Arévalo (2007) relata que a polpa de camu-camu branqueado por 2 minutos a 98°C quando armazenada a -20°C em termos de manutenção de ácido ascórbico apresentou uma vida útil máxima de 135 dias. Nestas condições, os tempos limites baseados na manutenção da aparência da polpa de camu-camu foram maiores do que os prazos baseados na degradação do ácido ascórbico. A variação do teor de sólidos solúveis totais, de pH e de acidez titulável total foi inexpressiva durante o armazenamento da polpa de camu-camu.

Em armazenamento acima da temperatura ($T'g$) o alimento pode sofrer reações deteriorativas e perder qualidade devido ao aumento de mobilidade dos compostos, em taxas que aumentam à medida que a temperatura se distancia da temperatura de transição vítrea (SILVA et al., 2008).

A crioestabilização de alimentos congelados é determinada pela capacidade de armazenar o alimento a temperaturas abaixo da temperatura de transição vítrea da matriz maximamente congelada ($T'g$). Como a $T'g$ é independente do teor de umidade inicial da amostra e, em termos práticos, é difícil de alcançar temperaturas de armazenamento muito reduzidas, uma alternativa é modificar a formulação do sistema alimentício antes do congelamento, para elevar a $T'g$ (SILVA et al., 2008).

Aumento significativo na $T'g$ do camu-camu foi encontrado por Silva et al. (2008) com a adição de maltodextrina DE (dextrose equivalente) 20, mas o valor encontrado (-39,6°C) é ainda bastante inferior à temperatura de armazenamento congelado geralmente utilizada, -18°C (ZAPATA; DUFOUR, 1993; YUYAMA, K. et al., 2002; DIB TAXI et al., 2003; RODRIGUES et al., 2004; SILVA et al., 2006a, 2006b, 2006c; 2008).

O armazenamento de produtos liofilizados exige cuidados diferenciados. Informações sobre a $T'g$ e a natureza higroscópica de polpa de camu-camu liofilizada podem ser ferramentas úteis para definir condições ótimas de estocagem (temperatura e umidade relativa) para polpas de camu-camu desidratadas (SILVA et al., 2006b, 2006c).

Amostras de polpa de camu-camu liofilizadas foram usadas para determinar umidade de equilíbrio e atividade de água a 25°C (SILVA et al., 2006a). A atividade de água crítica encontrada para polpa de camu-camu natural liofilizada foi baixa, no entanto aumentou consideravelmente em polpa de camu-camu com 30% de maltodextrina DE 20, indicando maior estabilidade da polpa de camu-camu liofilizada com maltodextrina (SILVA et al., 2006c). A adição de maltodextrina também reduziu a natureza higroscópica de polpa de camu-camu liofilizada. Quando ambos os produtos foram expostos ao ambiente (~25°C e 50% de UR) a polpa natural de camu-camu liofilizada imediatamente tornou-se pegajosa e

aglomerada, enquanto a polpa com maltodextrina permaneceu muito estável (SILVA et al., 2006b, 2006c).

1.1.23 Efeitos de tratamentos sobre polpas e estabilidade durante estocagem

1.1.23.1 Indicadores de cor

A luminosidade é um dos parâmetros para se avaliar instrumentalmente uma cor. Por meio de uma escala que vai de 0 a 100 pode-se avaliar o quanto uma amostra é mais escura, com valores mais baixos, ou mais clara, com valores mais altos (KONICA MINOLTA, 1998).

O hue, ou matiz, é o componente angular de uma representação polar das coordenadas CIELAB (MACHADO et al., 1997) e situa um ponto em um grupo de cor. A Figura 5 é a representação de uma circunferência dividida em ângulos que delimitam os grupos de cores: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, violeta, e novamente vermelho. Estes valores foram obtidos por meio de simulações no sítio de internet Colblindor (COLBLINDOR, 2010).

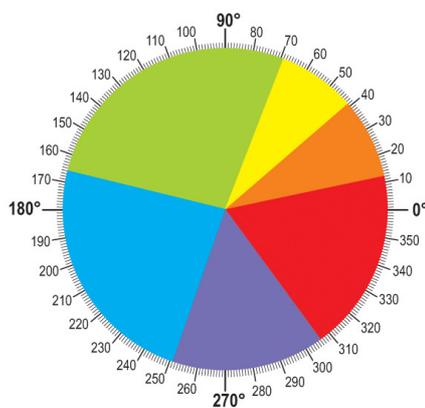


Figura 5 - Representação da roda de cores

O croma é o componente radial de uma representação polar das coordenadas CIELAB (MACHADO et al., 1997).

Foram encontrados poucos trabalhos que apresentavam dados sobre avaliações de parâmetros instrumentais de cor de polpa ou liofilizado de frutas durante armazenamento, além disso, estes trabalhos não apresentavam informações sobre dois outros importantes

parâmetros instrumentais de cor, o ângulo hue e o croma, mas apenas sobre os valores a^* e b^* que são utilizados para obtê-los.

Faraoni (2006) avaliou polpa congelada e polpa pasteurizada de manga armazenadas por 180 dias. As polpas pasteurizadas (em duas combinações diferentes de tempo e temperatura) foram mantidas refrigeradas a 7°C e polpas congeladas foram mantidas a -18°C ao longo do armazenamento. Foram testadas também duas embalagens, uma transparente e outra metalizada. As polpas pasteurizadas e armazenadas em embalagens metalizadas não apresentaram alteração significativa em sua luminosidade, no entanto as embaladas em embalagens transparentes apresentaram decréscimo no valor L^* , significando perda de luminosidade. Os valores de luminosidade de polpas congeladas em embalagens transparentes ou metalizadas apresentaram oscilações semelhantes ao longo do período de armazenamento.

Assim como em luminosidade, nos valores a^* e b^* das polpas pasteurizadas com embalagens transparentes houve decréscimo e nas polpas congeladas com embalagens transparentes houve oscilação ao longo do armazenamento. As pequenas oscilações nos valores a^* e b^* indicam pequenas oscilações em hue e croma destas polpas, visto que esses últimos parâmetros são obtidos de equações envolvendo diretamente as variáveis a^* e b^* .

Lopes et al. (2005) avaliaram os parâmetros instrumentais de cor de polpa congelada de pitanga armazenada por 90 dias e observaram decréscimos na luminosidade, bem como nos valores a^* e b^* destas polpas.

Arévalo (2002) analisou polpas liofilizadas de camu-camu armazenadas a 23°C e a 35°C em três diferentes níveis de umidade relativa durante 150 dias. Em todos os casos, houve decréscimo gradual dos valores luminosidade (L^*) e dos valores a^* e b^* , sendo que os maiores decréscimos foram em amostras armazenadas a umidades relativas mais elevadas.

1.1.23.2 Padrões de Identidade e Qualidade

Faraoni (2006) observou efeito da pasteurização sobre o pH, pois as polpas congeladas apresentavam pH mais elevados que as polpas pasteurizadas por 80°C durante 4,6 minutos durante todo o armazenamento. No entanto, as polpas pasteurizadas a 75°C por 8,7 minutos não diferiram estatisticamente das polpas congeladas aos 0, 30, 60,90 e 150 dias de armazenamento. Ao longo do experimento o pH das polpas congeladas oscilou entre 4,30 e 4,51; o pH das polpas pasteurizadas a 75°C oscilou entre 4,25 e 4,42; e o pH das polpas pasteurizadas a 80°C oscilou entre 4,08 e 4,26, não havendo qualquer tendência para aumento ou diminuição ao longo do armazenamento.

Faroni (2006) também observou maior teor de sólidos solúveis das polpas pasteurizadas quando comparadas com as polpas congeladas, estabilidade dos teores de sólidos solúveis de polpas pasteurizadas e um declínio no teor de polpa congelada durante estocagem. Adicionalmente foi observada a redução na acidez de polpa congelada em embalagem transparente. A polpa pasteurizada a 80°C em embalagem transparente apresentou aumento de acidez, enquanto a polpa pasteurizada a 75°C manteve-se estável durante o armazenamento na mesma embalagem.

Observou, por fim, que houve redução no índice *ratio* de polpas de manga pasteurizadas em embalagens transparentes durante o armazenamento, enquanto nas polpas congeladas em embalagens transparentes houve uma tendência para redução até os 120 dias de armazenamento e depois uma tendência para aumento até o final do armazenamento.

Lopes et al. (2005), avaliando polpa de pitanga armazenada por 90 dias observaram aumento no valor de pH de 3,27 antes do armazenamento para 3,40 no final do armazenamento; redução nos teores de sólidos solúveis de 11,47 para 10,73°Brix; oscilação na acidez titulável total entre 1,24 e 1,25. Apesar das pequenas diferenças dos valores durante o armazenamento, o pH mostrou-se significativamente diferente.

Arévalo (2007) avaliou o comportamento de pH e de sólidos solúveis de polpa congelada de camu-camu durante armazenamento e observou relativa estabilidade do pH, entre 2,5 e 3,0; e oscilação nos teores de sólidos solúveis de polpa congelada de camu-camu durante o armazenamento, porém dentro de uma faixa de 6,25 a 7,00°Brix nos primeiros 120 dias.

Lopes et al. (2005), avaliando características sensoriais de polpa congelada de pitanga observaram quedas acentuadas nas médias de aparência e sabor e ligeiras quedas nas de aroma das polpas aos 90 dias de armazenamento, no entanto aos 30 e 60 dias não houve diferença estatística em relação ao período anterior ao armazenamento.

A aceitabilidade da polpa de pitanga congelada foi avaliada por uma mesma equipe de 40 provadores, consumidores de sucos e néctares de frutas tropicais. A polpa de pitanga foi avaliada na forma de um néctar com 20°Brix (50% de polpa de pitanga, 50% de água filtrada), aplicando-se os testes de aceitação em relação à aparência, aroma e sabor com escala hedônica não-estruturada.

1.1.24 Bebidas

O Decreto 6.871, de 4 de junho de 2009 (BRASIL, 2009) que regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994 (BRASIL, 1994), em seu artigo 21 define néctar como a bebida não fermentada, obtida da diluição em água potável da parte comestível do vegetal e açúcares, ou de extrato vegetal e açúcares, podendo ser adicionada de ácidos, e destinada ao consumo direto.

A Portaria nº 544, de 16 de novembro de 1998, do Ministério da Agricultura, (BRASIL, 1998) aprovando os Regulamentos Técnicos para fixação dos padrões de identidade e qualidade para bebidas não alcoólicas e seus preparados ou concentrados, define refresco como a bebida não gaseificada, não fermentada, obtida pela diluição, em água potável, do suco de fruta, polpa ou extrato vegetal de sua origem, adicionada de açúcares, e que preparado sólido para refresco tem por base suco ou polpa de fruta desidratados, extrato vegetal ou suco desidratado da parte do vegetal de sua origem.

A Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2003) que aprova o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Sucos Tropicais e para Néctares de frutas reafirma que néctar de alguma fruta é a bebida não fermentada, obtida da dissolução, em água potável, da parte comestível da mesma e açúcares, destinado ao consumo direto, podendo ser adicionado de ácidos. A diferença entre néctar e suco tropical está na quantidade mínima de polpa de fruta, no primeiro caso são 30% e no segundo caso 50%. Em caso de frutas de acidez ou conteúdo de polpa muito elevados ou sabor muito forte os limites mínimos se reduzem para 20%, no primeiro caso, e 35%, no segundo.

Dessa forma, oficialmente no Brasil, néctar e refresco são bebidas que podem ser obtidas da diluição em água potável de partes de vegetais ou de seus derivados desidratados ou não.

Bradfield e Roca (1964) avaliaram o teor de ácido ascórbico de bebidas obtidas de camu-camu. Uma contendo suco de camu-camu filtrado, açúcar e água na proporção (1:0,2:16) e outra mais concentrada na proporção (1:0,3:3). O teor de ácido ascórbico total foi mais elevado na segunda, acima de $1.600 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ ($1.384 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ na primeira), apesar dos valores de ácido ascórbico reduzido em ambas serem praticamente idênticos, $1.050 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$, para a primeira bebida e $1.041 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ para a segunda.

Rodrigues et al. (2001) apresentaram resultados de experimento sobre clarificação de suco de camu-camu usando tratamento enzimático associado à micro filtração e afirmaram

que o processo foi eficiente para clarificar e esterilizar o suco de camu-camu sem reduzir o teor de vitamina C (perda menor que 1%). Depois realizaram testes sobre dois processos de concentração e ambos foram interessantes para concentrar suco de camu-camu sem danos ao potencial nutricional da matéria-prima. Os autores afirmaram que a osmose reversa tem a vantagem de ser bem desenvolvida em escala industrial; enquanto a evaporação osmótica tem a vantagem de alcançar maiores níveis de concentração, mas alertaram que para prever qualquer aplicação industrial, os dois processos devem ser comparados sob um ponto de vista econômico (RODRIGUES et al., 2004).

Dib Taxi et al. (2003) otimizaram o uso de materiais de parede, goma arábica e malto-dextrina DE 10, no microencapsulamento de suco de camu-camu. Os autores afirmaram que o microencapsulamento foi bem sucedido; e no caso de microcápsulas de goma arábica nenhuma rachadura ou falha apareceu; enquanto que naquelas de malto-dextrina algumas pequenas rachaduras foram observadas; e que a existência de falhas na superfície do encapsulante pode levar a perda de material nuclear.

Maeda e Andrade (2003) testaram a obtenção de bebida fermentada a base de polpa de camu-camu – com e sem branqueamento dos frutos e com ou sem restituição das cascas retiradas durante o despulpamento – e observaram que o camu-camu apresenta características desejáveis para a produção de bebida alcoólica fermentada, destacando-se o alto rendimento em bebida, que permitiu prever a obtenção de 8,5 litros de bebida por cada kg de fruto utilizado. Segundo os autores, as bebidas obtidas com polpas de frutos branqueados apresentaram valores mais elevados de compostos fenólicos. A incorporação da casca também implicou em aumento desses compostos nas bebidas. A degradação do ácido ascórbico nas polpas, decorrente do branqueamento do fruto, foi compensada pela agregação da casca. Houve significativa diminuição do teor de ácido ascórbico devido à degradação pelo calor durante o branqueamento dos frutos e pasteurização do mosto; à diluição pela adição de água no preparo do mosto; e à degradação durante a fermentação. No entanto, sua alta concentração inicial contribuiu para que a concentração na bebida pudesse ser satisfatória e com implicações favoráveis no valor nutricional e nas características de sabor, aroma e limpidez.

Ainda segundo Maeda e Andrade (2003), a adição de açúcar das bebidas modificou positivamente a aceitação das bebidas. A bebida feita a partir de polpa de frutos não branqueados e que tiveram a casca reincorporada à polpa, apresentou sabor e aroma mais acentuado. O branqueamento e a remoção da casca ocasionaram um efeito negativo, reduzindo a aceitabilidade de 79% para aproximadamente 70%.

Maeda e Andrade (2003) verificaram também que a reincorporação da casca à polpa aumentou o rendimento em 30,8% dos frutos branqueados e 35,1% dos frutos não branqueados, contribuindo para a disponibilidade de material a ser utilizada no preparo do mosto. Como a casca do camu-camu apresenta maior concentração de ácido ascórbico, pigmentos e compostos fenólicos, sua utilização no preparo de licor e bebida alcoólica fermentada é desejável.

Rodrigues e Marx (2006) realizaram testes de aceitação de duas bebidas de camu-camu, um refresco e uma bebida láctea. Ambas foram preparadas com suco de camu-camu clarificado e ajustadas para um teor de sucos de 40%. No caso do refresco, o suco foi diluído em água e, no caso da bebida láctea, em iogurte natural. Ambas as bebidas foram igualmente adoçadas. O refresco recebeu um escore médio de 6 para aroma e sabor, o que significou que os provadores gostaram ligeiramente do produto, enquanto a bebida láctea obteve um escore médio de 8 para ambos os atributos no teste de aceitação, significando que os provadores gostaram muito do produto. Destes resultados pode-se concluir que para os dois atributos analisados, a bebida láctea obteve maior aceitação que o refresco. Este resultado também indica que o suco de camu-camu é mais bem aceito quando misturado com outro produto em que o gosto ácido pode ser mascarado.

Souza Filho et al. (2002) produziram néctar de camu-camu, porém com 30% de polpa, e obtiveram baixo nível de aceitação, com notas de 4,7 a 5, representando 52 a 55% de aceitabilidade.

Maeda et al. (2006) avaliaram diferentes formulações de néctares de camu-camu. Cada néctar foi obtido pela mistura da polpa, açúcar e água, seguida de agitação até completa homogeneização. Em seguida foi pasteurizado a 75°C por 5 minutos. Para escolha da melhor formulação, foram testadas diferentes concentrações de polpa e açúcar. A formulação ideal (17% de polpa e 17,5% de açúcar) foi escolhida por meio de análise sensorial empregando-se teste de preferência. O néctar foi servido frio (7-8°C) para provadores não treinados.

