**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Estudo da viabilidade de embalagens e temperaturas de armazenamento na
qualidade pós-colheita de camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh]**

Jacqueline de Oliveira

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra em
Ciências. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de
Alimentos

**Piracicaba
2013**

Jacqueline de Oliveira
Engenheira Agrônoma

**Estudo da viabilidade de embalagens e temperaturas de armazenamento na qualidade
pós-colheita de camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh]**
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:
Profa. Dra. **MARTA HELENA FILLET SPOTO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra em
Ciências. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de
Alimentos

Piracicaba
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Oliveira, Jacqueline de

Estudo da viabilidade de embalagens e temperaturas de armazenamento na qualidade pós-colheita de camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh] / Jacqueline de Oliveira. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2013.
133 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.

1. Atmosfera modificada 2. Ácido ascórbico 3. Antocianinas 4. Refrigeração
5. Policloreto de vinila 6. Polipropileno I. Título

CDD 664.80442
O48e

Ao meu filho Enzo, razão de todo meu esforço.

Aos meus pais Carlos e Fátima, pela vida, dedicação e todo exemplo.

Ao meu marido Oscar, pelo amor, por acreditar e compreender.

Aos meus irmãos Raphael e Amanda, pelo amor e amizade.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por todas as oportunidades e conquistas de minha vida e que permite ter tanto a agradecer.

À Profa. Dra. Marta Helena Fillet Spoto por todos seus ensinamentos, orientação, amizade e confiança em meu trabalho, muito obrigada.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) por todas as oportunidades de crescimento profissional e pessoal desde a graduação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por acreditar na importância desta pesquisa e pela bolsa de estudo concedida.

Ao meu amado filho Enzo Oliveira Tupy, que com certeza, deu mais sentido a minha vida e me fez caminhar por essa trajetória com muito mais alegria.

Aos meus pais José Carlos de Oliveira e Maria de Fátima Vallerini de Oliveira, pelo amor, ensinamentos, incentivo, dedicação em dar o melhor de si para criação dos filhos e por serem referências em minha vida, muito obrigada.

Ao meu amado companheiro e grande amigo Oscar Tupy Filho por todo amor, constante dedicação e apoio incondicional que me conforta e me deixa mais forte para superar meus desafios.

Aos meus irmãos Raphael Rodrigo de Oliveira e Amanda Caroline de Oliveira por serem tão especiais, companheiros e por sempre torcerem por mim.

Aos meus sogros Oscar Tupy e Ligia M. P. R. Tupy, por todo carinho, acolhimento, apoio e incentivo, muito obrigada.

À minha querida amiga Paula Porrelli M. da Silva pelo auxílio prestado em todos os momentos que precisei, pelos ensinamentos e trocas de experiências.

Ao Igor Galvão e ao William Abreu pelo auxílio na colheita dos frutos em Cajati, a Maria Helena Costa, ao Guilherme M. Silva e a Anaíle Biazotto pela grande ajuda prestada durante a seleção e montagem do experimento.

À minha querida amiga Natalia Dallocca Berno pela amizade e incomparável colaboração.

Aos colegas de pós-graduação, Ana Carolina Lemme, Samuel Zanatta, Evanilda Terezinha Perissinotto, Vanessa Daniel Groppo Ortiz e Leandro Carmo, pela troca de idéias e experiências.

A TODOS integrantes e amigos do Grupo de Extensão de Frutas e Hortaliças (GEFH) pelo auxílio nas análises, nos plantões, pelo companheirismo e divertimento, além do comprometimento de cada um, tornando nosso grupo sólido e com grande senso de equipe e colaboração.

Ao Prof. Carlos Tadeu dos Santos Dias por toda orientação com a parte estatística do trabalho.

Ao Prof. Dr. Angelo Pedro Jacomino, por permitir que as análises de produção de etileno fossem realizadas em seu laboratório.

Ao Dr. Rodrigo Aparecido Moraes de Souza por ter me apresentado o camu-camu e a realidade dos produtores, fazendo com que eu entedesse a importância da continuidade dos estudos com esta fruta riquíssima.

A Dra. Patrícia Maria Pinto pelo auxílio no delineamento do projeto.

Aos produtores de camu-camu Dr. Osvaldo Koga e Dr. Paulo Winckler pelo apoio a esta pesquisa.

À empresa Rigesa Celulose Papel e Embalagens Ltda. pela doação das caixas paletizáveis.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização desta pesquisa.

“Tenha coragem, vá em frente. Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Não importam quais sejam os obstáculos e as dificuldades. Se estamos possuídos de uma inabalável determinação, conseguiremos superá-los independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho”.

Dalai Lama

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Camu-camu	17
2.1.1 Dados botânicos e regiões de ocorrência	17
2.1.2 Floração e frutificação	19
2.1.3 Características do fruto	20
2.1.4 Composição centesimal	21
2.1.5 Vitamina C	23
2.1.6 Compostos fenólicos	25
2.1.7 Antocianinas	26
2.2 Potencial econômico e exportação	29
2.3 Conservação pós-colheita	31
2.3.1 Armazenamento refrigerado	33
2.3.2 Atmosfera modificada	34
3. MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1 Frutos	39
3.2 Seleção	39
3.3 Selagem e armazenamento	40
3.4 Análises físicas e químicas	45
3.4.1 Teor de sólidos solúveis (TSS)	45
3.4.2 pH	45
3.4.3 Acidez titulável (AT)	45
3.4.4 <i>Ratio</i>	45
3.4.5 Firmeza da polpa	45
3.4.6 Cor	46
3.4.7 Antocianinas totais	46
3.4.8 Compostos fenólicos totais	47

3.4.9 Ácido ascórbico (AA)	47
3.4.10 Perda de massa	47
3.5 Análises fisiológicas	48
3.5.1 Concentração de oxigênio e gás carbônico	48
3.5.2 Concentração de etileno	48
3.6 Incidência de podridão	48
3.7 Análise estatística.....	48
3.8 Análise de resíduos	49
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1 Teor de sólidos solúveis (TSS)	51
4.2 pH.....	55
4.3 Acidez titulável	58
4.4 <i>Ratio</i>	63
4.5 Firmeza.....	66
4.6 Cor.....	72
4.6.1 Luminosidade (L*).....	72
4.6.2 Cromaticidade (Croma).....	76
4.6.3 Ângulo de cor Hue	79
4.7 Antocianinas totais	84
4.8 Compostos fenólicos totais	89
4.9 Ácido ascórbico (AA)	94
4.10 Perda de massa	98
4.11 Concentração de O ₂ e CO ₂	102
4.12 Concentração de Etileno	109
4.13 Incidência de podridão	111
5 CONCLUSÕES	115
REFERÊNCIAS	117

RESUMO

Estudo da viabilidade de embalagens e temperaturas de armazenamento na qualidade pós-colheita de camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh]

O camu-camu (*Myrciaria dubia*), fruta nativa da região amazônica e que vem sendo cultivada no estado de São Paulo, possui grande potencial de crescimento para exportação e mercado interno devido seu alto valor nutricional, já que é rico em antioxidantes como vitamina C e compostos fenólicos totais. Entretanto, esta fruta tropical é muito perecível e sua vida pós-colheita é limitada pela deterioração fisiológica e pelo desenvolvimento de patógenos que ocasionam podridões. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a conservação pós-colheita de camu-camu *in natura* utilizando-se a refrigeração e a atmosfera modificada propiciada pelos filmes de policloreto de vinila (PVC), polipropileno biaxialmente orientado de 20 μm de espessura (BOPP₂₀) e polipropileno biaxialmente orientado de 50 μm de espessura (BOPP₅₀), e avaliar a durabilidade em relação ao controle (frutos sem revestimento de filmes) e a viabilidade de exportação dos mesmos. Os frutos foram armazenados em ambiente com controle de temperatura a $5\pm 1^\circ\text{C}$ e $90\pm 2\%$ UR, durante 15 dias, quando uma parte das amostras continuou nesta condição e outras duas partes foram transferidas para condições que simularam a comercialização do fruto com a quebra da cadeia do frio (10 e $15\pm 1^\circ\text{C}$, $90\pm 2\%$ UR). As avaliações físicas, químicas e fisiológicas, além da incidência de podridão, foram realizadas a cada dois dias de armazenamento e o delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, sendo na primeira etapa do experimento (15 dias a 5°C) em esquema fatorial duplo (4 embalagens x 8 períodos de armazenamento) e na segunda etapa em esquema fatorial triplo, ou seja, 4 embalagens x 3 temperaturas (5 , 10 e 15°C) x 5 períodos. Os frutos revestidos por filmes plásticos tiveram a menor perda de massa em relação aos frutos sem revestimento (controle), os quais já se mostravam impróprios para comercialização com 15 dias, devido ao murchamento e enrugamento da casca, além da alta incidência de podridões. As características: teor de sólidos solúveis, pH, acidez titulável, *ratio*, ácido ascórbico e compostos fenólicos não sofreram influência significativa das embalagens e apresentaram menores variações durante o armazenamento em que não houve a quebra do frio ($5\pm 1^\circ\text{C}$). Os frutos revestidos por BOPP se mostraram impróprios também com 15 dias, já que a maior barreira aos gases deste filme em relação ao de PVC, ocasionou o acúmulo de CO_2 ao redor dos frutos, desencadeando o processo fermentativo e por consequência, perda de antocianinas, coloração da casca e firmeza da polpa, perdas estas, intensificadas com o aumento da temperatura de armazenamento. Desta forma, a manutenção da temperatura a 5°C durante todo o armazenamento foi importante para a conservação pós-colheita do camu-camu, visto que os resultados nestas condições sofreram menores alterações. Esta baixa temperatura associada à embalagem de PVC possibilitou o aumento da vida útil dos frutos com maior conservação das qualidades químicas e físicas, por 23 dias.

Palavras-chave: Atmosfera modificada; Ácido ascórbico; Antocianinas; Refrigeração; Policloreto de vinila; Polipropileno

ABSTRACT

Viability studies of packaging and storage temperatures on postharvest quality of camu-camu [*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh]

The camu-camu (*Myrciaria dubia*), native fruit of the Amazon region and of São Paulo state crop, possesses a large potential for export and domestic market because of its high nutritional value high levels of antioxidants such as vitamin C and phenolic compounds. However, this tropical fruit is very perishable and their postharvest life is limited by physiological deterioration and development of rot pathogens. Thus, the aim of this work was to evaluate the postharvest conservation of camu-camu fruit by cooling and modified atmosphere by the films of polyvinyl chloride (PVC), biaxially oriented polypropylene of 20 μm thickness (BOPP₂₀) and biaxially oriented polypropylene 50 μm thickness (BOPP₅₀) and thus assess the durability compared to control (uncoated fruits films) and the feasibility of exporting. The fruits were stored in refrigerator with controlled temperature at $5 \pm 1^\circ\text{C}$ and $90 \pm 2\%$ RH for 15 days, when part of the samples was kept in this condition and other two parts were removed to conditions that simulated the marketing of the fruit with breaking the cold chain (10 and $15 \pm 1^\circ\text{C}$, $90 \pm 2\%$ RH). The physical, chemical and physiological analysis, and the incidence of rot were evaluated every two days of storage and the experimental design was randomized, with the first stage of the experiment (15 days at 5°C) in a double factorial (4 packs x 8 storage periods) and in the second stage by triple factorial, or 4 packs x 3 temperatures (5 , 10 and 15°C) x 5 storage periods. The fruits packed with plastic films had the lowest weight loss compared to unpacked fruits (control), which already showed themselves unfit for sale after 15 days due to shriveling and wrinkling the skin, in addition to the high incidence decay. The soluble solids, pH, titratable acidity, ratio, ascorbic acid and phenolic compounds were not influenced significantly by the packaging and showed lower variations at storage, there was no break by the cold ($5 \pm 1^\circ\text{C}$). The fruits packed with BOPP also proved unsuitable to 15 days, since the most of this gas barrier film over the PVC caused the accumulation of CO_2 around the fruits producing fermentation process and consequently, loss of anthocyanins, skin color and firmness, these losses were intensified with increasing of storage temperature. Thus, maintaining the temperature about 5°C through the storage period was important for post-harvest storage of camu-camu, since under these conditions results showed less changes. This low temperature associated with packing PVC improved the life of the fruits with the highest conservation of chemical and physical qualities, for 23 days.

Keywords: Modified atmosphere; Ascorbic acid; Anthocyanins; Refrigeration; Polyvinyl Chloride; Polypropylene

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia é reconhecida como a maior floresta tropical existente e apresenta um dos maiores índices de biodiversidade do mundo. Esta região possui cerca de 1,5 milhões de espécies vegetais catalogadas, nas quais estão incluídas espécies com grande potencial nutricional e econômico, como o camu-camu (*Myrciaria dubia* HBK McVaugh) (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA, 2012).

O camu-camu possui elevado potencial como alimento funcional, pois apresenta altíssimo teor de ácido ascórbico, o maior já encontrado em uma fonte natural. Esta fruteira arbustiva é encontrada em áreas sujeitas a inundações como margens de rios, lagos e várzeas. Atualmente vem sendo cultivada em terra firme, no interior de São Paulo, na região do Vale do Ribeira e Mirandópolis, onde seu cultivo tem se mostrado promissor e economicamente viável.

Devido ao seu grande potencial nutricional e econômico, já que além de ser rico em antocianinas e compostos fenólicos, possui concentrações consideráveis de potássio e carotenóides em sua composição (RODRIGUES et al., 2006; VASQUEZ-CAICEDO 2005), esta fruta vem despertando o interesse da comunidade científica, dos agricultores e consumidores, além das indústrias alimentícias e farmacêuticas. Internacionalmente, o camu-camu vem se posicionando na preferência dos consumidores de frutas tropicais exóticas e a descoberta de um alimento com alta capacidade antioxidante atraiu importadores do Japão, Europa e EUA, sendo o Peru o principal exportador (ARÉVALO PINEDO, 2007b).

A comercialização se restringe ao fruto congelado ou então a fruta é processada e transportada em forma de polpa congelada, já que o fruto *in natura* é muito perecível e fermenta rapidamente (SILVA, 2004). Apesar da importância, do aumento da produção e do consumo desta espécie frutífera nativa, pouco tem sido estudado em relação à pós-colheita, fator este em que o conhecimento é essencial para gerar subsídios técnicos que visem à aplicação de tecnologias de conservação, ampliação do tempo de armazenamento e comercialização, sem, contudo, alterar características físicas, sensoriais e nutricionais dos frutos.

A maioria dos frutos tropicais, como o camu-camu, apresenta um curto período de comercialização após a colheita e, dentre as técnicas utilizadas para prolongar a vida-útil de frutos *in natura*, pode-se citar a utilização de atmosfera modificada e refrigeração. Essas tecnologias visam minimizar a intensidade do processo vital das frutas e hortaliças por meio

da utilização de condições adequadas, que permitam reduzir o metabolismo normal sem alterar a fisiologia do fruto, evitando, assim, a rápida deterioração (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Por ser uma fruta com muita visibilidade e aceitação principalmente no mercado externo, há também a necessidade de se estudar a viabilidade de exportação desse fruto *in natura* para valorizar sua comercialização no país e no mundo. Considerando que o transporte marítimo responde por 90% das exportações de frutas (CARRARO; CUNHA, 1994) e demanda 15 a 25 dias para chegar ao destino, mais o tempo para transportar a mercadoria para o porto e colocá-las no navio; estudos que simulem essa situação também são imprescindíveis, visando não só a necessidade de uma embalagem adequada, mas também de refrigeração e todo um trabalho bem conjugado de logística englobando embalagem e transporte.

Neste trabalho, o objetivo geral foi estudar a conservação do camu-camu (*Myrciaria dubia*) *in natura* em diferentes tipos de embalagens e temperaturas de armazenamento, visando o aumento da vida útil e melhoria da qualidade dos frutos de camu-camu armazenados e transportados sob refrigeração no interior do país ou até mesmo para possível exportação por via marítima.

Os objetivos específicos do trabalho foram:

- Analisar o camu-camu *in natura* em diferentes embalagens (policloreto de vinil de 15 μm , polipropileno biaxialmente orientado de 20 μm , polipropileno biaxialmente orientado de 50 μm e controle – sem embalagem) com relação aos aspectos físicos e químicos, durante 15 dias de armazenamento à temperatura de $5\pm 1^\circ\text{C}$;
- Avaliar a manutenção da qualidade de camu-camu após 15 dias de armazenamento a $5\pm 1^\circ\text{C}$ quando transferido para condições que simulem a comercialização do fruto (10 e 15 $^\circ\text{C}$, 90% UR);
- Avaliar a viabilidade da exportação por transporte marítimo, através de simulações da logística em laboratório, ou seja, simulando o período de transporte e de comercialização com a quebra ou não da cadeia do frio.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Camu-camu

2.1.1 Dados botânicos e regiões de ocorrência

O camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh), também conhecido como araçá d'água, caçari, araçá de igapó, azedinho, entre outros nomes populares, é classificado botanicamente como uma planta da Classe Dicotiledônea; Ordem Myrtacea; Família Myrtaceae e Gênero *Myrciaria*, sendo uma espécie frutífera nativa da região Amazônica (GAVINHO, 2005; PETERS et al., 1986; RIVA RUIZ, 1994;).

Esta espécie possui ampla distribuição geográfica, cresce naturalmente às margens de rios e lagos da Amazônia brasileira e peruana. 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 (RODRIGUES et al., 2001; VASQUEZ-CAICEDO, 2005).

É uma planta típica de clima tropical, quente e úmido, onde a temperatura média oscila entre 22°C e 28°C, mas suporta temperaturas entre 17°C e 38°C e umidade relativa do ar entre 70% e 95%. Seu habitat natural é constituído por solos inundáveis, porém podem ser cultivados também em condições de terra firme como solos com pH ácido e de baixa fertilidade e em regiões que apresentam precipitações anuais variando de 1.700 a 3.000 mm (RIBEIRO et al., 2002).

A ocorrência desta espécie em toda a Bacia Amazônica abrange diferentes ecossistemas, levando assim à variação genética nas plantas originárias de diferentes regiões. Uma coleção de germoplasma de camu-camu no Campo Experimental do Instituto Nacional de Pesquisas do Amazônia (INPA) comprova este fato, verificando diferenças na arquitetura da planta, nos tipos de plântulas, morfologia foliar, nas análises físicas e químicas dos frutos, entre outras (YUYAMA, 2011a).

Segundo Arévalo Pinedo (2002), existem dois tipos de camu-camu, sendo um arbustivo e outro arbóreo. O mais difundido na região amazônica é o arbustivo, que cresce nas margens de rios e lagos de águas escuras, podendo permanecer coberto pela água por até cinco meses, já o arbóreo, pode ser encontrado em zonas com má drenagem. As diferenças entre os dois tipos de camu-camu não está somente na localização, mas na morfologia das plantas, época de colheita e teor de vitamina C dos frutos. Segundo Villachica (1997), a

espécie arbórea apresenta conteúdo de ácido ascórbico inferior ao da arbustiva (*Myrciaria dubia*), os frutos são maiores, além da coloração ser mais intensa.

O camu-camuzeiro (*Myrciaria dubia*) é um arbusto de pequeno porte, atingindo até 4 m de altura, profundamente enraizado e com suas raízes apresentando grande número de capilares absorventes. Seu tronco é de superfície lisa e descasca naturalmente em períodos de seca, sua cor varia de castanho-claro a púrpura e pode atingir 15 cm de diâmetro. 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 além de um pecíolo cilíndrico com 3 a 6 mm de comprimento e 1 a 2 mm de largura (RODRIGUES et al., 2001; VÁSQUEZ, 1997).

O camu-camu, desde 1990, vem sendo cultivado no estado de São Paulo (Figura 1), onde o plantio fora de áreas de várzeas tem se mostrado promissor. No Vale do Ribeira, por exemplo, por se tratar de uma região com condições edafoclimáticas semelhantes ao da Amazônia, observou-se uma ótima adaptação da planta já que é uma região de mangues com clima quente e úmido. O cultivo em Iguape, Cajati e Registro estão em plena expansão (ARÉVALO PINEDO, 2002; YUYAMA, 2011a).

Figura 1 – Camu-camuzeiro cultivado na ‘Fazenda Eldorado’ em Cajati – SP

A propagação da planta pode ser por materiais vegetativos, como enxertos e estacas ou pelo método de alporquia, mas é realizada basicamente por via sexuada, ou seja, através de sementes. Considerando o potencial agrônomo do camu-camu, muitos estudos estão sendo realizados com o objetivo de diminuir o efeito segregante e reproduzir material selecionado de

alta produção, visando assim à precocidade, uniformidade na frutificação e maior produtividade (PEREIRA, 2002; SILVA, 2001; ZAMUDIO, 2007).

2.1.2 Floração e frutificação

A floração da planta ocorre quando ela atinge em média um diâmetro basal em torno de 2 cm, esse processo inicia-se pelas ramas superiores e acontece em vários ciclos durante o ano, não sendo sincronizado (VILACHICCA, 1997). Em áreas de ocorrência natural, o florescimento da planta acontece quando o nível da água abaixa, ou seja, entre setembro e dezembro (BARDALES et al., 2008).

A *Myrciaria dubia* apresenta inflorescências axilares, com flores brancas e hermafroditas do tipo pincel (Figura 2). Apresentam-se em grupos de racimos curtos, brácteas e bractéolas persistentes, são também aromáticas, exalam odor agradável e adocicado (DONADIO et al., 2002; MAUÉS et al., 2002; VÁSQUEZ, 1997).

Figura 2 - Inflorescência de camu-camu (Fazenda Eldorado' em Cajati – SP)

A floração não é sincronizada, ou seja, uma planta pode apresentar ao mesmo tempo, gemas florais, flores e frutos em vários estádios de desenvolvimento (BARCELAR-LIMA, 2009) o que dificulta o ponto de colheita e aumenta os custos com mão de obra, já que a colheita precisa ser feita em várias etapas.

Por se tratar de uma planta perene, a produção de camu-camu se inicia no terceiro ou quarto ano após o plantio definitivo. No seu estado silvestre, a planta frutifica quando os rios começam a inundar e tem apenas uma safra, sendo ela nos meses de dezembro a março. Já no cultivo fora do local de origem, a frutificação acontece nos meses de dezembro a março e uma safra secundária nos meses de maio a julho, dependendo da localização geográfica da planta. No Estado de São Paulo, os picos de colheita são nos meses de abril/maio e setembro/outubro

(ANDRADE et al., 1991; ANGUIZ, 2006; ARÉVALO PINEDO, 2002; PETERS; VASQUEZ, 1986; VILLACHICA, 1997).

Segundo Vasquez-Caicedo (2005), 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.

2.1.3 Características do fruto

O fruto de *Myrciaria dubia* é uma baga globosa, que possui diâmetro entre 10 mm e 30 mm e peso ao redor de 10g. A casca é fina, brilhante, com teor de até 5% de ácido ascórbico, polpa sucosa, abundante e ácida. As bagas apresentam coloração brilhante róseo a vermelho-escuro e até púrpura-negro quando maduras. O fruto contém de uma a quatro sementes, sendo de forma achatada ou reniforme, recalcitrantes, cobertas por uma pequena camada de fibras e comprimento de 8 mm a 15 mm de diâmetro (ANDRADE et al., 2006).

A polpa foi descrita como rosada, suculenta e extremamente ácida, tendo um sabor agradável e macia, com o amadurecimento a cor da polpa passa do amarelo esverdeado para o rosa, muito provavelmente devido à migração das antocianinas da casca para a polpa (ALVES et al., 2002; RODRIGUES et al., 2001; ZAPATA; DUFOUR, 1993).

Segundo Silva (2012) o camu-camu é classificado como um fruto não climatérico, já que ao avaliar a respiração dos frutos colhidos, de áreas alagadas, ao longo de seu desenvolvimento não se detectou nenhum pico respiratório antes ou durante o amadurecimento. O fruto deve ser colhido pronto para o consumo, uma vez que o processo de conversão de amido em açúcares solúveis não se desenvolve após a colheita, a não ser em proporções muito pequenas, resultante da degradação da parede celular ou do metabolismo dos ácidos orgânicos. O acúmulo destes açúcares acontece ainda na planta, através da fotossíntese. Para determinar os estádios de maturação, sugere-se levar em consideração a coloração da casca, devido à falta de sincronia na frutificação (ANDRADE et al., 1991; ARÉVALO PINEDO, 2002; WILLS et al., 1998). Já Pinto (2012), ao estudar camu-camu cultivado no estado de São Paulo, verificou altos níveis de produção de etileno ao longo do armazenamento, observando assim um padrão respiratório climatérico.

Caracterizado como uma fruta de sabor ácido, o pH do camu-camu pode variar de 2,84 a 3,10; a acidez titulável é em torno de 2,17%, valores inferiores foram obtidos para acerola (1,40%) e para cupuaçu (1,90%). Os teores de sólidos solúveis encontrados foram de 5,6

°Brix até 8,5° Brix, variando conforme a região de colheita e o grau de maturação do fruto (BUENO et al., 2000; MAEDA; ANDRADE, 2003; PEUCKERT et al., 2000; RIBEIRO et al., 2002; VIEIRA et al., 2010; ZAPATA; DUFOUR, 1993).

No camu-camu o teor de açúcares totais praticamente triplica com o amadurecimento, ficando entre 1,5 e 3,1%, porém ainda assim é considerado baixo quando comparado com a maioria das frutas. Os principais componentes dos sólidos solúveis nesta fruta são os ácidos orgânicos, representando em torno de 44% e 41% em estádios predominantemente verdes e maduros, sendo o principal o 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) (ALVES et al., 2002; ANDRADE et al., 1991; SILVA et al., 2006b, 2006c; ZAPATA; DUFOUR, 1993).

Os açúcares representam em torno de 20% dos sólidos solúveis desta 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. Geralmente, os frutos ricos em vitamina C apresentam quantidades mínimas de sacarose, em decorrência do desvio da glicose para a síntese de ácido ascórbico (ALVES et al., 2002; ANDRADE et al., 1991).

O *ratio*, também conhecido como o índice de palatibilidade, é a razão entre o teor de sólidos solúveis e acidez titulável. Para camu-camu maduro o valor desse índice varia de 1,54 a 2,81, valor extremamente baixo quando comparado com a maioria dos frutos consumidos frescos, o que ressalta o baixo grau de doçura do fruto (ALVES et al., 2002; MAEDA; ANDRADE, 2003; SILVA et al., 2005).

Em relação ao teor de amido, o camu-camu apresenta teores semelhantes ao encontrado em frutos cítricos, ou seja, de 0,3 a 0,4%. Já para pectina, os níveis podem ser considerados baixos, variando de 0,1 a 0,2%, o que indica que a extração do suco ou da polpa seja relativamente fácil (ALVES et al., 2002; ANDRADE et al., 1991; SILVA et al., 2006c).