Quanto ao conteúdo de ácido ascórbico, o néctar apresentou uma concentração de 382,07 mg.100 mL⁻¹. O resultado obtido demonstrou que a redução foi de apenas 2,33% durante o processamento, envase e pasteurização, evidenciando boa estabilidade deste composto no néctar de camu-camu. Vários fatores podem ter contribuído para a estabilidade do ácido ascórbico, dentre os quais, a concentração inicial e a natureza química dos frutos.

De acordo com a avaliação sensorial, o néctar elaborado apresentou aceitabilidade de 89,12% pelos provadores. A boa aceitabilidade do néctar de camu-camu foi atribuída ao fato de se utilizar uma concentração de polpa que tornava imperceptível o sabor amargo e

adstringente, porém, concentrada o suficiente para manter o sabor acentuado e característico do fruto. Outro fator determinante foi a utilização de despulpadora, para separação da polpa, para que não ocorresse a trituração do epicarpo e/ou quebra das sementes, uma vez que são nestas partes tissulares que se concentra a maior parte dos compostos fenólicos, responsáveis pelo amargor e adstringência.

O néctar de camu-camu é um produto atraente em função de suas características de cor, sabor e aroma próprio do fruto, da boa aceitabilidade e ter valor nutricional como fonte de vitamina C natural. Portanto, um produto promissor ao mercado e à agroindústria pelo seu potencial tecnológico e nutricional (MAEDA et al., 2006).

Posteriormente os mesmos autores (MAEDA et al., 2007) utilizando a formulação selecionada prepararam néctar que foi envasado em garrafa PET e avaliado quanto à estabilidade de ácido ascórbico e antocianinas, durante 120 dias, em diferentes condições de armazenamento em temperatura ambiente (26°C) e refrigeração (5°C), ambas na presença e ausência de luz. Comparando-se as amostras entre si, observou-se diferenças significativas somente a partir de 60 dias de armazenamento. A temperatura apresentou forte influência sobre o teor de ácido ascórbico e de antocianinas.

Quanto ao período de armazenamento, os teores de ácido ascórbico e antocianinas sofreram diminuição significativa a partir de sete dias de armazenamento em todos os tratamentos. Sob refrigeração, após 15 dias de armazenamento, o teor de ácido ascórbico permaneceu praticamente constante. No entanto, para os tratamentos a temperatura ambiente, tal estabilidade só ocorreu a partir de 30 dias de estocagem. Em relação ao tempo de armazenamento, houve redução significativa do teor de antocianinas para todos os tratamentos; enquanto que as perdas de ácido ascórbico nos néctares ao final do armazenamento foram de 20% nos armazenados em temperatura ambiente e de 12 a 14% nos armazenados sob refrigeração. Concluíram que naquelas condições experimentais o fator luminosidade tem pouca influência sobre o ácido ascórbico e antocianinas no néctar de camu-camu, e que a temperatura ambiente de armazenamento é fator negativo na estabilidade dos pigmentos (MAEDA et al., 2007).

O camu-camu apresenta características desejáveis para a produção de bebidas, como: atraente coloração vermelha; sabor acentuado e excelente aroma; pH ácido; alto rendimento em polpa (MAEDA; ANDRADE, 2003). A produção de néctar, uma bebida natural, nutritiva, pronta para o consumo e de fácil processamento é uma alternativa interessante (MAEDA et al., 2006).

1.1.25 Outros produtos

Bradfield e Roca (1964) testaram preparações de geleias de camu-camu, com ou sem adição de pectina. Os autores afirmaram que a adição de pectina exigiu período de fervura mais curto, rendeu maior quantidade de geleia, e apresentou maior retenção de ácido ascórbico, embora houvesse redução no teor de ácido ascórbico por unidade de volume; e que aproximadamente de um terço a metade do índice original de ácido ascórbico havia se mantido. Após avaliarem os teores de ácido ascórbico total nas geleias após seis meses de preparação, não encontraram perda significativa do composto, concluindo que geleias seriam fontes estáveis de ácido ascórbico, dispensando refrigeração.

Silva et al. (2005) avaliaram secagem por ar de fatias de camu-camu para estimar o efeito da temperatura do ar na cinética da degradação térmica do ácido ascórbico. A variação da umidade durante a secagem foi monitorada gravimetricamente pela pesagem das bandejas em intervalos de tempo predeterminados. De acordo com a retenção de ácido ascórbico a melhor condição de secagem foi de ar a 50°C. A retenção de ácido ascórbico foi de 78%, quando a umidade foi de 10% (base úmida).

1.2 Objetivos

Os objetivos deste trabalho foram verificar:

- a) o efeito da aplicação de diferentes tecnologias de conservação (congelamento, pasteurização, alta pressão hidrostática e liofilização) na qualidade de polpa de camu-camu;
- b) a estabilidade das polpas tratadas ao longo de 4 meses de armazenamento;
- d) a percepção da qualidade de polpa e de néctares obtidos das polpas tratadas de camu-camu por potenciais consumidores espanhóis.

2 Material e métodos

O trabalho consistiu de duas fases: fase preliminar, realizada integralmente no Brasil e fase experimental realizada parte no Brasil (preparação das polpas) e parte na Espanha (análises). A fase preliminar constou de três testes: teste de descontaminação, em que o objetivo foi eleger o desinfetante a ser utilizado na fase experimental; teste de aceitação de néctar obtido de polpa de camu-camu e de liofilizado de camu-camu; e teste de nível de pressão, com o objetivo de eleger o nível de pressão que seria aplicado na fase experimental.

2.1 Frutos

Na fase preliminar, em 2009, os frutos de camu-camu, originários de pomares da cidade de Mirandópolis, estado de São Paulo, foram comprados na banca Trindade da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP).

Na fase experimental, em abril de 2010, cerca de 40 kg de frutos de camu-camu foram colhidos em Cajati, estado de São Paulo. A Figura 6 mostra o fluxograma de obtenção e tratamentos dos frutos e das polpas de camu-camu.

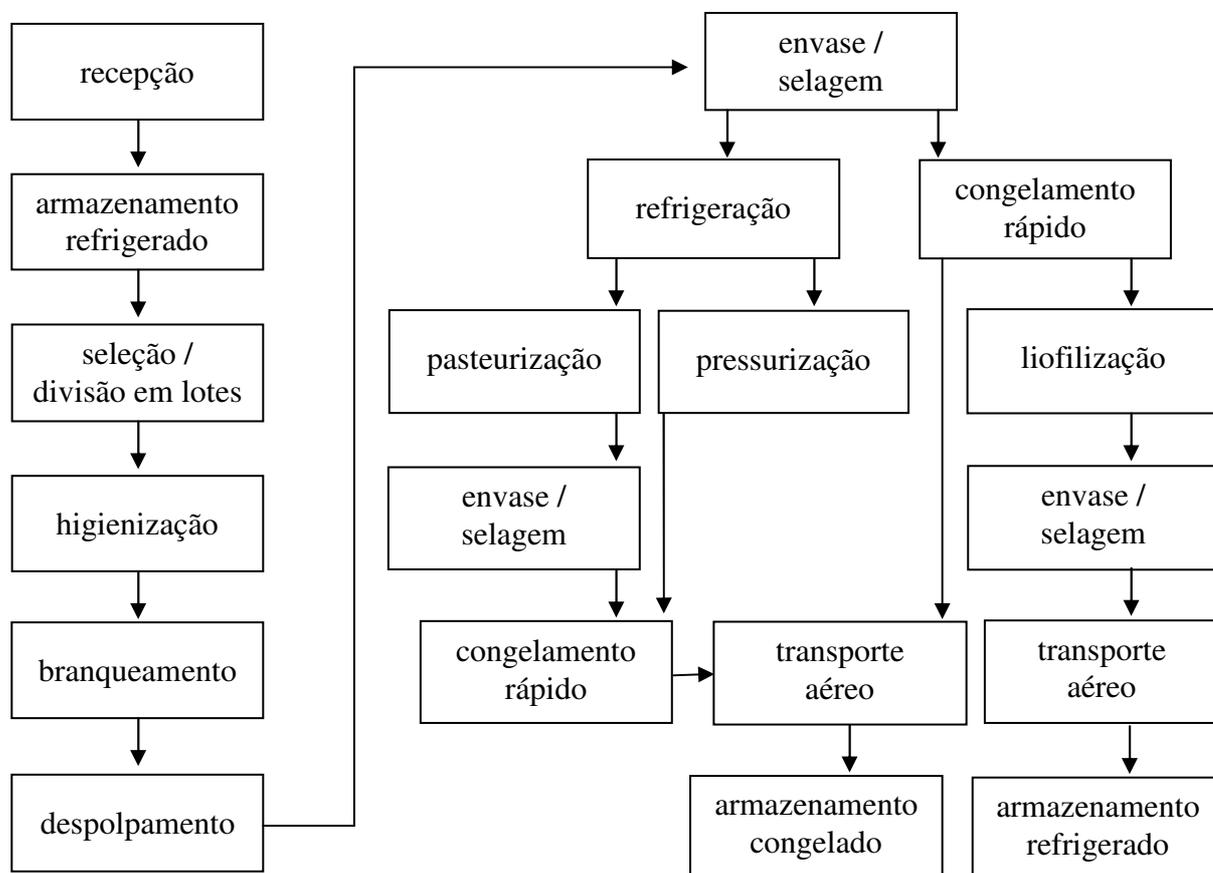


Figura 6 - Fluxograma de obtenção e tratamento dos frutos de camu-camu para produção de polpas

2.1.1 Transporte e armazenamento dos frutos

Na fase preliminar, os frutos comprados na CEAGESP foram transportados no mesmo dia em suas embalagens plásticas e em caixas de papelão, sem refrigeração, até o Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Piracicaba, estado de São Paulo, onde foram postos em câmara de armazenamento refrigerado, a 5°C, até a realização de cada experimento.

Na fase experimental, os frutos colhidos em Cajati foram imediatamente transportados, sem refrigeração, em caixas de papelão até o Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, onde foram postos em câmara de armazenamento refrigerado, a 5°C, até a realização do experimento.

2.1.2 Seleção dos frutos

Na fase preliminar, nos dias em que foram realizados os testes, os frutos foram retirados de refrigeração, e selecionados, descartando-se os frutos verdes ou com algum dano visível na casca. Os considerados adequados seguiram para a higienização.

Na fase experimental, no dia seguinte à colheita, os frutos foram selecionados, descartando-se os frutos verdes ou com algum dano visível na casca. Os considerados adequados foram classificados visualmente por dimensão em três lotes, frutos grandes, médios e pequenos (Figura 7), sendo escolhidas cinco unidades de cada lote para serem caracterizadas segundo o peso, dimensão e parâmetros de cor (valores L^* , a^* e b^*) em balança, paquímetro e colorímetro (Konica Minolta Spectrophotometer CM-3500d).



Figura 7 - Frutos de camu-camu divididos por tamanho, da esquerda para direita os frutos tornam-se maiores. Crédito da Foto do próprio autor.

Os frutos selecionados para a produção de polpas (pequenos, médios e grandes) foram reunidos e divididos em cinco lotes homogêneos contendo 5 kg de frutos cada, sendo dois lotes destinados à pasteurização e um lote para cada um dos outros tratamentos (congelamento, liofilização e pressurização). O restante dos frutos permaneceu sob refrigeração para ser posteriormente processado e armazenado como testemunha (congelados). Os lotes estiveram sob refrigeração até o início dos processamentos.

2.1.3 Higienização dos frutos

Na fase preliminar foram testadas três soluções desinfetantes seguindo recomendações dos fabricantes: hipoclorito de sódio a 0,6% durante 15 minutos; ácido peracético 0,1% durante 5 minutos; e dicloro isocianurato de sódio dihidratado (dicloro s. triazinatriona sódica dihidratada ou Sumaveg®) a 0,66% durante 10 minutos.

Na fase experimental, logo após a seleção visual dos frutos, mediante os parâmetros de integridade e sanidade, cada lote foi lavado com água corrente em cestos de metal. Em seguida, os frutos foram completamente imersos em água contendo ácido peracético 0,1% (desinfetante selecionado na fase preliminar) por 5 minutos, em tanque de aço inoxidável. Novamente os frutos foram lavados em água corrente e drenados.

2.1.4 Branqueamento

O branqueamento foi realizado nos frutos na fase preliminar (testes de aceitação de néctares e de escolha do nível de pressão) e na fase experimental. O branqueamento consistiu na imersão dos frutos higienizados em banho de aquecimento a 80°C durante 2 minutos e em seguida em banho de resfriamento até a temperatura ambiente (25-28°C), para inativação enzimática.

2.2 Polpas

Todas as etapas de preparação, transporte e armazenamento das polpas podem ser visualizadas na Figura 6 e estão detalhadas em seguida.

2.2.1 Despulpamento

Na fase preliminar para o teste de sanitização foi realizada a desintegração dos frutos, após retirada manual das sementes, em liquidificador devidamente sanitizado.

Nos demais testes da fase preliminar e na fase experimental foram realizados despulpamentos em equipamento de aço inoxidável da marca Bonina modelo 0.25DF provido de paletas de borracha e peneira com malha de 4 mm de abertura. Os lotes foram subdivididos para melhor desempenho do equipamento e qualidade do material obtido.

2.2.2 Envase e selagem

Na fase preliminar, dois diferentes materiais foram envasados no teste de aceitação de néctar, a polpa e o liofilizado. A polpa foi acondicionada em embalagem plástica de polietileno e selada em seladora TECMAQ modelo AP 500. O liofilizado foi acondicionado em frascos de vidro com tampa até reconstituição da polpa para a preparação dos néctares.

Ainda na fase preliminar, no teste de escolha do nível de pressão, as polpas que seriam pressurizadas foram acondicionadas em embalagens plásticas de polietileno com capacidade para 100 mL. A selagem foi realizada em seladora TECMAQ modelo AP 500.

Na fase experimental, o material obtido (polpa de camu-camu) destinado ao congelamento ou à pressurização foi acondicionado manualmente em embalagens plásticas de polietileno de 100 mL. As polpas que seriam pasteurizadas ou liofilizadas foram embaladas manualmente em unidades de 1 litro, também de polietileno (Figura 8B). Estas unidades foram seladas em seladora TECMAQ modelo AP 500 (Figura 8A).

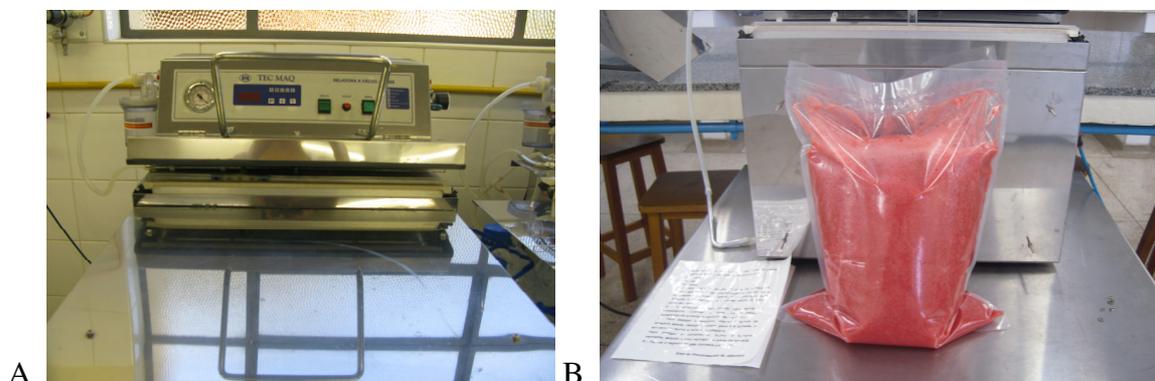


Figura 8 - A. Seladora utilizada para selagem das polpas de camu-camu; B. polpa embalada

2.2.3 Resfriamento, congelamento e armazenamento

Na fase preliminar, para o teste de aceitação de néctar, as polpas foram congeladas lentamente e mantidas em armazenamento a -18°C até o momento de preparação dos néctares. Ainda na fase preliminar as polpas que seriam pressurizadas para o teste de escolha do nível de pressão foram armazenadas refrigeradas (5°C) até a pressurização e depois congeladas lentamente e mantidas em armazenamento a -18°C até o momento de preparação dos néctares.

Na fase experimental os materiais destinados ao congelamento (30 unidades de 100 mL) e à liofilização (3 unidades de 1 kg transferidas para bandejas próprias para liofilização) foram congelados rapidamente em ultra congelador ColdLab modelo CL-120-80v, e posteriormente armazenados a -18°C (polpa congelada) e a 5°C (liofilizado), enquanto os que seriam destinados à pressurização (30 unidades de 100 mL) e à pasteurização (6 unidades de 1 kg) foram refrigerados e mantidos a 5°C em câmara de armazenamento refrigerado até serem tratadas e depois congeladas lentamente.

2.3 Tratamentos nas polpas

2.3.1 Pasteurização

A pasteurização foi realizada na EMBRAPA – Agroindústria de Alimentos em um trocador de calor de superfície raspada marca Armfield modelo FT 25 D (Figura 9A). As condições do processo foram: 95°C por 1 minuto. Foi realizada filtragem da polpa em malha de 0,6 mm antes da pasteurização, devido à alta presença de fibras que poderiam comprometer o processo. As polpas pasteurizadas foram acondicionadas em unidades de 100 mL de polietileno (Figura 9B). Logo após receberem os devidos tratamentos, as polpas pasteurizadas foram rapidamente congeladas e armazenadas a -18°C .



Figura 9 - A. Pasteurizador utilizado no tratamento das polpas de camu-camu. B. Envase das polpas pasteurizadas. Crédito das Fotos do próprio autor.

2.3.2 Pressurização – Alta Pressão Hidrostática

A pressurização foi realizada na EMBRAPA – Agroindústria de Alimentos em um equipamento isostático Stansted Food Lab 9000 (Stansted Fluid Power, Reino Unido) modelo S-FL-850-9-W (Figura 10), com câmara de pressão de 250 mL de capacidade nominal, utilizando como meio álcool 70%. A temperatura de 25°C e o tempo de pressurização de 5 minutos foram definidos baseando-se em estudos de Rosenthal et al. (2005, 2006a, 2006b) sendo escolhidos os parâmetros eficientes mínimos.



Figura 10 - Equipamento utilizado na pressurização das polpas de camu-camu

O nível de pressão (200 MPa) foi determinado por apresentar o melhor conjunto de resultados a partir de experimentos preliminares realizados na EMBRAPA e na ESALQ em que foram testados, sobre polpas de camu-camu, cinco níveis de pressão (100, 200, 300, 400 e 500 MPa). As polpas processadas foram avaliadas por meio de contagem microbiológica; quantificação de ácido ascórbico; teste hedônico de aparência, cor e aroma; e determinação de

atividade enzimática. Logo após receberem os devidos tratamentos, as polpas pressurizadas foram rapidamente congeladas e armazenadas a -18°C .

2.3.3 Liofilização

A liofilização foi realizada em equipamento E-C MODULYO, E-C Apparatus na ESALQ em temperatura de câmara de -45°C , pressão de $5,8 \times 10^{-1}$ mbar durante 96 horas. O liofilizado de camu-camu foi acondicionado em saco plástico de polietileno e em seguida em embalagem plástica aluminizada.

A reconstituição da polpa na fase experimental foi realizada pela diluição e homogeneização (homogeneizador Omnimixer Omni International) de 10 g do liofilizado em 90 mL de água, baseando-se em estudos anteriores que apresentaram índices de sólidos totais presentes em polpas de camu-camu iguais a 10,2% e 9,8% (RUFINO et al., 2010 e GENOVESE et al., 2008).

2.4 Transportes e armazenamento das polpas

2.4.1 Transporte para o Rio de Janeiro e armazenamento

As unidades de polpa refrigeradas que seriam tratadas por pasteurização e pressurização foram transportadas até a EMBRAPA, em caixas de poliestireno expandido (isopor) contendo dióxido de carbono solidificado (gelo seco). Ao chegarem à EMBRAPA, as polpas foram colocadas em câmara de refrigeração ($\sim 5^{\circ}\text{C}$) até receberem os tratamentos.

2.4.2 Transporte para a Espanha e armazenamento

Na fase experimental, quatro dias após os a pasteurização e a pressurização das polpas, aproximadamente 10 kg de polpa congelada (controle, 3 kg; pressurizada, 3 kg; e pasteurizada, 4 kg) foram transportados para Madrid por via aérea em caixas de poliestireno expandido (isopor) contendo dióxido de carbono solidificado (gelo seco). O material liofilizado (300 g) foi enviado 15 dias depois, também por via aérea.

A cadeia do frio foi mantida, desde o despulpamento até o armazenamento no Instituto del Frío, por meio de estocagem em câmaras frias da ESALQ e da EMBRAPA, ou

pelo uso de dióxido de carbono solidificado (gelo seco) durante os transportes. Onze dias após o despulpamento as polpas foram estocadas em câmaras frias a -20°C no Instituto.

2.5 Néctar

A formulação dos néctares se baseou no anexo 3 da Instrução Normativa n° 12, de 4 de setembro de 2003 que determina 10% como quantidade mínima de polpa de acerola para obtenção de néctar da fruta. A acerola foi escolhida como referência por ser, assim como o camu-camu, bastante rica em ácido ascórbico. Este índice é uma exceção, visto que a instrução diz em seu artigo 3° que o néctar de uma determinada fruta, cuja porcentagem de polpa não tenha sido fixada em Regulamento Técnico específico, deve conter, no mínimo, 30% (m/m) da respectiva polpa, ou 20% (m/m) nos casos de fruta com acidez ou conteúdo de polpa muito elevado ou sabor muito forte.

Na fase preliminar os néctares foram obtidos da diluição de 20 g polpa de camu-camu em 80 mL água mineral e adição de açúcar até que se atingisse um teor de sólidos solúveis próximo a 10,8°Brix. Para o néctar obtido de liofilizado de camu-camu a preparação foi feita pela diluição de liofilizado até atingir o mesmo teor de sólidos solúveis apresentado pelo néctar obtido de polpa congelada. A adição de açúcar também foi feita até atingir 10,8°Brix.

Na fase experimental os néctares foram menos concentrados e obtidos da diluição de cada polpa (ou polpa reconstituída) e de sacarose em água mineral (a 4°C) na proporção 1:1:8 (néctar:sacarose:água).

2.6 Análises

2.6.1 Intervalos de tempo para a realização das análises

Na fase experimental as análises microbiológicas nas polpas camu-camu aconteceram aos 34 e aos 118 dias de armazenamento; as análises qualitativas aos 6, 41, 69, 97 e 125 dias de armazenamento; e as análises sensoriais aconteceram aos 30, 71 e 126 dias de armazenamento (análise gustativa somente aos 126 dias de armazenamento e após comprovação de condições microbiológicas adequadas para consumo).

2.6.2 Análises Microbiológicas

Atendendo à legislação brasileira que determina na RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), foram realizadas análises para determinação de ausência/presença de *Salmonella* em 25 gramas de polpa, e quantificação de coliformes termotolerantes. Somente após a confirmação das condições microbiológicas adequadas é que foram iniciados os testes sensoriais gustativos. O teste de *Salmonella* foi realizado pela empresa Bioagri Alimentos – Silliker, seguindo a metodologia 996.08 da AOAC (2005)

Para o teste de descontaminação foram realizadas contagem de coliformes totais, bolores e leveduras e bactérias lácticas (VANDERZANT; SPLITTSTOESSER, 1992).

Na fase experimental, foram realizados no Instituto del Frío contagens de enterobactérias e de aeróbios viáveis.

2.6.3 Análises qualitativas de frutos e de polpas tratadas

Na fase experimental foi realizada no Brasil, sobre os frutos, caracterização física (pesagem, medição, avaliação instrumental de cor) e química (determinação dos teores de umidade, proteínas, cinzas e carboidratos, por diferença).

Enquanto que na Espanha foram realizadas sobre as polpas análises de parâmetros de qualidade e identidade (pH, acidez titulável, teor de sólidos solúveis, coloração, teor de ácido ascórbico, de compostos fenólicos e de antocianinas) e avaliação de atividade enzimática, prioritariamente, conforme métodos descritos pela AOAC (2005) e pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) (Tabela 5). Em função da ausência de determinados métodos nestes compêndios, para a análise instrumental de cor foi seguido o manual do colorímetro utilizado durante a fase preliminar realizada no Brasil (KONICA MINOLTA, 1998); para a quantificação de compostos fenólicos foi seguido método de Singleton e Rossi (1965) e para determinação de atividade enzimática, de peroxidase e de polifenoloxidase, foram seguidos os métodos propostos por Plaza et al. (2003).

As polpas congeladas, pasteurizadas e pressurizadas foram descongeladas em água fria antes de serem vertidas em frascos de vidro com tampa de rosca e mantidas em refrigeração até o momento das análises. O liofilizado de camu-camu foi diluído e homogeneizado em água destilada (1:9), em seguida a polpa reconstituída foi vertida nos mesmos frascos e também foi armazenada sob refrigeração até o momento de análise.

Tabela 5 - Métodos utilizados nas quantificações químicas e caracterizações físicas das polpas de camu-camu

Análise	AOAC 2005		IAL	Descrição
	Método	Localização		
Umidade	925.45B	44.1.03	015-IV	Secagem a pressão atmosférica (105°C)
Proteínas	991.20	33.2.11	037-IV	Método Kjeldahl
Cinzas	940.26A	37.1.18	018-IV	Resíduo por incineração
pH	981.12	42.1.04	017-IV	
Teor de sólidos solúveis	932.12	37.1.15		
Acidez total	942.15B	37.1.37	016-IV	
Teor de ácido ascórbico	967.21	45.1.14	365-IV	Ácido ascórbico em preparações vitamínicas e sucos – Método titulométrico 2,6-dicloroindofenol
Antocianinas totais	2005.02	37.1.68		Teor total de antocianina monomérica de suco de frutas, bebidas, corantes naturais e vinhos
Coloração	Manual do colorímetro Konica Minolta Color Meter 200b; Konica Minolta (1998)			Reflectometria – valores L* (luminosidade), °hue (matiz) e croma (saturação). Sistema proposto pela Comissão Internacionale de L'Eclairaige (CIE)
Compostos fenólicos	Singleton e Rossi Jr., 1965			
Atividade enzimática	Plaza et al., 2003			
Atividade enzimática	Plaza et al., 2003			

Equipamentos utilizados no Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição

Para a realização das análises na fase de teste foram utilizados potenciômetro TECNAL modelo TEC3-MP; refratômetro Auto Abbe, modelo 10500/10501; colorímetro Konica Minolta Color Meter 200b; espectrofotômetro FEMTO 432C e centrífuga marca Eppendorf modelo Centrifuge 5810 R.

Equipamentos utilizados no Instituto del Frío

Para a realização das análises na fase experimental foram utilizados potenciômetro Microph 2000 Crison; refratômetro digital Atago dbx-30; colorímetro Konica Minolta

Spectrophotometer CM-3500d; espectrofotômetro Ultrospec 4300 PRO UV/VISIBLE; centrífuga Sorvall Evolution RC Superspeed e homogeneizador Omnimixer Omni International.

2.6.4 Análises Sensoriais

2.6.4.1 Polpa

A análise sensorial de polpa aconteceu somente na fase experimental. As polpas congeladas, pasteurizadas e pressurizadas, assim como a reconstituída a partir de liofilizado de camu-camu, foram avaliadas em ambiente climatizado (21°C) do Instituto del Frío em relação à qualidade sensorial percebida durante o armazenamento.

As polpas congeladas, pasteurizadas e pressurizadas foram descongeladas por imersão em água antes de serem vertidas em placas de Petri ou em copos descartáveis para análise. O liofilizado de camu-camu foi diluído e homogeneizado em água destilada (1:9), em seguida a polpa reconstituída foi vertida nos mesmos recipientes.

Em cada período a avaliação foi feita por 30 provadores não treinados, potenciais consumidores. Os participantes eram majoritariamente espanhóis (havia entre os provadores do Instituto seis estrangeiros residentes na Espanha).

Para se avaliar as polpas segundo as características visuais (aparência e cor, esta por ser um dos principais atrativos da fruta) e olfativas (aroma) foram realizados testes em três períodos, aos 30, aos 71 e aos 126 dias de armazenamento. A avaliação de características gustativas (sabor) somente foi realizada aos 126 dias de armazenamento e após a comprovação de condições microbiológicas adequadas para consumo.

Nos dois primeiros períodos foram oferecidos a cada participante aproximadamente 20 g de cada polpa em placas de Petri descartáveis e transparentes, de poliestireno de 5 cm de diâmetro e 1,5 cm de altura. No último período foram oferecidos a cada participante novamente 20 g de cada polpa, porém como também seriam avaliadas as características gustativas (sabor) a apresentação foi em copos descartáveis e transparentes, de poliestireno com capacidade para 70 mL.

2.6.4.2 Néctar

Na fase preliminar foram realizadas avaliações sensoriais em dois testes, um visando verificar a aceitação de néctares obtidos de polpa congelada e de liofilizado de camu-camu; e

outro visando avaliar sensorialmente néctar obtido de polpa de camu-camu submetida a diferentes níveis de pressão hidrostática. Em ambos os casos foram realizados teste hedônico com escala de nove pontos com 30 provadores não treinados (Figura 11). Os testes foram realizados em ambiente próprio para análise sensorial no Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição. Cada amostra era constituída de 25 mL de néctar em copos plásticos descartáveis. Foram avaliados aparência, cor, aroma e sabor.

Nome: _____		Data: _____	
<p>Você está recebendo X amostras de polpa de camu-camu. Avalie cada uma das amostras codificadas e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada amostra.</p>			
<p>9 – Gostei muitíssimo 8 – Gostei muito 7 – Gostei moderadamente 6 – Gostei ligeiramente 5 – Nem gostei, nem desgostei 4 – Desgostei ligeiramente 3 – Desgostei moderadamente 2 – Desgostei muito 1 – Desgostei muitíssimo</p>			
<p>Quanto à aparência:</p>		<p>Quanto à cor:</p>	
Nº da amostra: _____	Nota: _____	Nº da amostra: _____	Nota: _____
Nº da amostra: _____	Nota: _____	Nº da amostra: _____	Nota: _____
Nº da amostra: _____	Nota: _____	Nº da amostra: _____	Nota: _____
<p>Quanto ao aroma:</p>		<p>Quanto ao sabor:</p>	
Nº da amostra: _____	Nota: _____	Nº da amostra: _____	Nota: _____
Nº da amostra: _____	Nota: _____	Nº da amostra: _____	Nota: _____
Nº da amostra: _____	Nota: _____	Nº da amostra: _____	Nota: _____
<p>Comentários: _____</p>			

Figura 11 - Ficha cadastral entregue a cada provador nas avaliações sensoriais de cada atributo (aparência, cor, aroma, sabor) de polpa de camu-camu durante a fase preliminar

Na fase experimental, no teste realizado aos 126 dias de armazenamento, os mesmos 30 provadores que avaliaram polpas também avaliaram néctares obtidos das mesmas, porém apenas por suas características de sabor. Os néctares foram preparados com água a 4°C. Volumes de 20 mL das bebidas foram oferecidos nas mesmas condições das polpas.

As polpas e os néctares foram avaliados pelos provadores sempre com base em uma ficha em que constavam duas orientações. A primeira (Tabela 6) permitia uma análise

quantitativa da aceitabilidade, pois deveriam ser atribuídos, para cada amostra analisada, números inteiros entre 1 e 10. Estas notas correspondiam a uma escala de classificação de cinco pontos que variavam de muito ruim (notas 1 e 2) a muito bom (notas 9 e 10) que indicava o quanto cada amostra era aceitável em termos de qualidade sensorial percebida pelo consumidor para aparência, cor, aroma e sabor das polpas e para o sabor dos néctares.

A segunda orientação (Tabela 7), realizada aos 126 dias de armazenamento, permitia uma avaliação qualitativa, pois os provadores marcavam as características que melhor descreviam a aparência, cor, aroma e sabor das polpas e o sabor dos néctares entre atributos sensoriais pré-definidos pelos pesquisadores com base em estudos anteriores. Para avaliar o sabor de néctar foram utilizadas as mesmas ferramentas utilizadas para avaliar o sabor de polpa (Tabelas 6 e 7).

Para avaliação de polpas e néctares a apresentação das amostras foi aleatorizada, em blocos completos, constituindo cada provador um bloco.

Tabela 6 - Pontuações utilizadas como referência para avaliar a qualidade percebida das polpas

Pontuação	Classificação	Faixa de qualidade
1 ou 2	Muito ruim	Inaceitável
3 ou 4	Ruim	Inaceitável
5 ou 6	Regular	Pouco aceitável
7 ou 8	Bom	Aceitável
9 ou 10	Muito bom	Muito aceitável

Tabela 7 - Lista de características para cada atributo, utilizada pelos provadores para descrever as polpas

Características	Polpa congelada	Polpa pasteurizada	Polpa pressurizada	Polpa reconstituída de liofilizado
Cor	Vermelho intenso			
	Vermelho			
	Vermelho pálido			
	Rosa			
	Rosa pálido			
Aparência	Espesso			
	Fibroso			
	Homogêneo			
	Particulado			
	Ralo			
Aroma	Ácido			
	Herbal (fruta verde)			
	Frutado			
	Doce			
	Sem aroma			
Sabor	Ácido			
	Herbal / afrutado			
	Fermentado			
	Amargo			
	Sem sabor			

2.6.5 Análises Estatísticas

Para todos os resultados obtidos nas análises físicas, químicas e sensoriais foram realizadas análise de variância e teste de Tukey para comparações múltiplas, considerando o nível de significância 5%, utilizando o software SAS 9.2.