2.1.4 Composição centesimal

O fruto de camu-camu é uma fonte potencial de fibra alimentar total, Yuyama et al. (2002), encontraram teores elevados de fibras nas cascas dos frutos, sendo 6,18% de fibra alimentar e 5,08% de fibras insolúveis. A concentração encontrada variou de 0,43 g a 6,18 g por 100 g de fruto, apresentando adequação na ordem de 11,5% da quantidade de fibra recomendada.

Avaliações químicas, como teor de umidade, ácido ascórbico, compostos fenólicos, antocianinas e flavonóides, foram feitas no mesocarpo e no epicarpo do camu-camu por Maeda et al. (2006). Conforme Tabela 1, verificou-se que todos os compostos avaliados apresentaram-se em maior concentração no epicarpo.

Tabela 1 – Teor de umidade, ácido ascórbico, compostos fenólicos, antocianinas e flavonóides no epicarpo e mesocarpo de camu-camu

	Epicarpo (média ± DP)	Mesocarpo (média ± DP)
Umidade (g .100 g ⁻¹)	88,26 ± 0,27	93,45 ± 0,05
Ácido Ascórbico (mg .100 g ⁻¹)	3.092,62 ± 35,11	1.640,57 ± 8,28
Compostos Fenólicos (mg ácido gálico .100 g ⁻¹)	1.344,72 ± 118,76	553,58 ± 5,10
Antocianinas (mg eq. cianidina 3-glicosídeo. 100 g ⁻¹)	181,38 ± 10,78	0,14 ± 0,01
Flavonóides (mg .100 g ⁻¹)	143,27 ± 8,08	0,40 ± 0,02

Nota: Valores expressos em 100 g de matéria fresca, DP – desvio padrão.

Fonte: Maeda et al., (2006).

Os teores de umidade encontrados em camu-camu estão entre 88,2 e 93,3% (GENOVESE et al., 2008; MAEDA et al., 2006; RODRIGUES; MARX, 2006; RUFINO et al., 2010; SILVA et al., 2005, 2006a, 2006b, 2006c). Os teores de proteína, lipídios e minerais são bastante reduzidos, análises químicas mostram valores de proteínas variando de 0,29% a 1,54% (ANDRADE et al., 1991; MAEDA et al., 2006; MORAES-DE-SOUZA, 2010; RODRIGUES; MARX, 2006; VILACHICCA, 1996). Justin et al. (2000), ao analisarem a composição centesimal da polpa de camu-camu também quantificaram a presença de proteínas, lipídios, minerais e fibras, totalizando 1% dos demais componentes, valores estes poucos expressivos.

Em relação aos aminoácidos presentes no fruto de camu-camu, Zapata e Dufor (1993), constataram aumento em seus teores com o amadurecimento, elevando de 78,7 para 173,2 mg. 100 g⁻¹, principalmente serina, valina e leucina. Já para elementos minerais reconhecidos como nutrientes essenciais, o mais abundante nesta fruta, independente das variações encontradas, é o potássio (YUYAMA et al., 2003). Vitaminas hidrossolúveis também foram quantificadas por Riva Ruiz (1994) em 100 mg de polpa de camu-camu e encontrou-se 0,01 mg de tiamina, 0,04 mg de riboflavina e 0,061 mg de niacina.

2.1.5 Vitamina C

A vitamina C é um derivado de hexose sintetizado por vegetais e pela maioria dos animais a partir da glicose e da galactose. Em sua forma reduzida, é conhecida como ácido ascórbico ou L-ascórbico e na forma oxidada como ácido L-dehidroascórbico (Figura 3). O ácido ascórbico é um composto biologicamente ativo, instável, reversivelmente oxidado a ácido L-dehidroascórbico, também biologicamente ativo (COOKE et al., 1981; MAHAN et al., 2002).

Figura 3 – Estruturas moleculares de ácido ascórbico (A) e ácido dehidroascórbico (B)

Quimicamente, o ácido L-ascórbico, composto não enzimático, possui gosto ácido, cor branca a levemente amarela, não possui cheiro característico e é cristalino, é solúvel em água, apresenta ponto de fusão de 192°C e é um poderoso antioxidante conhecido na área da medicina como anti-escorbútico e por aumentar a resistência às infecções (ARÉVALO PINEDO, 2002).

A vitamina C atua interceptando radicais livres gerados pelo metabolismo ou por fontes exógenas, impedindo a oxidação das proteínas, dos aminoácidos e das bases do DNA, cuja condição geraria a formação de lesões e perdas da integridade celular. Este composto não pode ser sintetizado pelo homem, já que o mesmo não possui a enzima L-gulonolactona oxidase que participa da biossíntese da vitamina C ou do ascorbato, sendo necessária assim a ingestão desta vitamina pela dieta alimentar, devendo ser rica em frutas e hortaliças (ALBERTINO et al., 2009; BIANCHI; ANTUNES, 1999; RUFINO et al., 2010).

O camu-camu é mundialmente conhecido como fonte natural de ácido ascórbico, o teor presente neste fruto é superior ao presente em acerola, considerada até então como a fruta mais rica deste composto no Brasil, porém sabe-se que a concentração e estabilidade desta vitamina variam com a espécie, estágio de maturação, tempo e temperatura de processamento,

pH, presença de oxigênio e enzimas (MAEDA et al., 2007). Na acerola a concentração pode variar de 0,973 a 2.786 g. 100 g⁻¹ de polpa (CARPENTIERI-PIPOLO et al., 1998; MATSUURA et al., 1998; SANCHES et al., 1998), já em camu-camu estes teores podem variar de 0,845 a 6.112 g. 100 g⁻¹ de polpa, conforme mostra um levantamento com vários trabalhos apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Teores de ácido ascórbico de camu-camu e da acerola analisados por diversas fontes

FRUTO	QUANTIDADE (mg. 100 g ⁻¹ de polpa)	AUTORES
Camu-camu	5.737 – 6.112	Yuyama et al., 2002
	4.752,23 – 5.084,70	Silva, 2012
	2.489 – 3.133	Andrade et al., 1995
	2.880	Roca, 1965
	2.576 – 2.593	Maeda et al., 2007
	1.910 – 2.061	Alves et al., 2000
	1.380 – 1.490	Justi et al., 2000
	845 – 939	Zapata; Dufour, 1993
Acerola	1.558 – 2.560	Sanches et al., 1998
	1.038 – 2.318	Matsuura et al., 1998
	1.525	Assis et al., 2009
	1.357	Rufino et al., 2010
	1.191	Mamede et al., 2009

A grande oscilação no teor de vitamina C entre as diferentes populações de *Myrciaria dubia* se deve em maior parte às diferenças genéticas. Segundo Teixeira et al. (2004), este fato foi observado por meio da utilização de isoenzimas de esterase e esterase-D, entre populações de camu-camu oriundas de Iquitos (Peru), Uatumã (Amazonas) e de Boa Vista (Roraima).

O local de maior concentração de ácido ascórbico nos frutos de camu-camu está na casca. Em trabalho feito por Maeda et al. (2006), o teor de ácido ascórbico no epicarpo (casca) foi 88% superior em relação ao encontrado no mesocarpo (polpa). Diante deste fato, torna-se de grande importância a incorporação da casca à polpa para a elaboração de sucos e outros produtos, já que contribui positivamente, elevando os teores em aproximadamente 25% ou mais (MAEDA et al., 2003; MAEDA, 2006).

Em relação aos diferentes estádios de maturação dos frutos, a concentração de ácido ascórbico em frutos verdes é menor e vai aumentando até atingir o máximo quando os frutos estão maduros. Segundo análises feitas por Villanueva-Tiburcio et al. (2010), 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. A elevação nos teores de ácido ascórbico durante o amadurecimento está associada ao aumento da síntese de intermediários metabólicos, os quais são precursores deste composto. A galactose, por exemplo, é um desses precursores e aumenta à medida que os frutos amadurecem devido à degradação de polissacarídeos da parede celular (WHEELER et al., 1998; SMIRNOFF et al., 2001).

Andrade (1991), em estudo sobre o amadurecimento do fruto, determinou a variação de ácido ascórbico nas diferentes fases de maturação, indicando variação de 2.490 mg. 100 g⁻¹ a 3.133 mg. 100 g⁻¹ de polpa de frutos maduros, com um mínimo de 1.990 mg. 100 g⁻¹ de polpa em 71 dias após a florescência, conforme ilustra a Figura 4.

Segundo Correa et al. (2011), quando o camu-camu muda de um estágio de maturação para outro, o teor de vitamina C aumenta 515,43 mg. 100 g⁻¹ na casca, indicando que este fruto possui potencial como alimento funcional por apresentar elevada capacidade antioxidante, tendo importância assim na produção de concentrados e suplementos naturais desta vitamina.

A ingestão diária recomendada (RDA) para vitamina C, segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – USDA (2007) é de 15 a 25 mg para crianças entre 1 e 8 anos; de 45 a 75 mg para jovens entre 9 e 18 anos e de 75 a 90 mg para mulheres e homens respectivamente. Desta forma, o consumo diário de apenas um fruto de camu-camu, pesando em média 10 g com 50% de polpa, atenderia ou até mesmo ultrapassaria esta recomendação tanto para crianças como para adultos (YUYAMA et al., 2002; ZAMUDIO, 2007).

Segundo Silva (2012), os frutos de camu-camu contêm além da vitamina C, outros compostos antioxidantes efetivos como carotenóides, antocianinas e outros compostos fenólicos. Zanatta (2004), ao avaliar camu-camu proveniente de diferentes regiões, observou variação no conteúdo de carotenóides totais dos frutos de 363,4 ± 217,4 µg 100 g⁻¹ a 1096,4 ± 198,0 µg 100 g⁻¹ e dentre os carotenóides encontrados, o beta-caroteno e a all-trans-luteína foram quantitativamente os majoritários, correspondendo de 13% a 20% e 45% a 55% do total de carotenóides, respectivamente.

2.1.6 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são substâncias antioxidantes de ocorrência natural, capazes de inibir a peroxidação lipídica e a lipooxigenase *in vitro*. O poder antioxidante deve-se principalmente a sua estrutura química e às propriedades redutoras, que desempenham

importante função na neutralização ou sequestro de radicais livres e quelação de metais de transição, agindo tanto na etapa de iniciação como na de propagação do processo oxidativo (PIMENTEL et al., 2005; SOUSA et al., 2007).

Amplamente distribuídos no reino vegetal, os compostos fenólicos possuem um anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. Os grupos podem ser ácidos fenólicos (ácidos hidroxibenzóicos e hidroxicinâmicos), estilbenos, ligninas 21 e o grupo mais importante, os flavonóides (antocianinas, flavanas, flavonóis, flavanonas, flavonas e os isoflavonóis) (CHIRINOS et al., 2010; PIMENTEL et al., 2005; SHAHIDI et al., 1995).

Genovese et al. (2008) caracterizaram frutas do Brasil em relação aos seus teores de compostos fenólicos totais e observaram que o camu-camu possui o mais elevado teor apresentando 1.797 mg equivalente de ácido gálico (EAG) 100 g⁻¹ e Maeda et al. (2006) verificaram que a maior concentração está presente na casca. Já em relação aos diferentes estádios de maturação, Chirinos et al. (2010) e Villanueva-Tiburcio et al. (2010) verificaram que os teores deste composto aumentaram do estágio verde (1.120 mg EAG 100 g⁻¹) para o semi-maduro (1.420 mg EAG 100 g⁻¹), e diminuíram no estágio maduro (1.320 mg EAG 100 g⁻¹). A quantidade de compostos fenólicos presente em camu-camu é um dos fatores que pode limitar a sua aceitação para consumo *in natura*, já que os mesmos estão associados à adstringência da fruta e, embora os fenólicos diminuam com o amadurecimento, seu teor ainda é considerado extremamente elevado no final da maturação (ALVES et al., 2002; MAEDA; ANDRADE, 2003).

Em frutas cítricas, entre os polifenóis encontrados estão as flavanonas, flavonóis e os ácidos fenólicos. As flavanonas são representadas por miricetina e narigenina, enquanto que os flavonóis são representados principalmente pela quercetina, substância com alta capacidade antioxidante (DIMITRIOS, 2006; MARTÍNEZ-FLORES et al., 2002; PIMENTEL et al., 2005). Rodrigues e Marx (2006), usando métodos cromatográficos (HPLC) e espectrofotométricos, constataram que miricetina e quercetina são os compostos predominantes em suco de camu-camu.

2.1.7 Antocianinas

A cor vermelho-púrpura da casca do camu-camu, no estágio maduro, é devido à presença das antocianinas, que são pigmentos naturais pertencentes à classe dos flavonóides e que são responsáveis por certa variedade de cores atrativas em frutas, flores e folhas que

variam do vermelho ao azul (ALBARICI et al., 2006; HARBORNE, 1994). Os flavonóides são amplamente distribuídos no reino vegetal e de grande importância para saúde humana, já que protegem o organismo do dano produzido por agentes oxidantes como os raios ultravioletas, poluição ambiental, substâncias químicas presentes nos alimentos, estresses, dentre outros (VOLP et al., 2008).

Em vegetais, uma das principais funções das antocianinas está relacionada à proteção contra processos oxidativos, raios ultravioletas e ao poder de atrair agentes polinizadores e dispersores de sementes (EIBOND et al., 2004). Para a saúde humana, as antocianinas possuem um grande potencial terapêutico, são antioxidantes que auxiliam na prevenção de doenças coronarianas, câncer, diabetes, efeitos inflamatórios e melhoramento da acuidade visual e comportamento cognitivo (GARZÓN, 2008; VENENCIO, 2010).

A molécula de antocianina é constituída por duas ou três porções, sendo uma aglicona (antocianidina), outra, um grupo de açúcares e frequentemente um grupo de ácidos orgânicos (MALLACRIDA; MOTTA, 2006). Quimicamente pode ser definida como glicosídios de antocianidinas, que são agliconas polihidroxi ou polimetoxi, derivadas do 2-fenilbenzopirilium ou cátion flavilium. A porção composta pelos açúcares pode ser na forma heteroglicosilada, isto é, contendo uma ou mais moléculas de açúcar, que são geralmente glicose, raminose, xilose, galactose, arabinose e frutose (FRANCIS, 1989; KUSKOSKI, 2000).

Segundo Galvano et al. (2004), as antocianinas encontradas em alimentos são todas derivadas das antocianidinas (aglicona), pertencentes a três pigmentos básicos: pelargonidina (vermelha), cianidina (vermelho) e delphinidina (violeta). A deficiência natural de elétrons das antocianinas faz esses compostos serem particularmente reativos, apresentando também uma grande sensibilidade a mudanças de pH e temperatura. Já em frutas, as antocianinas mais comumente encontradas são derivadas principalmente de seis antocianidinas: pelargonidina, cianidina, delphinidina, peonidina, petunidina e malvidina. A nomenclatura dos pigmentos é em função da fonte (do vegetal) em que eles foram primeiramente isolados (HARBORNE, 1994; TIMBERLAKE; BRIDLE, 1975), conforme pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 - Estruturas das antocianinas encontradas em alimentos
Fonte: Volp et al. (2008)

Segundo Zanatta (2004), o teor médio de antocianinas da casca de camu-camu é em torno de 56,37 mg. 100g⁻¹, sendo que na classificação dessas, a cianidina 3-glicosídeo foi indentificada como a antocianina majoritária, seguida pela delfinidina 3-glicosídeo.

Vários fatores interferem na estabilidade desta molécula, e diversos exemplos de estudos a respeito são encontrados na literatura. As antocianinas são mais estáveis sob condições ácidas, onde sua coloração é vermelha, com o aumento do pH a intensidade de sua cor diminui. A temperatura é outro interferente na estabilidade desta molécula, à medida que se submete a solução de antocianinas a uma temperatura superior a ambiente (25°C), a sua degradação é maior, mesmo quando complexadas com ácido tânico. Este ácido, assim como aminoácidos, flavanóides e alcalóides podem ser utilizados como copigmentos de antocianinas auxiliando na sua estabilidade. Em relação à luz, esse fator exerce efeito duplo sob as antocianinas, isto é, favorece sua biosíntese, mas acelera sua degradação. O oxigênio também apresenta efeito deletério às antocianinas (CONCEIÇÃO, 1997; LANGSTON et al., 1981; LOPES et al., 2010; MAZZA; BROUILLARD, 1987; POEI- MARKAKIS, 1982; STRINGHETA, 1991).

No camu-camu, estes pigmentos estão predominantemente na casca, Maeda et al. (2006) encontraram 181,38 mg. 100 g⁻¹ no epicarpo e 0,14 mg.100 g⁻¹ no mesocarpo. A concentração deste pigmento também varia com o estágio de maturação do fruto, assim como sua origem regional. Durante o amadurecimento, o camu-camu apresenta variação de cor verde à púrpura devido ao aumento dos teores de antocianinas na casca (GENOVESE et al., 2008; MAEDA et al., 2006; ZANATTA et al., 2005). Chirinos et al. (2010) determinaram teores de antocianinas em camu-camu em diferentes estádios de amadurecimento e os teores

aumentaram cerca de 65,7 vezes com o amadurecimento, exibindo valores de 0,8 a 52,6 mg ECG.100 g⁻¹.

Vários teores de antocianinas em camu-camu foram apresentados, como 30 mg. 100 g⁻¹ (GENOVESE et al., 2008); 42,2 mg.100 g⁻¹ (RUFINO et al., 2010); 53,8 mg.100 g⁻¹ de polpa (VASQUEZ-CAICEDO, 2005) e 54 mg.100 g⁻¹ (RODRIGUES et al., 2006), tendo como afirmação destes últimos autores, Rodrigues et al. (2006), que o fruto de camu-camu apresenta baixa concentração de antocianina quando comparado com o açaí, que apresenta aproximadamente 450 mg de antocianinas. 100 g⁻¹ de polpa.

Frutos de camu-camu de duas diferentes regiões do estado de São Paulo foram analisados por Zanatta et al. (2005), que identificaram como o principal pigmento nos frutos de ambas as regiões a cianidina-3-glicosídeo (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.

2.2 Potencial econômico e exportação

O Brasil é um dos três maiores produtores mundiais de frutas, com uma produção de 43,0 milhões de toneladas ao ano, onde a fruticultura amazônica representa apenas 7% deste total. Apesar da elevada produção brasileira de frutas, em relação às exportações, o país se posiciona no vigésimo lugar, o que demonstra um grande potencial de ampliação nesta categoria (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2012). O consumo de frutas tropicais não tradicionais é crescente no mercado nacional e internacional devido ao reconhecimento de seus valores terapêuticos e nutricionais, já que muitos são ricos, por exemplo, em compostos bioativos (MYODA et al., 2010; RUFINO et al., 2010). A forma mais usual e contemporânea para definir estes compostos é de acordo com o 23º Consenso Hohenheim de Alimentação da Universidade de Hohenheim, na qual os compostos bioativos são tidos como compostos essenciais ou não essenciais, vitaminas e polifenóis, que são parte dos alimentos de forma natural e que podem demonstrar efeito favorável na saúde humana (BIESALSKI et al., 2009).

Rufino et al. (2010), ao avaliarem compostos bioativos e a capacidade antioxidantes de 18 frutas não tradicionais, afirmaram que grande número de frutas inexploradas no Brasil, sendo elas nativas ou exóticas, seriam de potencial interesse para a agroindústria. Além disso,

seriam possíveis fontes de renda para as populações locais que poderiam alcançar mercados especiais, nos quais os consumidores enfatizam não apenas questões sensoriais, mas também o caráter exótico e a presença de nutrientes capazes de prevenir doenças.

O camu-camu é uma destas espécies tipicamente silvestres com grande potencial econômico, funcional e industrial, já que é rico em vitamina C e compostos fenólicos. Seu alto teor de vitamina C é capaz de colocá-lo no mesmo nível de importância de outras frutíferas tradicionais da região amazônica, como o açaí e o cupuaçu, tornando-o um produto potencial de exportação para o mercado de alimentos naturais no hemisfério norte (BRASIL, 2002; YUYAMA et al., 2003). No entanto, devido a sua elevada acidez, dificilmente é consumido *in natura*, fato que pode ser contornado com o processamento dos frutos em produtos de maior aceitação, além da extração de componentes de interesse nutricional e funcional (SILVA, 2012).

A comercialização destes frutos é feita na maior parte em forma de polpa congelada, em pequena escala e em feiras das regiões produtoras. O fruto é pouco conhecido dentro do país, mas é muito procurado pelos japoneses, americanos e europeus, para onde se exporta a polpa em contêineres refrigerados dentro de tambores de 200 litros (YUYAMA, 2011a).

O grande produtor de camu-camu tem sido o Peru, com 800 toneladas de polpa por ano, já no Brasil a produção não ultrapassa 20 toneladas de polpa congelada, sendo o Amazonas o maior produtor (YUYAMA, 2011b). Segundo Pinedo et al. (2010) o Peru ampliou seu mercado de exportação para aproximadamente 30 países além do Japão, como a China, EUA, Holanda, países da União Européia, etc. O produto de exportação majoritário do Peru também é a polpa congelada, e em menor escala exporta-se polpa liofilizada ou desidratada para os Estados Unidos e a União Européia, principalmente.

Se considerada a ocorrência natural do camu-camu em toda a bacia amazônica, a produção brasileira poderia facilmente superar a do Peru e seria ainda maior se levada em consideração a produção dos pomares em outras regiões do país (YUYAMA, 2011b). Além disso, os portos do Nordeste do Brasil apresentam localização logística privilegiada e estratégica, para alcançar os mercados dos Estados Unidos e da Europa (CANTILLANO et al., 2005). Apesar da exportação via aérea ser mais rápida e possuir vôos diários, a exportação via marítima ainda é a mais vantajosa, já que por via aérea os pedidos da mercadoria devem ser pequenos, devido ao espaço reduzido do transporte, além do custo ser quatro vezes maior (AMARAL JUNIOR, 2006).

Estados Unidos, França e Japão consomem muito esta fruta, e de diversas maneiras, como sucos, néctares, cosméticos, fármacos e doces, o que a torna um produto potencial para

exportação. Além disso, faz com que seu cultivo seja considerado uma nova opção para o desenvolvimento de novos recursos agrícolas (SILVA, 1997; SUGUINO, 2002; ZANATTA et al., 2007). Já na Áustria e Alemanha, esta fruta é comercializada como polpa de fruta seca, extrato em pó e cápsulas, puro ou como parte de suplementos alimentares (RODRIGUES; MARX, 2006).

Há poucas referências sobre exportações brasileiras de camu-camu, pois é um mercado incipiente, embora crescente. Em 2006 o Governo do Estado do Amazonas negociou, por meio da Agência de Agronegócios do Amazonas, a exportação para o mercado japonês de 8,5 toneladas de polpa de camu-camu processadas pela empresa Cupuama da Amazônia (SEPROR, 2006). Segundo Pinedo (2007a), se houvesse incentivo à produção de camu-camu por parte das autoridades, as exportações seriam alavancadas e o Brasil poderia ser o principal exportador do fruto no mundo. Para Yuyama (2011b), no Brasil falta aos produtores de camu-camu o reconhecimento de que este fruto é um produto exportável para produzi-lo em larga escala e de forma organizada, e para que isso ocorra é necessário o incentivo financeiro e orientação aos pequenos produtores. Para Villachica (1997) no Peru, apesar de pesquisas estarem sendo desenvolvidas para a exploração industrial do camu-camu, a falta de organização dos pomares na década de 90 ainda era um dos obstáculos a serem superados para a industrialização da fruta.

2.3 Conservação pós-colheita

A atividade fisiológica das frutas e hortaliças se mantém após a colheita tendo como processo vital a respiração, a qual permite converter suas reservas acumuladas na pré-colheita, em energia para se manterem vivas quando separadas da planta mãe (CENGEL, 1994; CHITARRA; CHITARRA, 2005). A intensa atividade metabólica, associada ao alto conteúdo de água na composição química destes alimentos, os torna altamente perecíveis, como é o caso do camu-camu que, segundo Arévalo Pinedo (2002), quando muito maduro não resiste em seu estado natural por muito tempo, fermentando rapidamente.

A taxa respiratória é um excelente indicador da atividade metabólica do tecido que, juntamente com o tipo ou padrão respiratório, determina a longevidade dos frutos na fase pós-colheita. Em função do padrão respiratório, os frutos podem ser classificados em dois grandes grupos: os não climatéricos, que apresentam declínio constante na taxa respiratória em função do tempo; e os climatéricos, que apresentam aumento marcante na taxa respiratória no final do período de maturação, denominado pico climatérico ou climatério (CHITARRA;

CHITARRA, 1990; WILLS et al., 1981). O camu-camu foi classificado como não climatérico por diversos autores (BARDALES et al., 2008; SILVA, 2012) sugerindo que o ponto de colheita devesse ser aquele próximo ao de consumo, porém Pinto (2012) observou picos de etileno durante o amadurecimento do fruto, classificando-o como climatérico.

Durante a maturação dos frutos, processo fisiológico irreversível que estabelece o final do desenvolvimento e início da senescência ocorre muitas mudanças como alteração da cor devido à degradação da clorofila e síntese das antocianinas, aumento da maciez dos frutos devido à degradação da pectina e também ocorre a metabolização dos ácidos orgânicos pela via respiratória que, consequentemente, reduz a acidez (BÁEZ-SAÑUDO et al., 2001; CHITARRA; CHITARRA, 2005; PEACH, 2002).

Segundo Silva (2012) essas mudanças podem ser determinadas visualmente (coloração externa da casca; tamanho), medidas físicas como a determinação de firmeza; análises químicas (pH, acidez titulável, sólidos solúveis) relação sólidos solúveis/acidez titulável, açúcares totais e compostos fenólicos) e fisiológicas (respiração, produção de etileno, atividade enzimática).

A alta perecibilidade do camu-camu reduz a quantidade produzida e compromete sua qualidade. Pouco se conhece sobre a pós-colheita deste fruto, porém sabe-se que a aparência externa do mesmo é comprometida pela perda de água o que resulta em murchamento, enrugamento da casca e perda de peso. Desta forma, o conhecimento da fisiologia pós-colheita do fruto é de grande importância para que se tenham subsídios técnicos que visem à ampliação do tempo de armazenamento e comercialização, sem, contudo, alterar suas características físicas, sensoriais e nutricionais (ABREU et al., 1998; AWAD, 1993; CHITARRA; CHITARRA, 1990).

Para conservação pós-colheita de frutas, várias técnicas podem ser adotadas, como o armazenamento em atmosfera modificada (AM), através da utilização de ceras e diferentes filmes, armazenamento em atmosfera controlada (AC), armazenamento sob baixa temperatura, utilização de reguladores de crescimento e até mesmo o uso da irradiação (CARVALHO, 1994). Segundo Daiuto et al. (2010), o uso de embalagens e do armazenamento refrigerado, quando bem aplicados, são alguns dos meios mais eficazes na conservação destes produtos.