3. Resultados e Discussão

3.1 Teste de desinfecção

No teste de desinfecção a contagem de coliformes totais esteve abaixo de 10^2 UFC.g⁻¹, limite estabelecido pela ANVISA para coliformes termotolerantes, segundo a RDC 12/2001 (BRASIL, 2001). Quanto a bolores e leveduras, todas as amostras testadas apresentaram resultados próximos a 10^2 UFC.g⁻¹. Em termos de bactérias lácticas, o desinfetante que se destacou foi o ácido peracético, pois a amostra por ele tratada apresentou ausência da carga microbiana (Tabela 8). Quanto ao atendimento à legislação brasileira, os três desinfetantes foram efetivos, e quanto à deterioração, o ácido peracético mostrou-se eficiente na eliminação de bactérias lácticas.

Tabela 8 - Contagem microbiológica em camu-camu higienizado com diferentes desinfetantes (UFC.g⁻¹)

	Concentração	Tempo de ação (min.)	Coliformes totais	Bolores e leveduras	Bactérias lácticas
Ácido peracético	0,1%	5	$< 10^2$	$4,4 \times 10^2$	0
Hipoclorito de sódio	0,6%	15	$< 10^2$	$8,5 \times 10^2$	$1,2 \times 10^2$
Dicloro isocianurato de sódio dihidratado	0,66%	10	$< 10^2$	$7,5 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$

3.2 Teste de aceitação de néctar

Os três tipos de néctares testados, um obtido de polpa branqueada não liofilizada (PB), outro obtido de liofilizado de polpa branqueada (PBL) e outro de liofilizado de polpa não branqueada (PL) apresentaram teor de sólidos solúveis de 1,8 e 10,8°Brix, antes e após a adição de açúcar, respectivamente; e pH inferior a 3,0. O néctar obtido de PB apresentou o mais elevado teor de compostos fenólicos, $318 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$, enquanto os obtidos de PBL e PL apresentaram valores próximos a $285 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ não diferindo estatisticamente. Estes valores indicam um possível efeito da liofilização sobre o teor de compostos fenólicos na polpa de camu-camu, no entanto, durante a fase experimental não houve diferença para este índice entre a polpa reconstituída de liofilizado e as demais polpas. Os valores de acidez titulável total e ácido ascórbico apresentaram comportamentos semelhantes entre si, pois o néctar de PB apresentou maiores valores ($0,69 \text{ g}$ de ácido cítrico. 100 mL^{-1} e 527 mg de ácido ascórbico. 100 mL^{-1}), o néctar de PBL, valores intermediários ($0,63 \text{ g} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ e $455 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$) e o néctar de PL valores menores ($0,59 \text{ g} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ e $375 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$) (Tabela 9). Para

aparência e cor, ambos os néctares obtidos de liofilizado de camu-camu (PL e PBL) apresentaram valores superiores a 7,0 diferindo estatisticamente daqueles obtidos de polpa branqueada não liofilizada que não atingiram 6,0. No entanto, para aroma e sabor, os néctares obtidos de polpa branqueada liofilizada (PBL) não diferiram estatisticamente daqueles obtidos de polpa branqueada não liofilizada (PB) (Tabela 10). Os resultados demonstraram que o néctar obtido de PL foi considerado o mais atrativo sensorialmente em todos os aspectos, porém este apresentou uma concentração de ácido ascórbico estatisticamente menor, quando comparado aos outros néctares.

Tabela 9 - Parâmetros químicos de néctares obtidos de polpa e de liofilizado de camu-camu

	pH	Acidez titulável (g.100 ⁻¹)	Ácido ascórbico (mg.100 ⁻¹)	Compostos fenólicos (g.100 ⁻¹)
Polpa não branqueada liofilizada (PL)	2,99±0,00a	0,59±0,00c	375±9c	286±4b
Polpa branqueada liofilizada (PBL)	2,97±0,00b	0,63±0,01b	455±18b	283±3b
Polpa branqueada não liofilizada (PB)	2,95±0,00c	0,69±0,00a	527±9a	318±0a

Valores médios de três repetições. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os tratamentos.

Tabela 10 - Aceitação de néctares obtidos de polpa e de liofilizado de camu-camu

	Aparência	Cor	Aroma	Sabor
Polpa não branqueada liofilizada (PL)	7,80±1,52a	8,07±0,91a	7,07±1,44a	7,53±1,33a
Polpa branqueada liofilizada (PBL)	7,10±1,27a	7,43±1,22a	6,53±1,25ab	7,13±1,22ab
Polpa branqueada não liofilizada (PB)	5,87±1,59b	5,73±1,57b	6,17±1,34b	6,43±2,01b

Médias de aceitação de 30 provadores não treinados. Escala hedônica de 9 pontos, variando de 1: desgostei muitíssimo a 9 gostei muitíssimo. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os tratamentos.

3.3 Teste de escolha do nível de pressão

No teste para escolha do nível de pressão que seria aplicado em polpa de camu-camu durante a fase experimental foram testados cinco níveis de pressão (100, 200, 300, 400 e 500 MPa) avaliados por meio de contagem microbiológica; quantificação de ácido ascórbico; e teste hedônico de aparência, cor e aroma.

a) Análise microbiológica pela contagem de coliformes totais – todos os níveis de pressão aplicados e o controle apresentaram ausência de coliformes pelo método analítico aplicado, mesmo quando houve inoculação. A acidez da polpa pode ter servido como barreira.

b) Teor de ácido ascórbico – os níveis de pressão aplicados nas polpas não diferiram estatisticamente entre si na redução do teor de ácido ascórbico (Tabela 11).

Tabela 11 - Teores de ácido ascórbico encontrados nas polpas submetidas aos diferentes níveis de pressão aplicados

Nível de pressão (MPa)	Controle	100	200	300	400	500
ácido ascórbico (mg.100 g ⁻¹)	2.388±38a	2.257±329a	2.279±312a	2.224±83a	2.268±66a	2.279±38a

Valores médios de três repetições. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os tratamentos. Controle: polpa de camu-camu não pressurizada.

c) Análise sensorial por meio de teste hedônico – os níveis de pressão de 100 e 200 MPa não diferiram estatisticamente do controle em nenhum dos três atributos avaliados (Tabela 12).

Tabela 12 - Médias de aparência, cor e aroma de polpa de camu-camu submetida aos diferentes níveis de pressão

Atributo	Nível de pressão (MPa)					
	Controle	100	200	300	400	500
Aparência	7,10±1,54a	7,00±1,49a	6,55±1,72ab	5,43±2,22b	6,00±1,98ab	6,75±1,53ab
Cor	7,62±1,26a	7,03±1,64ab	6,62±1,88abc	5,61±2,10c	6,61±1,93abc	6,18±1,70bc
Aroma	6,41±1,70a	6,34±1,49a	6,25±1,46a	5,72±1,94a	6,07±1,98a	6,21±1,66a

Médias de aceitação de 30 provadores não treinados. Escala hedônica de 9 pontos, variando de 1: desgostei muitíssimo a 9 gostei muitíssimo. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os tratamentos. Controle: polpa de camu-camu não pressurizada

3.4 Caracterização do fruto de camu-camu

A caracterização dos frutos foi realizada pelas análises de composição centesimal e de características físicas de peso, dimensão e cor.

3.4.1 Composição centesimal

O teor de umidade quantificado nos frutos que deram origem às polpas, objeto deste estudo, foi de 92,8% da composição centesimal. Em diversos estudos, na composição centesimal do camu-camu, os teores de umidade oscilaram entre 89,8 (RUFINO et al., 2010) e 93,35% (SILVA et al., 2006).

Neste estudo foram também quantificados os teores de proteínas e de minerais (cinzas), cada um compondo 0,3% do total (Tabela 13). Lipídios não foram quantificados pelo muito reduzido teor relatado em outros trabalhos (JUSTI et al, 2000; RODRIGUES; MARX, 2006). O teor de carboidratos (6,6%) foi determinado por diferença entre a composição de sólidos totais (matéria-seca) e os teores de proteínas e cinzas, portanto é composto, além de açúcares, por fibras, ácido ascórbico e compostos fenólicos.

Os valores encontrados neste estudo para a composição centesimal de camu-camu estão em conformidade com os de estudos anteriores (MAEDA et al., 2006; JUSTI et al. 2000; VILLACHICA, 1996), conforme Tabela 13.

Tabela 13 - Composições centesimais de polpas de camu-camu, segundo diversos autores

Nutriente	Dados do autor (2010)	Maeda (2006)	Justi (2000)	Villachica (1996) ³
Lipídios (%)	NQ	0,05	0,2	NI
Minerais / cinzas	0,3	NI	0,3	0,2
Proteínas (%)	0,3	0,29	0,4	0,5
<i>Fibras (%)</i>	NQ	NI	<i>0,1</i>	<i>0,6</i>
Carboidratos (%)	6,6	NI	3,5	4,7
Matéria-seca (%)	7,2	7,35	5,9	5,6
Umidade (%)	92,8	92,65	94,1	94,4
Total (%)	100,0	100,0	100,0	100,0

NI – valor não informado; NQ – não quantificado.

3.4.2 Características físicas dos frutos

As características físicas de peso, dimensão e cor dos frutos de camu-camu utilizados na fase experimental deste estudo são apresentadas na Tabela 14.

Os valores de peso e dimensão encontrados nos frutos maiores estão de acordo com os apresentados por Maeda et al. (2006) em que o peso médio foi 9,21 g e os diâmetros de 25,7 e 25,9 mm.

³ Villachica (1996). In: Rodrigues et al. (2001)

Tabela 14 - Valores médios[§] de peso, tamanho e parâmetros instrumentais de cor encontrados para os frutos de camu-camu utilizados nos processamentos (**continua**)

	Peso (g)	Diâmetro (mm)	
		equatorial	longitudinal
Menores	5,54±0,87c	19,6±1,4b	20,8±1,5b
Médios	7,36±0,67b	21,6±1,9ab	23,0±1,6ab
Maiores	9,36±0,79a	23,6±1,4a	25,2±1,5a

Tabela 14 - Valores médios[§] de peso, tamanho e parâmetros instrumentais de cor encontrados para os frutos de camu-camu utilizados nos processamentos (**continuação**)

	Parâmetros de cor				
	L*	a*	b*	Hue	Croma
Menores	33,53±2,41a	13,50±2,64a	11,80±3,43a	40,65±2,98a	17,95±4,22a
Médios	31,92±5,03a	14,70±1,54a	9,70±4,27a	31,94±9,56ab	17,63±2,48a
Maiores	30,39±3,94a	15,90±2,11a	7,60±1,46a	25,43±2,15b	17,80±3,50a

[§] médias de cinco repetições. L* = luminosidade (0 = preto e 100 = branco); a* = intensidade de verde/vermelho (-60 até zero = verde, de zero a +60 = vermelho); b* = intensidade de azul/amarelo (-60 até zero = azul, de zero a +60 = amarelo); hue: 0° a 360°, com plenas luminosidade e saturação, vermelho (0° a 12°), laranja (13° a 41°), amarelo (42° a 69°), verde (70° a 166°), azul (167° a 251°), violeta (252° a 305°), finalizando em vermelho (306 a 359°); croma: (zero = cor acinzentada a 60 = cor pura)⁴.

Pode-se perceber que diferenças significativas nos pesos dos frutos, entre 5,54 e 9,36 gramas, não se refletiram nos parâmetros de cor L*, a*, b* e croma, entretanto, uma redução gradativa no ângulo hue dos frutos pode ser percebida, o que sugeriria que quanto mais pesado o fruto, “mais vermelho” ele pode se apresentar. A cor é um indicativo de maturidade do camu-camu (VASQUEZ-CAICEDO, 2005; BARDALES et al., 2008).

3.5 Caracterização da polpa de camu-camu

3.5.1 Indicadores de cor

Os indicadores de cor das polpas reconstituídas a partir de camu-camu liofilizado são relativos a um teor de sólidos totais de 8,7 g por 100 g de polpa, enquanto nas demais polpas analisadas este valor é de 7,2 g por 100 g de polpa. Esta diferença deve-se à reconstituição obtida da adição de 10 g de liofilizado a 90 mL de água destilada e pode ter influenciado positiva ou negativamente estes índices, sem que fosse possível fazer ajustes.

⁴ Os valores das escalas de L*, a*, b* e croma e seus significados referem-se a informações apresentadas no Manual do Colorímetro Konica Minolta (1998). Os valores dos ângulos hue que caracterizam cada tonalidade de cor foram obtidos do sítio de internet Colblindor.

3.5.1.1 Luminosidade (Claridade)

A luminosidade nas polpas manteve-se estável ao longo do período de análises. Houve destaque para a polpa reconstituída de camu-camu liofilizado sendo estatisticamente mais clara que as demais. As polpas congelada e pasteurizada foram as mais escuras, não diferindo estatisticamente (Tabela 15). Estes valores estão acima daqueles encontrados para a casca de camu-camu utilizado para se obter as polpas que estiveram entre 30,39 e 33,53 (Tabela 14), o que poderia ser interpretado como uma coloração mais clara das polpas em relação aos frutos. Nota-se que a luminosidade das polpas esteve sempre na metade mais escura da escala.

Tabela 15 - Valores médios de luminosidade (L*) encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento.

Tratamento	Dias de armazenamento					Média
	6	41	69	97	125	
Congelamento	36,49	36,76	37,18	35,48	35,16	36,21±0,86bc
Pasteurização	34,31	34,44	35,05	35,48	31,60	34,18±1,52c
Pressurização	36,57	37,12	37,25	37,44	35,41	36,76±0,82b
Liofilização	-	41,30	44,69	44,71	44,67	43,84±1,70a

Letras iguais representam que não há diferença significativa entre as polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao nível de 5% de significância.

3.5.1.2 Valores a* e b*

Neste trabalho houve pequena oscilação nas médias dos valores a* e b* para todas as polpas ao longo do tempo de armazenamento, sem demonstrar qualquer tendência de aumento ou diminuição (Tabela 16). A polpa reconstituída de liofilizado apresentou os valores mais altos de a* e b* e os valores mais baixos foram apresentados pela polpa pasteurizada, enquanto as polpas, congelada e pressurizada, não apresentaram diferenças significativas. Estes resultados indicam que a pressurização não causou efeitos sobre a cor da polpa, pois não houve diferença estatística em relação ao controle (polpa congelada) enquanto a pasteurização causou efeito. A liofilização também causou alterações, no entanto, isto deve ser visto com cautela, pois a polpa reconstituída possuía maior teor de sólidos totais que as demais polpas o que pode ter influenciado na avaliação dos valores a* e b*.

Tabela 16 - Valores médios de a* e b* encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento (**continua**)

Tratamento	a*					Média
	Dias de armazenamento					
	6	41	69	97	125	
Congelamento	17,89	17,76	18,92	16,30	16,80	17,84±1,11ab
Pasteurização	10,84	11,42	11,32	11,28	12,78	11,54±0,73c
Pressurização	17,76	16,19	15,74	15,18	15,32	16,20±1,17b
Liofilização	-	18,47	21,42	17,44	20,39	19,43±1,80a

Tabela 16 - Valores médios de a* e b* encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento (**continuação**)

Tratamento	b*					Média
	Dias de armazenamento					
	6	41	69	97	125	
Congelamento	3,78	3,49	3,85	2,48	2,61	3,24±0,65b
Pasteurização	0,71	0,38	0,62	0,19	0,26	0,43±0,23c
Pressurização	3,76	2,16	1,92	1,48	1,63	2,19±0,92b
Liofilização	-	4,77	6,23	4,35	6,66	5,50±1,12a

Letras iguais representam que não há diferença significativa entre as polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao nível de 5% de significância.

3.5.1.3 Ângulo hue

A partir da delimitação de ângulos para os grupos de cores (Figura 5), e dos valores apresentados na Tabela 17, pode-se afirmar que a polpa reconstituída de camu-camu liofilizado foi “a menos vermelha” ou “a mais alaranjada”, enquanto a polpa pasteurizada foi “a mais vermelha” ou “a menos alaranjada”, sendo ambas estatisticamente diferentes das demais. Os valores encontrados para as polpas são bastante inferiores aos encontrados para a casca de camu-camu utilizados para se obter as polpas que estiveram entre 25,43° e 40,65° (Tabela 14), o que equivaleria dizer que as polpas estavam “mais vermelhas” ou “menos alaranjadas” que as frutas utilizadas em sua obtenção, talvez pela homogeneização ocorrida no despulpamento.

Tabela 17 - Valores médios de °hue encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento

Tratamento	Dias de armazenamento					Média
	6	41	69	97	125	
Congelamento	11,93	11,12	11,50	8,65	8,83	10,41±1,55b
Pasteurização	3,75	1,91	3,13	0,96	1,17	2,18±1,22c
Pressurização	11,95	7,6	6,95	5,57	6,07	7,63±2,54b
Liofilização	-	14,48	16,22	14,01	18,09	15,70±1,86a

Letras iguais representam que não há diferença significativa entre as polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao nível de 5% de significância.

3.5.1.4 Croma

A polpa reconstituída de camu-camu liofilizado foi a que apresentou a cor “mais viva”, ou “mais pura”, não diferindo estatisticamente da polpa congelada; enquanto que a polpa pasteurizada foi significativamente a “menos viva” ou “menos pura” (Tabela 18). As polpas congelada e pressurizada apresentaram valores semelhantes aos encontrados para a casca de camu-camu (saturação 17,63 e 17,95) utilizado para se obter as mesmas (Tabela 14).

Tabela 18 - Valores médios de croma encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento

Tratamento	Dias de armazenamento					Média
	6	41	69	97	125	
Congelamento	18,28	18,10	19,31	16,49	17,00	17,84±1,11ab
Pasteurização	10,86	11,43	11,34	11,28	12,78	11,54±0,73c
Pressurização	18,15	16,33	15,86	15,25	15,41	16,20±1,17b
Liofilização	-	19,08	22,31	17,97	21,45	20,20±2,02a

Letras iguais representam que não há diferença significativa entre as polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao nível de 5% de significância.

Sobre os parâmetros instrumentais de cor das polpas de camu-camu deste trabalho pode-se perceber que houve pequenas oscilações ao longo do armazenamento, o que também foi verificado em outros estudos como o de Faraoni (2006) sobre polpas congeladas e pasteurizadas de manga; de Lopes et al (2005) sobre polpa congelada de pitanga; e de Arévalo (2002) sobre polpa liofilizada de camu-camu.

Quanto aos efeitos dos tratamentos sobre as polpas, neste estudo pode ser verificado que a pressurização praticamente não alterou os indicadores instrumentais de cor da polpa de camu-camu, no entanto a pasteurização alterou significativamente estes indicadores. A polpa tratada por liofilização apresentou dados significativamente diferente das demais, no entanto, esta diferença pode ser total ou parcialmente causada pelo maior teor de sólidos totais na polpa reconstituída de liofilizado comparado às demais polpas.

3.5.2 Parâmetros de identidade e qualidade de polpa de fruta

A polpa reconstituída de camu-camu foi obtida da diluição e homogeneização de 10 g de liofilizado de camu-camu em 90 mL de água destilada e apresentou maior teor de sólidos totais que as outras polpas (sólidos totais na polpa reconstituída = 8,7 g por 100 gramas de polpa reconstituída; sólidos totais nas demais polpas = 7,2 g por 100 gramas de polpa). Este maior teor de sólidos totais exige que os parâmetros sólidos solúveis e acidez titulável da polpa reconstituída precisem ser corrigidos para poder compará-los aos mesmos índices nas demais polpas.

3.5.2.1 pH

O pH de cada uma das polpas manteve-se estável nos dois primeiros períodos de análises, apresentando elevação aos 69 dias de armazenamento e uma queda gradual até os 126 dias de armazenamento. As oscilações mais destacadas foram nas polpas congeladas nas quais o pH variou de 2,27 a 2,78 (Tabela 19).

Comparando-se as médias observadas durante todo o período de armazenamento de cada uma das polpas percebe-se que não houve diferença estatística entre elas (Tabela 19), demonstrando ausência de efeito dos tratamentos sobre o pH.

Tabela 19 - Valores médios de pH encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento

Tratamento	Dias de armazenamento					Média
	6	41	69	97	125	
Congelamento	2,30±0,01Db	2,27±0,00Ec	2,78±0,02Aa	2,70±0,01Bc	2,57±0,01Ca	2,52±0,21a
Pasteurização	2,40±0,01Ca	2,42±0,02Cb	2,78±0,02Aa	2,75±0,00Ab	2,60±0,06Ba	2,59±0,17a
Pressurização	2,40±0,02Ca	2,42±0,01Cb	2,78±0,02Aa	2,75±0,01Ab	2,59±0,03Ba	2,59±0,17a
Liofilização	-	2,47±0,01Ca	2,81±0,02Aa	2,81±0,02Aa	2,57±0,01Ba	2,67±0,15a

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os períodos. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os tratamentos.

Os valores de pH observados neste estudo assemelham-se aos apresentados em outros estudos que variaram entre 2,63 (SILVA et al., 2006a, 2006b, 2006c) e 2,81 (SILVA et al., 2005).

3.5.2.2 Teor de sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis de cada uma das polpas manteve-se estável ao longo do período de armazenamento, exceto aos 6 dias para todas as polpas e aos 69 dias para a polpa reconstituída de liofilizado, nestes casos os índices foram estatisticamente inferiores aos dos demais períodos.

As polpas não diferiram entre si em todo o período de armazenamento, exceto a polpa reconstituída de camu-camu liofilizado que apresentou teor de sólidos solúveis ligeiramente superior aos das demais (Tabela 20). No entanto, se corrigidos, equiparando seus teores de sólidos totais aos das demais polpas, os valores seriam similares, exceto aos 69 dias de armazenamento, como pode ser visto na Tabela 20.

Tabela 20 - Valores médios de sólidos solúveis encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo dos 125 dias de armazenamento

Tratamento	Dias de armazenamento					Média
	6	41	69	97	125	
Congelamento	6,4±0,1Bb	7,1±0,1Ab	7,1±0,1Ab	7,1±0,1Abc	7,2±0,2Ab	7,0±0,3b
Pasteurização	6,3±0,1Bc	7,0±0,1Ab	6,8±0,1Ac	6,9±0,1Ac	7,0±0,1Ab	6,8±0,3b
Pressurização	6,7±0,1Ba	7,2±0,3Ab	7,0±0,1ABbc	7,3±0,1Ab	7,2±0,1Ab	7,1±0,3b
Liofilização	-	8,8±0,1Aa	7,8±0,1Ba	8,7±0,1Aa	8,7±0,0Aa	8,5±0,4a
Liofilização (c)	-	7,2±0,1Ab	6,4±0,1Bd	7,2±0,1Ab	7,2±0,0Ab	7,0±0,4b

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os períodos. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os tratamentos. (c) ajuste dos valores encontrados para a polpa reconstituída a partir de liofilizado de camu-camu considerando um teor de sólidos totais equivalente ao das demais polpas.

Os valores de sólidos solúveis neste trabalho assemelham-se aos apresentados em outros estudos que variaram entre 6,00 (SILVA et al., 2006a, 2006b, 2006c) e 7,31°Brix (MAEDA; ANDRADE, 2003).

3.5.2.3 Acidez titulável

O índice de acidez, de cada uma das polpas, manteve-se praticamente estável ao longo do período de armazenamento (Tabela 21). A polpa congelada oscilou entre 3,29 e 3,64 g de ácido cítrico por 100 g de polpa. A polpa pasteurizada entre 3,38 e 3,61 g.100 g⁻¹ e a polpa pressurizada entre 3,37 e 3,58 g.100 g⁻¹. A polpa reconstituída de liofilizado de camu-camu oscilou entre 3,84 e 4,48 g de ácido cítrico por 100 g de polpa (com os valores corrigidos a oscilação foi entre 3,16 e 3,69 g de ácido cítrico por 100 g de polpa).

Comparando-se as médias de acidez titulável de cada polpa em todo o período de armazenamento percebe-se que não houve diferença estatística entre elas, exceto para a polpa reconstituída de liofilizado que se mostrou maior que as demais, porém como nos demais parâmetros, quando corrigida a média pelo teor de sólidos totais a polpa reconstituída passa a não diferir estatisticamente das demais (Tabela 21).

Tabela 21 - Valores médios de acidez titulável encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento (**continua**)

Tratamento	Dias de armazenamento		
	6	41	69
Congelamento	3,32±0,01Dc	3,53±0,00Bd	3,64±0,00Ab
Pasteurização	3,61±0,01Aa	3,47±0,01Be	3,38±0,00Cd
Pressurização	3,58±0,00Ab	3,57±0,00Ac	3,54±0,00Bc
Liofilização	-	4,48±0,01Aa	3,84±0,00Ca
Liofilização (c)	-	3,69±0,00Ab	3,16±0,00Ce

Tabela 21 - Valores médios de acidez titulável encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento (**continuação**)

Tratamento	Dias de armazenamento		
	97	125	Média
Congelamento	3,46±0,00Cc	3,29±0,00Ee	3,45±0,14b
Pasteurização	3,46±0,02Bbc	3,47±0,00Bc	3,48±0,08b
Pressurização	3,42±0,01Cd	3,37±0,00Dd	3,50±0,09b
Liofilização	4,24±0,00Ba	4,47±0,01Aa	4,26±0,27a
Liofilização (c)	3,49±0,00Bb	3,68±0,00Ab	3,51±0,23b

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os períodos. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os tratamentos. (c) ajuste dos valores encontrados para a polpa reconstituída a partir de liofilizado de camu-camu considerando um teor de sólidos totais equivalente ao das demais polpas.

Os valores de acidez titulável encontrados neste trabalho são intermediários aos apresentados em outros estudos que variaram entre 2,30 (SILVA et al., 2006a, 2006b, 2006c) e 4,31 (MAEDA; ANDRADE, 2003).

3.5.2.4 Ratio

O índice *ratio* de cada uma das polpas manteve-se estável ao longo do período de análises (Tabela 22), oscilando entre 1,94 e 2,19 na polpa congelada, entre 1,73 e 2,02 na polpa pasteurizada, entre 1,86 e 2,14 na polpa pressurizada e entre 1,95 e 2,05 na polpa reconstituída de camu-camu liofilizado.

Comparando-se as médias de *ratio* obtidas em todo o período de armazenamento percebe-se que não houve diferença estatística entre as polpas submetidas aos diferentes tratamentos (Tabela 22).

Tabela 22 - Valores médios de *ratio* encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento

Tratamento	Dias de armazenamento					Média
	6	41	69	97	125	
Congelamento	1,94±0,02Ca	2,00±0,02BCa	1,96±0,03Ca	2,06±0,02Bb	2,19±0,06Aa	2,02±0,15a
Pasteurização	1,73±0,02Bc	2,02±0,02Aa	2,02±0,03Aa	2,00±0,02Ab	2,01±0,02Ab	1,95±0,09a
Pressurização	1,86±0,01Db	2,01±0,07BCa	1,99±0,02Ca	2,14±0,04Aa	2,13±0,04ABa	2,02±0,09a
Liofilização	-	1,95±0,02Ba	2,02±0,03Aa	2,05±0,03Ab	1,95±0,00Bb	2,00±0,30a
Liofilização(c)	-	1,95±0,02Ba	2,02±0,03Aa	2,05±0,03Ab	1,95±0,00Bb	2,00±0,30a

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os períodos. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os tratamentos. (c) ajuste dos valores encontrados para a polpa reconstituída a partir de liofilizado de camu-camu considerando um teor de sólidos totais equivalente ao das demais polpas.

Estes valores de *ratio* são intermediários aos apresentados em outros estudos que variaram entre 1,65 (MAEDA; ANDRADE, 2003) e 2,81 (SILVA et al., 2005).

Os parâmetros de qualidade e identidade de polpa – pH, sólidos solúveis, acidez titulável total e *ratio* – são bastante interrelacionados e por isso podem ser avaliados em conjunto.

Os valores encontrados para as polpas de camu-camu demonstraram que não houve efeito dos tratamentos sobre as polpas quando tomados os índices relativos ao período total de armazenamento.

Houve relativa estabilidade ao longo do armazenamento das polpas. O liofilizado de camu-camu foi armazenado sob refrigeração. As demais polpas foram armazenadas sob congelamento. O congelamento é um método de conservação bastante utilizado por preservar características nutricionais e sensoriais por longos períodos por meio do retardamento de reações (LOPES et al., 2005).

Faraoni (2006) avaliou polpa congelada e polpa pasteurizada de manga sob dois diferentes binômios, e afirmou que foram observados efeitos da pasteurização sobre o pH, o teor de sólidos solúveis e de acidez titulável. Os teores de sólidos solúveis das polpas pasteurizadas foram superiores ao da polpa congelada. O pH da polpa pasteurizada a 80°C foi estatisticamente inferior aos das polpa congelada e polpa pasteurizada a 75°C. A acidez da polpa pasteurizada a 80°C foi estatisticamente superior à acidez da polpa pasteurizada a 75°C e esta à da polpa congelada. O *ratio* da polpa pasteurizada a 80°C foi significativamente inferior ao *ratio* das polpas congelada e pasteurizada a 75°C.

Não foram encontrados estudos que comparassem o efeito de liofilização ou pressurização sobre polpa de frutas armazenadas.

3.5.3 Ácido ascórbico

Comparando-se as médias dos teores de ácido ascórbico de cada polpa tratada durante todo o período de armazenamento (última coluna da Tabela 23) percebe-se que a polpa pasteurizada foi a que apresentou o valor mais baixo (1.372 mg.100 g⁻¹), sendo estatisticamente diferente das demais. O mesmo pode ser observado nas colunas anteriores – as quais apresentam resultados nos diferentes tempos de armazenamento – em que somente aos 125 dias de armazenamento não houve uma superioridade significativa da polpa pressurizada em relação à polpa pasteurizada. A média mais baixa na polpa pasteurizada pode ser consequência da aplicação de calor (95°C por 1 minuto) (FELLOWS, 2006; NEVES et al., 2007).

A polpa reconstituída de camu-camu liofilizado apresentou os mais elevados teores de ácido ascórbico – durante todo o armazenamento, ou em cada um dos tempos de análise ao longo do armazenamento. No entanto, ao se fazer uma relação entre teor de ácido ascórbico e teor de sólidos totais, as polpas reconstituídas passam a ter valores bastante próximos aos das polpas congeladas aos 69 e 97 dias de armazenamento (Tabela 23). Independente destas correções, o que pode ser confirmado ao se comparar os teores de ácido ascórbico das diferentes polpas é que a liofilização é um tratamento que preserva ácido ascórbico de forma bastante eficiente, conforme demonstrado nos estudos de Silva et al (2006a, 2006b, 2006c).

Os teores de ácido ascórbico apresentados neste estudo são inferiores aos apresentados em publicações nos últimos anos que oscilaram entre 1.721 e 2.585 mg por 100 grama de polpa (SILVA et al., 2006a, 2006b, 2006c; RUFINO et al., 2010a; SILVA et al., 2005; CHIRINOS et al., 2010; VILLANUEVA-TIBURCIO et al., 2010; MAEDA et al., 2006). Entretanto também foram encontrados 397 mg por 100 g de polpa (GENOVESE et al., 2008), 1.050 e 1.600 mg por 100 g de polpa (MAEDA; ANDRADE, 2003) (Tabelas 3 e 4).

As razões para as diferenças nos valores encontrados nos diversos estudos podem ser diversas, tais como a variedade da espécie, a qualidade do solo, as condições climáticas e de colheita, o branqueamento e o despulpamento utilizados para obtenção das polpas, entre outros fatores (VASQUEZ-CAICEDO, 2005; SILVA et al., 2006b; MAEDA et al., 2007; RODRIGUES; MARX, 2006; BARDALES et al., 2008; GENOVESE et al., 2008).

Mesmo com índices mais baixos, as polpas objeto deste estudo apresentaram mais de 1% de sua composição em ácido ascórbico, o que, segundo estudos científicos recentes somente é possível para quatro frutas, *kakadu* (fruta australiana), *rosehip* (típica da Europa mediterrânea), acerola e camu-camu (Tabela 3).

Tabela 23 - Valores médios de ácido ascórbico (mg.100⁻¹) encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento (**continua**)

Tratamento	Dias de armazenamento		
	6	41	69
Congelamento	1.666,67±29,76BCa	1.656,75±17,18Cd	1.748,51±12,88Ab
Pasteurização	1.309,52±29,76Bc	1.428,57±0,00Ae	1.465,77±12,88Ad
Pressurização	1.547,62±0,00Db	1.775,79±17,18Ac	1.711,31±12,88Bc
Liofilização	-	2.500,00±0,00Aa	2.120,54±0,00BCa
Liofilização (c)	-	2.058,32±0,00Ab	1.745,90±0,00BCb

Tabela 23 - Valores médios de ácido ascórbico (mg.100⁻¹) encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento (**continuação**)

Tratamento	Dias de armazenamento		Média
	97	125	
Congelamento	1.731,88±12,55ABb	1.666,67±48,30BCc	1.694,09±45,94b
Pasteurização	1.456,52±21,73Ad	1.199,68±27,89Cd	1.372,01±107,84c
Pressurização	1.644,93±12,55Cc	1.256,04±24,15Ed	1.587,14±188,80b
Liofilização	2.101,45±33,20Ca	2.181,96±50,28Ba	2.225,99±170,08a
Liofilização (c)	1.730,18±27,34Cb	1.796,47±41,40Bb	1.832,72±140,03b

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os períodos. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os tratamentos. (c) ajuste dos valores encontrados para a polpa reconstituída a partir de liofilizado de camu-camu considerando um teor de sólidos totais equivalente ao das demais polpas.