2.3.1 Armazenamento refrigerado

O armazenamento refrigerado é o principal método utilizado na conservação de frutas e hortaliças e tem por finalidade minimizar a intensidade do processo vital destes produtos, por meio da utilização de condições adequadas que permitam a redução da respiração, síntese de etileno e das ações de enzimas degradativas e oxidativas, evitando, assim, uma rápida deterioração (CHITARRA; CHITARRA, 2005; SILVEIRA et al., 2005).

Quanto maior for a respiração do fruto, menores serão seus períodos de conservação e a disponibilidade com a qualidade desejada. A intensidade deste processo vital pode ser influenciada pela composição do fruto, alterações químicas e, principalmente, pela temperatura do sistema. Observa-se uma redução de 2 a 4 vezes nessa taxa a cada decréscimo de 10°C na temperatura, assim, o bom gerenciamento deste fator na pós-colheita é essencial para a lenta deterioração fisiológica das frutas e hortaliças (CHITARRA; CHITARRA, 1990; HONÓRIO et al., 2001; SOMOGYI et al., 1990).

No armazenamento refrigerado, além do controle da temperatura, outro fator importante a ser considerado e controlado é a umidade relativa, a fim de se evitar a perda de água excessiva dos frutos. A umidade relativa da atmosfera interna dos frutos é de pelo menos 99%, enquanto que a umidade relativa da atmosfera circundante externa é sempre menor. Quanto maior for a diferença entre a pressão de vapor interna e a externa, maior será a perda de água pelo produto. Essa diferença de pressão entre o produto e o ar é conhecida como *déficit* de pressão de vapor. Na refrigeração, a pressão de vapor deve ser elevada, mantendo o menor *déficit* entre o produto armazenado e o ar, para que a transpiração pelo mesmo seja reduzida (CHITARRA; CHITARRA, 1990).

Em trabalho feito com açaí, produto não climatérico, os frutos apresentaram as seguintes perdas máximas de massa após 70 horas de armazenamento em diferentes temperaturas: 6,01% (a 30°C), 2,70% (15°C), 2,36% (10°C) e 1,92% (5°C), evidenciando claramente a influência positiva da baixa temperatura contra a perda de massa dos frutos (POMPEU et al., 2009).

Não há muitos estudos publicados sobre a temperatura ideal de armazenamento e comercialização de camu-camu *in natura*, mas a influência deste fator sobre a respiração e a síntese de etileno em frutas pode ser comprovada em diversos trabalhos envolvendo tanto frutos climatéricos como não climatéricos (AMARANTE et al., 2008; CAMPOS et al., 2007; HONORIO et al., 2001). Segundo Pinto (2012), o armazenamento de camu-camu a baixas

temperaturas, como a 5°C, manteve a qualidade dos frutos sem causar injúrias pelo frio, além de ter sido eficaz contra a incidência de podridões.

A ocorrência da quebra da cadeia do frio e o abuso da temperatura ao longo do ciclo de comercialização de frutas e hortaliças são freqüentes, o que conduz a importantes perdas de qualidade com conseqüente redução do tempo de vida útil (JACXSENS et al., 2000; BRECHT et al., 2003).

2.3.2 Atmosfera modificada

A qualidade e a extensão do período pós-colheita dos frutos são auxiliadas pelos fatores primários, ou seja, ausência de danos mecânicos, ótima maturidade na colheita, aplicação de procedimentos de sanitização, ótimas condições de temperatura e umidade relativa durante o armazenamento. Os fatores secundários também colaboram na manutenção da qualidade destes produtos, e consistem na modificação das concentrações de O₂, CO₂ e/ou etileno na atmosfera ao redor do fruto, a níveis diferentes daqueles encontrados em armazenamento sob atmosfera normal. Esse processo é conhecido como atmosfera modificada (AM) (KADER et al., 1989).

A atmosfera modificada pode ser obtida de forma ativa ou passiva. Quando o produto é acondicionado em embalagem, e a atmosfera é modificada pela própria respiração do produto, em função da permeabilidade da embalagem e da temperatura, a atmosfera modificada é passiva. Já a atmosfera modificada ativa é criada injetando-se, inicialmente, no espaço livre da embalagem uma mistura gasosa predeterminada, sendo a atmosfera de equilíbrio determinada também pela interação entre o produto, embalagem e ambiente (VILAS BOAS et al., 2004).

A modificação passiva da atmosfera que envolve o fruto pode ser ocasionada pela aplicação de barreiras artificiais, como filmes plásticos e ceras. Segundo Chitarra et al. (2000), essas barreiras permitem que a concentração de CO₂ proveniente do próprio produto aumente, e a concentração de O₂ diminua ao redor do mesmo, à medida que for utilizado no processo respiratório. Neste tipo de armazenamento as concentrações de O₂ e CO₂ não são controladas e assim variam com a temperatura, tipo do filme e taxa respiratória do fruto.

A utilização de barreiras artificiais na conservação de frutas e hortaliças mantém a qualidade e leva à modificação na atmosfera, proporcionando o aumento da resistência à passagem do vapor d'água, O₂ e CO₂, e produz uma micro-atmosfera com umidade relativa maior que a externa, alterando, assim, a taxa de transpiração e, conseqüentemente, reduzindo

a perda de água, retardando mudanças no teor de açúcares, na cor, na textura, e ainda reduz as perdas de acidez, pela diminuição da atividade de enzimas relacionadas ao metabolismo respiratório, aumentando assim a vida útil das mesmas (CHITARRA; CHITARRA, 1990; FIGUEIREDO et al., 2007; SARANTÓPOULOS, 1999).

A natureza, a espessura do filme e sua interação com temperatura e umidade relativa, determinarão sua permeabilidade e o grau de modificação da atmosfera (PESIS et al., 1986; SMITH et al., 1987; YAHIA, 1998). A permeabilidade a gases dos filmes plásticos, sendo dependente da temperatura, geralmente aumenta com a elevação da mesma, não ocorrendo necessariamente na mesma proporção. Além disso, a solubilidade do CO₂ na umidade do produto decresce com o aumento da temperatura. Portanto, o uso de embalagens não irá reduzir, nem tampouco eliminar, a necessidade de refrigeração (SARANTÓPOULOS et al., 1996).

Quando o fruto é acondicionado em filmes poliméricos, simultaneamente ocorrem respiração e permeação. Na respiração do fruto, o O₂ é continuamente consumido e o CO₂ é liberado, assim ocorre à formação de um gradiente na concentração desses gases entre o interior e o exterior da embalagem, no qual o O₂ passa a permear para dentro de embalagem enquanto o CO₂ permeia em sentido contrário. Os filmes plásticos utilizados no acondicionamento de produtos hortícolas apresentam diferentes permeabilidades ao O₂ e CO₂, de acordo com sua composição e espessura. É importante que o filme apresente permeabilidade ao CO₂ de 3 a 5 vezes maior que ao O₂, de modo que a redução de O₂ não seja acompanhada pelo acúmulo excessivo de CO₂ dentro da embalagem (ALVES et al., 1998; EXAMA et al., 1993; SOARES; GERALDINE, 2007; ZAGORY; KADER, 1988).

A seleção de filme com permeabilidade compatível à taxa de respiração do produto e ao controle da temperatura são requisitos importantes para o armazenamento em atmosfera modificada. O filme plástico deve apresentar permeabilidade seletiva adequada à entrada de O₂ e saída de CO₂, de modo que o produto não entre em anaerobiose ou processo de fermentação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Para que o processo de conservação de frutas pela técnica de atmosfera modificada seja eficiente, é importante se determinar as pressões parciais de O₂ e CO₂, pois estas afetam a respiração e a síntese de etileno dos frutos (MATHOOKO, 1996, 2001). A inibição da produção de etileno é promovida pela elevação dos níveis de CO₂ (5- 20%) e inibição da atividade da ACC (ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico) sintase e da ACC oxidase (MATHOOKO, 2001). Os níveis de O₂ inferiores a 8% também reduzem significativamente a biossíntese do etileno e, em condições anaeróbicas, a conversão de ACC a etileno pode ser

completamente inibida, já que o O_2 é um substrato na reação catalisada pela ACC oxidase (KADER, 1986; KENDE, 1993). No entanto, pressões parciais de O_2 muito baixas ou altas de CO_2 podem induzir a respiração anaeróbica, formando compostos tóxicos que podem desencadear distúrbios fisiológicos e aroma alcoólico, além de alterar o pH do meio intracelular e assim afetar de forma negativa a atividade catalítica das enzimas (SAQUET et al., 2000; SALTVEIT, 2003).

Quanto aos tipos de embalagens existentes, diferentes filmes plásticos estão comercialmente disponíveis como polietileno (PE), polipropileno (PP), polietileno biaxialmente orientado (BOPP), policloreto de vinil (PVC), náilon (PA), multicamadas de copolímeros e laminados de diferentes plásticos. De maneira geral, estes filmes devem possuir resistência mecânica, térmica, facilidade de colocação de logomarcas impressas, dentre outros (MORETTI, 2007; ZAGORY, 2000). Além da aplicação de filmes plásticos para conservação de frutas e hortaliças, a utilização de embalagens com dimensões externas que permitam o empilhamento, preferencialmente, em palete, facilita o transporte e evita maiores injúrias mecânicas no produto (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA, 2011).

Para Bordin (2000) a embalagem, tanto para frutas como para hortaliças, é uma das etapas mais importantes no caminho percorrido entre o produtor e o consumidor final. Segundo Cia (2002), a aplicação de filmes no acondicionamento destes produtos também melhora a apresentação dos mesmos, elimina ou reduz a utilização de fungicidas já que diminui sua contaminação durante o manuseio, além disso, permite a manutenção da umidade relativa e assim reduz a perda de massa.

Vários trabalhos de pesquisa têm comprovado a eficácia do uso de filmes no aumento de vida útil de frutas e hortaliças, tanto no armazenamento, quanto na comercialização. Filmes de diferentes composições e espessuras se mostraram eficientes na manutenção e extensão pós-colheita de pêssegos, figos, mangas, jabuticabas, entre outras frutas (BRUNINI et al., 2004; JERONIMO et al., 2007; NEVES et al., 2002; NUNES et al., 2004).

A aplicação desta tecnologia, assim como qualquer outro tratamento pós-colheita, deve ser destinada a produtos que possuam alto valor comercial, perspectivas de ampliação de mercado (principalmente mercado externo) e evitar que o manuseio direto possa acarretar em problemas na sua qualidade final (SARANTÓUPOLOS; SOLER, 1989). Para Cerqueira-Pereira (2009), apesar de muitos terem a impressão de que o custo de embalagens aumenta o custo final do produto, observa-se que a utilização deste material, de forma adequada, reduz os custos significativamente, já que reduz a perda de massa (valor comercial), mantém a boa

aparência por mais tempo além de facilitar a distribuição dos produtos a longas distâncias sem comprometer sua qualidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Frutos

Os frutos utilizados no experimento foram provenientes da ‘Fazenda Eldorado’ na região de Cajati, localizado no sul do Estado de São Paulo. A colheita foi realizada manualmente e de forma aleatória, desta forma, frutos de diferentes estádios de maturação foram colhidos.

Após a colheita, os frutos foram colocados em caixas plásticas de 30 quilos (Figura 5) e transportados imediatamente, sem refrigeração, para o Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, em Piracicaba – SP.

Figura 5 – Frutos colhidos em diferentes graus de maturação

3.2 Seleção

A seleção, pesagem, acondicionamento dos frutos e a selagem das embalagens ocorreram no mesmo dia da colheita e foram realizadas na Planta Piloto do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição (LAN) da ESALQ/USP, onde o ambiente permaneceu climatizado a 15°C durante toda montagem do experimento.

No processo de seleção descartaram-se os frutos considerados fora do padrão, ou seja, com presença de defeitos, podridões ou tamanho desuniforme, além disso, os frutos sadios foram separados em 4 graus de maturação, levando em consideração sua coloração (Figura 6), descartando os verdes e os muito maduros. Para a selagem dos diferentes tipos de filmes plásticos reservaram-se 100 kg de camu-camu sadios e de cor vermelho-claro púrpura.

Figura 6 – Frutos separados conforme estágio de maturação

Partes dos frutos, ou seja, quatro amostras de 500 gramas foram trituradas e separadas para a realização de análises físicas e químicas, visando caracterizar o material utilizado no experimento antes da aplicação das embalagens. Os dados obtidos das análises de caracterização da matéria prima selecionada (frutos de camu-camu meio-maduros) se encontram na Tabela 3.

Tabela 3 - Características físicas e químicas da matéria prima (camu-camu meio-maduro) antes do acondicionamento em embalagens e do armazenamento refrigerado

Características	Média $\pm$ DP
pH	2,76 $\pm$ 0,03
TSS (°Brix)	6,53 $\pm$ 0,15
Vitamina C (mg ácido ascórbico.100 g⁻¹ de fruto)	2.187,27 $\pm$ 119,31
Acidez Titulável (g ácido cítrico 100 g⁻¹ de fruto)	2,78 $\pm$ 0,90
Ratio (TSS/AT)	2,57 $\pm$ 0,79

Legenda: TSS = Teor de sólidos solúveis; DP = desvio padrão

3.3 Selagem e armazenamento

Após a seleção, os frutos foram pesados e acondicionados em bandejas da linha “ranhurada” de polipropileno (PP), da Delpak Embalagens, modelo K115, cor “natural”. Cada bandeja (unidade experimental) continha em média 200 gramas de frutos que receberam os seguintes filmes plásticos:

- Policloreto de vinila (PVC) de 15 μ m de espessura
- Polipropileno biaxialmente orientado (BOPP₂₀) de 20 μ m de espessura
- Polipropileno biaxialmente orientado (BOPP₅₀) de 50 μ m de espessura

Para o tratamento “controle” utilizaram-se bandejas, com a mesma quantidade de frutos que nos demais tratamentos, porém sem o envolvimento de filmes de filmes plásticos.

A descrição das características de cada filme utilizado no experimento, como espessura, permeabilidade ao vapor d’água, ao oxigênio e ao dióxido de carbono, estão na Tabela 4.

Tabela 4- Características dos filmes plásticos de PVC e BOPP, utilizados no acondicionamento do camu-camu *in natura*

	PVC	BOPP₂₀	BOPP₅₀
Espessura (μm)	15	20	50
Permeabilidade H ₂ O * (cc/m ² /24h)	-	6,7	2,9
Permeabilidade O ₂ ** (cc/m ² /24h)	3162	1500 a 2000	785
Permeabilidade CO ₂ ** (cc/m ² /24h)	31620	4500 a 6000	2355

Nota: * 38°C - 90% UR ; ** 25°C - 0% UR - 1 atm de pressão parcial de O₂ ou CO₂

Os filmes de BOPP utilizados no experimento foram fabricados pela Vitopel do Brasil Ltda., os quais foram selados nas bandejas com uma termoseladora semi-automática pré-industrial da marca Ulma Packaging, modelo Smart 500. A máquina operou com temperatura de selagem regulada em 110°C e tempo de solda de 2 segundos, tais condições foram determinadas em pré-testes e possibilitaram o selamento completo do filme nas bandejas. Para a selagem do filme de PVC, utilizou-se seladora manual (ML Packaging, modelo H.O.S. 500 E2).

Depois da selagem dos filmes, todos os tratamentos, inclusive o controle, foram acondicionados em caixas de papelão tipo exportação (paletizáveis - 34 x 52,5 x 13,5 cm), com capacidade para quatro bandejas cada e com características de alta resistência ao frio, umidade e empilhamento (Rigesa). Este material foi incluído no experimento visando simular as condições durante a exportação dos frutos e para atender a Instrução Normativa Conjunta Sarc / Anvisa / Inmetro n° 009, de 12 de novembro de 2002.

As amostras foram colocadas em câmara frigorífica (Prófrío Refrigeração Industrial Ltda.) com temperatura de 5±1°C e 90±2% de umidade relativa (UR), na qual permaneceram armazenadas por quinze dias, tempo necessário para simular a chegada à Europa (Porto de Rotterdam) pelo transporte marítimo. Após este período de armazenamento, uma parte das

amostras continuou a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ enquanto outras duas partes foram colocadas às temperaturas 10°C e 15°C , respectivamente. Nesta segunda etapa do experimento, as amostras permaneceram armazenadas por um período de dez dias, visando simular o tempo de comercialização no local de destino, onde geralmente ocorre a quebra da cadeia do frio.

As análises foram realizadas a cada dois dias de armazenamento e avaliou-se a coloração de casca, firmeza da polpa, perda de massa, teor sólidos solúveis, pH, acidez titulável, *ratio*, ácido ascórbico, concentração de gases (oxigênio e gás carbônico), síntese de etileno, antocianinas totais, compostos fenólicos totais e a verificação da incidência de podridões. Para as análises de perda de massa, físicas e químicas utilizaram-se quatro bandejas de 200g de frutos para cada tipo de embalagem, já para as análises fisiológicas como concentração de gases (oxigênio e gás carbônico) e síntese de etileno utilizaram-se cinco bandejas de 200g de fruto para cada tipo de embalagem.

A montagem e a execução do experimento se deram conforme o fluxograma da Figura 7 e ilustrações da Figura 8.

Figura 7 - Fluxograma das etapas do experimento

Matéria – prima

Seleção dos frutos

Pesagem dos frutos

Aplicação dos tratamentos

Selagem dos filmes

Acondicionamento em caixas paletizáveis.

Figura 8 - Etapas da seleção, pesagem dos frutos, selagem dos diferentes tipos de filmes, acondicionamento em caixas paletizáveis e armazenamento em câmara refrigerada

3.4 Análises físicas e químicas

As análises físicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ/USP. Para as análises de teor de sólidos solúveis, pH, acidez titulável e ácido ascórbico, necessitou-se homogeneizar a polpa com um *mixer* (Black & Decker, modelo SB-60). Já para as análises de antocianinas e compostos fenólicos, após a homogeneização da polpa, parte da mesma foi imediatamente congelada em câmara de congelamento (Profrio Refrigeração Industrial Ltda.) à -18°C por um período de 27 dias, para a realização das análises posteriores.

3.4.1 Teor de sólidos solúveis (TSS)

Os sólidos solúveis totais foram determinados através da leitura direta em refratômetro digital portátil (Kruss, modelo DR201-95). A amostra foi devidamente homogeneizada com *mixer*, não tendo sido necessária a diluição da polpa em água. Os resultados foram expressos em °Brix, conforme metodologia da Association of Official Analytical Chemistry - AOAC (2005).

3.4.2 pH

Determinado em potenciômetro da marca TECNAL, modelo TEC3-MP, a partir de homogeneização da polpa, segundo método nº 981.12 da AOAC (2005).

3.4.3 Acidez titulável (AT)

Determinada e calculada por titulometria com NaOH (0,1 mol. L⁻¹) até pH 8,1, onde se considera que todo ácido cítrico foi titulado e se indica o ponto de viragem da fenolftaleína. Pesou-se 5 g de amostra em 45 mL de água destilada e realizou-se a determinação. A acidez da solução foi expressa em % de ácido cítrico (AOAC, 2005).

3.4.4 Ratio

Calculado através da relação entre os teores de sólidos solúveis e de acidez titulável.

3.4.5 Firmeza da polpa

Foi determinada com o auxílio de um Penetrômetro Fruit Pressure Test, modelo FDN1 (0,1 a 1N), com ponteira de 6 mm, tomando-se uma leitura da região equatorial de cada fruto.

Para maior representatividade da unidade experimental, utilizou-se 10 frutos por repetição, totalizando 40 leituras para cada tipo de embalagem. As medidas (kgf) foram convertidas em unidades de Newton, multiplicando cada medida por 9,82 N (COELHO, 1994).

3.4.6 Cor

A cor instrumental foi avaliada utilizando-se o colorímetro Chroma Meter CR 400b, determinando-se os valores de luminosidade (L^*), cromaticidade (C) e ângulo de cor Hue ($^{\circ}h$ – graus), sistema $L^* C h^{\circ}$ (MINOLTA, 1998). Realizou-se uma leitura em cada fruto de camu-camu, sendo ao todo 10 frutos por repetição e assim 40 leituras para cada tipo de embalagem.

3.4.7 Antocianinas totais

A quantificação foi realizada segundo método nº 2005.02 da AOAC (2005). A polpa homogeneizada de camu-camu foi centrifugada a 8.000 rpm a 4°C por 20 minutos. Após a centrifugação, retirou-se o sobrenadante e colocou-o em tubos de rosca. As amostras foram preparadas em tubos de ensaio, havendo dois preparos de solução, uma com adição de 1,0 mL de solução tampão pH 1 e 4,0 mL da polpa centrifugada; e a outra 1,0 mL de solução tampão pH 4,5 em 4,0 mL da polpa centrifugada. Realizaram-se leituras em espectrofotômetro (Femto – modelo 432C) com absorbância (A) a 520 nm e, em seguida, a absorbância 700 nm para ambas as soluções tampão. Os resultados foram expressos em mg. equivalente cianidina-3-glicosídeo.g⁻¹ polpa.

O valor das antocianinas foi calculado através da expressão [eq. (2)]:

$$\frac{(A \times PM \times FD \times 10^3)}{(E \times 1)} \quad (2)$$

Onde:

- A = [(A520-A700) pH1,0] - [(A520-A700) pH4,5]
- PM = peso molecular padrão = 449,2 g mol⁻¹
- FD = fator diluição- Neste caso, o fator é de 5/1 = 5.
- 10³= fator de conversão de g para mg
- E= coeficiente de extinção molar = 26900 para cianidina-3-glicosídeo (L. mol⁻¹.cm⁻¹).

3.4.8 Compostos fenólicos totais

Determinados segundo o método espectrofotométrico de Folin Ciocalteu, tendo como padrão o ácido gálico e resultados expressos em mg de ácido gálico. 100 g^{-1} , conforme Singleton e Rossi (1965). A polpa homogeneizada de camu-camu foi centrifugada a 8.000 rpm a 4°C por 20 minutos. Após a centrifugação, retirou-se o sobrenadante e colocou-o em tubos de rosca. Preparou-se primeiramente a diluição em balões volumétricos, contendo 0,5 mL de polpa centrifugada e diluído em água destilada até obter 100 mL. Após a diluição, 0,5 mL da solução foi colocada em tubos de ensaios, adicionadas de 2,5 mL de reagente de Folin-Ciocalteu 10% e 2,0 mL de carbonato de sódio 4%. Os tubos foram agitados, incubados no escuro e à temperatura ambiente por um período de 2 horas. Após o repouso foi medida a absorbância a 765nm em espectrofotômetro (Femto - modelo 432C).

3.4.9 Ácido ascórbico (AA)

Determinado pelo método de Strohecker e Henning (1967), que consiste na redução de 2,6-diclorofenolindofenol-sódio (DFNa) pelo ácido ascórbico. Pesou-se 1 grama da amostra, diluiu-se em 50 mL de ácido oxálico e desta solução retirou-se 1,5 mL e realizou-se a determinação. Em meio alcalino o DFNa é azul, em meio ácido é rosa e sua forma reduzida é incolor. Desta forma, o ponto final da titulação foi detectado pela viragem da solução de incolor para rosa. Os resultados foram calculados através da expressão [eq.(1)] e expressos em g de ácido ascórbico. 100 g^{-1} de camu-camu:

$$\text{Vitamina C (mg Ác. Ascórbico. } 100 \text{ g}^{-1}) = \frac{V_{\text{g amostra}} \times 50}{V_{\text{g padrão}}} \quad (1)$$

Onde:

- $V_{\text{g amostra}}$ = volume indicador gasto da amostra (mL)
- $V_{\text{g padrão}}$ = volume gasto do padrão (mL)

3.4.10 Perda de massa

Determinada através da diferença entre a massa inicial e a massa final da amostra em balança semi-analítica (Micronal, modelo B3600), com precisão de 0,01g, sendo os resultados expressos em porcentagem (%).

3.5 Análises fisiológicas

3.5.1 Concentração de oxigênio e gás carbônico

Para determinação das concentrações de gases no interior das embalagens, coletou-se amostras de 1 mL de gás do interior das embalagens, através de um septo de silicone presente na superfície das mesmas, com o auxílio de uma seringa acoplada a um analisador de gases portátil PBI Dansensor, modelo CheckPoint O₂/CO₂. Os resultados foram expressos em porcentagem de O₂ e CO₂.

3.5.2 Concentração de etileno

Coletou-se amostras de 1 mL de gás do interior das embalagens, através de um septo de silicone presente na superfície das mesmas, com auxílio de uma seringa da marca Hamilton, modelo Gastight, com capacidade de 2,5 mL. Essas amostras foram injetadas em cromatógrafo a gás marca Thermo Finnigan, modelo Trac 2000GC, o tempo de corrida foi de aproximadamente 1 minuto. Os resultados foram expressos em partes por milhão de etileno na embalagem.

3.6 Incidência de podridão

Foi avaliada visualmente contando-se o número de frutos com presença de podridão, que continham lesões com diâmetro superior a 0,5 cm. Os resultados foram expressos em porcentagem de frutos com podridão.

3.7 Análise estatística

O delineamento do experimento foi o inteiramente casualizado. Na primeira etapa, em que todas as amostras ficaram armazenadas por 15 dias em uma única temperatura (5±1°C), utilizou-se o esquema fatorial duplo, sendo as fontes de variação os 4 tipos de embalagens x 8 períodos de armazenamento. Já na segunda etapa, onde se simulou a quebra da cadeia do frio, utilizou-se o esquema fatorial triplo sendo as fontes de variação os 4 tipos de embalagens x 3 temperaturas (5, 10 e 15°C) x 5 períodos de armazenamento. Visto que os frutos embalados e mantidos a 10°C e a 15°C após o período de refrigeração, alcançaram 23 e 21 dias de armazenamento, procedeu-se a análise estatística desta segunda etapa do experimento como sendo um fatorial desbalanceado.

Os resultados obtidos nas avaliações físicas e químicas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo Teste F, comparação das médias pelo Teste de Tukey (5%), utilizando-se o sistema estatístico Statistical Analysis System (SAS, 1996). Para as análises de perda de massa, concentração de gases (O_2 e CO_2) e síntese de etileno realizou-se o ajustamento a modelos de regressão, os quais seguiram o coeficiente de determinação (R^2).

3.8 Análise de resíduos

O projeto de pesquisa foi enviado e aprovado pelo Comitê de Ética Ambiental na Pesquisa da ESALQ/USP. Os resíduos gerados nas análises químicas foram armazenados no entreposto do Departamento Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ/USP e destinados a tratamento adequado no Laboratório de Gerenciamento de Resíduos Químicos (ESALQ/USP).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Teor de sólidos solúveis (TSS)

Na primeira etapa do experimento, na qual os frutos foram armazenados em diferentes embalagens e mantidos sob refrigeração a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, não houve influência significativa da embalagem nos teores de sólidos solúveis do camu-camu, havendo diferença significativa somente para os dias de armazenamento em cada tratamento (Tabela 5).