Faraoni (2006) observou que as polpas pasteurizadas acondicionadas em embalagens transparentes sofreram queda em seus teores de ácido ascórbico durante o armazenamento, as polpas congeladas acondicionadas em embalagens transparentes também apresentaram decréscimo, porém bem menos acentuado que as polpas pasteurizadas. A autora destacou que durante os primeiros 60 dias de armazenamento as polpas pasteurizadas apresentavam teores mais elevados que as polpas congeladas. Essa diferença pode ser atribuída à atividade da enzima ácido ascórbico oxidase, não inativada pelo congelamento lento. A partir dos 60 dias de armazenamento, as polpas pasteurizadas e acondicionadas em embalagens transparentes apresentaram um declínio maior que as polpas congeladas e esse fato foi atribuído à ação da luz e da oxidação.

Araújo et al. (2007) observaram relativa estabilidade nos teores de ácido ascórbico de polpa congelada de acerola de diversos cultivares ao longo do armazenamento, apesar de oscilações ocorridas.

Arévalo (2002) observou decréscimos nos teores de ácido ascórbico de polpa liofilizada de camu-camu armazenadas a 23°C e a 35°C em diferentes umidades relativas ao longo do armazenamento, com oscilações em pontos específicos.

Arévalo (2007) observou estabilidade dos teores de ácido ascórbico em polpa de camu-camu *in natura* e branqueada – a 98°C por 30, 60 e 120 segundos – ao longo do armazenamento e afirmou que a polpa branqueada por 30 segundos apresentava resultados inferiores aos da polpa não branqueada, atribuindo o fato a uma possível ativação enzimática ocorrida a um tempo tão curto de tratamento. A autora também observou que armazenadas a -10°C as polpas apresentaram estabilidade nos teores de ácido ascórbico durante os primeiros 90 dias de armazenamento.

3.5.4 Compostos fenólicos

Neste estudo os teores de compostos fenólicos estiveram estáveis ao longo do período de análise. Quanto ao efeito dos tratamentos sobre os teores de compostos fenólicos das polpas pode-se perceber que a polpa pasteurizada foi a que apresentou os mais baixos índices (Tabela 24). A polpa reconstituída de material liofilizado, após correção, apresentou valores bastante próximos aos da polpa congelada (Tabela 24). A polpa pressurizada não diferiu estatisticamente da polpa congelada.

Tabela 24 - Valores médios de compostos fenólicos (mg.100⁻¹) encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento (**continua**)

Tratamento	Dias de armazenamento		
	6	41	69
Congelamento	1.431,32±61,54ABa	1.428,43±55,16ABb	1.471,01±1,44Ab
Pasteurização	1.142,72±13,98Ac	1.152,11±26,20Ad	1.161,18±1,63Ae
Pressurização	1.333,57±45,49Ab	1.326,88±26,37Ac	1.389,86±4,74Ad
Liofilização	-	1.704,10±26,86Aa	1.762,92±2,37Aa
Liofilização (c)	-	1.403,02±22,12Abc	1.451,46±1,96Ac

Tabela 24 - Valores médios de compostos fenólicos ($\text{mg}\cdot 100^{-1}$) encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento (**continuação**)

Tratamento	Dias de armazenamento		Média
	97	125	
Congelamento	1.414,11±12,16ABb	1.344,10±21,58Ba	1.417,80±46,29b
Pasteurização	1.160,59±28,04Ad	1.099,40±316,22Aa	1.143,21±25,60c
Pressurização	1.323,81±1,76Ac	1.244,16±27,68Ba	1.323,66±51,99b
Liofilização	1.708,50±2,59Aa	1.725,60±367,71Aa	1.725,26±26,76a
Liofilização (c)	1.406,64±2,14Ab	1.420,71±302,75Aa	1.420,45±130,97b

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os períodos. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os tratamentos. (c) ajuste dos valores encontrados para a polpa reconstituída a partir de liofilizado de camu-camu considerando um teor de sólidos totais equivalente ao das demais polpas.

Os valores encontrados neste estudo se comparam aos de outros estudos em que oscilaram entre 602 e 1.797 mg de equivalente ácido gálico por 100 grama de polpa (VILANUEVA-TIBURCIO et al., 2010; GENOVESE et al., 2008).

3.5.4.1 Antocianinas

Os valores encontrados neste estudo foram estáveis ao longo do armazenamento para todos os tratamentos. A polpa congelada foi significativamente superior à polpa pressurizada, e esta foi significativamente superior à pasteurizada. A polpa reconstituída de material liofilizado foi superior às demais, no entanto, corrigindo os valores pela presença de sólidos totais, percebe-se que os valores desta polpa seriam intermediários entre as polpas congeladas e pressurizadas (Tabela 25).

Neste estudo não foi detectada a perda da cor vermelha independente do tratamento utilizado (Tabela 17) ou do tempo de armazenamento, o que confirma uma preservação de antocianinas.

Os estudos que quantificaram antocianinas apresentaram valores entre 42,2 g e 52,6 g de antocianinas por 100 g de polpa (VILLANUEVA-TIBURCIO et al., CHIRINOS et al., RUFINO et al., 2010), valores intermediários aos encontrados neste estudo (Tabela 25). No entanto outros apresentaram valores bastante inferiores, entre 1,9 e 9,9 g por 100 gramas de polpa (MAEDA; ANDRADE, 2003, MAEDA et al., 2006 e 2007).

Tabela 25 - Valores médios de antocianinas ($\text{mg} \cdot 100^{-1}$) encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento (**continua**)

Tratamento	Dias de armazenamento		
	6	41	69
Congelamento	50,27±1,15Ba	49,78±0,27Bb	53,02±0,45Ab
Pasteurização	39,24±0,65Ac	34,23±0,27Bd	30,41±0,36Ce
Pressurização	41,61±0,21Bb	40,74±1,02Bc	41,47±0,26Bd
Liofilização	-	60,18±0,51ABa	59,38±0,45Ba
Liofilização (c)	-	49,55±0,42ABb	48,89±0,37Bc

Tabela 25 - Valores médios de antocianinas ($\text{mg} \cdot 100^{-1}$) encontrados nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos ao longo de 125 dias de armazenamento (**continuação**)

Tratamento	Dias de armazenamento		Média
	97	125	
Congelamento	48,15±0,22Cb	49,61±0,22BCb	50,17±1,72b
Pasteurização	30,75±0,12Cd	33,61±0,47Bd	33,65±3,31d
Pressurização	41,02±0,27Bc	43,28±0,63Ac	41,62±1,04c
Liofilização	57,72±0,52Ca	61,37±0,36Aa	59,66±1,44a
Liofilização (c)	47,52±0,43Cb	50,53±0,30Ab	49,12±1,19b

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os períodos. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os tratamentos. (c) ajuste dos valores encontrados para a polpa reconstituída a partir de liofilizado de camu-camu considerando um teor de sólidos totais equivalente ao das demais polpas.

Araújo et al. (2007) observaram que polpas congeladas de acerola de duas variedades mantiveram estáveis seus teores de antocianinas, enquanto as demais apresentaram oscilações.

3.5.5 Atividade enzimática

Não foi detectada atividade enzimática em nenhuma das polpas, provavelmente pela inativação enzimática ter sido bem sucedida no tratamento anterior ao despulpamento das frutas (branqueamento). A ausência de atividade enzimática contribuiu para a estabilidade das polpas, visto que esta é uma das principais causas de deterioração de alimentos (MAEDA et al., 2006; MAEDA et al., 2007; RUFINO et al., 2010a; VILLANUEVA-TIBURCIO et al., 2010).

3.5.6 Análise sensorial das polpas

3.5.6.1 Aparência

As médias das notas atribuídas pelos provadores para a aparência das polpas tratadas por congelamento e pressurização não diferiram estatisticamente entre si e foram superiores

às médias das polpas tratadas por pasteurização, enquanto que as polpas obtidas da reconstituição do liofilizado de camu-camu obtiveram a média mais baixa, estando abaixo do limite para ser considerada aceitável, sendo estatisticamente diferente das demais. Considerando os diferentes períodos de avaliação, observa-se diferença significativa entre as médias das notas atribuídas para as polpas tratadas por congelamento entre o tempo inicial e o tempo final de avaliação. No entanto, a média das notas para estas mesmas polpas no tempo intermediário não foi estatisticamente diferente em relação aos demais períodos, o que demonstra uma queda gradual na percepção da qualidade destas polpas (Tabela 26). Nas demais polpas não houve diferença na percepção de qualidade ao longo do armazenamento segundo o atributo aparência.

Tabela 26 - Médias[§] da aparência de polpa de camu-camu submetida aos diferentes tratamentos ao longo do armazenamento

Tratamento	Dias de armazenamento			Período total
	30	71	126	
Congelamento	8,3±1,0Aa	7,7±1,4ABa	7,0±1,5Ba	7,7±1,4a
Pasteurização	6,4±1,6Ab	6,2±1,5Ab	7,0±1,7Aa	6,5±1,6b
Pressurização	7,3±1,2Ab	7,5±1,1Aa	7,1±1,4Aa	7,3±1,2a
Liofilização	5,0±2,0Ac	4,1±1,8Ac	4,9±2,2Ab	4,9±2,0c

[§] avaliadas em escala variando de 1-2: muito ruim/inaceitável a 9-10: muito bom/muito aceitável. Letras maiúsculas diferentes na mesma linha representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os períodos. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os tratamentos.

Considerando-se as características assinaladas pelos provadores para cada tipo de polpa (Tabela 27) sugere-se que a fibrosidade das polpas pode ter contribuído para a percepção de qualidade do produto. A polpa pasteurizada e a polpa reconstituída de liofilizado, apontadas menos vezes como fibrosas (Tabela 27), foram percebidas como de qualidade inferior a da polpa congelada e da polpa pressurizada. Outro fator importante a se considerar é que as polpas que sofreram pasteurização necessitaram filtragem antes do processo (malha de 0,6 mm) e que a polpa reconstituída foi obtida da diluição e homogeneização do liofilizado de camu-camu. A partir destas observações supõe-se que alterações na constituição e estrutura das polpas são percebidas como negativas pelo consumidor.

A avaliação da consistência das polpas demonstra ambigüidade em termos de percepção de qualidade, visto que tanto a polpa apontada mais vezes como espessa quanto a apontada mais vezes como rala (ou menos vezes como espessa) foram percebidas como de qualidade inferior às demais. A polpa com média mais baixa em termos de qualidade

percebida (polpa reconstituída de liofilizado) (Tabela 26) foi apontada como espessa por quase todos os provadores, enquanto que a polpa pasteurizada, apontada menos vezes como espessa (e mais vezes como rala) (Tabela 27), também foi avaliada como apresentando qualidade percebida inferior às polpas congelada e pressurizada no atributo aparência (Tabela 26). A partir destas observações supõe-se que exista um faixa de consistência em que a polpa é percebida como de melhor qualidade e que, portanto, uma espessura acima ou abaixo desta faixa pode-se ser vista como negativa pelo consumidor.

Tabela 27 - Número de vezes que cada característica da aparência de polpa de camu-camu submetida aos diferentes tratamentos foi citada pelos provadores aos 126 dias de armazenamento

Tratamento	Características				
	Espesso	Fibroso	Homogêneo	Particulado	Ralo
Congelamento	21	14	5	7	4
Pasteurização	8	4	14	2	13
Pressurização	13	16	8	7	3
Liofilização	29	4	5	5	3

3.5.6.1.1 Cor

As maiores médias atribuídas pelos provadores à qualidade percebida em relação à cor foram para as polpas tratadas por congelamento e pressurização, sendo que estas últimas não diferiram estatisticamente das polpas tratadas por pasteurização. As polpas obtidas da reconstituição do liofilizado de camu-camu apresentaram as médias mais baixas, sendo estatisticamente diferentes das demais, estando muito próximas ou abaixo do limite do considerado aceitável pelos provadores. Não houve diferença significativa entre as médias das notas atribuídas para cada tratamento ao longo do período de armazenamento (Tabela 28).

Tabela 28 - Médias[§] da cor de polpa de camu-camu submetida aos diferentes tratamentos ao longo do armazenamento

Tratamento	Dias de armazenamento			Período total
	30	71	126	
Congelamento	8,5±1,2Aa	7,8±1,4Aa	8,1±1,1Aa	8,1±1,1a
Pasteurização	6,6±1,3Ab	6,8±1,6Aa	7,0±1,1Ab	6,8±0,8b
Pressurização	7,4±1,0Ab	7,3±1,2Aa	7,4±0,9Aab	7,4±1,1ab
Liofilização	5,1±1,8Ac	4,5±1,8Ab	4,7±1,9Ac	4,8±1,8c

[§] avaliadas em escala variando de 1-2: muito ruim/inaceitável a 9-10: muito bom/muito aceitável. Letras maiúsculas diferentes na mesma linha representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os períodos. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os tratamentos.

A polpa reconstituída do liofilizado apresentou a média mais baixa em termos de percepção sensorial da cor (Tabela 28), e segundo parâmetros instrumentais de cor (luminosidade, hue e croma) a mesma apresentou as médias mais altas (Tabelas 15, 17 e 18), portanto, sendo mais clara, “menos vermelha” e mais viva que as demais. Sugere-se que estas características instrumentais influem negativamente na qualidade percebida da polpa de camu-camu pelos consumidores espanhóis. No entanto, a polpa pasteurizada que apresentou sempre os valores mais baixos para os parâmetros instrumentais de cor, portanto apresentando-se como mais escura, “mais vermelha” e menos viva que as demais, foi percebida pelos provadores como de qualidade semelhante à da polpa pressurizada (Tabela 28).

Considerando-se as características de cor assinaladas pelos provadores para cada tipo de polpa tratada, observa-se que a intensidade do vermelho (do vermelho intenso ao rosa pálido) foi decisiva na percepção da qualidade das polpas pelos provadores (Tabela 29), pois a única polpa caracterizada como apresentando vermelho intenso (aproximadamente metade dos provadores a classificaram assim) foi a de melhor média de qualidade percebida para a cor (polpa congelada) e a única caracterizada como rosa pálido (por dois terços dos provadores) foi a de média mais baixa (polpa reconstituída de liofilizado) (Tabela 28).

Estes dados indicam que a cor influi decisivamente na percepção de qualidade das polpas de camu-camu e que estudos que busquem correlacionar valores instrumentais de cor e percepção de qualidade pelo atributo sensorial podem ser úteis para traçar indicadores de qualidade percebida de polpa de camu-camu por potenciais consumidores.

Tabela 29 - Número de vezes que cada característica da cor de polpa de camu-camu submetida aos diferentes tratamentos foi citada pelos provadores aos 126 dias de armazenamento

Tratamento	Características				
	Vermelho intenso	Vermelho	Vermelho pálido	Rosa	Rosa pálido
Congelamento	13	7	7	3	0
Pasteurização	0	4	16	10	0
Pressurização	0	15	8	7	0
Liofilização	0	0	0	11	20

3.5.6.2 Aroma

As médias das notas atribuídas pelos provadores ao aroma das polpas tratadas por congelamento, pressurização ou pasteurização foram estatisticamente semelhantes ao longo do período de armazenamento (Tabela 30), enquanto a polpa obtida da reconstituição do

lioofilizado de camu-camu obteve média significativamente mais baixa que as demais. Percebe-se que a polpa reconstituída de material liofilizado foi avaliada abaixo do limite considerado aceitável pelos provadores a partir de 71 dias de armazenamento, apesar de não haver diferença estatística significativa na percepção da qualidade ao longo do período estudado.

Tabela 30 - Médias[§] do aroma de polpa de camu-camu submetida aos diferentes tratamentos ao longo do armazenamento

Tratamento	Dias de armazenamento			Período total
	30	71	126	
Congelamento	7,3±1,4Aa	6,8±1,1Aa	6,8±1,6Aa	6,9±1,4a
Pasteurização	6,2±1,5Abc	6,4±1,6Aa	6,5±1,4Aa	6,4±1,5a
Pressurização	6,8±1,7Aab	6,3±1,4Aa	6,4±1,6Aa	6,5±1,6a
Liofilização	5,4±1,6Ac	4,8±1,8Ab	4,4±1,9Ab	4,9±1,8b

[§] avaliadas em escala variando de 1-2: muito ruim/inaceitável a 9-10: muito bom/muito aceitável. Letras maiúsculas diferentes na mesma linha representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os períodos. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os tratamentos.

Considerando-se as características assinaladas pelos provadores para cada tipo de polpa tratada (Tabela 31), sugere-se que o aroma frutado foi decisivo na percepção da qualidade das polpas pelos provadores. A polpa reconstituída a partir do material liofilizado foi pouco citada para esta característica, sendo exatamente a que recebeu média inferior na avaliação do parâmetro aroma (Tabela 30). Esta mesma polpa foi apontada por oito provadores como ausente de aroma.