Tabela 5 – Teor de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$) de camu-camu armazenado a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 2\%$ UR em função dos diferentes tipos de embalagens e dias de armazenamento (valores médios $\pm$ DP, $n = 4$)

Armazenamento (Dias)	Embalagens			
	Controle	PVC	BOPP ₂₀	BOPP ₅₀
1	6,45 $\pm$ 0,19 Aab	6,60 $\pm$ 0,00 Aab	6,20 $\pm$ 0,28 Ab	6,25 $\pm$ 0,10 Abc
3	6,12 $\pm$ 0,10 Aab	6,50 $\pm$ 0,55 Ab	6,90 $\pm$ 0,29 Aab	7,60 $\pm$ 0,22 Aab
5	5,80 $\pm$ 0,27 Aab	6,02 $\pm$ 0,36 Ab	5,45 $\pm$ 0,45 Abc	5,75 $\pm$ 0,19 Abc
7	7,55 $\pm$ 1,47 Aa	8,67 $\pm$ 0,51 Aa	8,70 $\pm$ 1,68 Aa	8,62 $\pm$ 0,22 Aa
9	5,50 $\pm$ 1,35 Aab	6,32 $\pm$ 0,38 Ab	5,40 $\pm$ 0,26 Abc	5,12 $\pm$ 0,44 Ac
11	7,26 $\pm$ 1,22 Aab	5,37 $\pm$ 0,37 Ab	5,32 $\pm$ 0,46 Abc	5,77 $\pm$ 0,61 Abc
13	5,30 $\pm$ 0,80 Ab	4,75 $\pm$ 2,00 Ab	4,05 $\pm$ 0,37 Ac	5,60 $\pm$ 1,66 Abc
15	6,47 $\pm$ 0,13 Aab	5,45 $\pm$ 0,26 Ab	6,05 $\pm$ 0,24 Abc	6,20 $\pm$ 0,14 Abc
CV	12,18 %			

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientado de 20 μm de espessura, BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientado de 50 μm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação.

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Analisando-se ao longo dos quinze dias de armazenamento, percebe-se que o 7° dia apresentou a maior média de TSS em todas as embalagens avaliadas e que este dia diferiu estatisticamente do 13° dia na embalagem controle, enquanto que na de PVC este dia só não diferiu estatisticamente do 1° e nas embalagens de BOPP com o 3° dia de armazenamento. Essas diferenças podem ser associadas à variabilidade da matéria prima, ou variação de leitura, visto que o TSS sofreu um pequeno acréscimo nesse período. Pinto (2012) apresentou em seu trabalho ligeiro acréscimo do TSS no nono dia de armazenamento em frutos colhidos nos estágios 1 e 2, ou seja, verde e verde-avermelhado. O autor também observou aumento da atividade respiratória e produção de etileno nesses frutos, a partir do sexto dia de

armazenamento, considerando esse um comportamento climatérico. Ao analisar um mesmo dia de armazenamento, percebe-se que não houve influência significativa dos diferentes tipos de filmes plásticos sob os teores de sólidos solúveis. Resultado semelhante foi observado por Scalón et al. (2004), em estudo de conservação pós-colheita de uvaia, onde as diferentes embalagens avaliadas não influenciaram de forma significativa nos teores de sólidos solúveis.

Os valores dos teores de sólidos solúveis (Tabela 5) estão de acordo com os encontrados em diversos trabalhos nos quais ocorrem variações entre 6,00 e 8,20°Brix (BUENO et al., 2000; MAEDA et al., 2007; MAEDA; ANDRADE, 2003; PEUCKER et al., 2000; RIBEIRO et al., 2002; SILVA, 2012; VIEIRA et al., 2010; ZAPATA; DUFOUR, 1993).

Os resultados da avaliação deste parâmetro nas amostras de camu-camu durante a segunda etapa do experimento estão expressos na Tabela 6. Nesta etapa, uma parte das amostras mantidas sob refrigeração durante 15 dias de armazenamento continuou na temperatura de 5°C e outras duas partes foram transferidas para temperaturas mais elevadas, a 10 e a 15°C. Houve diferença significativa para a interação das variáveis, embalagem, dias e temperatura de armazenamento.

Tabela 6 - Teor de sólidos solúveis (°Brix) em camu-camu armazenado em diferentes embalagens e temperaturas após 15 dias do armazenamento refrigerado ($5 \pm 1^\circ\text{C}$ e $90 \pm 2\%$ UR) (valores médios $\pm$ DP, n = 4)

Tempo de armazenamento refrigerado + armazenamento em temperatura mais elevadas (dias)						
Temperatura	Embalagem	15 + 2	15 + 4	15 + 6	15 + 8	15 + 10
5°C	Controle	5,22 $\pm$ 0,65 Ba	5,07 $\pm$ 0,26 Ba	4,40 $\pm$ 0,63 Ba	5,42 $\pm$ 0,25 Ba	6,87 $\pm$ 0,43 Aa
	PVC	5,27 $\pm$ 0,39 Aa	4,42 $\pm$ 0,41 Aab	4,47 $\pm$ 0,26 Aa	4,42 $\pm$ 0,17 Aab	4,82 $\pm$ 0,68 Ab
	BOPP ₂₀	4,90 $\pm$ 0,32 Aa	4,40 $\pm$ 0,62 ABab	3,52 $\pm$ 0,63 Bab	4,20 $\pm$ 0,14 ABab	4,90 $\pm$ 0,48 Ab
	BOPP ₅₀	4,85 $\pm$ 0,17 Aa	4,50 $\pm$ 0,66 Aab	3,07 $\pm$ 0,53 Bb	4,10 $\pm$ 0,18 Ab	5,20 $\pm$ 0,42 Ab
10°C	Controle	5,35 $\pm$ 0,19 Aa	5,07 $\pm$ 0,28 Aa	4,40 $\pm$ 0,22 Aa	5,05 $\pm$ 0,24 Aab	-
	PVC	5,00 $\pm$ 0,42 Aa	3,55 $\pm$ 0,60 Bbc	3,70 $\pm$ 0,20 ABab	4,45 $\pm$ 0,35 Aab	-
	BOPP ₂₀	4,70 $\pm$ 0,34 Aa	3,52 $\pm$ 0,25 ABbc	3,25 $\pm$ 0,77 Bab	4,60 $\pm$ 0,14 Aab	-
	BOPP ₅₀	4,87 $\pm$ 0,22 Aa	3,05 $\pm$ 0,71 Bc	3,80 $\pm$ 0,59 ABab	4,22 $\pm$ 0,10 ABab	-
15°C	Controle	4,80 $\pm$ 0,47 Aa	4,35 $\pm$ 0,25 Aab	-	-	-
	PVC	4,67 $\pm$ 0,41 Aa	2,85 $\pm$ 0,53 Bc	4,17 $\pm$ 0,53 Aab	-	-
	BOPP ₂₀	4,75 $\pm$ 0,39 Aa	2,80 $\pm$ 0,88 Bc	3,20 $\pm$ 0,34 Bab	-	-
	BOPP ₅₀	4,07 $\pm$ 0,48 Aa	2,70 $\pm$ 0,91 Bc	2,87 $\pm$ 0,17 Bb	-	-
CV	10,55 %					

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientado de 20 μm de espessura, BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientado de 50 μm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação, (-) representa amostras descartadas por estarem impróprias para comercialização

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Analisando a influência das diferentes embalagens nos teores de sólidos solúveis, percebe-se que apenas o controle diferiu das demais embalagens no 19º dia de armazenamento, nas temperaturas 10°C e 15°C, já no 25º dia o mesmo tratamento diferiu dos demais na temperatura de 5°C. No 21º e 23º dias de armazenamento, também o controle diferiu estatisticamente das amostras revestidas com filme de BOPP₅₀. Nota-se que em todas as temperaturas aplicadas e em todos os dias de armazenamento, as amostras do controle apresentaram as maiores médias. Resultados semelhantes foram encontrados por Agostini et al. (2009), onde em trabalho com jabuticabas armazenadas em diferentes condições de embalagens e temperaturas, o controle, que também consistia em frutos não embalados, apresentou os maiores teores de sólidos solúveis. Este fato pode ser justificado pela perda da turgescência com conseqüente concentração da polpa devido à maior perda de água neste tratamento.

Em relação à interferência das diferentes temperaturas de armazenamento, a partir do 19º dia houve efeito significativo nos teores de sólidos solúveis, exceto para o controle. É possível perceber, que o camu-camu reduziu seus teores de maneira gradativa com o aumento da temperatura de armazenamento em todas as embalagens utilizadas. O tratamento com PVC sob refrigeração (5°C) apresentou perdas de 27%, com a elevação da temperatura de armazenamento para 10 e 15°C, essas perdas foram para 32 e 38%, respectivamente. Já nas embalagens de BOPP₂₀ essas perdas foram de 21% quando mantidas a 5°C durante todo armazenamento e de 26 e 48% quando transferidas para 10 e 15°C, o mesmo ocorreu com a embalagem BOPP₅₀ em que as perdas foram de 16, 33 e 54%. Nas amostras controle, houve concentração do TSS durante todo armazenamento a 5°C devido à excessiva perda de água, com a elevação da temperatura para 10 e 15°C, as perdas foram de 22 e 30%, respectivamente. Detoni et al. (2005), no armazenamento de uvas em diferentes temperaturas, também encontraram redução nos teores de sólidos solúveis durante a estocagem na maior temperatura de 24°C. Os frutos quando expostos a elevadas temperaturas aumentam significativamente sua taxa respiratória resultando no consumo de suas reservas e na redução de nutrientes, que conseqüentemente diminui a qualidade sensorial (KADER, 1992; LIMA; DURIGAN, 2000; TALASIL, 1992).

Houve também diferença significativa entre os dias de armazenamento. No tratamento com PVC, os teores de sólidos solúveis não diferiram estatisticamente ao longo dos dias a 5°C, já no acondicionamento a 10°C, os frutos do 19º dia diferiram dos 17º e do 23º dia apresentando a menor média. Também houve diferença no acondicionamento a 15°C, onde os frutos do 19º dia diferiram do 17º e do 21º dias, com menor média. Para o tratamento com

BOPP₂₀ os dias de armazenamento também tiveram influência significativa neste atributo, sendo que sob refrigeração os do 21° dia diferiram do 17° e do 25° dias. Na temperatura a 10°C os do 21° dia diferiram do 17° e do 23° dia, já a 15°C, o fruto armazenado a 17°C diferiu dos demais com a maior média.

O tratamento BOPP₅₀ mantido sob refrigeração, apenas o 21° dia diferiu dos demais podendo ser associado à variabilidade da amostra. No armazenamento a 10°C, houve diferença significativa apenas entre os do 17° dia com os frutos do 21° dia de armazenamento, porém no acondicionamento a 15°C, o 17° dia diferiu dos demais com a maior média, evidenciando a maior degradação dos frutos devido à elevação da temperatura e aumento de CO₂ no interior da embalagem, já que a mesma possui maior barreira a este gás em relação às outras.

4.2 pH

Na primeira etapa do experimento, para o pH houve diferença significativa para a interação entre as embalagens e os dias de armazenamento (Tabela 7).

Tabela 7 – pH de camu-camu armazenado a 5±1°C e 90±2% UR em função dos diferentes tipos de embalagens e dias de armazenamento (valores médios ± DP, n = 4)

Armazenamento (Dias)	Embalagens			
	Controle	PVC	BOPP ₂₀	BOPP ₅₀
1	2,70 ± 0,02 Aa	2,80 ± 0,01 Ba	2,80 ± 0,04 Ba	2,80 ± 0,04 Ba
3	2,70 ± 0,01 Aa	2,80 ± 0,01 Ba	2,70 ± 0,04 Ab	2,70 ± 0,02 Ab
5	2,60 ± 0,01 Ab	2,70 ± 0,03 Ab	2,70 ± 0,01 Ab	2,70 ± 0,02 Ab
7	2,60 ± 0,02 Ab	2,60 ± 0,03 Ac	2,70 ± 0,03 Bb	2,70 ± 0,02 Bb
9	2,60 ± 0,01 Ab	2,70 ± 0,02 Bb	2,70 ± 0,02 Bb	2,70 ± 0,02 Bb
11	2,60 ± 0,05 Ab	2,70 ± 0,02 Bb	2,70 ± 0,05 Bb	2,70 ± 0,06 Bb
13	2,60 ± 0,08 Ab	2,60 ± 0,04 Ac	2,60 ± 0,02 Ac	2,60 ± 0,04 Ac
15	2,60 ± 0,04 Ab	2,60 ± 0,03 Ac	2,60 ± 0,05 Ac	2,70 ± 0,03 Bb
CV	1,24 %			

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientado de 20 µm de espessura, BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientado de 50 µm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Observa-se pela Tabela 7, um decréscimo no pH para todas as embalagens e o controle. Em todas as condições, o pH se manteve estatisticamente igual no 5° e no 13° dia de armazenamento. Já o controle no 1° dia de armazenamento diferiu dos demais, o mesmo ocorreu no 9° e no 11° dia. As amostras embaladas com filme de BOPP₅₀ apresentaram

diferença estatística das demais e controle no 15° dia. Antunes et al. (2003) e Cia et al. (2007), trabalhando com amora-preta sob atmosfera modificada e ambiente refrigerado, não observaram alterações significativas de pH depois de 12 dias de armazenamento, fruta esta também muito sensível na pós-colheita assim como o camu-camu.

Os valores médios observados no presente trabalho se assemelham aos apresentados em outros estudos com camu-camu que variam entre 2,6 (SILVA et al., 2006a, 2006b, 2006c) e 2,8 (SILVA et al., 2005). Apesar das oscilações nas médias, percebe-se em todos os tratamentos uma tendência de redução do pH, o que sugere a síntese de ácidos orgânicos concordante com o aumento da acidez titulável.

Os valores do pH das amostras de camu-camu da segunda etapa do experimento estão expressos na Tabela 8. Nesta etapa, houve diferença significativa entre as embalagens, temperaturas e os dias de armazenamento, bem como para a interação destas três variáveis.

Analisando a interferência das embalagens em uma mesma temperatura de armazenamento, na segunda etapa do experimento percebe-se que não houve diferença estatística entre elas no armazenamento a 5°C e a 10°C, apenas do controle para as demais, a 10°C, no acondicionamento a 15°C houve diferença do tratamento de PVC com os demais, nos períodos 17 e 19 dias de armazenamento.

Em relação às diferentes temperaturas empregadas no armazenamento, houve diferença estatística significativa entre elas, entretanto, em todas as temperaturas de armazenamento se observa decréscimo contínuo até 23° dia de armazenamento, já aos 25 dias de armazenamento houve aumento do pH, indicando tal comportamento a senescência do fruto, onde os ácidos começam a serem consumidos no metabolismo respiratório.

Ao longo do armazenamento percebe-se, em todas as embalagens e temperaturas de acondicionamento, queda nos valores de pH, comportamento semelhante ao ocorrido na primeira fase do experimento. Cia et al. (2007) observaram comportamento semelhante em amoras-pretas do cultivar Comanche armazenadas a 20°C sob atmosfera modificada, no qual houve aumento da acidez e redução dos teores de sólidos solúveis durante o armazenamento.

Tabela 8 - pH de camu-camu armazenado em diferentes embalagens e temperaturas após 15 dias do armazenamento refrigerado ($5 \pm 1^\circ\text{C}$ e $90 \pm 2\%$ UR) (valores médios $\pm$ DP, n = 4)

		Tempo de armazenamento refrigerado + armazenamento em temperatura mais elevadas (dias)				
Temperatura	Embalagem	15 + 2	15 + 4	15 + 6	15 + 8	15 + 10
5 °C	Controle	2,80 $\pm$ 0,04 Aa	2,60 $\pm$ 0,06 Ba	2,50 $\pm$ 0,06 Cb	2,40 $\pm$ 0,01 Da	2,60 $\pm$ 0,06 Ba
	PVC	2,80 $\pm$ 0,02 Aa	2,60 $\pm$ 0,03 Ba	2,50 $\pm$ 0,03 Cb	2,40 $\pm$ 0,06 Da	2,60 $\pm$ 0,09 Ba
	BOPP ₂₀	2,80 $\pm$ 0,04 Aa	2,60 $\pm$ 0,05 Ba	2,40 $\pm$ 0,01 Cc	2,40 $\pm$ 0,06 Ca	2,60 $\pm$ 0,01 Ba
	BOPP ₅₀	2,80 $\pm$ 0,02 Aa	2,60 $\pm$ 0,06 Ba	2,50 $\pm$ 0,02 Cb	2,40 $\pm$ 0,03 Da	2,50 $\pm$ 0,01 Cb
10 °C	Controle	2,60 $\pm$ 0,03 Ac	2,50 $\pm$ 0,05 Bb	2,50 $\pm$ 0,06 Bb	2,30 $\pm$ 0,07 Cb	-
	PVC	2,70 $\pm$ 0,03 Ab	2,60 $\pm$ 0,02 Ba	2,50 $\pm$ 0,01 Cb	2,30 $\pm$ 0,04 Db	-
	BOPP ₂₀	2,70 $\pm$ 0,01 Ab	2,60 $\pm$ 0,07 Ba	2,40 $\pm$ 0,01 Cc	2,30 $\pm$ 0,02 Cb	-
	BOPP ₅₀	2,70 $\pm$ 0,03 Ab	2,60 $\pm$ 0,02 Aa	2,40 $\pm$ 0,02 Bc	2,40 $\pm$ 0,01 Ba	-
15 °C	Controle	2,70 $\pm$ 0,01 Ab	2,60 $\pm$ 0,03 Ba	-	-	-
	PVC	2,80 $\pm$ 0,02 Aa	2,50 $\pm$ 0,04 Cb	2,60 $\pm$ 0,04 Ba	-	-
	BOPP ₂₀	2,70 $\pm$ 0,02 Ab	2,50 $\pm$ 0,03 Bb	2,40 $\pm$ 0,02 Bc	-	-
	BOPP ₅₀	2,70 $\pm$ 0,05 Ab	2,50 $\pm$ 0,04 Bb	2,40 $\pm$ 0,03 Bc	-	-
CV	1,5 %					

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientadode 20 μm de espessura, BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientadode 50 μm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação, (-) representa amostras descartadas por estarem impróprias para comercialização

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

4.3 Acidez titulável

Para a acidez titulável (Tabela 9), verificou-se diferença significativa para a interação entre embalagens e dias de armazenamento durante a primeira etapa do experimento na qual todas as amostras foram mantidas sob refrigeração ($5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 2\%$ UR) durante 15 dias.

Tabela 9 - Acidez titulável (% de ácido cítrico) em camu-camu armazenado a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 2\%$ UR em função dos diferentes tipos de embalagens e dias de armazenamento (valores médios $\pm$ DP, n = 4)

Armazenamento (Dias)	Embalagens			
	Controle	PVC	BOPP ₂₀	BOPP ₅₀
1	3,46 $\pm$ 0,74 Aa	2,09 $\pm$ 0,34 Ba	1,57 $\pm$ 0,12 Bb	1,54 $\pm$ 0,11 Bc
3	2,73 $\pm$ 0,12 Ab	2,47 $\pm$ 0,12 Aa	2,34 $\pm$ 0,22 Aa	2,70 $\pm$ 0,11 Aa
5	2,99 $\pm$ 0,16 Aab	2,60 $\pm$ 0,16 Aa	2,47 $\pm$ 0,12 Aa	2,70 $\pm$ 0,11 Aa
7	3,03 $\pm$ 0,28 Aab	2,61 $\pm$ 0,14 Aa	2,54 $\pm$ 0,01 Aa	2,42 $\pm$ 0,14 Aab
9	2,73 $\pm$ 0,06 Ab	2,33 $\pm$ 0,17 Aa	2,38 $\pm$ 0,17 Aa	2,45 $\pm$ 0,08 Aab
11	2,86 $\pm$ 0,29 Aab	2,15 $\pm$ 0,12 Ba	2,12 $\pm$ 0,22 Bab	2,28 $\pm$ 0,12 ABab
13	2,60 $\pm$ 0,22 Ab	2,18 $\pm$ 0,18 Aa	2,28 $\pm$ 0,22 Aa	2,06 $\pm$ 0,11 Abc
15	2,83 $\pm$ 0,18 Ab	2,54 $\pm$ 0,22 Aa	2,51 $\pm$ 0,31 Aa	2,60 $\pm$ 0,19 Aab
CV	8,83%			

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientado de 20 μm de espessura, BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientado de 50 μm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Analisando-se a Tabela 9, observa-se decréscimo no teor de ácido cítrico no controle durante o período de armazenamento, em relação aos frutos embalados. Tal fato pode estar relacionado ao processo respiratório dos frutos, o que foi percebido em menor escala para os frutos embalados. Pinto (2012) também observou o decréscimo de acidez em camu-camu colhido em três estágios de amadurecimento, caracterizados por diferentes colorações; o autor também associou esses decréscimos de acidez com o aumento do processo respiratório.

Os valores encontrados para acidez titulável neste trabalho são intermediários aos apresentados em muitos estudos que variam entre 2,30 e 4,31 (MAEDA; ANDRADE, 2003; SILVA et al., 2006a, 2006b, 2006c; SILVA, 2012). Alves et al. (2002) encontraram teores de acidez titulável em camu-camu, de 2,63% em ácido cítrico e aliaram este fator ao gosto amargo da fruta. Já Guerra et al. (1997) que avaliaram o camu-camu no mesmo estágio de maturação que neste experimento, ou seja, meio-maduro, encontraram 2,80% de ácido cítrico.

As amostras sem revestimentos de filmes (controle) apresentaram os maiores teores para acidez titulável e, apesar das oscilações, ao longo dos quinze dias de armazenamento estes teores reduziram. Segundo Brody (1996) e Chitarra e Chitarra (1990) a acidez de um fruto é dada pela presença de ácidos orgânicos que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células e que servem como substrato para o processo respiratório. Estes ácidos podem estar tanto na forma livre como na forma combinada com sais, ésteres e glicosídeos e seus teores tendem a diminuir, devido à sua oxidação no ciclo dos ácidos tricarboxílicos, em decorrência do processo respiratório ou de sua conversão em açúcares, pois nesta fase ocorre maior demanda de energia.

Analizando um mesmo dia de armazenamento, nota-se que, em geral, não houve diferença significativa dos diversos tipos de embalagens na acidez titulável da fruta, exceto no 1º e 11º dia, onde o controle diferiu das demais, apresentando sempre as maiores médias. Scalon et al. (2004) em estudo com atmosfera modificada e diferentes temperaturas de armazenamento em uvaíias (*Eugenia uvalha* Cambess), também não observaram a influência significativa das embalagens nos teores de acidez titulável (Tabela 9).

Ao longo do armazenamento, houve diferença estatística entre seus dias, exceto nas amostras revestidas com filme de PVC. As oscilações nas médias de acidez titulável ao longo do armazenamento, segundo Chitarra e Chitarra (2005) podem estar relacionadas aos processos bioquímicos do metabolismo respiratório, que tanto sintetiza quanto consome ácido como esqueleto de carbono. Azevedo (2007) ao analisar morangos armazenados a 4°C, apesar de também observar oscilações nos valores de acidez titulável, não detectou diferenças significativas com o tempo de armazenamento.

As amostras revestidas com BOPP₂₀ apresentaram diferença estatística apenas do 1º dia com os demais, exceto com o 11º dia. As amostras em BOPP₅₀ apresentaram diferença estatística também do 1º dia de armazenamento com os demais, exceto com o 13º dia, os quais apresentaram as menores médias de acidez titulável sendo 1,54% e 2,06% respectivamente.

Com exceção do controle, nas demais embalagens, percebe-se uma tendência de incremento da acidez na fase inicial do armazenamento, que segundo Paull et al. (1999) pode ser devido aos ácidos liberados durante a hidrólise de componentes da parede celular que são responsáveis pela firmeza dos tecidos.

A acidez titulável do camu-camu durante a segunda etapa do experimento está expressa na Tabela 10, na qual se simula o período de comercialização dos frutos mantendo a refrigeração (5°C) e também ocasionando a quebra da cadeia do frio (10 e 15°C). Houve

diferença significativa para interação das variáveis (embalagens, dias de armazenamento e temperatura).

Tabela 10 - Acidez titulável (% de ácido cítrico) de camu-camu armazenado em diferentes embalagens e temperaturas após 15 dias do armazenamento refrigerado ($5 \pm 1^\circ\text{C}$ e $90 \pm 2\%$ UR) (valores médios $\pm$ DP, n = 4)

Temperatura	Embalagem	Tempo de armazenamento refrigerado + armazenamento em temperatura mais elevadas (dias)				
		15 + 2	15 + 4	15 + 6	15 + 8	15 + 10
5°C	Controle	2,89 $\pm$ 0,40 Aa	2,44 $\pm$ 0,38 Aa	2,37 $\pm$ 0,16 Aa	2,80 $\pm$ 0,34 Aa	2,47 $\pm$ 0,22 Aa
	PVC	2,25 $\pm$ 0,27 Aab	1,99 $\pm$ 0,13 Aa	2,28 $\pm$ 0,13 Aa	2,38 $\pm$ 0,13 Aa	2,15 $\pm$ 0,12 Aa
	BOPP₂₀	2,25 $\pm$ 0,25 Aab	2,09 $\pm$ 0,16 Aa	2,25 $\pm$ 0,06 Aa	2,50 $\pm$ 0,07 Aa	2,41 $\pm$ 0,16 Aa
	BOPP₅₀	2,41 $\pm$ 0,24 Aab	2,12 $\pm$ 0,32 Aa	2,47 $\pm$ 0,27 Aa	2,31 $\pm$ 0,60 Aa	2,67 $\pm$ 0,12 Aa
10°C	Controle	2,31 $\pm$ 0,23 Aab	2,09 $\pm$ 0,06 Aa	2,47 $\pm$ 0,50 Aa	2,66 $\pm$ 0,22 Aa	-
	PVC	2,25 $\pm$ 0,13 Aab	2,15 $\pm$ 0,12 Aa	2,22 $\pm$ 0,30 Aa	2,35 $\pm$ 0,06 Aa	-
	BOPP₂₀	2,09 $\pm$ 0,12 ABb	1,96 $\pm$ 0,22 Ba	2,50 $\pm$ 0,19 ABa	2,73 $\pm$ 0,19 Aa	-
	BOPP₅₀	2,22 $\pm$ 0,06 Aab	2,28 $\pm$ 0,24 Aa	2,44 $\pm$ 0,31 Aa	2,53 $\pm$ 0,12 Aa	-
15°C	Controle	2,28 $\pm$ 0,16 Aab	2,12 $\pm$ 0,17 Aa	-	-	-
	PVC	1,86 $\pm$ 0,17 Bb	1,86 $\pm$ 0,13 Ba	2,80 $\pm$ 0,43 Aa	-	-
	BOPP₂₀	2,15 $\pm$ 0,19 Ab	2,06 $\pm$ 0,11 Aa	2,76 $\pm$ 0,22 Aa	-	-
	BOPP₅₀	2,15 $\pm$ 0,22 Ab	2,15 $\pm$ 0,16 Aa	2,60 $\pm$ 0,46 Aa	-	-
CV	10,80%					

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientadode 20 μm de espessura, BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientadode 50 μm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação, (-) representa amostras descartadas por estarem impróprias para comercialização

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Ao analisar os diferentes tipos de embalagens em uma mesma temperatura de armazenamento nota-se que não houve influência significativa das embalagens nos valores de acidez titulável de camu-camu. Brunini et al. (2004), utilizando bandejas plásticas revestidas com filme plástico de PVC em armazenamento refrigerado de jabuticabas ‘Sabará’ e a 11°C com 98% UR, também não observaram influência nos teores de AT, SST e pH.