Tabela 31 - Número de vezes que cada característica da cor de polpa de camu-camu submetida aos diferentes tratamentos foi citada pelos provadores aos 126 dias de armazenamento

Tratamento	Características				
	Ácido	Herbal	Frutado	Doce	Sem odor
Congelamento	10	13	17	2	1
Pasteurização	8	11	16	1	1
Pressurização	8	11	14	2	3
Liofilização	11	11	5	1	8

3.5.6.3 Sabor

O sabor das polpas e dos néctares de camu-camu foi avaliado somente aos 126 dias de armazenamento. A avaliação do sabor da polpa foi realizada porque que os provadores desconheciam completamente a fruta, enquanto a avaliação do sabor do néctar foi realizada para investigar a viabilidade de consumo de produtos comerciais derivados do camu-camu.

As médias das notas atribuídas pelos provadores ao sabor das polpas tratadas por congelamento, pressurização ou pasteurização não diferiram estatisticamente, enquanto que as polpas obtidas da reconstituição do liofilizado de camu-camu foram mais baixas, sendo estatisticamente diferentes das polpas congeladas, no entanto não diferindo estatisticamente das demais (Tabela 32). As polpas estiveram no limite ou abaixo do considerado aceitável pelos provadores.

As médias atribuídas ao sabor dos néctares obtidos das polpas tratadas por congelamento, pressurização ou por pasteurização não diferiram estatisticamente entre si, enquanto que a média da polpa reconstituída do liofilizado de camu-camu foi a mais baixa, sendo significativamente diferente das demais (Tabela 32). Diferentemente do sabor das polpas, o sabor dos néctares obtidos das mesmas superaram o limite do aceitável, sendo a polpa congelada classificada como boa, enquanto as demais como regulares, segundo a escala adotada para este estudo.

Quando comparadas as médias do sabor da polpa e do néctar, os valores do néctar superaram em mais de 70% aos da polpa, demonstrando o aumento da qualidade percebida de camu-camu em produtos derivados de sua polpa. Os fatores que contribuíram para isso são próprios da preparação de néctar, ou seja, a diluição de polpa ácida e a adição de açúcar.

Os resultados encontrados para sabor de néctares de polpa congelada e de polpa reconstituída de liofilizado na fase experimental (respectivamente 7,0 e 5,3; Tabela 32) diferiram daqueles observados na fase de teste. (respectivamente 6,4 e 7,1; Tabela 10) o que talvez se deva às diferenças nas apreciações de sabores entre os consumidores brasileiros e espanhóis, no entanto, outras causas podem ter contribuído, como os diferentes tempos de consumo das amostras, visto que no experimento realizado no Brasil a preparação e o consumo dos néctares foram realizados logo após os tratamentos, enquanto na Espanha a preparação e o consumo dos néctares somente foram realizados 126 dias após os tratamentos. É importante considerar que diversos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e sensoriais das polpas utilizadas na preparação dos néctares na fase experimental foram acompanhados durante os 126 dias de armazenamento e nenhuma modificação significativa foi encontrada.

Tabela 32 - Médias das notas atribuídas à qualidade percebida pelos provadores do sabor de polpa e de néctar obtido de polpa de camu-camu submetida aos diferentes tratamentos aos 126 dias de armazenamento.

Tratamento	Polpa	Néctar
Congelamento	4,1±2,2a	7,0±1,5a
Pasteurização	3,7±2,0ab	6,8±1,5a
Pressurização	3,4±1,7ab	6,7±1,2a
Liofilização	2,6±1,7b	5,3±1,8b

Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ao nível de 5% entre os tratamentos.

Considerando-se as características assinaladas pelos provadores para o sabor das polpas congeladas, pasteurizadas e pressurizadas e para néctares derivados destas polpas, os números são geralmente iguais entre si, ou pouco diferentes (Tabela 33). No entanto, para a polpa reconstituída de liofilizado e seu néctar a quantidade de herbal/frutado se diferenciou bastante em relação às demais polpas. A característica “fermentado”, praticamente só foi apontada para a polpa reconstituída de liofilizado, o que indica a necessidade de estudos posteriores que esclareçam as razões e apresentem soluções. Além disso, a característica “ácido” foi assinalada pelo menor número de provadores para a polpa, e pelo maior número de provadores para o néctar; e sua polpa foi a única apontada como “sem sabor”.

Tabela 33 - Número de vezes que cada característica de sabor de polpa (P) de camu-camu submetida aos diferentes tratamentos e de néctar (N) derivado foi citada pelos provadores aos 126 dias de armazenamento

Tratamento	Características									
	Ácido		Herbal / frutado		Fermentado		Amargo		Sem sabor	
	Polpa	Néctar	Polpa	Néctar	Polpa	Néctar	Polpa	Néctar	Polpa	Néctar
Congelamento	28	5	6	24	0	0	10	0	0	1
Pasteurização	24	2	6	25	1	0	9	2	0	2
Pressurização	24	6	6	23	0	0	12	3	0	0
Liofilização	22	9	9	17	8	5	10	3	1	1

4 Considerações finais

O índice de pH, e os teores de sólidos solúveis e de acidez titulável de cada uma das polpas demonstraram ausência de efeito dos tratamentos sobre cada um destes parâmetros de identidade e qualidade. Houve estabilidade destes parâmetros durante o armazenamento.

Neste estudo, os tratamentos afetaram de forma distinta a qualidade das polpas em relação aos teores de ácido ascórbico, compostos fenólicos e antocianinas. A polpa pasteurizada apresentou os teores mais baixos na análise destes compostos demonstrando o efeito do tratamento térmico sobre eles. Os teores destes compostos estiveram estáveis durante o armazenamento.

Os teores de ácido ascórbico apresentados neste estudo são inferiores aos apresentados em publicações sobre camu-camu nos últimos anos. Entretanto, mesmo com índices mais baixos, as polpas objeto deste estudo conteriam mais de 1% de sua composição em ácido ascórbico, o que as tornam uma importante fonte deste nutriente.

Em termos de qualidade percebida por potenciais consumidores espanhóis, as polpas de camu-camu apresentaram estabilidade durante os 126 dias de armazenamento, considerando-se aparência, cor e aroma das mesmas.

Dos quatro tratamentos aplicados sobre as polpas, três deles apresentaram sempre os melhores resultados quando as polpas foram avaliadas sensorialmente pelos provadores espanhóis: congelamento, pasteurização e pressurização, enquanto que para todos os atributos avaliados (aparência, cor, aroma e sabor), as polpas reconstituídas de liofilizado de camu-camu obtiveram as médias mais baixas.

Os néctares de camu-camu apresentaram-se como uma alternativa para o consumo, visto que a fruta e suas polpas, por serem destacadamente ácidas, sofreram rejeição por potenciais consumidores.

Estudos futuros são recomendados visando investigar as características sensoriais das polpas por equipe de provadores treinados, além de avaliar a preferência por um grande número de consumidores de bebidas não-alcoólicas de frutas objetivando identificar as características que dirigem a preferência e, a partir dos resultados, formular produtos com tais características.

Também são importantes estudos futuros que visem:

- a ampliação do tempo de vida útil sensorial das polpas, sem a utilização de aditivos;
- a manutenção dos atributos de qualidade do camu-camu, tais como sua cor, o teor de ácido ascórbico e de compostos fenólicos, especialmente antocianinas, em produtos derivados que sejam mais aceitáveis quanto ao sabor e ao aroma, e que possam ser armazenados e transportados a custos mais reduzidos e por mais tempo;
- a relação entre parâmetros físicos e químicos próprios da fruta e de suas polpas, e atributos sensoriais;
- a utilização de liofilizados de camu-camu para obtenção de produtos com qualidade sensorial percebida mais elevada, incluindo néctares.

5 Conclusão

Conclui-se que o uso da alta pressão hidrostática sobre polpas de camu-camu mostrou reduzido impacto sobre parâmetros de qualidade, portanto, estaria condicionado a fatores como acesso ao equipamento e uma possível eliminação do armazenamento congelado pelo uso de tecnologias combinadas como embalagens, aditivos, ou tratamento térmico adicional. O uso da pasteurização afetou sensivelmente a percepção da qualidade das polpas tratadas. As polpas reconstituídas do liofilizado de camu-camu apresentam os parâmetros de qualidade e identidade, incluindo os teores de compostos de atividade biológica, semelhantes aos das demais polpas tratadas, no entanto, foram observadas diferenças entre parâmetros instrumentais de cor e atributos sensoriais das polpas reconstituídas e os das demais polpas, demonstrando a necessidade de estudos sobre a preservação destes parâmetros e destes atributos.

REFERÊNCIAS

- AHMED, J.; RAMASWAMY, H.S.; HIREMATH, N. The effect of high pressure treatment on rheological characteristics and colour of mango pulp. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 40, n. 8, p. 885-895, 2005.
- AKACHI, T.; SHIINA, Y.; KAWAGUCHI, T. 1-methylmalate from camu-camu (*Myrciaria dubia*) suppressed d-galactosamine-induced liver injury in rats. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, Tokyo, v. 74, n. 3, p. 573-578, 2010.
- ALBERTINO, A.; BARGE, A.; CRAVOTTO, G.; GENZINI, L.; GOBETTO, R.; VINCENTI, M. Natural origin of ascorbic acid: Validation by ¹³C NMR and IRMS. **Food Chemistry**, Barking, v. 112, n. 3, p. 715-720, 2009.
- ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C.; MOURA, C.F.H.; ARAÚJO, N.C.C.; ALMEIDA, A.S. Camu-Camu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh): a rich natural source of vitamin C. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Miami, v. 46, p. 11-13, 2002.
- AMBRÓSIO, C.L.B.; CAMPOS, F.A.C.S.; FARO, Z.P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 233-243, 2006.
- ANDRADE, J.S.; ARAGAO, C.G.; GALEAZZI, M.A.M.; FERREIRA, S.A.N. Changes in the concentration of total vitamin C during maturation and ripening of camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.)) fruits cultivated in the upland of Brazilian Central Amazon. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 370, p. 177-179, 1995.
- ANDRADE, J.S.; GALEAZZI, M.A.M.; ARAGAO, C.G.; CHAVEZ FLORES, W.B. Valor nutricional do camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) cultivada em terra firme da Amazonia Central. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, p. 307-311, 1991.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International**. 18. ed. Washington: AOAC International, 2005.
- ARAGAO, C.; IKEGAKI, M.; SATO, H.; OLIVEIRA, I.M.; PARK, Y.K. Determination of ascorbic acid concentration in acerola and camu-camu fruit juices by the ascorbate oxidase method. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 175-176, 1996.
- ARAUJO, P.G.L.; FIGUEIREDO, R.W.; ALVES, R.E.; MAIA, G.A.; PAIVA, J.R. β -caroteno, ácido ascórbico e antocianinas totais em polpa de frutos de aceroleira conservada por congelamento durante 12 meses. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 104-107, 2007.
- ARÉVALO, R.P. **Manutenção dos atributos de qualidade do camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh) desidratado, durante armazenamento**. 2002. 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

ARÉVALO, R.P. **Estudo da estabilização da polpa de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh) congelada visando a manutenção de ácido ascórbico e de antocianinas**. 2007. 180 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

ASSIS, S.A.; VELLOSA, J.C.R.; BRUNETTI, I.L.; KHALIL, N.M.; LEITE, K.M.S.C.; MARTINS, A.B.G.; OLIVEIRA, O.M.M.F. Antioxidant activity, ascorbic acid and total phenol of exotic fruits occurring in Brazil. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Basingstoke, v. 60, n. 5, p. 439-448, 2009.

AZEVEDO-MELEIRO, C.H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Confirmation of the identity of the carotenoids of tropical fruits by HPLC-DAD and HPLC-MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 17, n. 3-4, p. 385-396, 2004.

BARDALES, X.I.; CARRILLO, M.P.; HERNANDEZ, M.S.; BARRERA, J.A.; FERNANDEZ-TRUJILLO, J.P.; MARTINEZ, O. Camu-camu Fruit (*Myrciaria dubia*), a new option for productive systems in the Colombian Amazonian region. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 773, p. 173-178, 2008.

BAUER, K. Tropical fruit flavors: A flavorist's perspective. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v. 45, n. 5, p. 204-207, 2000.

BRADFIELD, R.B.; ROCA, A. Camu-camu: a fruit high in ascorbic acid. **Journal of the American Dietetic Association**, Baltimore, v. 44, p. 28-30, 1964.

BRASIL. **Decreto 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. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 5 abr. 2011.

_____. **Lei 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. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 5 abr. 2011.

_____. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Instrução Normativa nº 1, de 7 de janeiro de 2000**. Aprova o Regulamento Técnico Geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta conforme consta do Anexo I desta Instrução Normativa e os Regulamentos Técnicos para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa das seguintes frutas: acerola, cacau, cupuaçu, graviola, açaí, maracujá, caju, manga, goiaba, pitanga, uva, mamão, cajá, melão, mangaba, e para suco das seguintes frutas: maracujá, caju, caju alto teor de polpa, caju clarificado ou cajuína, abacaxi, uva, pêra, maçã, limão, lima ácida e laranja, conforme consta do Anexo II desta Instrução Normativa. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 5 abr. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Instrução Normativa 12, de 4 de setembro de 2003**. Aprova o Regulamento Técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade gerais para suco tropical; os padrões de identidade e qualidade dos sucos tropicais de abacaxi, acerola, cajá, caju, goiaba, graviola, mamão, manga, mangaba, maracujá e pitanga; e os padrões de identidade e qualidade dos néctares de abacaxi, acerola, cajá, caju, goiaba, graviola, mamão, manga, maracujá, pêsego e pitanga, constantes dos anexos I, II e III, respectivamente desta Instrução Normativa. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 5 abr. 2011.

_____. Ministério da Agricultura. **Portaria n° 544, de 16 de novembro 1998**. Aprova os Regulamentos Técnicos para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade, para refresco, refrigerante, preparado ou concentrado líquido para refresco ou refrigerante, preparado sólido para refresco, xarope e chá pronto para o consumo. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 5 abr. 2011.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Portaria n° 27, de 13 de janeiro de 1998**. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes), constantes do anexo desta Portaria. SVS/MS - Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acessado em: 5 abr. 2011.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução de Diretoria Colegiada – RDC n° 12, de 02 de janeiro de 2001**. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acessado em: 5 abr. 2011.

CHIRINOS, R.; GALARZA, J.; BETALLELUZ-PALLARDEL, I.; PEDRESCHI, R.; CAMPOS, D. Antioxidant compounds and antioxidant capacity of Peruvian camu camu (*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh) fruit at different maturity stages. **Food Chemistry**, Barking, v. 120, n. 4, p. 1019-1024, June 2010.

COLBLINDOR. **Color Name & Hue**. Disponível em: <<http://www.colblindor.com/color-name-hue>>. Acesso em: 5 abr. 2011.

DE ROSSO, V.V.; MERCADANTE, A.Z. The high ascorbic acid content is the main cause of the low stability of anthocyanin extracts from acerola. **Food Chemistry**, Barking, v. 103, p. 935-943, 2007.

DELIZA, R.; ROSENTHAL, A.; MARCELLINI, A.M.B.; LABOISSIERE, L.H.E.S.; CAMARGO, L.M.A.Q. **Perfil sensorial de suco de abacaxi obtido a partir da polpa submetida à alta pressão hidrostática**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2005. 4 p. (Comunicado Técnico, 87).

DIB TAXI, C.M.A.; MENEZES, H.C.; SANTOS, A.B. Study of the microencapsulation of camu-camu (*Myrciaria dubia*) juice. **Journal of Microencapsulation**, London, v. 20, n. 4, p. 443-448, 2003.

EMBRAPA. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: polpa e suco de frutas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; SEBRAE, 2003.

FAO. **FAO Statistical yearbook 2009**. Rome: FAO, 2009. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 5 abr. 2011.

FARAONI, A.S. **Efeito do tratamento térmico, do congelamento e da embalagem sobre o armazenamento da polpa de manga orgânica (*Mangifera indica* L.) cv. 'Ubá'**. 2006. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Tradução de Florencia Cladera Oliveira, Jane Maria Rubensan, Julio Alberto Nitzke, Roberta Cruz Silveira Thys. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FRANCO, M.R.B.; SHIBAMOTO, T. Volatile composition of some Brazilian fruits: umbucajá (*Spondias citherea*), camu-camu (*Myrciaria dubia*), araçá-boi (*Eugenia stipitata*), and cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 48, n. 4, p. 1263-1265, 2000.

GENOVESE, M.I.; PINTO, M.D.S.; GONCALVES, A.E.D.S. Bioactive compounds and antioxidant capacity of exotic fruits and commercial frozen pulps from Brazil. **Food Science and Technology International**, London, v. 14, n. 3, p. 207-214, 2008.

GONÇALVES, A.E.S.S.; LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I. Chemical composition and antioxidant/antidiabetic potential of Brazilian native fruits and commercial frozen pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 58, n. 8, p. 4666-4674, 2010.