Apesar de não ter ocorrido diferença estatística entre as embalagens em uma mesma temperatura de armazenamento, nesta segunda etapa, observa-se que as amostras sem o revestimento de qualquer tipo de filme plástico, apresentaram em quase todos os dias de análise, as maiores médias, confirmando o fato anteriormente citado. Entretanto, Scalón et al. (2004) atestam que isso pode ser explicado pela maior perda de água deste tratamento, contribuindo assim para a concentração dos ácidos orgânicos presentes no suco celular e elevando aparentemente a acidez.

Para a temperatura de armazenamento, houve diferença estatística apenas no 17º dia, onde as amostras controle acondicionadas a 5°C diferiram das demais embalagens a 15°C. Ao analisar um mesmo tipo de embalagem nas diferentes temperaturas percebe-se que a variável temperatura não teve influência significativa sobre elas. Já em relação aos dias de armazenamento, no geral não houve diferença estatística, exceto para o tratamento BOPP₂₀ acondicionado a 10°C, onde o 19º dia diferiu do 23º dia e para o tratamento PVC a 15°C, em que o 21º dia diferiu dos demais.

Apesar de não ter ocorrido influência significativa da temperatura na acidez titulável do camu-camu, nota-se que no 21º e 23º dia de conservação, ocorreu aumento nos valores deste atributo conforme se elevou a temperatura de armazenamento, nas amostras BOPP₂₀ e BOPP₅₀, indicando menor degradação. Nestes mesmos dias e nestas mesmas embalagens, quantificou-se um teor elevado de CO₂ e, segundo Brackmann et al. (2003), a redução da degradação dos ácidos possivelmente esteja relacionada ao efeito inibitório deste gás sobre as enzimas aconitase, succinato desidrogenase e isocitrato desidrogenase do ciclo dos ácidos tricarboxílicos. Além disso, nota-se que no 17º dia de armazenamento, apesar das oscilações dos dados, há tendência de queda da acidez titulável com o aumento da temperatura de armazenamento. Segundo Chitarra e Chitarra (1990) a elevação da temperatura faz com que os frutos aumentem sua respiração e com isso os ácidos tendem a diminuir devido asua conversão em açúcares.

4.4 Ratio

De acordo com os resultados de *ratio* apresentados na Tabela 11, percebe-se que há diferença significativa para a interação entre embalagens e dias de armazenamento durante a primeira etapa do experimento, na qual todas as amostras foram mantidas em uma mesma temperatura ($5\pm 1^\circ\text{C}$ e $90\pm 2\%$ UR).

Tabela 11- *Ratio* de camu-camu armazenado a $5\pm 1^\circ\text{C}$ e $90\pm 2\%$ UR em função dos diferentes tipos de embalagens e dias de armazenamento (valores médios, $\pm$ DP, $n = 4$)

Armazenamento (Dias)	Embalagens			
	Controle	PVC	BOPP ₂₀	BOPP ₅₀
1	$1,92 \pm 0,38$ Ba	$3,21 \pm 0,47$ Aab	$3,95 \pm 0,33$ Aa	$4,06 \pm 0,28$ Aa
3	$2,24 \pm 0,08$ Aa	$2,62 \pm 0,15$ Aab	$2,95 \pm 0,21$ Abc	$2,81 \pm 0,18$ Abc
5	$1,95 \pm 0,18$ Aa	$2,32 \pm 0,27$ Ab	$2,20 \pm 0,22$ Acd	$2,13 \pm 0,04$ Ac
7	$2,47 \pm 0,26$ Ba	$3,33 \pm 0,33$ ABa	$3,41 \pm 0,65$ ABab	$3,56 \pm 0,19$ Aab
9	$2,01 \pm 0,48$ Aa	$2,72 \pm 0,17$ Aab	$2,27 \pm 0,10$ Acd	$2,08 \pm 0,14$ Ac
11	$2,52 \pm 0,22$ Aa	$2,50 \pm 0,22$ Aab	$2,51 \pm 0,18$ Abcd	$2,53 \pm 0,20$ Ac
13	$2,05 \pm 0,41$ Aa	$2,20 \pm 1,03$ Ab	$1,79 \pm 0,31$ Ad	$2,71 \pm 0,76$ Abc
15	$2,30 \pm 0,19$ Aa	$2,15 \pm 0,14$ Ab	$2,43 \pm 0,22$ Acd	$2,39 \pm 0,13$ Ac
CV	13,60%			

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀ - polipropileno biaxialmente orientado de 20 μm de espessura, BOPP₅₀ - polipropileno biaxialmente orientado de 50 μm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste de Tukey

Analisando a interferência das embalagens no *ratio* do camu-camu, observa-se diferença significativa no 1º e no 7º dia de armazenamento, em que o controle, com a menor média, apresentou diferença estatística das demais embalagens no 1º dia e da BOPP₅₀ no 7º dia armazenamento. Esta menor média de *ratio* do controle está associada com a maior acidez e com o menor teor de sólidos solúveis dos frutos neste período.

Em relação à interferência dos dias de armazenamento neste atributo, não houve diferença estatística ao longo dos dias nas amostras controle, diferentemente do que ocorreu para as demais embalagens, em que para a PVC o 7º dia apresentou diferença significativa com o 5º, 13º e 15º dia de armazenamento. As amostras acondicionadas em BOPP₂₀ apresentaram diferença estatística no 1º e no 7º período com os demais dias, devido às maiores médias, sendo elas 3,95 e 3,41. Já nas amostras acondicionadas em BOPP₅₀, o 1º e o 7º dias de armazenamento, diferiram dos 5º, 9º, 11º e 15º dias.

Os valores de *ratio* obtidos durante a segunda etapa do experimento, na qual houve a interferência dos três fatores (embalagem, temperatura e dias de armazenamento) estão descritos na Tabela 12.

Tabela 12 - *Ratio* de camu-camu armazenado em diferentes embalagens e temperaturas após 15 dias do armazenamento refrigerado ($5\pm 1^\circ\text{C}$ e $90\pm 2\%$ UR) (valores médios, $\pm$ DP, $n = 4$)

		Tempo de armazenamento refrigerado + armazenamento em temperatura mais elevadas (dias)				
Temperatura	Embalagem	15 + 2	15 + 4	15 + 6	15 + 8	15 + 10
5°C	Controle	$1,84 \pm 0,42$ Ba	$2,12 \pm 0,44$ ABabcd	$1,85 \pm 0,26$ Ba	$1,95 \pm 0,18$ ABa	$2,79 \pm 0,32$ Aa
	PVC	$2,36 \pm 0,26$ Aa	$2,23 \pm 0,31$ Aab	$1,96 \pm 0,09$ Aa	$1,86 \pm 0,13$ Aa	$2,25 \pm 0,40$ Aa
	BOPP ₂₀	$2,19 \pm 0,28$ Aa	$2,11 \pm 0,33$ Aabcd	$1,60 \pm 0,41$ Aa	$1,67 \pm 0,10$ Aa	$2,04 \pm 0,27$ Aa
	BOPP ₅₀	$2,02 \pm 0,22$ Aa	$2,19 \pm 0,66$ Aabc	$1,30 \pm 0,42$ Aa	$1,91 \pm 0,71$ Aa	$1,95 \pm 0,20$ Aa
10°C	Controle	$2,33 \pm 0,27$ Aa	$2,43 \pm 0,19$ Aa	$1,79 \pm 0,18$ Aa	$1,89 \pm 0,11$ Aa	-
	PVC	$2,22 \pm 0,21$ Aa	$1,65 \pm 0,30$ Aabcd	$1,67 \pm 0,09$ Aa	$1,89 \pm 0,18$ Aa	-
	BOPP ₂₀	$2,24 \pm 0,06$ Aa	$1,81 \pm 0,29$ ABabcd	$1,32 \pm 0,40$ Ba	$1,68 \pm 0,08$ ABa	-
	BOPP ₅₀	$2,19 \pm 0,13$ Aa	$1,31 \pm 0,21$ Acd	$1,62 \pm 0,51$ Aa	$1,66 \pm 0,08$ Aa	-
15°C	Controle	$2,10 \pm 0,20$ Aa	$2,06 \pm 0,26$ Aabcd	-	-	-
	PVC	$2,53 \pm 0,39$ Aa	$1,54 \pm 0,35$ Babcd	$1,52 \pm 0,37$ Ba	-	-
	BOPP ₂₀	$2,22 \pm 0,31$ Aa	$1,36 \pm 0,45$ ABbcd	$1,16 \pm 0,17$ Ba	-	-
	BOPP ₅₀	$1,89 \pm 0,20$ Aa	$1,24 \pm 0,39$ Ad	$1,45 \pm 0,31$ Aa	-	-
CV	10,80%					

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientado de 20 μm de espessura, BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientado de 50 μm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação, (-) representa amostras descartadas por estarem impróprias para comercialização

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Da mesma maneira que para o pH, o *ratio* do camu-camu decresceu durante o período de armazenamento, independente da embalagem e da temperatura de armazenamento, até o 23° dia para as amostras armazenadas a 5°C, 21° dia a 10°C e no 19° dia a 15°C. Analisando-se as diferentes embalagens em uma mesma temperatura de armazenamento, percebe-se que não houve influência significativa das embalagens no *ratio* do camu-camu, apenas no 19° dia durante o armazenamento a 10°C houve diferença das amostras controle com as de BOPP₅₀. Este atributo também não foi afetado no trabalho de Machado et al. (2007) que analisaram jabuticabas armazenadas sob refrigeração em diferentes tipos de embalagens.

Em relação às temperaturas de armazenamento, em geral, não houve influência significativa entre as embalagens exceto para o controle armazenado a 10°C que diferiu do BOPP₅₀ na mesma temperatura e do BOPP₅₀ a 15°C. Ao analisar uma mesma embalagem em diferentes temperaturas de armazenamento, nota-se que esta variável também não apresentou influência significativa sobre elas.

Os dias de armazenamento apresentaram diferença estatística para a amostra controle a 5°C, onde o 25° dia diferiu do 17° e do 21° dia. A amostra BOPP₂₀ a 10°C apresentou diferença significativa entre o 17° dia e o 21° dia de armazenamento, a diferença também ocorreu na amostra de PVC a 15°C onde o 17° dia diferiu dos demais.

Percebe-se que no 17° dia de armazenamento as médias de *ratio*, independente da temperatura e da embalagem utilizada, foram maiores que nos demais dias, o que pode ser associado ao maior teor de sólidos solúveis nas amostras deste dia. Para as duas etapas do experimento, os valores de *ratio* observados estão próximos aos encontrados por Maeda e Andrade (2003) e Silva et al. (2005), os quais encontraram o índice no valor de 1,54 e 2,81, respectivamente. Já Villanueva-Tiburcio et al. (2010) que avaliaram camu-camu em três estádios de amadurecimento, encontraram o *ratio* para frutos verdes no valor de 4,28, para frutos semi-maduros 3,44, e para os frutos maduros o valor encontrado foi de 2,57.

4.5 Firmeza

Um importante fator de qualidade dos frutos é a textura, que está frequentemente associada com sua vida útil pós-colheita, suscetibilidade a injúrias, resistência ao transporte e desejo do consumidor. O amaciamento dos frutos ocorre mesmo durante o armazenamento a frio e pode ser decorrente de três processos: perda de turgidez, degradação de amido e, principalmente da parede celular (LANA; FINGER, 2000; TUCKER, 1993).

De acordo com os resultados de firmeza apresentados na Tabela 13, nota-se que houve diferença significativa para interação entre as embalagens e os dias de armazenamento.

Tabela 13 – Firmeza (N) de camu-camu armazenado a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 2\%$ UR em função dos diferentes tipos de embalagens e dias de armazenamento (valores médios $\pm$ DP, n = 40)

Armazenamento (Dias)	Embalagens			
	Controle	PVC	BOPP ₂₀	BOPP ₅₀
1	16,10 $\pm$ 5,07 Ab	16,62 $\pm$ 5,90 Abc	17,43 $\pm$ 4,88 Aab	18,71 $\pm$ 4,92 Aa
3	21,55 $\pm$ 7,00 Aa	15,12 $\pm$ 5,84 Bbc	15,90 $\pm$ 6,88 Babc	16,30 $\pm$ 6,22 ABab
5	6,43 $\pm$ 4,39 ABc	3,68 $\pm$ 3,07 Bd	11,66 $\pm$ 4,35 Acd	6,25 $\pm$ 6,70 ABd
7	18,33 $\pm$ 6,65 Aab	11,36 $\pm$ 6,43 Bc	14,01 $\pm$ 5,54 ABabcd	12,52 $\pm$ 6,95 Bbc
9	20,32 $\pm$ 9,26 ABab	24,03 $\pm$ 8,56 Aa	17,99 $\pm$ 8,97 Ba	20,79 $\pm$ 8,34 ABa
11	16,66 $\pm$ 6,71 Aab	14,87 $\pm$ 6,38 ABbc	12,34 $\pm$ 4,46 ABabcd	9,99 $\pm$ 4,82 Bcd
13	14,90 $\pm$ 6,51 Ab	13,30 $\pm$ 6,51 Abc	19,50 $\pm$ 5,51 ABd	7,83 $\pm$ 4,95 Bcd
15	16,52 $\pm$ 7,87 Aab	17,11 $\pm$ 9,03 Ab	10,14 $\pm$ 5,36 Bd	8,86 $\pm$ 3,96 Bcd
CV	44,82%			

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientadode 20 μm de espessura, BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientadode 50 μm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Mediante a observação dos valores obtidos para o parâmetro firmeza, pode-se inferir que as diferenças constatadas até o 9º dia de armazenamento, independente da embalagem utilizada, estejam relacionadas com a variabilidade da matéria-prima, já que é grande a dificuldade de se conseguir um lote de frutos *in natura* em um mesmo grau de maturação, mesmo após uma seleção criteriosa. Para Trigo (2010), ao longo do armazenamento é normal que a firmeza dos frutos diminua devido à solubilização das pectinas, porém neste caso, em alguns dias os valores aumentaram e em outros diminuíram, ou seja, não se observou um comportamento coerente até o 11º dia de armazenamento a 5°C para todas as embalagens avaliadas.

Após o 11º dia de armazenamento é possível observar queda nos valores firmeza em todos os tratamentos. A perda de firmeza neste período coincide com as mudanças observadas visualmente e com as análises de concentrações de gases, que indicam altas concentrações de CO₂ no interior das embalagens. Segundo Kader (1989), elevadas taxas deste gás causam injúrias nos tecidos vegetais que se manifestam como amadurecimento irregular, aumento da biossíntese de etileno, aceleração da deterioração e agravamento de desordens fisiológicas. Porém há frutos mais tolerantes; em estudos realizados com morangos verificou-se que, quando a fruta é armazenada com altas concentrações de CO₂, sua firmeza é mantida por mais tempo, o que não ocorreu com o camu-camu (HAKER et al., 2000; VIEITES et al., 2006).

Neste mesmo período também ocorreu aumento na síntese de etileno, fator que contribuiu para a perda de firmeza dos frutos, principalmente nos embalados por BOPP, já que entre outros efeitos fisiológicos deste hormônio, um deles é aumentar a atividade de enzimas modificadoras da parede celular, como a pectinametilesterase (PME) e a poligalacturonase (PG). A PME tem como função atuar desmetilando a cadeia péctica e desencadeando o amaciamento da polpa, enquanto que a PG atua na quebra das ligações glicosídicas das substâncias pécticas (FONTES et al., 2008; KADER, 1985; XISTO et al., 2004). Assim, o processo de degradação dos componetes da parede celular, resulta na diminuição do grau de polimerização e, consequente, diminuição da rigidez da célula (KASHYAP et al., 2001; ASSIS et al., 2001).

Na segunda etapa do experimento, na qual se trabalhou com três temperaturas de armazenamento (5, 10 e 15°C), houve interferência da embalagem em uma mesma temperatura (Tabela 14). Na temperatura de 5 °C, até o 19º dia, as amostras revestidas com BOPP₅₀ diferiram estatisticamente do controle e das amostras revestidas com filme de PVC, sempre com as menores médias. Nos dias seguintes, mesmo não havendo diferença significativa entre as embalagens, foi possível notar que as amostras acondicionadas em

filmes de menor permeabilidade (BOPP) continuaram apresentando as menores médias, como ocorreram nos primeiros 15 dias de armazenamento a 5°C.

Tabela 14 – Firmeza (N) de camu-camu armazenado em diferentes embalagens e temperaturas após 15 dias do armazenamento refrigerado ($5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 2\%$ UR) (valores médios $\pm$ DP, n = 40)

Tempo de armazenamento refrigerado + armazenamento em temperatura mais elevadas (dias)						
Temperatura	Embalagem	15 + 2	15 + 4	15 + 6	15 + 8	15 + 10
5°C	Controle	16,27 $\pm$ 7,16 Aa	14,58 $\pm$ 4,89 Aa	11,26 $\pm$ 6,10ABab	12,64 $\pm$ 7,36 ABa	7,63 $\pm$ 4,98 Ba
	PVC	12,81 $\pm$ 7,95 Aa	13,82 $\pm$ 6,97 Aab	12,34 $\pm$ 7,82 Aa	12,04 $\pm$ 5,71 Aa	6,67 $\pm$ 4,78 Ba
	BOPP ₂₀	11,04 $\pm$ 6,11 Aabc	10,11 $\pm$ 4,98 Aabc	6,72 $\pm$ 5,13 Abcd	6,70 $\pm$ 4,75 Ab	6,18 $\pm$ 3,34 Aa
	BOPP ₅₀	7,53 $\pm$ 3,69 Abcd	8,00 $\pm$ 4,54 Ac	7,24 $\pm$ 4,17 Aabcd	8,24 $\pm$ 5,04 Aab	7,36 $\pm$ 4,29 Aa
10°C	Controle	12,69 $\pm$ 7,75 Aab	6,97 $\pm$ 4,28 Bc	12,25 $\pm$ 9,23 ABa	10,70 $\pm$ 8,05 ABab	-
	PVC	12,22 $\pm$ 7,66 Aabc	10,97 $\pm$ 5,35 Aabc	9,96 $\pm$ 7,71 Aabc	10,18 $\pm$ 7,64 Aab	-
	BOPP ₂₀	7,26 $\pm$ 4,74 Acd	9,57 $\pm$ 8,36 Aabc	7,83 $\pm$ 6,09Aabcd	8,10 $\pm$ 4,32 Aab	-
	BOPP ₅₀	6,50 $\pm$ 4,06 Acd	6,94 $\pm$ 3,62 Ac	6,75 $\pm$ 4,57 Abcd	8,00 $\pm$ 5,16 Aab	-
15°C	Controle	13,79 $\pm$ 6,55 Aa	10,23 $\pm$ 5,20 Aabc	-	-	-
	PVC	15,51 $\pm$ 9,74 Aa	8,74 $\pm$ 6,22 Bbc	10,72 $\pm$ 8,69 ABabc	-	-
	BOPP ₂₀	7,14 $\pm$ 5,30 Acd	6,80 $\pm$ 3,78 Ac	4,22 $\pm$ 3,83 Ad	-	-
	BOPP ₅₀	5,24 $\pm$ 3,18 Ad	8,07 $\pm$ 4,07 Ac	5,91 $\pm$ 4,51 Acd	-	-
CV 63%						

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientadode 20 μm de espessura, BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientadode 50 μm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação, (-) representa amostras descartadas por estarem impróprias para comercialização

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

As amostras controle em todos os dias de armazenamento e em todas as temperaturas avaliadas apresentaram sempre as maiores médias, o que pode ser justificado pela maior perda de água destes frutos ocasionando assim a diminuição da turgência dos tecidos e a formação de um tecido superficial mais resistente à força de penetração. Bender et al. (2010) em estudo com atmosfera modificada em morangos, detectaram a resistência da polpa um pouco mais elevada no final do armazenamento e associaram este fato à desidratação da fruta.

Ainda na Tabela 14, com relação aos dias de armazenamento, observa-se que o as amostras controle e as embaladas com PVC diferiram das demais embalagens no 25º dia a 5 °C. Já no armazenamento a 10°C, as amostras controle do 17º dia diferiram do 19º, o mesmo ocorreu com as amostras revestidas com PVC na temperatura de 15°C. É possível notar, principalmente após o 15º dia, que a firmeza da polpa se caracterizou pelo decréscimo gradual com o avanço dos dias de armazenamento, principalmente naqueles frutos armazenados na embalagem de baixa permeabilidade (BOPP) e transferidos para temperatura de 15°C, nos quais ocorreram perdas de 67%, enquanto que para o controle e para os revestidos em PVC, estas perdas foram em torno de 37 e 35%, respectivamente. Pinto (2012) também observou perda de firmeza em camu-camu ao longo do armazenamento em diferentes temperaturas, sendo menos evidente no acondicionamento a 5°C, e associou este acontecimento ao fato da baixa temperatura ter colaborado para a retenção deste atributo na polpa.

Ao analisar um mesmo tipo de embalagem em diferentes condições de temperatura, percebeu-se que a variável temperatura não teve influência significativa, exceto no 19º dia em que a amostra controle a 5°C diferiu da armazenada a 10°C. Notou-se que mesmo não havendo diferença estatística entre algumas amostras, houve queda nos valores de firmeza conforme se aumenta a temperatura após os 15 dias de armazenamento de 5°C para 10°C ou 15°C. Kluge et al. (1997), em trabalho com ameixas sob diferentes temperaturas de armazenamento, também observaram perda de firmeza com aumento de temperatura.

4.6 Cor

4.6.1 Luminosidade (L*)

Uma importante característica de qualidade e que exerce considerável papel na aceitabilidade do consumidor, é a cor da casca dos frutos. Durante a maturação, observam-se alterações na coloração da casca de muitos frutos, sendo frequentemente o critério mais utilizado para julgar a maturidade (PFAFFENBACH, 2003).

O valor L^* (Tabela 15) representa a luminosidade da cor de uma amostra, e quando medido instrumentalmente varia em uma escala de cor de zero (negro) a cem (branco), na qual é possível avaliar o quanto é mais escuro (valores mais baixos) ou mais claro (valores mais altos) o produto. Desta forma, amostras que apresentam as mesmas cores, ou seja, os mesmos valores de a^* , b^* , Hue e Croma podem ser diferentes entre si pela variação da luminosidade (MINOLTA, 1994, 1998).

Tabela 15 – Luminosidade da casca de camu-camu armazenado a $5\pm 1^\circ\text{C}$ e $90\pm 2\%$ UR em função dos diferentes tipos de embalagens e dias de armazenamento (valores médios $\pm$ DP, n = 40)

Armazenamento (Dias)	Embalagens			
	Controle	PVC	BOPP ₂₀	BOPP ₅₀
1	36,80 $\pm$ 8,17 Aa	41,17 $\pm$ 7,57 Aa	41,79 $\pm$ 7,57 Aa	38,78 $\pm$ 8,06 Aa
3	35,11 $\pm$ 6,44 Aa	31,68 $\pm$ 4,63 Ab	33,75 $\pm$ 5,77 Abc	31,89 $\pm$ 5,34 Ab
5	35,71 $\pm$ 11,15 Aa	31,25 $\pm$ 10,33 Ab	35,06 $\pm$ 7,27 Abc	32,98 $\pm$ 7,00 Aab
7	34,14 $\pm$ 8,06 Aa	30,61 $\pm$ 8,89 Ab	30,04 $\pm$ 7,02 Ac	34,34 $\pm$ 8,80 Aab
9	35,58 $\pm$ 9,46 Aa	35,61 $\pm$ 8,32 Aab	37,58 $\pm$ 8,64 Aab	31,39 $\pm$ 7,60 Ab
11	38,71 $\pm$ 11,00 Aa	38,44 $\pm$ 9,46 Aa	36,21 $\pm$ 8,45 Aabc	34,67 $\pm$ 7,75 Aab
13	35,76 $\pm$ 8,42 Aa	31,14 $\pm$ 5,47 Aa	32,50 $\pm$ 5,22 Abc	30,66 $\pm$ 4,44 Ab
15	32,42 $\pm$ 5,68 Aa	29,36 $\pm$ 4,72 Ab	32,23 $\pm$ 5,34 Abc	32,57 $\pm$ 3,56 Aab
CV	22,10%			

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientado de 20 μm de espessura, BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientado de 50 μm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Não houve interferência das embalagens neste atributo, ao contrário do que ocorreu com os dias de armazenamento, que apresentaram diferenças estatísticas significativas, exceto para o tratamento controle. O 1º dia da embalagem de PVC diferiu do 3º, 5º, 7º e 15º dias de armazenamento. Já na embalagem BOPP₂₀ o 1º dia não diferiu apenas do 9º e do 11º dias. Houve diferença estatística também para os dias de armazenamento na embalagem de BOPP₅₀ em que o 1º dia de armazenamento diferiu do 3º, 9º e 13º dias.

Apesar das oscilações dos valores, em todos os tratamentos é possível perceber queda das médias de luminosidade comparando-se o 1º dia de armazenamento com 15º dia, indicando desta forma o escurecimento dos frutos. Silva et al. (2009) em estudo de conservação de atemóias sob refrigeração e diferentes tipos de embalagens, também observaram decréscimo na luminosidade durante o armazenamento dos frutos.

Os valores de L^* da casca de camu-camu na segunda etapa do experimento, na qual, além das variáveis embalagens e dias de armazenamento há também a variável temperatura, estão descritos na Tabela 16. Nesta etapa não houve diferença significativa entre os dias e temperaturas de armazenamento, entre as embalagens também só houve diferença estatística no 21º dia. Os valores de luminosidade encontrados neste trabalho estão de acordo aos apresentados por Moraes-de-Souza (2011) que variou de 30,39 a 33,53.

Tabela 16 – Luminosidade da casca de camu-camu armazenado em diferentes embalagens e temperaturas após 15 dias do armazenamento refrigerado ($5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 2\%$ UR) (valores médios $\pm$ DP, $n = 40$)

Temperatura	Embalagem	Tempo de armazenamento refrigerado + armazenamento em temperatura mais elevadas (dias)				
		15 + 2	15 + 4	15 + 6	15 + 8	15 + 10
5°C	Controle	$36,30 \pm 9,51$ ABa	$36,88 \pm 9,19$ Aa	$28,35 \pm 6,43$ Bc	$39,67 \pm 12,84$ Aa	$35,05 \pm 8,86$ ABa
	PVC	$37,02 \pm 10,71$ ABa	$39,35 \pm 11,35$ Aa	$29,64 \pm 5,14$ Bbc	$37,71 \pm 8,10$ ABa	$34,91 \pm 6,36$ ABa
	BOPP₂₀	$38,79 \pm 8,96$ Aa	$34,81 \pm 6,91$ Aa	$33,80 \pm 5,84$ Aabc	$37,67 \pm 5,63$ Aa	$41,26 \pm 5,41$ Ba
	BOPP₅₀	$35,83 \pm 5,37$ ABa	$34,47 \pm 5,22$ Ba	$39,05 \pm 4,17$ ABa	$42,91 \pm 6,34$ Aa	$38,82 \pm 5,33$ ABa
10°C	Controle	$39,98 \pm 13,29$ Aa	$38,75 \pm 11,32$ Aa	$33,91 \pm 9,50$ Aabc	$38,88 \pm 9,43$ Aa	-
	PVC	$37,48 \pm 10,62$ Aa	$34,92 \pm 8,37$ Aa	$34,58 \pm 7,20$ Aabc	$39,02 \pm 8,88$ Aa	-
	BOPP₂₀	$35,32 \pm 6,07$ Aa	$36,81 \pm 8,14$ Aa	$36,79 \pm 7,11$ Aab	$37,49 \pm 6,59$ Aa	-
	BOPP₅₀	$35,09 \pm 5,17$ Aa	$36,36 \pm 5,21$ Aa	$37,69 \pm 5,81$ Aab	$39,80 \pm 5,75$ Aa	-
15°C	Controle	$38,00 \pm 7,75$ Aa	$38,85 \pm 8,78$ Aa	-	-	-
	PVC	$37,47 \pm 9,84$ Aa	$37,39 \pm 10,37$ Aa	$35,71 \pm 7,12$ Aabc	-	-
	BOPP₂₀	$40,50 \pm 7,81$ Aa	$41,73 \pm 8,18$ Aa	$40,93 \pm 5,36$ Aa	-	-
	BOPP₅₀	$38,86 \pm 5,03$ Aa	$41,08 \pm 5,96$ Aa	$41,53 \pm 6,46$ Aa	-	-
CV	24,60%					

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientadode 20 μm de espessura, BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientadode 50 μm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação, (-) representa amostras descartadas por estarem impróprias para comercialização

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Assim como na primeira etapa, não houve influência significativa das embalagens nos valores de luminosidade dos frutos de camu-camu durante a segunda parte do experimento, os valores mativeram-se praticamente constantes ao longo dos dias, exceto no 21º dia que durante o armazenamento a 5°C houve diferença estatística da embalagem de BOPP₅₀ para com o controle e PVC da mesma temperatura. Pfeaffenbach et al. (2003) também não observaram interferência significativa das embalagens na cor da casca de mangas armazenadas em diferentes tipos de filmes.

A temperatura não teve influência de forma significativa nos valores de luminosidade do camu-camu nesta segunda etapa do experimento, exceto no 21º dia, em que o controle e o PVC do armazenamento a 5°C diferiram das embalagens de BOPP armazenadas a 15°C com as menores médias, indicando frutos mais escurecidos. Os dias de armazenamento também não apresentaram influência significativa, exceto no armazenamento a 5°C, no qual o controle e a embalagem de PVC apresentaram diferença estatística do 19º com o 21º dia, a embalagem de BOPP₂₀ apresentou diferença do último dia com os demais e a embalagem de maior espessura teve diferença do 19º com o 23º dia de armazenamento.

Mesmo não havendo diferença estatística entre as amostras com o aumento de temperatura na maioria dos dias, foi possível notar que no armazenamento a 15°C os frutos revestidos por filmes de BOPP foram os que tiveram os maiores valores de L^* , o que pode ser associado ao aumento da concentração de CO₂ no interior destas embalagens e, conseqüentemente, maior degradação das antocianinas, deixando os frutos mais claros, o mesmo ocorreu no acondicionamento a 5°C a partir do 21º dia.

4.6.2 Cromaticidade (Croma)

Ao contrário dos valores de L^* , os valores de croma permaneceram estáveis durante o período de armazenamento, independente da embalagem. Os valores de cromaticidade na primeira etapa do experimento variaram de 18,61 a 28,63 (Tabela 17), sendo que quanto menor a média, mais opacos são os frutos. Moraes-de-Souza (2010) ao medir a cor da casca de camu-camu, encontrou valores de croma em torno de 17,63.

Os valores de croma apresentaram diferença estatística ao longo do armazenamento apenas nas amostras revestidas por filmes plásticos. Na embalagem com PVC, o primeiro dia de armazenamento diferiu estatisticamente do 5º, 7º, 13º e 15º dias, ainda nesta embalagem, houve diferença do 7º dia para com o 9º e 11º. As amostras revestidas por BOPP₅₀ apresentaram diferença do 9º dia com o 1º e a embalagem de BOPP₂₀ teve diferença do 1º com o 13º dia, apresentando as

maiores médias. Entre as embalagens não houve diferença estatística, exceto no 7º dia em que a embalagem de PVC diferiu da BOPP₅₀, com a menor média.

Tabela 17 – Cromaticidade da casca de camu-camu armazenado a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 2\%$ UR em função dos diferentes tipos de embalagens e dias de armazenamento (valores médios $\pm$ DP, n = 40)

Armazenamento (Dias)	Embalagens			
	Controle	PVC	BOPP ₂₀	BOPP ₅₀
1	25,78 $\pm$ 5,87 Aa	27,68 $\pm$ 3,93 Aa	27,51 $\pm$ 3,75 Aa	26,48 $\pm$ 5,37 Aa
3	23,93 $\pm$ 5,19 Aa	23,16 $\pm$ 4,00 Aabcd	25,23 $\pm$ 4,19 Aab	23,67 $\pm$ 4,89 Aab
5	24,48 $\pm$ 9,78 Aa	21,47 $\pm$ 8,77 Abcd	24,73 $\pm$ 5,59 Aab	24,74 $\pm$ 4,98 Aab
7	22,83 $\pm$ 6,59ABa	18,61 $\pm$ 8,55 Bd	21,40 $\pm$ 4,70 ABb	24,19 $\pm$ 6,95 Aab
9	21,91 $\pm$ 7,50 Aa	24,11 $\pm$ 5,54 Aabc	24,51 $\pm$ 6,03 Aab	21,03 $\pm$ 5,81 Ab
11	25,87 $\pm$ 8,75 Aa	25,73 $\pm$ 6,20 Aab	24,11 $\pm$ 5,24 Aab	23,12 $\pm$ 4,74 Aab
13	23,21 $\pm$ 7,20 Aa	21,16 $\pm$ 4,31 Abcd	22,45 $\pm$ 4,06 Ab	21,69 $\pm$ 4,23 Aab
15	21,11 $\pm$ 5,44 Aa	19,37 $\pm$ 5,00 Acd	22,75 $\pm$ 3,64 Aab	22,41 $\pm$ 2,58 Aab
CV	24,93 %			

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientado de 20 μm de espessura, BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientado de 50 μm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Os valores de croma da casca de camu-camu da segunda etapa do experimento, onde as amostras também são expostas a temperaturas mais elevadas, estão descritos na Tabela 18. Houve diferença estatística significativa para embalagens, dias e temperaturas de armazenamento, assim como para a interação desses três fatores.

Quando armazenadas em uma mesma temperatura, não houve diferença estatística entre as diferentes embalagens utilizadas, exceto nos dias 21 e 23 durante a estocagem a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, onde o controle diferiu do BOPP₅₀ com a menor média, indicando frutos com coloração “mais opaca”. A cor menos intensa dos frutos revestidos por BOPP₅₀, pode ser associado à maior degradação das antocianinas nestes períodos devido ao acúmulo de CO_2 .

Tabela 18 – Cromaticidade da casca de camu-camu armazenado em diferentes embalagens e temperaturas após 15 dias do armazenamento refrigerado ($5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 2\%$ UR) (valores médios $\pm$ DP, n = 40)

Temperatura	Embalagem	Tempo de armazenamento refrigerado + armazenamento em temperatura mais elevadas (dias)				
		15 + 2	15 + 4	15 + 6	15 + 8	15 + 10
5°C	Controle	23,03 $\pm$ 7,55 Aa	24,48 $\pm$ 8,19 Aa	16,91 $\pm$ 6,63 Bc	21,97 $\pm$ 8,58 ABb	21,17 $\pm$ 6,63 ABa
	PVC	23,74 $\pm$ 6,88 ABa	25,64 $\pm$ 8,38 Aa	19,48 $\pm$ 5,72 Bbc	23,34 $\pm$ 5,80 ABab	20,83 $\pm$ 5,95 ABa
	BOPP ₂₀	24,38 $\pm$ 6,42 Aa	22,14 $\pm$ 4,89 Aa	22,82 $\pm$ 7,82 Aab	22,99 $\pm$ 2,68 Aab	25,47 $\pm$ 2,48 Aa
	BOPP ₅₀	21,90 $\pm$ 2,73 Ba	22,50 $\pm$ 3,21 ABa	22,02 $\pm$ 2,25 ABab	27,40 $\pm$ 11,98 Aa	24,73 $\pm$ 2,77 ABa
10°C	Controle	26,03 $\pm$ 11,70 Aa	25,61 $\pm$ 10,09 Aa	21,80 $\pm$ 7,84 Aabc	26,18 $\pm$ 7,63 Aab	-
	PVC	24,00 $\pm$ 7,87 Aa	21,58 $\pm$ 6,29 Aa	21,53 $\pm$ 4,78 Aabc	24,75 $\pm$ 6,75 Aab	-
	BOPP ₂₀	22,61 $\pm$ 3,61 Aa	22,85 $\pm$ 4,95 Aa	22,85 $\pm$ 4,51 Aab	24,76 $\pm$ 3,01 Aab	-
	BOPP ₅₀	21,91 $\pm$ 2,16 Aa	23,80 $\pm$ 2,68 Aa	24,62 $\pm$ 3,15 Aab	24,14 $\pm$ 2,40 Aab	-
15°C	Controle	23,27 $\pm$ 5,57 Aa	24,61 $\pm$ 7,26 Aa	-	-	-
	PVC	24,52 $\pm$ 7,82 Aa	24,69 $\pm$ 7,75 Aa	22,68 $\pm$ 4,31 Aab	-	-
	BOPP ₂₀	23,56 $\pm$ 4,66 Aa	24,55 $\pm$ 3,60 Aa	24,51 $\pm$ 2,84 Aab	-	-
	BOPP ₅₀	23,36 $\pm$ 2,16 Aa	25,30 $\pm$ 3,76 Aa	25,23 $\pm$ 3,18 Aa	-	-
CV	25%					

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientado de 20 μm de espessura, BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientado de 50 μm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação, (-) representa amostras descartadas por estarem impróprias para comercialização

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

A elevação da temperatura de armazenamento de 5°C para 10°C e 15°C, também não influenciou de forma significativa a cromaticidade da casca de camu-camu, exceto no 21º dia em que o controle, mantido a 5°C, diferiu estatisticamente da embalagem BOPP₅₀ da temperatura de 15°C. Já os dias de armazenamento apresentaram diferença estatística apenas no acondicionamento 5°C para as embalagens de PVC, BOPP₅₀ e no controle. De maneira geral, pode-se dizer que a cromaticidade da casca do fruto foi mantida ao longo do armazenamento, independente da embalagem e da temperatura utilizada, já que o 17º dia de conservação não diferiu do último.

4.6.3 Ângulo de cor Hue

Ângulo de cor Hue (h°) é um ângulo de tonalidade que indica a variação entre as cores como vermelho, amarelo, verde e azul além de suas nuances como alaranjado, avermelhado, etc. Esse ângulo pode variar de 0° a 360°, sendo que 0° corresponde à cor vermelha, 90° corresponde ao amarelo, 180° ao verde e 270° ao azul (MINOLTA, 1998).

Os valores de hue obtidos para camu-camu armazenado a $5\pm 1^\circ\text{C}$ durante 15 dias em diferentes tipos de embalagens variaram de 37,53 a 61,14, correspondendo a uma coloração avermelhada tendendo para o amarelo (Tabela 19), valores próximos aos encontrados por Moraes-De-Souza (2010) que variou de 25,43 a 40,65 dependendo do tamanho do fruto. Os valores de hue se apresentaram maiores para o tratamento controle em relação aos demais, indicando que a coloração destes frutos estava tendendo para o alaranjado.

Tabela 19 – Ângulo de cor Hue (graus) da casca de camu-camu armazenado a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 2\%$ UR em função dos diferentes tipos de embalagens e dias de armazenamento (valores médios $\pm$ DP, n = 40)

Armazenamento (Dias)	Embalagens			
	Controle	PVC	BOPP ₂₀	BOPP ₅₀
1	48,63 $\pm$ 21,28 Ba	56,71 $\pm$ 18,68 Aa	50,82 $\pm$ 16,55 ABa	50,38 $\pm$ 18,35 Aa
3	55,07 $\pm$ 17,20 ABa	43,50 $\pm$ 12,15 ABa	43,62 $\pm$ 11,16 Ba	41,77 $\pm$ 9,73 Aa
5	61,10 $\pm$ 26,43 ABa	46,17 $\pm$ 23,29 ABab	50,26 $\pm$ 17,89 ABab	43,82 $\pm$ 14,05 ABa
7	55,14 $\pm$ 19,93 ABa	43,41 $\pm$ 19,09 ABab	39,53 $\pm$ 13,43 Bb	46,53 $\pm$ 19,75 Aab
9	58,85 $\pm$ 22,20 ABa	53,10 $\pm$ 21,79 ABab	59,93 $\pm$ 18,98 Aa	43,72 $\pm$ 16,98 Aab
11	64,14 $\pm$ 27,26 ABa	57,62 $\pm$ 22,25 Aab	49,95 $\pm$ 19,31 ABab	48,98 $\pm$ 16,46 ABb
13	59,73 $\pm$ 22,39 ABa	43,22 $\pm$ 13,02 ABb	41,48 $\pm$ 9,60 Bb	37,53 $\pm$ 8,68 Bb
15	48,39 $\pm$ 15,08 Ba	39,42 $\pm$ 11,01 Ba	40,49 $\pm$ 11,34 Ba	41,79 $\pm$ 8,08 ABa
CV	36,28%			

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientado de 20 μm de espessura, BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientado de 50 μm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

O ângulo de cor Hue foi influenciado significativamente pelos dias de armazenamento durante a primeira etapa do experimento. Percebeu-se em todas as embalagens, exceto para o controle, que os valores decresceram ao longo dos 15 dias de armazenamento, provavelmente devido à degradação das antocianinas nos frutos. Para as amostras revestidas com PVC, houve diferença estatística do 13º dia com o 1º, 3º e 15º dia. Nas revestidas por BOPP₂₀ o 7º e o 13º dia diferiram do 3º, 9º e 15º dia, já as amostras revestidas pelo filme de maior espessura apresentaram diferenças do 1º, 3º e 15º dia com o 9º e 11º dia.

Entre as embalagens também houve diferenças estatísticas dentro de um determinado dia de armazenamento, exceto nos dias 5, 9 e 11. O controle com a menor média diferiu significativamente da embalagem de PVC e da BOPP₅₀ logo no 1º dia de armazenamento. Já no 3º, 7º e 13º dia, as embalagens de BOPP em ambas as espessuras foram as que diferiram uma da outra, já no 15º dia de armazenamento somente a amostra de BOPP₅₀ diferiu das demais.

Nota-se que a partir do 11º dia do armazenamento refrigerado (5°C) do camu-camu, as médias são sempre maiores no tratamento controle, essa redução do ângulo hue nas amostras revestidas com algum tipo de filme também foi percebida por Malgarim et al. (2005), que em estudo de conservação de ameixas com atmosfera modificada constataram ao longo do armazenamento que os menores valores de hue eram das amostras revestidas por filmes plásticos.

Os valores de hue obtidos para camu-camu durante a segunda etapa do experimento estão descritos na Tabela 20, a qual apresentou diferença significativa para embalagens, temperaturas e dias de armazenamento, assim como para a interação destes três fatores.

Tabela 20 – Ângulo de cor Hue (graus) para camu-camu armazenado em diferentes embalagens e temperaturas após 15 dias do armazenamento refrigerado ($5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 2\%$ UR) (valores médios $\pm$ DP, n = 40)

Temperatura	Embalagem	Tempo de armazenamento refrigerado + armazenamento em temperatura mais elevadas (dias)				
		15 + 2	15 + 4	15 + 6	15 + 8	15 + 10
5°C	Controle	63,09 $\pm$ 24,67 Aab	62,60 $\pm$ 25,76 Aa	40,35 $\pm$ 14,15 Bb	67,61 $\pm$ 23,71 Aa	59,94 $\pm$ 21,41 Aa
	PVC	56,11 $\pm$ 24,68 ABabc	61,78 $\pm$ 26,70 Aab	41,12 $\pm$ 13,89 Bb	58,50 $\pm$ 20,56 ABab	55,28 $\pm$ 21,69 ABa
	BOPP₂₀	59,29 $\pm$ 22,97 Aabc	49,15 $\pm$ 16,69 Aab	42,50 $\pm$ 12,68 Aab	49,93 $\pm$ 12,23 Aab	59,20 $\pm$ 19,02 Aa
	BOPP₅₀	48,99 $\pm$ 15,51 ABbc	44,36 $\pm$ 11,56 Bb	43,43 $\pm$ 10,55 Bab	64,04 $\pm$ 20,46 Aab	53,82 $\pm$ 15,14 ABa
10°C	Controle	69,39 $\pm$ 31,19 Aa	65,62 $\pm$ 28,78 Aa	54,54 $\pm$ 26,68 Aab	61,89 $\pm$ 26,36 Aab	-
	PVC	57,62 $\pm$ 26,05 Aabc	50,11 $\pm$ 17,34 Aab	53,43 $\pm$ 19,85 Aab	62,47 $\pm$ 25,34 Aab	-
	BOPP₂₀	46,40 $\pm$ 16,90 Abc	54,98 $\pm$ 20,99 Aab	50,95 $\pm$ 16,49 Aab	47,07 $\pm$ 13,55 Ab	-
	BOPP₅₀	43,80 $\pm$ 12,65 Ac	44,32 $\pm$ 11,34 Ab	49,69 $\pm$ 15,02 Aab	54,48 $\pm$ 15,57 Aab	-
15°C	Controle	65,45 $\pm$ 22,43 Aab	66,64 $\pm$ 23,54 Aa	-	-	-
	PVC	59,56 $\pm$ 25,15 Aabc	57,50 $\pm$ 25,81 Aab	56,59 $\pm$ 17,28 Aab	-	-
	BOPP₂₀	60,67 $\pm$ 20,55 Aabc	57,27 $\pm$ 17,28 Aab	57,02 $\pm$ 14,49 Aab	-	-
	BOPP₅₀	52,66 $\pm$ 14,38 Aabc	56,98 $\pm$ 16,36 Aab	59,70 $\pm$ 19,62 Aa	-	-
CV	36,40%					

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientadode 20 μm de espessura, BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientadode 50 μm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação, (-) representa amostras descartadas por estarem impróprias para comercialização

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Os frutos acondicionados em filmes de BOPP apresentaram quase sempre as menores médias em relação ao controle e à embalagem de PVC, independente da temperatura e do dia de armazenamento. Este fato pode ser associado à elevada concentração de CO₂ no interior destas embalagens que acelera a degradação das antocianinas e consequentemente torna os frutos com uma coloração avermelhada menos intensa.

Analisando-se os diferentes tipos de embalagens em uma mesma condição de temperatura de armazenamento, nota-se que os filmes avaliados só apresentaram influência significativa no ângulo hue nos dias 17 e 19. No 17º dia de armazenamento, no acondicionamento a 10°C, o controle diferiu estatisticamente dos filmes de BOPP, já no 19º dia, o controle diferiu da embalagem BOPP₅₀ durante a estocagem a 5°C e a 10°C. Observa-se também que a elevação de temperatura de armazenamento não teve influência significativa sobre um mesmo tipo de embalagem, onde o controle armazenado a 5°C não apresentou diferença estatística com o controle mantido a 10°C ou a 15°C, o mesmo aconteceu com os outros tratamentos. Pinto (2012) ao avaliar diferentes temperaturas de armazenamento em camu-camu observou que houve alteração significativa no ângulo de cor dos frutos mantidos a 15, 20 e 25°C, a qual foi menos acentuada nos frutos armazenados a 15°C, caracterizando mudança da cor vermelha para a roxa e ainda que os frutos armazenados a 5 e a 10°C mantiveram os valores de hº mais próximos aos valores obtidos na caracterização do lote, indicando que as baixas temperaturas foram eficientes em manter a coloração da casca dos camu-camus.

A interação entre embalagem e temperatura foi significativa, tanto que no 17º dia, o controle mantido a 10°C diferiu estatisticamente dos filmes de BOPP mantidos na mesma temperatura e do filme de BOPP₅₀ mantido a 5°C. No 19º dia, o controle mantido a 5°C diferiu estatisticamente do filme BOPP₅₀ da mesma temperatura e do mantido a 5°C e a 10°C. Já no 21º dia de armazenamento, houve diferença apenas entre a embalagem de BOPP₅₀ mantida a 15°C, com o controle e o PVC da temperatura de 5°C. A embalagem BOPP₂₀ mantida a 10°C diferiu estatisticamente do controle acondicionado 5°C, no 23º dia. Segundo Amarante et al. (2008) o aumento na temperatura promove a degradação da clorofila e a redução do ângulo de cor da epiderme de diversos frutos, como, por exemplo, em goiabas.

Os dias de armazenamento, assim como para Luminosidade, só apresentaram diferença estatística na segunda etapa do experimento, na temperatura de 5°C. Nos frutos sem qualquer revestimento de filmes plásticos, o 21º dia diferiu dos demais apresentando o menor valor de hue. Já nos revestidos por PVC, houve diferença apenas do 19º com o 21º dia de armazenamento, e nas revestidas por BOPP₅₀ o 19º e 21º dia diferiram do 23º. Calegaro et al.

(2002) notaram que os valores de croma e hue não diferiram estatisticamente ao longo do armazenamento de morangos submetidos a diferentes composições iniciais de atmosferas e tempos de armazenagem refrigerada.

4.7 Antocianinas totais

De acordo com os resultados de antocianinas apresentados na Tabela 21, houve diferença significativa para interação entre as embalagens e os dias de armazenamento.

Tabela 21 - Antocianinas (mg eq. cianidina 3-glicosídeo. 100 g⁻¹ de fruto) em camu-camu armazenado a 5±1°C e 90±2% UR em função dos diferentes tipos de embalagens e dias de armazenamento (valores médios± DP, n = 8)

Armazenamento (Dias)	Embalagens			
	Controle	PVC	BOPP ₂₀	BOPP ₅₀
1	7,48 ± 1,36 Aa	9,43 ± 0,99 Ab	9,29 ± 1,30 Aa	7,49 ± 0,65 Aab
3	3,46 ± 1,58 Bb	6,42 ± 0,69 ABbc	8,34 ± 0,85 Aa	5,46 ± 1,38 ABab
5	7,02 ± 1,59 Ba	13,61 ± 4,01 Aa	7,79 ± 3,07 Ba	6,71 ± 0,70 Bab
7	5,47 ± 0,33 Aab	7,03 ± 1,20 Abc	8,46 ± 1,16 Aa	8,29 ± 1,30 Aa
9	4,63 ± 1,06 Bab	5,07 ± 0,87 ABbc	8,01 ± 0,60 Aa	4,46 ± 1,47 Bb
11	6,57 ± 2,30 ABa	7,10 ± 2,40 ABbc	8,87 ± 1,64 Aa	5,37 ± 3,38 Bab
13	6,40 ± 1,94 Aab	6,53 ± 1,12 Abc	7,94 ± 0,21 Aa	6,13 ± 0,46 Aab
15	5,93 ± 0,92 Aab	6,93 ± 0,17 Abc	6,72 ± 0,70 Aa	6,06 ± 0,71 Aab
CV	22,50%			

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientado de 20 µm de espessura, BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientado de 50 µm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Houve diferença significativa entre as embalagens, exceto no 1°, 7°, 13° e 15° dias de armazenamento a 5±1°C. No 3° dia apenas a embalagem de BOPP₂₀ diferiu do controle, já no 5° dia a embalagem de PVC diferiu das demais com a maior média de antocianinas totais. Durante o 9° dia de armazenamento houve diferença estatística da embalagem de BOPP₂₀ com a BOPP₅₀ e o controle.

Observou-se que as amostras embaladas em BOPP₂₀ apresentaram as maiores concentrações de antocianinas em quase todos os períodos de armazenamento, exceto no 1° e no 5° dia, em que o PVC apresentou maior média.

Os dias de armazenamento também influenciaram significativamente os teores de antocianinas no camu-camu, exceto para os frutos acondicionados em embalagens de BOPP₂₀. Para os frutos do controle, o 3º dia diferiu do 1º, 5º e 11º dia de armazenamento, apresentando a menor média (3,46 mg eq. cianidina 3-glicosídeo. 100 g⁻¹ de fruto). Já nos frutos revestidos por PVC, houve diferença estatística do 5º dia para os demais e nos revestidos com BOPP₅₀ apenas o 7º diferiu do 9º dia. Hojo et al. (2011) ao estudarem a conservação de lichias sob atmosfera modificada, observaram que os frutos protegidos com filmes também apresentaram redução significativa deste composto ao longo do armazenamento, porém de forma muito menos intensa do que ocorrido nos frutos sem filmes.

Os teores de antocianinas totais dos frutos de camu-camu obtidos na segunda parte do experimento na qual, além das variáveis embalagens e dias de armazenamento, houve também a influência da temperatura, estão descritos na Tabela 22. De acordo com os resultados, notou-se diferença significativa para as embalagens, dias de armazenamento e temperatura, bem como para a interação entre essas três variáveis.