INOUE, T.; KOMODA, H.; UCHIDA, T.; NODE, K. Tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*) has anti-oxidative and anti-inflammatory properties. **Journal of Cardiology**, Tokyo, v. 52, n. 2, p. 127-132, 2008.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 1. ed. digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

ISABELLE, M.; LEE, B.L.; LIM, M.T.; KOH, W.P.; HUANG, D.; ONG, C.N. Antioxidant activity and profiles of common fruits in Singapore. **Food Chemistry**, Barking, v. 123, n. 1, p. 77-84, 2010.

JUSTI, K.C.; VISENTAINER, J.V.; EVELAZIO DE SOUZA N.E.; MATSUSHITA, M. Nutritional composition and vitamin C stability in stored camu-camu (*Myrciaria dubia*) pulp. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 50, n. 4, p. 405-408, 2000.

KONCZAK, I.; ZABARAS, D.; DUNSTAN, M.; AGUAS, P. Antioxidant capacity and hydrophilic phytochemicals in commercially grown native Australian fruits. **Food Chemistry**, Barking, v. 123, n. 4, p. 1048-1054, 2010.

KONICA MINOLTA. **Comunicação precisa da cor: controle de qualidade da percepção à instrumentação**. Tokyo, 1998. 59 p.

LOPES, A.S.; MATTIETTO, R.A.; MENEZES, H.C. Estabilidade da polpa de pitanga sob congelamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 553-559, 2005.

MACHADO, P.P.; HOTZA, D.; PETTER, C.; BERGMANN, C.P. Controle de qualidade para revestimentos cerâmicos através da análise colorimétrica de superfície vidrada monocromática. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 2, n. 3/4, p. 1-5, 1997. Disponível em: http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v02n34/v2n34_7.pdf.

MAEDA, R.N.; ANDRADE, J.S. Aproveitamento do camu-camu (*Myrciaria dubia*) para produção de bebida alcoólica fermentada. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 33, n. 3, p. 489-498, 2003.

MAEDA, R.N.; PANTOJA, L.; YUYAMA, L.K.O.; CHAAR, J.M. Determinação da formulação e caracterização do néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 70-74, 2006.

MAEDA, R.N.; PANTOJA, L.; YUYAMA, L.K.O.; CHAAR, J.M. Estabilidade de ácido ascórbico e antocianinas em néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H. B. K.) McVaugh). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 313-316, 2007.

MAMEDE, M.E.O.; MIRANDA, M.P.S.; RITZINGER, R.; GODOY, R.C.B.; VELOZO, E.S. Physico-chemical and sensorial evaluation of new varieties of acerola. **British Food Journal**, Bradford, v. 111, n. 4, p. 387-395, 2009.

MEZADRI, T.; VILLAÑO, D.; FERNÁNDEZ-PACHÓN, M.S.; GARCÍA-PARRILLA, M.C.; TRONCOSO, A.M. Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruits and derivatives. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 21, p. 282- 290, 2008.

MORAES-DE-SOUZA, R.A.; OLDONI, T.L.C.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; ALENCAR, S.M. Antioxidant activity and phenolic composition of herbal infusions consumed in Brazil. **Ciencia y Tecnología Alimentaria**, Lugo, Spain, v. 6, p. 41-47, 2008.

MYODA, T.; FUJIMURA, S.; PARK, B.; NAGASHIMA, T.; NAKAGAWA, J.; NISHIZAWA, M. Antioxidative and antimicrobial potential of residues of camu-camu juice production. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 8, n. 2, p. 304-307, 2010.

NEVES, L.C.; BENEDETTE, R.M.; SILVA, V.X.; PRILL, M.A.S.; VIEITES, R.L. Produção de polpas de mangas Tommy Atkins, na Amazônia setentrional, através da aplicação de preservativos e da pasteurização. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 29, n. 3, p. 576-582, 2007.

PIRONE, B.N.; OCHOA, M.R.; KESSELER, A.G.; DE MICHELIS, A. Chemical characterization and evolution of ascorbic acid concentration during dehydration of rosehip (*Rosa eglanteria*) fruits. **American Journal of Food Technology**, New York, v. 2, n. 5, p. 377-387, 2007.

PLAZA, L.; MUÑOZ, M.; De ANCOS, B.; CANO, M.P. Effect of combined treatments of high-pressure, citric acid and sodium chloride on quality parameters of tomato puree. **European Food Research Technology**, Heidelberg, v. 216, p. 514-519, 2003.

QUIJANO, C.E.; PINO, J.A. Analysis of volatile compounds of camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh) fruit isolated by different methods. **Journal of Essential Oil Research**, Wheaton, ILL, v. 19, n. 6, p. 527-533, 2007.

RASTOGI, N.K.; RAGHAVARAO, K.S.M.S.; BALASUBRAMANIAM, V.M.; NIRANJAN, K.; KNORR, D. Opportunities and challenges in high pressure processing of foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 47, n. 1, p. 69-112, 2007.

REYNERTSON, K.A.; YANG, H.; JIANG, B.; BASILE, M.J.; KENNELLY, A.J. Quantitative analysis of antiradical phenolic constituents from fourteen edible Myrtaceae fruits. **Food Chemistry**, Barking, v. 109, n. 4, p. 883-890, 2008.

RODRIGUES, R.B.; MARX, F. Camu camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh]: a promising fruit from the Amazon Basin. **Ernahrung**, Neu-Isenburg, v. 30, n. 9, p. 376-381, 2006.

RODRIGUES, R.B.; MENEZES, H.C.; CABRAL, L.M.C. An Amazonian fruit with a high potential as a natural source of vitamin C: the camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Fruits**, Paris, v. 56, n. 5, p. 345-354, 2001.

RODRIGUES, R.B.; PAPAGIANNOPOULOS, M.; MAIA, J.G.S. Antioxidant capacity of camu camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh] pulp. **Ernahrung**, Neu-Isenburg, v. 30, n. 9, p. 357-362, 2006.

RODRIGUES, R.B.; MENEZES, H.C.; CABRAL, L.M.C.; DORNIER, M.; RIOS, G.M.; REYNES, M. Evaluation of reverse osmosis and osmotic evaporation to concentrate camu-camu juice (*Myrciaria dubia*). **Journal of Food Engineering**, London, v. 63, n. 1, p. 97-102, 2004.

ROSENTHAL, A.; DELIZA, R.; PONTES, M.M.M.; SANTOS, J.G. **Processamento de polpa de açaí por alta pressão hidrostática**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2006a. 4 p. (Comunicado Técnico, 103).

ROSENTHAL, A.; DELIZA, R.; PONTES, M.M.M.; SANTOS, J.G. **Polpa de manga processada por alta pressão hidrostática**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2006b. 4 p. (Comunicado Técnico, 106).

ROSENTHAL, A.; DELIZA, R.; PONTES, M.M.M.; SANTOS, J.G. **Determinação de peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) em polpa de açaí submetida à alta pressão hidrostática**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria Alimentos, 2006c. 4 p. (Comunicado Técnico, 101).

ROSENTHAL, A.; DELIZA, R.; SIQUEIRA, R.S.; LABOISSIERE, L.H.E.S.; CAMARGO, L.M.A.Q.; MARCELLINI, A.M.B. **Polpa de maracujá processada por alta pressão hidrostática**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2005. 4 p. (Comunicado Técnico, 91).

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; FERNANDES, F.A.N.; BRITO, E.S. Free radical scavenging behavior of ten exotic tropical fruits extracts. **Food Research International**, Essex, 2010b. doi:10.1016/j.foodres.2010.07.002.

RUFINO, M.D.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; SILVEIRA, M.R.S.; MOURA, C.F.H. Quality for fresh consumption and processing of some non-traditional tropical fruits from Brazil. **Fruits**, Paris, v. 56, n.5, p. 345-354, 2001.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; SILVEIRA, M.R.S.; MOURA, C.F.H. Quality for fresh consumption and processing of some non-traditional tropical fruits from Brazil. **Fruits**, Paris, v. 64, p. 361-370, 2009.

RUFINO, M.D.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, Barking, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010a.

SANDOVAL, M.; MELCHOR, V.; OKUHAMA, N. Antioxidant and biological properties of *Myrciaria dubia*: role in cytoprotection. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 31, p. S37-S37, 2001. Suppl. 1: Meeting Abstract: 92.

SILVA, C.T.C.; ANDRADE, J.S. Postharvest modifications in camu-camu fruit (*Myrciaria dubia* McVaugh) in response to stage of maturation and modified atmosphere. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 452, p. 23-26, 1997.

SILVA, M.A.; PINEDO, R.A.; KIECKBUSCH, T.G. Ascorbic acid thermal degradation during hot air drying of camu-camu (*Myrciaria dubia* [HBK] McVaugh) slices at different air temperatures. **Drying Technology**, Monticello, NY, v. 23, n. 9-11, p. 2277-2287, 2005.

SILVA, M.A.; SOBRAL, P.J.A.; KIECKBUSCH, T.G. Phase transitions of frozen camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh) pulp: effect of cryostabilizer addition. **Food Biophysics**, Heidelberg, v. 3, n. 3, p. 312-317, 2008.

SILVA, M.A.; SOBRAL, P.J.A.; KIECKBUSCH, T.G. State diagrams of freeze-dried camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh) pulp with and without maltodextrin addition. **Journal of Food Engineering**, London, v. 77, n. 3, p. 426-432, 2006a.

SILVA, M.A.; SOBRAL, P.J.A.; KIECKBUSCH, T.G. Water sorption and glass transition of freeze-dried camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh) pulp. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Dordrecht, v. 84, n. 2, p. 435-439, 2006b.

SILVA, M.A.; SOBRAL, P.J.A.; KIECKBUSCH, T.G. Relationship between glass-transition curves and sorption isotherms for the evaluation of storage conditions of freeze-dried camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh) pulp with and without maltodextrin addition. **Food Preservation Technology Series**, Boca Raton, v. 9, p. 715-721, 2006c.

SINGLETON, V.L.; ROSSI JUNIOR, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SOUZA FILHO, M.S.M.; LIMA, J.R.; NASSU, R.T.; MOURA, C.F.H.; BORGES, M.F. Formulações de néctares de frutas nativas das regiões Norte e Nordeste do Brasil. **Boletim CEPPA**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 275-283, 2000.

TATTINI JUNIOR, V.; PARRA, D.F.; PITOMBO, R.N.M. Influência da taxa de congelamento no comportamento físico-químico e estrutural durante a liofilização da albumina bovina. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 42, n. 1, p. 127-136, 2006.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). National Agricultural Library (NAL). Food and Nutrition Information Center (FNIC). Dietary Guidance. Disponível em: <http://fnic.nal.usda.gov/nal_display/index.php?info_center=4&tax_level=2&tax_subject=256&topic_id=1342>. Acesso em: 5 abr. 2011.

U.S. NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE (NLM). National Center for Biotechnology Information (NCBI). **PubChem Compounds**. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pccompound>>. Acesso em: 5 abr. 2011.

VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D.F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3. ed. Washington: APHA, 1992. 1219 p.

VASQUEZ-CAICEDO, A. Camu-camu: a promising Amazonian fruit. **Fruit Processing**, Strassenhaus, Germany, v. 15, n. 1, p. 19-26, 2005.

VILLACHICA, L.H. **El cultivo de camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. Mc Vaugh) en la Amazonia Peruana**. Lima, Peru: Tratado de Cooperacion Amazonica, 1996. 95 p. (SPT-TCA, 46).

VILLANUEVA-TIBURCIO, J.E.; CONDEZO-HOYOS, L.A.; ASQUIERI, E.R. Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante, en la cáscara de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) McVaugh). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, p. 151-160, 2010. Supl. 1.

YUYAMA, K.; AGUIAR, J.P.L.; YUYAMA, L.K.O. Camu-camu: um fruto fantástico como fonte de vitamina C. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 32, n. 1, p. 169-174, 2002.

YUYAMA, L.K.O.; BARROS, S.E.; AGUIAR, J.P.L.; YUYAMA, K.; FILHO, D.F.S. Quantificação de fibra alimentar em algumas populações de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal), camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) and açai (*Euterpe oleracea* Mart). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 32, n. 3, p. 491-497, 2002.

YUYAMA, L.K.O.; AGUIAR, J.P.L.; YUYAMA, K.; LOPES, T.M.; FÁVARO, D.I.T.; BERGL, P.C.P.; VASCONCELLOS, M.B.A. Teores de elementos minerais em algumas populações de camu-camu. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 33, p. 549-554, 2003.

ZANATTA, C.F.; MERCADANTE, A.Z. Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Food Chemistry**, Barking, v. 101, p. 1526-1532, 2007.

ZANATTA, C.F.; CUEVAS, E.; BOBBIO, F.O. Determination of anthocyanins from camu-camu (*Myrciaria dubia*) by HPLC-PDA, HPLC-MS, and NMR. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 24, p. 9531-9535, 2005.

ZAPATA, S.M.; DUFOUR, J.P. Camu-camu *Myrciaria-dubia* (HBK) McVaugh: chemical composition of fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 61, n. 3, p. 349-351, 1993.

ZAPATA, S.M.; DUFOUR, J.P. Ascorbic, dehydroascorbic and isoascorbic acid simultaneous determinations by Reverse Phase Ion Interaction HPLC. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 57, n. 2, p. 506-511, 1992.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Valores de pressão apresentados nesta tese (negrito) convertidos em diferentes unidades (Fonte: Conversão de medidas online - <http://www.convertworld.com/pt/>)

	mTorr	Pa	kgf/m ²	mbar	mmHg	Torr	inHg	kgf/cm ²	bar	atm	Mpa
Pressão da câmara liofilizador	75	10,00	1,02	0,10	0,075	0,075	2,95x10 ⁻³	1,02x10 ⁻⁴	1,00x10 ⁻⁴	9,87x10 ⁻⁵	1,00x10 ⁻⁵
Pressão da câmara liofilizador	100	13,33	1,36	0,13	0,100	0,100	3,94x10 ⁻³	1,36x10 ⁻⁴	1,33x10 ⁻⁴	1,32x10 ⁻⁴	1,33x10 ⁻⁵
Pressão da câmara liofilizador	435	58,00	5,91	0,58	0,435	0,435	1,71x10 ⁻²	5,91x10 ⁻⁴	5,80x10 ⁻⁴	5,72x10 ⁻⁴	5,80x10 ⁻⁵
Ponto Triplo da água	4.580	610,61	62,27	6,11	4,58	4,58	1,8x10 ⁻¹	6,2x10 ⁻³	6,1x10 ⁻³	6,0x10 ⁻³	6,11x10 ⁻⁴
Atmosfera	760.002	101.325	10.332	1.013	760	760	30	1,0332	1,0132	1,000	0,1013
Alta Pressão Hidrostática	750.063.800	100.000.000	10.197.160	1.000.000	750.063,8	750.063,8	29.530,07	1.019,72	1.000,00	986,92	100
Alta Pressão Hidrostática	1.500.127.600	200.000.000	20.394.320	2.000.000	1.500.127,6	1.500.127,6	59.060,14	2.039,44	2.000,00	1.973,84	200
Alta Pressão Hidrostática	2.250.191.400	300.000.000	30.591.480	3.000.000	2.250.191,4	2.250.191,4	88.590,21	3.059,16	3.000,00	2.960,76	300
Alta Pressão Hidrostática	3.000.255.200	400.000.000	40.788.640	4.000.000	3.000.255,2	3.000.255,2	118.120,28	4.078,88	4.000,00	3.947,68	400
Alta Pressão Hidrostática	3.750.319.000	500.000.000	50.985.800	5.000.000	3.750.319,0	3.750.319,0	147.650,35	5.098,60	5.000,00	4.934,60	500
Alta Pressão Hidrostática	4.500.382.800	600.000.000	61.182.960	6.000.000	4.500.382,8	4.500.382,8	177.180,42	6.118,32	6.000,00	5.921,52	600
Alta Pressão Hidrostática	5.250.446.600	700.000.000	71.380.120	7.000.000	5.250.446,6	5.250.446,6	206.710,49	7.138,04	7.000,00	6.908,44	700
Alta Pressão Hidrostática	6.000.510.400	800.000.000	81.577.280	8.000.000	6.000.510,4	6.000.510,4	236.240,56	8.157,76	8.000,00	7.895,36	800
Alta Pressão Hidrostática	6.750.574.200	900.000.000	91.774.440	9.000.000	6.750.574,2	6.750.574,2	265.770,63	9.177,48	9.000,00	8.882,28	900
Alta Pressão Hidrostática	7.500.638.000	1.000.000.000	101.971.600	10.000.000	7.500.638,0	7.500.638,0	295.300,70	10.197,20	10.000,00	9.869,20	1000

Legenda: mTorr = militorricelli; Pa = Pascal; kgf/m² = quilograma-força por metro quadrado; mbar = milibar; mmHg = milímetro de mercúrio; Torr = Torricelli; inHg = polegada de mercúrio; kgf/cm² = quilograma-força por centímetro quadrado; bar = bar; atm = atmosfera física; MPa = MegaPascal