Tabela 22– Antocianinas totais (mg eq. cianidina 3-glicosídeo. 100 g⁻¹ de fruto)de camu-camu armazenado em diferentes embalagens e temperaturas após 15 dias do armazenamento refrigerado (5±1 °C e 90±2% UR) (valores médios ± DP, n = 8)

Temperatura	Embalagem	Tempo de armazenamento refrigerado + armazenamento em temperatura mais elevadas (dias)				
		15 + 2	15 + 4	15 + 6	15 + 8	15 + 10
5 °C	Controle	3,88 ± 0,52 Ce	3,92 ± 1,05 Cabc	10,25 ± 2,74 Aa	3,04 ± 0,69 Cab	6,30 ± 1,96 Ba
	PVC	6,88 ± 1,52 ABab	4,69 ± 0,35 BCabc	7,95 ± 1,14 Ab	3,71 ± 1,25 Cab	6,06 ± 2,19 ABab
	BOPP₂₀	3,90 ± 0,75 Ae	4,18 ± 1,13 Aabc	5,08 ± 0,94 Ac	3,35 ± 0,55 Aab	3,03 ± 1,13 Ac
	BOPP₅₀	4,50 ± 0,58 Acde	5,11 ± 1,54 Aab	3,89 ± 0,49 ABcde	2,09 ± 0,44 Bb	3,94 ± 1,10 ABbc
10 °C	Controle	8,11 ± 2,36 Aa	4,66 ± 2,25 Babc	5,03 ± 1,70 Bc	3,51 ± 0,47 Bab	-
	PVC	6,56 ± 1,60 Aabc	6,07 ± 0,89 Aa	4,62 ± 0,21 Ac	4,45 ± 1,17 Aa	-
	BOPP₂₀	6,20 ± 0,55Aabcd	3,70 ± 0,46 Bbc	4,60 ± 1,38 ABc	3,80 ± 0,57 Bab	-
	BOPP₅₀	5,29 ± 0,72 Abcd	3,83 ± 0,32 ABabc	4,56 ± 0,64 ABcd	2,37 ± 0,29 Bab	-
15 °C	Controle	4,70 ± 0,46 Abcde	2,66 ± 0,95 Ac	-	-	-
	PVC	5,05 ± 0,50 Abcde	4,89 ± 0,86 Aabc	4,41 ± 0,21 Acd	-	-
	BOPP₂₀	4,24 ± 1,39 Ade	2,86 ± 0,26 ABc	1,72 ± 0,57 Be	-	-
	BOPP₅₀	4,26 ± 0,14 Ade	2,95 ± 0,23 Abc	2,35 ± 0,18 Ade	-	-
CV	24,71%					

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientado de 20 µm de espessura, BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientado de 50 µm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação, (-) representa amostras descartadas por estarem impróprias para comercialização.

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Houve influência significativa das embalagens dentro de uma mesma temperatura de armazenamento, ou seja, durante a estocagem a 5°C, as amostras revestidas por PVC armazenadas no 17º dia diferiram estatisticamente das armazenadas por 21 e 23 dias. Ainda nesta temperatura de armazenamento, no 21º dia, o controle e a embalagem de PVC, além de diferirem estatisticamente entre si, apresentaram diferença com as embalagens revestidas por filmes de BOPP em ambas as espessuras. Já no último dia de armazenamento, na mais baixa temperatura, o controle somente não diferiu da embalagem de PVC, que, por sua vez, diferiu da BOPP₂₀.

No armazenamento a 10°C, a quantidade de antocianinas presente nos frutos do controle diferiu estatisticamente dos frutos revestidos por filme BOPP₅₀ no 17º dia, já no 19º dia os frutos da embalagem de PVC diferiram dos da BOPP₂₀. Na temperatura de 15°C, houve diferença significativa apenas no 21º dia de armazenamento, onde os frutos revestidos por filme de PVC, com a maior média, diferiram dos revestidos por BOPP₂₀.

Na segunda etapa do experimento, notou-se que independente da temperatura de armazenamento, os teores de antocianinas em camu-camu foram sempre menores nas amostras revestidas pelos filmes de menor permeabilidade aos gases, como o BOPP₂₀ e BOPP₅₀, o que propiciou o acúmulo de CO₂, e pode ter acelerado a degradação deste composto. Em trabalho com pedúnculo de caju sob atmosfera modificada, produto também muito sensível em pós-colheita, Moura et al. (2005) observaram que a cor se manteve mais constante nas embalagens com menor concentração deste gás, indicando assim menor degradação das antocianinas.

A temperatura de armazenamento também influenciou de forma significativa os teores de antocianinas no camu-camu. Ao analisar um mesmo tipo de embalagem em diferentes temperaturas, notou-se que no 17º dia, a amostra controle mantida a 5°C diferiu estatisticamente do controle a 10°C. Outra diferença constatada neste mesmo dia foi nas amostras revestidas por BOPP₂₀ em que os teores de antocianinas quantificados durante o armazenamento a 5°C diferiram do armazenamento a 10°C. Já no 21º dia a elevação da temperatura somente não teve efeito significativo sob a embalagem de BOPP₅₀.

Em análise da influência da embalagem juntamente com a temperatura de armazenamento sob os teores de antocianinas em camu-camu, notou-se que no 17º dia o controle e BOPP₂₀ mantidos a 5°C diferiram estatisticamente da embalagem de PVC da mesma temperatura e de todas as outras mantidas a 10°C. Ainda neste dia, a amostra de PVC a 5°C diferiu estatisticamente de todas as outras embalagens de mesma temperatura e das revestidas por BOPP a 15°C.

Durante o 19º dia de armazenamento a embalagem de PVC a 10°C diferiu estatisticamente do filme de BOPP₂₀ mantido na mesma temperatura e das demais embalagens acondicionadas a 15°C. Neste mesmo dia, o filme de BOPP₅₀ a 5°C diferiu de todas as embalagens mantidas a 15°C, exceto do PVC. Já o controle e os frutos revestidos com PVC no armazenamento a 5°C apresentaram no 21º dia diferença estatística entre si e as demais embalagens de todas as temperaturas. Segundo Patras et al. (2010), vários estudos relatam um curso logarítmico de degradação das antocianinas com o aumento aritmético da temperatura, além disso, sua estabilidade sofre influência de outros fatores como pH, estrutura química e concentração inicial presente, luz, oxigênio, presença de enzimas, proteínas e íons metálicos.

Em relação aos dias de armazenamento, na temperatura a 5°C não houve diferença significativa somente para a embalagem de BOPP₂₀. As amostras revestidas por filme de PVC também não sofreram influência significativa ao longo do armazenamento nas temperaturas 10 e 15°C. No armazenamento onde se utilizou a temperatura de 10°C os dias influenciaram significativamente nos frutos sem revestimento de filmes, em que o 17º dia diferiu dos demais. A embalagem de BOPP₂₀ também a 10°C teve diferença estatística do 17º dia com o 19º e 23º dia, já a BOPP₅₀ apresentou diferença entre o 17º dia com o último dia de armazenamento, com a maior média. Na temperatura de 15°C os dias influenciaram somente as amostras revestidas por BOPP₂₀, na qual o 21º dias diferiu do 17º dia.

Ao analisar o 17º dia de armazenamento com o último, nota-se queda nos teores de antocianinas do camu-camu, principalmente entre os frutos revestidos por BOPP e os que foram transferidos para temperaturas mais elevadas após os 15 dias de armazenamento refrigerado. Ao final do armazenamento a 5°C por 25 dias, os frutos apresentaram as seguintes perdas: Controle (15%), PVC (35%), BOPP₂₀ (67%) e BOPP₅₀ (47%), já no armazenamento a 15°C essas perdas foram maiores: Controle (64%), PVC (53%), BOPP₂₀ (82%) e BOPP₅₀ (69%). Pinto (2012) ao avaliar a conservação dos frutos de camu-camu armazenados em diferentes condições de temperatura, observou que no armazenamento a 5 e a 10°C os teores de antocianinas foram mais constantes quando comparados com o armazenamento em temperaturas mais elevadas, como 20 e 25°C.

Os valores de antocianinas encontrados neste experimento, nas duas etapas, estão próximos aos encontrados por Silveira (1998), que em estudo avaliando frutos inteiros de camu-camu sob o efeito do estágio de maturação dos frutos, encontrou valores de 0,54 a 74,4 mg eq. cianidina 3-glicosídeo. 100 g⁻¹ de fruto e por Rufino (2010) que também ao avaliar frutos inteiros, encontrou teores médios de 42,42 mg eq. cianidina 3-glicosídeo. 100 g⁻¹ de fruto.

4.8 Compostos fenólicos totais

De acordo com os resultados de compostos fenólicos apresentados na Tabela 23, houve diferença significativa para as embalagens e os dias de armazenamento, bem como para a interação entre essas duas variáveis na primeira etapa do experimento onde todas as amostras ficaram a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 2\%$ UR durante 15 dias.

Tabela 23 - Compostos fenólicos (mg ácido gálico. 100 g⁻¹ de fruto) em camu-camu armazenado a 5±1°C e 90±2% UR em função dos diferentes tipos de embalagens e dias de armazenamento (valores médios ± DP, n = 8)

Armazenamento (Dias)	Embalagens			
	Controle	PVC	BOPP ₂₀	BOPP ₅₀
1	1320,14 ± 236,73 Ab	1512,57 ± 398,58 Aa	967,91 ± 289,84 Bb	1267,72 ± 81,46 ABc
3	1673,01 ± 193,05 Aa	1362,02 ± 238,23 ABab	1195,79 ± 90,20 Bb	1334,10 ± 237,74 Bbc
5	1304,03 ± 49,15 Ab	1334,96 ± 136,39 Aab	1229,50 ± 114,22 Aa	1243,03 ± 154,30 Ac
7	1306,01 ± 173,29 Ab	1126,47 ± 177,95 Ab	1249,50 ± 121,51 Aa	1252,34 ± 134,07 Ac
9	1539,64 ± 324,17 Aab	1349,63 ± 30,60 Aab	1262,37 ± 128,90 Aa	1265,21 ± 118,15 Ac
11	1594,95 ± 141,42 Aab	1598,95 ± 100,20 Aa	1439,34 ± 92,42 Aa	1608,40 ± 86,75 Aab
13	1405,27 ± 190,05 Aab	1418,12 ± 65,32 Aab	1274,02 ± 30,20 Aa	1277,15 ± 105,17Ac
15	1464,65 ± 176,09 Aab	1472,29 ± 101,03 Aa	1521,24 ± 156,14 Aa	1718,12 ± 42,63 Aa
CV	12,35%			

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientado de 20 µm de espessura, BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientado de 50 µm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação.

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Houve diferença estatística entre as embalagens apenas nos primeiros dias de armazenamento, no 1º dia o filme BOPP₂₀ diferiu do controle e do PVC com a menor média, já no 3º dia o controle diferiu das embalagens de BOPP em ambas as espessuras.

Os teores de compostos fenólicos em camu-camu também apresentaram diferença estatística entre os dias de armazenamento. No tratamento controle o 3º dia diferiu estatisticamente do 1º, 5º e 7º dia. Já nos frutos revestidos por PVC, o 7º dia de armazenamento diferiu do 1º, 11º e 15º dia. As amostras revestidas por BOPP₂₀ apresentaram diferença estatística do 1º e 3º dia com os demais e as revestidas por BOPP₅₀ tiveram diferença estatística do 11º e 15º dia com os demais. Essas diferenças apresentadas não devem ser associadas à utilização de embalagens ou aos dias de armazenamento, mas sim à variabilidade dos frutos, já que os teores aumentaram e diminuíram sem apresentarem um comportamento coerente.

Os dados de compostos fenólicos referentes à segunda parte do experimento, no qual há transferência das embalagens para temperaturas mais elevadas simulando o período de comercialização com a quebra ou não da refrigeração, estão descritos na Tabela 24. Houve diferença estatística significativa para embalagens, temperaturas e dias de armazenamento, assim como para a interação entre os três fatores.

Os valores encontrados no experimento para este composto estão de acordo com os observados na literatura que varia na faixa de 1.370 a 2.110 mg de equivalente ácido gálico. 100 g⁻¹ de fruto (ALVES et al., 2002; MAEDA; ANDRADE, 2003; SILVA, 2012). Chirinos et al. (2010), verificaram em camu-camu semi-maduro, como os utilizados neste trabalho, teores em torno de 1.420 mg equivalente ácido gálico. 100 g⁻¹ de fruto.

Tabela 24 - Compostos fenólicos (mg ácido gálico. 100 g⁻¹ de fruto) de camu-camu armazenado em diferentes embalagens e temperaturas após 15 dias do armazenamento refrigerado (5±1°C e 90±2% UR) (valores médios ± DP, n = 8)

Temperatura	Embalagem	Tempo de armazenamento refrigerado + armazenamento em temperatura mais elevadas (dias)				
		15 + 2	15 + 4	15 + 6	15 + 8	15 +10
5°C	Controle	1856,55 ± 153,42 Aa	1262,17± 74,65 Ba	1313,10 ± 174,33 Bbcd	1304,95 ± 111,00Ba	1536,99 ± 110,23ABa
	PVC	1783,19 ± 101,84 Aab	1086,25 ± 66,19 Ba	1255,77 ± 135,80 Bbcd	1172,41 ± 89,82 Ba	1237,78 ± 149,56Bab
	BOPP₂₀	1635,75 ± 76,90 Aabc	1038,88 ± 78,86 Ba	1090,17 ± 57,16 Bd	981,32 ± 69,95 Ba	1170,25 ± 70,30Bab
	BOPP₅₀	1184,18 ± 253,69 Ad	1021,79 ± 81,71 Aa	1137,17 ± 94,24 Acd	1092,67 ± 87,78 Aa	1101,65 ± 45,98Ab
10°C	Controle	1498,64 ± 68,39 Aabcd	1133,61 ± 122,92 Aa	1511,46 ± 53,87 Abc	1161,28 ± 145,14Aa	-
	PVC	1416,02 ± 41,42Abcd	1123,64 ± 56,49 Aa	1432,40 ± 72,36Abcd	1053,88 ± 55,35 Aa	-
	BOPP₂₀	1374,71 ± 121,57 Acd	1218,01 ± 170,24 Aa	1542,80 ± 557,63 Aab	1207,97 ± 35,79Aa	-
	BOPP₅₀	1317,37 ± 61,27 Bcd	1054,55 ± 45,65 Ba	1908,54 ± 931,81 Aa	1084,05 ± 40,95 Ba	-
15°C	Controle	1546,72± 25,16 Aabcd	1352,28 ± 60,45 Aa	-	-	-
	PVC	1506,83 ± 56,90 ABabcd	1230,84 ± 160,28 Ba	1625,42 ± 116,53 Aa	-	-
	BOPP₂₀	1312,75 ± 84,65 Acd	1229,41 ± 28,75 Aa	1251,85 ± 250,34 Abcd	-	-
	BOPP₅₀	1293,16 ± 40,26 Acd	1168,87 ± 226,65 Aa	1321,29 ± 119,86 Abcd	-	-
CV	24,71%					

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientado de 20 µm de espessura, BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientado de 50 µm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação, (-) representa amostras descartadas por estarem impróprias para comercialização.

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Em uma mesma temperatura de armazenamento, em algumas condições, houve diferença estatística dos compostos fenólicos entre as embalagens utilizadas. No armazenamento a 5°C, no 17° dia, a embalagem BOPP₅₀ diferiu das demais, já no 25° dia esta mesma embalagem diferiu apenas do controle. No armazenamento a 10° C as embalagens diferiram entre si apenas no 21° dia, no qual filme de BOPP₅₀ diferiu do controle e do filme de PVC, o mesmo ocorreu durante o armazenamento a 15°C neste mesmo dia, porém a embalagem de PVC diferiu das demais com a maior média.

Ao analisar um mesmo tipo de embalagem sob diferentes temperaturas, percebe-se que esta última variável não teve influência significativa, ou seja, um mesmo tratamento teve comportamento semelhante em todas as temperaturas aplicadas, exceto no 21° dia, em que a embalagem BOPP₂₀ mantida a 5°C diferiu da mantida a 10°C, o mesmo ocorreu com a embalagem BOPP₅₀ onde o armazenamento a 10°C diferiu dos demais.

Analisando-se a interferência da temperatura juntamente com a embalagem, observou-se que ela foi significativa nos dias 17 e 21. Após a transferência das embalagens para temperaturas superiores, ou seja, no 17° dia, a amostra controle mantida a 5°C diferiu de todas as amostras revestidas com algum tipo de filme nas temperaturas de 10 e 15°C, exceto da revestida por PVC mantida na maior temperatura. Ainda neste dia, a embalagem de PVC mantida a 5°C diferiu dos filmes de BOPP mantidos em temperaturas superiores. Já no 21° dia, as embalagens de BOPP do armazenamento a 5°C diferiram estatisticamente dos mesmos filmes mantidos a 10°C e do PVC armazenado a 15°C.

Os dias de armazenamento também apresentaram diferenças significativas. Durante a estocagem a 5°C, o 17° dia diferiu dos demais para quase todas as embalagens, exceto para BOPP₅₀. No acondicionamento a 10°C, os dias apresentaram diferença significativa apenas na amostra revestida por BOPP₅₀, em que o 21° dia diferiu dos demais com a maior média. A 15°C, apenas na amostra de PVC houve diferença estatística do 19° dia para com o 21° dia. Notou-se que, mesmo não havendo diferença estatística para maioria dos dias de armazenamento, em quase todas as condições de embalagens e temperaturas, os teores de compostos fenólicos diminuíram do primeiro ao último dia de conservação, exceto para as embalagens de PVC e BOPP₅₀ mantidas a 15°C. Em armazenamento de caju sob atmosfera modificada observou-se uma tendência geral de diminuição nos teores deste composto durante o armazenamento (MORAIS et al., 2002).

4.9 Ácido ascórbico (AA)

Os teores de ácido ascórbico em camu-camu armazenado a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 15 dias em diferentes tipos de embalagens estão apresentados na Tabela 25. Houve diferença significativa para a interação das embalagens com os dias de armazenamento.

Para os frutos revestidos com filme de PVC e BOPP₂₀, não houve influência significativa dos dias de armazenamento no teor de ácido ascórbico do camu-camu. Já as amostras controle apresentaram diferença estatística no 7º dia de armazenamento com o 1º e 5º dia e as amostras revestidas com BOPP₅₀ apresentaram diferença do 3º dia de armazenamento com o 15º dia. Os diferentes tipos de embalagens avaliados não apresentaram diferença significativa, exceto no 3º dia de armazenamento, em que o teor de ácido ascórbico do controle diferiu estatisticamente do tratamento envolvendo o filme de BOPP₅₀. Essas diferenças se devem provavelmente à variabilidade da matéria-prima, como ocorreu em outros atributos, já que em alguns dias os teores aumentaram e em outros diminuíram, não tendo, portanto um comportamento coerente, devido à labilidade do ácido ascórbico. Os resultados dos frutos embalados estão maiores do que os avaliados por Pinto (2012), que detectou valores de 1500 a 1750 mg ácido ascórbico. 100g^{-1} de fruto.

Tabela 25 – Ácido ascórbico (mg ácido ascórbico. 100 g⁻¹ de fruto) de camu-camu armazenado a 5±1°C e 90±2% UR em função dos diferentes tipos de embalagens e dias de armazenamento (valores médios ± DP, n = 4)

		Embalagens			
Armazenamento (Dias)		Controle	PVC	BOPP₂₀	BOPP₅₀
1		2152,62 ± 152,00 Aa	2221,91 ± 83,15 Aa	2066,70 ± 104,67 Aa	2235,77 ± 111,89 Aab
3		1856,98 ± 81,94 Bab	1903,18 ± 192,02 ABa	1995,57 ± 67,47 ABa	2392,83 ± 612,74 Aa
5		2097,19 ± 152,00 Aa	2235,77 ± 242,33 Aa	2041,76 ± 154,96 Aa	2291,20 ± 353,17 Aab
7		1552,11 ± 278,19 Ab	1820,03 ± 176,91 Aa	1967,85 ± 81,94 Aa	1940,13 ± 70,76 Aab
9		1681,45 ± 76,93 Aab	2078,71 ± 97,19 Aa	1930,89 ± 46,50 Aa	1921,66 ± 67,47 Aab
11		1829,85 ± 47,71Aab	2060,24 ± 81,94 Aa	1995,13 ± 238,94Aa	1940,13 ± 177,23 Aab
13		1967,85 ± 160,73Aab	2060,24 ± 122,10 Aa	1995,56 ± 52,26 Aa	2217,30 ± 42,67 Aab
15		2014,04 ± 110,86Aab	2004,80 ± 184,47Aa	2032,52 ± 138,27Aa	1875,46 ± 171,68 Ab
CV	9,17%				

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientadode 20 µm de espessura, BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientadode 50 µm de espessura, UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação.

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste de Tukey

Os resultados da segunda etapa do experimento, onde se simula o período de comercialização dos frutos mantendo a refrigeração (5°C) ou ocasionando a quebra da cadeia do frio (10 e 15°C) no 15º dia de armazenamento, estão expressos na Tabela 26. Houve diferença significativa na interação entre dos diferentes tipos de embalagens, dias e temperaturas de armazenamento.

Ao analisar a influência das embalagens nos teores de ácido ascórbico em uma mesma temperatura de armazenamento, percebeu-se que não houve diferença significativa entre elas, exceto no armazenamento a 15°C que no 17º dia a amostra controle diferiu das revestidas por BOPP₂₀ e BOPP₅₀, apresentando a maior média, devido, provavelmente, à maior perda de água deste tratamento e que pode ter propiciado a concentração desta vitamina nos frutos. Em estudos com morangos, Vieites et al. (2006) também não observaram a influência significativa da atmosfera modificada nos teores de ácido ascórbico do fruto.

Em geral também não houve influência significativa da temperatura de armazenamento, já que somente em dois períodos de análise percebeu-se diferença estatística entre algumas amostras. As amostras revestidas por filmes de BOPP e armazenadas a 15°C diferiram das embaladas em PVC e BOPP₂₀ mantidas a 10°C. Outra diferença semelhante foi percebida no 23º dia, onde o controle armazenado a 5°C diferiu do controle e da embalagem BOPP₅₀ acondicionados na temperatura de 10°C. Em estudos com amora-preta, fruta também muito sensível em pós-colheita, as amostras armazenadas a 20°C, apresentaram acréscimo de vitamina C total em relação às armazenadas a 2°C, os autores justificaram este acontecimento ao fato dos frutos terem perdido maior quantidade de água na temperatura mais alta, concentrando o conteúdo desta vitamina (ANTUNES et al., 2003), o que não foi observado nesse experimento. Já Brunini et al. (2004), ao estudar a influência das embalagens e da temperatura de armazenamento em jabuticabas, observou maior degradação do ácido ascórbico nas amostras armazenadas sob temperatura ambiente, o que está de acordo com este trabalho.

Tabela 26– Ácido ascórbico (mg ácido ascórbico. 100 g⁻¹ de fruto) de camu-camu armazenado em diferentes embalagens e temperaturas após 15 dias do armazenamento refrigerado (5±1°C e 90±2% UR) (valores médios ± DP, n = 4)

		Tempo de armazenamento refrigerado + armazenamento em temperatura mais elevadas (dias)				
Temperatura	Embalagem	15 + 2	15 + 4	15 + 6	15 + 8	15 + 10
5°C	Controle	1699,92 ± 100,07 Bab	1635,25 ± 106,14 Ba	1755,36 ± 152,37Ba	2254,25 ± 246,98Aa	1626,02 ± 301,74 Ba
	PVC	1949,37 ± 169,01 ABab	1524,39 ± 166,34BCa	1967,85 ± 46,50ABa	2032,52 ± 131,42Aab	1385,81 ± 177,23 Ca
	BOPP₂₀	1699,92 ± 79,83 Aab	1487,43 ± 106,14 Aa	1699,92 ± 138,27Aa	1690,69 ± 76,1 Ab	1432,00 ± 101,77 Aa
	BOPP₅₀	1958,61 ± 378,07 Aab	1653,73 ± 125,77 Aa	1940,13 ± 194,38Aa	1829,27 ± 163,8 Aab	1561,34 ± 81,94 Aa
10°C	Controle	1949,37 ± 87,32 Aab	1616,78 ± 142,73 Aa	1746,12 ± 106,14Aa	1718,40± 299,46 Ab	-
	PVC	2152,62 ± 205,48 Aa	1856,98 ± 203,25 Aa	1736,88 ± 95,42 Aa	1820,03 ± 148,97Aab	-
	BOPP₂₀	2023,28± 55,43 Aa	1820,03 ± 201,00 Aa	1699,92 ± 79,83 Aa	1912,42 ± 63,11 Aab	-
	BOPP₅₀	1820,03 ± 63,11 Aab	1773,83 ± 150,87 Aa	1801,55 ± 106,14Aa	1672,21 ± 46,50 Ab	-
15°C	Controle	2032,52 ± 274,89 Aa	1746,12 ± 76,18 Aa	-	-	-
	PVC	1967,85 ± 106,14 Aab	1616,77 ± 224,53Aa	2051,00 ± 187,22Aa	-	-
	BOPP₂₀	1515,15 ± 90,52 Ab	1570,58 ± 122,57 Aa	1838,51 ± 76,18 Aa	-	-
	BOPP₅₀	1515,15 ± 150,87 Ab	1755,36 ± 129,78 Aa	1783,07 ± 142,73Aa	-	-
CV	8,98%					

Legenda: Controle – sem embalagem, PVC - policloreto de vinil, BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientadode 20 µm de espessura,BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientadode 50 µm de espessura UR – umidade relativa, DP – desvio padrão, n – número de repetições utilizadas para a análise, CV – coeficiente de variação, (-) representa amostras descartadas por estarem impróprias para comercialização

Nota: Para cada análise, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Em relação aos dias de armazenamento, também não houve influência significativa nos teores de vitamina C para a maioria das embalagens, exceto para as amostras revestidas com PVC e conservadas a 5°C, nas quais o 23º dia diferiu do 19º e 25º dia, apresentando a maior média. Kader (1992) afirma que a modificação na atmosfera em volta dos frutos resulta numa maior retenção de ácido ascórbico, devido principalmente a menor disponibilidade de O₂ no interior da embalagem reduzindo, assim, os processos oxidativos.

Apesar de os teores de ácido ascórbico terem sofrido pouca influência pelos dias de armazenamento, nota-se uma queda em sua concentração ao longo dos dias, tanto no armazenamento a 5°C quanto naqueles em que ocorreram o aumento da temperatura após 15 dias. O último dia de armazenamento, independente da condição de embalagem e temperatura, apresentou concentração inferior nos primeiros dias. Calegaro et al. (2002) e Vieites et al. (2006), em estudo com morangos, também verificaram diminuição nos teores de vitamina C durante o armazenamento.

O fato do teor de ácido ascórbico ter sofrido pouca influencia das variáveis aplicadas pode ser justificado pela alta concentração desta vitamina nos frutos que, segundo Fennema (1985), pode contribuir favoravelmente para sua estabilidade, uma vez que quando presente em altas concentrações, a taxa de degradação deste composto é reduzida. Assim, como não se observou comportamento coerente nos teores de ácido ascórbico nas duas etapas do experimento, pode-se dizer que as pequenas diferenças apresentadas são devido à variabilidade da matéria-prima.

Os valores obtidos para este atributo concordam com aqueles citados na literatura, como por Andrade (1991) que variou de 2.490 mg. 100 g⁻¹ a 3.133 mg. 100 g⁻¹ e por Villanueva-Tibureio et al. (2010) que em estudo com frutos semi-maduro, como os utilizados neste experimento, encontraram teores de 2.050 mg. 100 g⁻¹.

4.10 Perda de massa

A perda de massa é uma das características que interfere na aceitabilidade do produto pelo consumidor, já que altera principalmente sua aparência. A análise do comportamento dos frutos, em relação a este atributo, nos diferentes tipos de embalagens e temperatura ao longo do armazenamento está representada nas Figuras 9 a 11. A Figura 9 representa a perda de massa dos frutos de camu-camu sem revestimento e com revestimento por diferentes tipos de filmes plásticos durante o armazenamento a 5±1°C e 90±2% UR ao longo de 25 dias.

Figura 9 – Perda de massa dos frutos (%) de camu-camu armazenados a $5\pm 1^\circ\text{C}$ e $90\pm 2\%$ UR ao longo de 25 dias sob diferentes tipos de embalagens. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

Nota-se que a perda de massa dos frutos foi crescente ao longo do armazenamento principalmente no controle e no PVC, que apresentaram perdas de 14,24 e 3,56%, respectivamente. Os tratamentos envolvendo os filmes de BOPP₂₀ e BOPP₅₀ apresentaram perdas de massa semelhantes durante todo o período de armazenamento e foram praticamente insignificantes, ou seja, 0,26%. Estes resultados estão de acordo com Sanches et al. (2011) que dizem que a redução da perda de massa está diretamente relacionada à taxa de transmissão de vapor d'água da embalagem. Quanto menor a taxa de transmissão, menor o déficit de pressão de vapor d'água e maior a umidade relativa no interior da embalagem, reduzindo a taxa de transpiração das frutas.

Apesar dos frutos embalados com filme BOPP terem apresentado baixíssima taxa de perda de massa, não se pode afirmar que os mesmos não tiveram perdas, já que o filme utilizado, independente da espessura, é considerado de alta barreira ao vapor d'água não permitindo a perda de umidade para o meio ambiente. Segundo Oliveira (1990) um material é considerado de alta barreira ao vapor d'água quando sua permeabilidade for inferior a $8 \text{ g/m}^2.\text{dia}^{-1}.\text{atm}^{-1}$ e a permeabilidade do filme utilizado neste experimento foi de $2,36 \text{ g/m}^2.\text{dia}^{-1}.\text{atm}^{-1}$. Desta forma, mesmo os frutos não terem apresentado alterações na casca devido à perda de água, já se mostravam impróprios para comercialização no 13º dia, devido às

alterações visuais e olfativas que indicavam o processo fermentativo dos mesmos, fato este comprovado com a análise de gases que indicou o acúmulo de CO₂ neste dia.

O controle teve a maior perda de massa em relação aos frutos revestidos com algum tipo de filme plásticos, isso por que a atmosfera modificada permite a formação de um microambiente saturado de umidade e que reduz o gradiente de pressão de vapor entre o produto e a atmosfera interna da embalagem, diminuindo assim a transpiração dos frutos (FONSECA et al., 2000; SOUSA et al., 2000). Com 15 dias de armazenamento as amostras sem revestimentos já não apresentavam uma aparência recomendável para comercialização, devido à intensa desidratação dos frutos que ocasionou o enrugamento da casca. Segundo Aked (2002) a evaporação e a não reposição da água perdida nos tecidos dos produtos hortícolas, resulta em importantes perdas de peso (valor comercial) e alterações na aparência dos frutos. Já o PVC foi o segundo tratamento a apresentar a maior taxa de perda de massa (3,56%), porém esse percentual foi insuficiente para gerar algum dano na aparência dos frutos, mantendo-os viáveis para comercialização por 25 dias.

Machado et al. (2007) e Agostini et al. (2009) ao analisarem jabuticabas armazenadas em diferentes condições de embalagens e temperaturas também observaram maior perda de massa em frutos não revestidos por filmes plásticos. Em morangos, a perda de massa também foi verificada ao longo do armazenamento por Antunes et al. (2003) e também maiores perdas foram constatadas em frutos sem atmosfera modificada por Calegaro et al. (2002). Em mangas, a perda de massa dos frutos sem atmosfera modificada foi de aproximadamente 3,5 vezes maior em relação aos embalados, o que comprovam a eficiência da utilização de filmes plásticos na manutenção da massa fresca dos frutos (YAMASHITA et al., 2001).

A maior perda de massa constatada no controle durante o armazenamento em que a temperatura se manteve a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 25 dias, também foi observada nos frutos armazenados por 15 dias a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e posteriormente transferidos para temperaturas mais elevadas como 10°C (Figura 10) e 15°C (Figura 11).

Figura 10 – Perda de massa dos frutos (%) de camu-camu armazenados a $5\pm 1^\circ\text{C}$ por 15 dias e posteriormente transferidos para temperatura de $10\pm 1^\circ\text{C}$ por 8 dias, sob diferentes tipos de embalagens. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Figura 11 – Perda de massa dos frutos (%) de camu-camu armazenados a $5\pm 1^\circ\text{C}$ por 15 dias e posteriormente transferidos para temperatura de $15\pm 1^\circ\text{C}$ por 8 dias, sob diferentes tipos de embalagens. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Os frutos de camu-camu sem revestimento de filmes plásticos apresentaram as seguintes perdas de massa após 23 dias de armazenamento em diferentes condições de temperatura: 14,24% (23 dias a 5°C), 9,89% (15 dias a 5°C + 8 dias a 10°C) e 9,51% (15 dias a 5°C + 8 dias a 15°C). A queda das taxas de perda de massa foi percebida em todas as embalagens à medida que se elevou a temperatura de armazenamento, o mesmo ocorreu com morangos, observado por Agostini, em que a perda de massa dos frutos revestidos com PVC e armazenados a temperatura ambiente tiveram perda de 2,3%, enquanto que os mantidos sob refrigeração tiveram perdas de 3,6% (AGOSTINI et al., 2009).

Segundo Jeronimo e Kaneshiro (2000) e Lima e Durigan (2000), em ambiente refrigerado a temperatura mais baixa reduz o metabolismo do fruto e consequentemente ocorre menor perda de massa, o que não se observou neste experimento, provavelmente devido à ocorrência de condensação de água sobre os frutos e no interior dos filmes, após a transferência das amostras para temperaturas mais elevadas e que assim podem ter se somado ao peso real dos frutos.

Em uvaia, fruta também pertencente a família das Mirtaceas, a perda de massa foi menor quando se associou a utilização de embalagens com a refrigeração, em relação àquelas mantidas a temperaturas mais elevadas, pois proporcionou uma taxa transpiratória menor nos frutos devido à maior umidade relativa no ambiente (SCALON et al., 2004). Em frutos de amoreira-preta, durante sua conservação sob atmosfera modificada, também foi constatada menor perda de massa no armazenamento a 2°C em relação à temperatura de 20°C (ANTUNES et al., 2003). Hoffmann et al. (1994) em trabalho com feijoa, no qual mantiveram a fruta por 15 dias a 5°C e depois simularam a comercialização com a quebra da cadeia do frio, observaram que a temperatura de armazenamento está diretamente ligada com a velocidade de deterioração do produto e que as taxas de diárias de perda de massa foram maiores nos períodos em que se utilizou as maiores temperaturas.

4.11 Concentração de O₂ e CO₂

Para analisar o comportamento da atmosfera em torno dos frutos revestidos com diferentes tipos de filmes e armazenados sob diferentes condições de temperatura, fez-se um estudo de regressão (Figuras 12, 13 e 14).

No armazenamento a 5±1°C (Figura 12) a concentração gasosa no interior das embalagens revestidas por filme de PVC foi constante ao longo do armazenamento, ficando em torno de 2,62% de CO₂. Já os níveis de O₂ apresentaram queda até o 9º dia de armazenamento, queda esta, muito inferior em relação à das outras embalagens.

O acondicionamento do camu-camu em BOPP₂₀ e BOPP₅₀ causou redução nos níveis de O₂ e rápido acúmulo de CO₂ até o 15º dia de armazenamento refrigerado (5±1°C), o que pode ser justificado pela menor permeabilidade deste filme a esses gases. Com isso, estas amostras apresentaram, com 13 dias de armazenamento, o estufamento da embalagem, exsudação dos frutos e odor característico de etanol, indicando a ocorrência de condições anaeróbicas. Este fato pode ser comprovado pelas baixas concentrações de O₂ presente na atmosfera ao redor dos frutos, que foi de 5,18% para BOPP₂₀ e 4,64% para BOPP₅₀ neste dia. Após o 15º dia de armazenamento, a concentração de CO₂ começa a cair novamente, provavelmente devido à senescência dos frutos e degradação das células.

Segundo Edagi e Kluge (2009) concentrações inferiores a 5% de oxigênio diminuem significativamente a respiração aeróbica dos frutos e se estes níveis atingirem concentrações baixas, ou seja, inferiores a 1%, a taxa de produção de dióxido de carbono aumenta abruptamente. Os frutos em condições de anaerobiose elevam a produção de acetaldeído que em altas concentrações tornam-se tóxicos para células vegetativas, assim, por meio adaptativo, ele é rapidamente transformado em uma substância menos tóxica, o etanol, através da enzima álcool dehidrogenase (HRIBAR et al., 2000). Segundo Saquet e Streif (2000) tanto o acetaldeído quanto o etanol podem desencadear o surgimento de degenerescência da polpa dos frutos além da formação de sabores e odores alcoólicos, não característicos dos frutos.

Condições semelhantes foram encontradas por Sanches et al. (2011), que em estudo de conservação de nêspera sob atmosfera modificada e refrigeração, observaram baixos níveis de O₂ na atmosfera interna das amostras revestidas com polipropileno e polietileno de baixa densidade constatando, assim, odores característicos de etanol e incidência de injúrias nos frutos, como presença de manchas escuras na casca.

Figura 12 – Concentração (%) de O₂ e CO₂ no interior de diferentes tipos de embalagens com camu-camu, durante o armazenamento 5±1°C e 90±2% UR, por 23 dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5), PVC (policloreto de vinil), BOPP₂₀ (polipropileno biaxialmente orientado de 20 µm de espessura), BOPP₅₀ (polipropileno biaxialmente orientado de 50 µm)

O comportamento da composição gasosa (O_2 / CO_2) no interior das amostras mantidas a $5\pm 1^\circ C$ por 15 dias e posteriormente transferidas para temperatura de $10\pm 1^\circ C$ se encontra na Figura 13.

As amostras revestidas por filme de PVC sofreram poucas mudanças em sua composição atmosférica durante o armazenamento a $5\pm 1^\circ C$, porém com a transferência para uma temperatura mais elevada no 15º dia, percebeu-se um aumento na concentração de CO_2 . Para Exama et al. (1993), o aumento da temperatura ocasiona o aumento da respiração dos frutos e também afeta a permeabilidade dos filmes, porém a mudança destes fatores não são proporcionais. O índice Q_{10} , ou seja, aumento relativo da velocidade de reação química ou processo biológico, provocado pelo aumento de temperatura de $10^\circ C$ não é proporcional entre produto e embalagem (TERUEL, 2008). Enquanto o fator Q_{10} para respiração para a maioria dos produtos, entre $0^\circ C$ e $10^\circ C$, está entre 2 e 3, os valores Q_{10} para permeabilidade a O_2 e CO_2 da maioria dos filmes está entre 1 e 2. Desta forma, o melhor filme para uma determinada temperatura pode não ser para outra, e a atmosfera anaeróbia pode ser produzida quando o produto embalado for exposto a altas temperaturas durante armazenamento e distribuição.

Já em relação às amostras revestidas com filme de BOPP, independente da espessura, o comportamento foi semelhante às amostras mantidas sob refrigeração ($5\pm 1^\circ C$) durante todo o armazenamento, ou seja, a menor permeabilidade deste filme em relação ao de PVC, ocasionou redução nos níveis de O_2 e rápido acúmulo de CO_2 . Porém, é possível notar que, mesmo havendo acúmulo de CO_2 nos dois tipos de armazenamento, a temperatura mais baixa manteve o metabolismo dos frutos mais lento, já que no 17º dia a composição gasosa no filme BOPP₅₀ no armazenamento a $5\pm 1^\circ C$ era de 9,32% de O_2 e 17,58% de CO_2 enquanto que no armazenamento a $10\pm 1^\circ C$ as concentrações foram 5,30% de O_2 e 19,84% de CO_2 .

Notou-se, portanto, que as amostras revestidas pelos filmes de menor permeabilidade aos gases já estavam condenadas visualmente no 15º dia de armazenamento, mesmo assim acompanhou-se o comportamento da atmosfera gasosa das mesmas até o 23º dia, período no qual as amostras revestidas por PVC estavam impróprias para o consumo, por apresentarem amolecimento excessivo e alta incidência de fungos nos frutos.

Figura 13 – Concentração (%) de O₂ e CO₂ no interior de diferentes tipos de embalagens com camu-camu armazenado 15 dias a 5±1°C e posteriormente transferido para o armazenamento a 10±1°C por mais 8 dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5), PVC (policloreto de vinil), BOPP₂₀ (polipropileno biaxialmente orientado de 20 µm de espessura), BOPP₅₀ (polipropileno biaxialmente orientado de 50 µm)

Na Figura 14 é possível observar o comportamento das amostras que ficaram primeramente armazenadas a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 2\%$ UR por 15 dias e que posteriormente foram transferidas para temperatura mais elevada, simulando a quebra da cadeia do frio durante a comercialização dos frutos, sendo expostos a uma temperatura de $15\pm 1^{\circ}\text{C}$.

As amostras revestidas pelos filmes de BOPP₂₀ e BOPP₅₀ tiveram comportamento semelhante aos demais tipos de armazenamento, ou seja, no qual se manteve a temperatura de $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ por todo período de conservação (25 dias) e no qual se elevou a temperatura para $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ após 15 dias de refrigeração. No entanto, a redução de O_2 e o acúmulo de CO_2 ocorreram de forma muito mais intensa com a elevação da temperatura de armazenamento. Segundo Lange (2000), durante o período de conservação dos frutos a variação de temperatura pode promover uma atmosfera indesejável devido à oscilação no metabolismo do produto, ou devido à alteração na taxa de permeabilidade do filme utilizado. Essas variações ocorrem em diferentes intensidades e, portanto, é importante que se mantenha uma atmosfera desejável dentro de uma determinada faixa de temperatura.

O nível de oxigênio na embalagem BOPP₂₀ teve queda de 18,26 para 3,48% ao longo dos 23 dias de conservação, já o nível de CO_2 elevou-se de 2,58 para 19,56%. Na embalagem de BOPP₅₀, a redução de O_2 foi ainda maior, ou seja, de 18,42% no início do armazenamento, caiu para 0,46% e o nível de CO_2 elevou de 2,48 para 30,20%. As amostras revestidas com filme de PVC tiveram menor oscilação na composição gasosa, o nível de O_2 variou lentamente de 18,72 para 14,16%, e o nível de CO_2 elevou de 1,86 para 4,06%.

Com a elevação da temperatura para 15°C no 15º dia de armazenamento, percebeu-se um pico na concentração de CO_2 em todas as embalagens, indicando a elevação do processo respiratório dos frutos. Carrillo et al. (2011) e Pinto (2012) em camu-camus armazenados em diferentes condições de temperatura, também observaram produção de CO_2 superior nos frutos acondicionados em temperaturas mais elevadas que 5°C . Tal resultado comprova a importância de se manter uma baixa temperatura em toda cadeia de comercialização, uma vez que a redução do processo respiratório influencia diretamente o tempo de vida-de-prateleira do produto. Segundo Kluge et al. (1995), após a retirada do fruto do armazenamento refrigerado, ocorre aceleração no metabolismo devido à elevação nas taxas de respiração e transpiração culminando com a senescência e morte do produto.

Visualmente, as amostras revestidas por filmes de BOPP e armazenadas a 5°C por 15 dias e posteriormente transferidas para a temperatura de 15°C , se mostraram impróprias para a comercialização com 15 dias já que os níveis de O_2 estavam abaixo de 5% neste período, indicando a fermentação e consequentemente a perda das características típicas do produto. Já

as amostras com filme de PVC nestas condições, foram condenadas com 17 dias, pois apesar de não terem apresentado fermentação dos frutos, houve perda excessiva da firmeza e coloração dos mesmos, além da incidência fungica.

Figura 14 – Concentração (%) de O₂ e CO₂ no interior de diferentes tipos de embalagens com camu-camu armazenado 15 dias a 5±1°C e posteriormente transferido para o armazenamento a 15±1°C por mais 8 dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5), PVC (policloreto de vinil), BOPP₂₀ (polipropileno biaxialmente orientado de 20 µm de espessura), BOPP₅₀ (polipropileno biaxialmente orientado de 50 µm)

Não foi possível obter o equilíbrio da atmosfera gasosa no interior das embalagens avaliadas, principalmente nas revestidas por BOPP devido à sua menor permeabilidade. A designação de uma atmosfera modificada ótima para cada produto é extremamente difícil, já que, segundo Saltveit (2003), no mínimo seis variáveis associadas ao produto precisam estar estabelecidas, como a atmosfera interna da embalagem, duração de armazenamento, temperatura de conservação, umidade relativa, concentrações de O₂, CO₂ e etileno além das características do filme como espessura, taxas de permeabilidade a gases e ao vapor d'água.

4.12 Concentração de Etileno

O comportamento da concentração de etileno no interior das embalagens revestidas com filmes plásticos ao longo do armazenamento está representado nas Figuras de 15 a 17.

Os frutos revestidos por filme de PVC apresentaram um aumento na concentração de etileno após o 15º dia de armazenamento, com a elevação da temperatura para 10 e 15±1°C (Figura 15). Em relação ao armazenamento a 5°C, a concentração de etileno foi mais baixa e praticamente constante após o 15º dia, o que justifica a menor perda de firmeza dos frutos mantidos nestas condições, já que a maioria das alterações fisiológicas pós-colheita de frutos é influenciada, direta ou indiretamente, pelo etileno.

Figura 15 - Concentração de etileno no interior da embalagem de PVC (Policloreto de vinil) contendo frutos de camu-camu armazenados a 5°C por 25 dias e armazenados a 5°C por 15 dias e posteriormente transferidos para temperaturas de 10 e 15±1°C

As embalagens revestidas por filmes de menor permeabilidade, ou seja, pelo BOPP₂₀ e BOPP₅₀, apresentaram maior concentração de etileno em seu interior em relação às revestidas por PVC. Após o 15º dia de armazenamento, momento em que ocorreu a quebra de temperatura para algumas amostras (10 e 15°C), houve queda brusca na concentração deste hormônio dentro da embalagem revestida por BOPP₂₀ (Figura 16). Este fato pode ser associado à elevada concentração de CO₂ presente na embalagem neste mesmo período, molécula que é concorrente pelo mesmo sítio ativo do etileno (NEVES et al., 2009).

Figura 16 - Concentração de etileno no interior da embalagem de BOPP₂₀ (Polipropileno biaxialmente orientado de 20 µm de espessura) contendo frutos de camu-camu armazenados a 5°C por 25 dias e armazenados a 5°C por 15 dias e posteriormente transferidos para temperatura de 10 e 15±1°C

As embalagens revestidas com filmes de BOPP₅₀, apesar de terem apresentado concentrações mais elevadas de etileno em seu interior como a BOPP₂₀, tiveram comportamento semelhante aos da revestidas por PVC após a transferência das amostras para temperatura mais elevada de 15°C, ou seja, apresentaram aumento na concentração deste hormônio com a elevação da temperatura (Figura 17).

Figura 17 - Concentração de etileno no interior da embalagem de BOPP₂₀(Polipropileno biaxialmente orientado de 50 µm de espessura) contendo frutos de camu-camu armazenados a 5°C por 25 dias e armazenados a 5°C por 15 dias e posteriormente transferidos para temperatura de 10 e 15± °C

Percebeu-se nas embalagens de PVC e BOPP₅₀, com a elevação da temperatura de 5°C para 15°C, houve aumento na concentração de etileno a partir do 17º dia de armazenamento. Segundo Yahg e Hoffman (1984) a síntese do etileno pode ser induzida por fatores externos como elevação da temperatura e injúrias mecânicas, promovendo sua atuação em sítios específicos nas células, usualmente ativando ou inibindo enzimas do ciclo metabólico dos tecidos. Desse modo, a elevada concentração de etileno no interior das embalagens acondicionadas nas temperaturas mais altas proporcionou a aceleração do metabolismo celular, aumentando a produção de CO₂ e consequentemente reduzindo a vida útil dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

4.13 Incidência de podridão

Ao longo do armazenamento em temperatura de refrigeração (5°C), não houve incidência de podridão nos frutos acondicionados em filmes de BOPP. Já as amostras do controle tiveram incidência de podridão a partir do 21º dia e as revestidas com PVC somente apresentaram incidência a partir do 23º dia (Figura 18). Segundo Donazzolo et al. (2003) a patogenicidade causada por microrganismos, como fungos e bactérias, depende de condições

adequadas para se manifestar, desta forma, a baixa temperatura da câmara de refrigeração deve ter impedido o surgimento de doenças neste período.

Figura 18 – Incidência de podridão em camu-camus acondicionados em diferentes tipos de embalagens e mantidos a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ e $90 \pm 2\%$ UR por 25 dias (Controle – frutos sem revestimentos; PVC - policloreto de vinil)

A transferência de algumas amostras, após 15 dias de armazenamento a 5°C , para temperaturas mais elevadas ocasionou, em 24 horas, incidência de podridão e deterioração nos frutos. Com a transferência das amostras para a temperatura de 10°C houve incidência de podridão no tratamento controle já no 19º dia (Figura 19), já para temperatura de 15°C a incidência iniciou-se no 17º dia (Figura 20). Como durante a retirada da câmara a 5°C os frutos estavam em condições adequadas, pode-se dizer que a utilização de baixas temperaturas até o momento do consumo é imprescindível. Além disso, com a elevação da temperatura de armazenamento houve a condensação de água no interior dos filmes, que segundo Sarantópoulos et al. (1996) pode favorecer o crescimento de fungos e aumentar os problemas devido a doenças. Pinto (2012) também observou maior incidência de podridão nos frutos de camu-camu armazenados em temperaturas elevadas, sendo mais evidente a antracnose, causada por fungos do gênero *Colletotrichum*, a principal doença pós-colheita desta fruta.

Figura 19 – Incidência de podridão em camu-camus acondicionados em diferentes tipos de embalagens e mantidos a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ e $90 \pm 2\%$ UR por 15 dias e posteriormente transferidos para temperatura de $10 \pm 1^\circ\text{C}$ por mais 8 dias (Controle – frutos sem revestimentos; PVC - policloreto de vinil; BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientado de 20 μm de espessura; BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientado de 50 μm de espessura)

Figura 20 – Incidência de podridão em camu-camus acondicionados em diferentes tipos de embalagens e mantidos a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ e $90 \pm 2\%$ UR por 15 dias e posteriormente transferidos para temperatura de $15 \pm 1^\circ\text{C}$ por mais 8 dias (Controle – frutos sem revestimentos; PVC - policloreto de vinil; BOPP₂₀- polipropileno biaxialmente orientado de 20 μm de espessura; BOPP₅₀- polipropileno biaxialmente orientado de 50 μm de espessura)

Apesar de não ter ocorrido incidência de podridão nas amostras revestidas com filme de BOPP até o 23º dia a 5°C , e ainda ter apresentado menor porcentagem de incidência no armazenamento a 10 e a 15°C , as mesmas já estavam impróprias para comercialização com

15 dias de armazenamento em todas as temperaturas devido às alterações aparentes nos frutos como: perda da cor característica do camu-camu, amolecimento da polpa, exsudação e presença de odor desagradável devido ao processo fermentativo. A menor incidência de podridão neste tipo de embalagem, possivelmente, foi decorrente do acúmulo de CO₂ em seu interior, já que este filme, em relação ao de PVC, possui menor permeabilidade a este gás que, por sua vez, possui ação fungistática. Van der Stenn et al. (2002) verificaram que as altas concentrações de CO₂ no armazenamento de morangos foram eficientes na redução de perdas causadas por patógenos.

5 CONCLUSÕES

- A manutenção da temperatura a 5°C e umidade relativa de 90±2% durante todo o armazenamento foi importante para conservação pós-colheita do camu-camu, visto que nessas condições os frutos sofrem menores alterações, nas qualidades físicas e químicas.
- O armazenamento a 5°C e 90±2% de UR, associado à embalagem de PVC, possibilitou o aumento da vida útil dos frutos com maior conservação das qualidades químicas e físicas, por 23 dias. O BOPP não é aconselhável para armazenamento além de 13 dias, pois não impede a descoloração da casca, amolecimento e exudação da polpa devido ao processo fermentativo.
- Quanto à viabilidade de exportação dos frutos de camu-camu *in natura* por transporte marítimo, concluiu-se que é possível somente se o período de transporte para o local de destino, mais o de comercialização, não ultrapassar 23 dias e ainda se realizado à temperatura de 5°C e 90±2% de UR e associado à utilização de filmes de PVC.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C.M.P.; CARVALHO, V.D. de; GONÇALVES, N.B. Cuidados pós-colheita e qualidade do abacaxi para exportação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 195, p. 70-72, 1998.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/IN/09_02.htm>. Acesso em: 03 nov. 2011.
- AGOSTINI, J.S.; CÂNDIDO, A.C.S.; TEODÓSIO, T.K.C.; RODRIGUES, J.N.; GARCETE, G.J.; SCALON, S.P.Q. Atmosfera modificada e condições de armazenamento nas características físico-químicas de jaboticabas da cultivar ‘paulista’. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2601–2608, 2009.
- AKED, J. Maintaining the postharvest quality of fresh fruits and vegetables. In: JONGEN, W. (Ed.). **Fruit and vegetable processing: improving quality**. Boca Raton: CRC Press, 2002. p.395.
- ALBIRICI, T.R.; PESSOA, J.D.C.; FORIM, M.R. **Efeitos das variações de pH e da temperatura sobre as antocianinas em polpa de açaí**: estudos espectrofotométricos e cromatográficos. São Carlos: EMBRAPA, 2006. 5 p. (Comunicado Técnico, 78).
- ALVES, R.E.; BORGES, M.F.; MOURA, C.F.H. Camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh). In: _____. **Caracterização de frutas nativas da América Latina**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. p. 23-26.
- 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 vitamina C. **Interamerican Society For Tropical Horticulture**, Amherst, v. 46, p. 11-13, 2002.
- ALVES, R.M.V.; SIGRIST, J.M.M.; PADULA, M. Atmosfera modificada em mangas “Tommy Atkins”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 20, n. 2, p. 220-228, 1998.
- AMARAL, J. Vitórias e desafios: exportação marítima. **Revista Frutas e Derivados**, São Paulo, ano 1, p. 16, 2006.
- AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.A.; DUCROQUET, J.P.H.J.; SASSO, A. Qualidade de goiaba – serrana em resposta à temperatura de armazenamento e ao tratamento com 1 – metilciclopropeno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 12, p. 1683-1689, 2008.
- ANDRADE, J.S. **Curvas de maturação e características nutricionais do camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh) cultivado em terra firme na Amazônia Central Brasileira**. 1991. 177 p. Dissertação (Doutor em Ciências de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

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, v. 370, n. 9, p. 177-180, 1995.

ANDRADE, J.S.; GALEZI, M.A.M.; ARAGÃO, C.G.; CHAVEZ-FLORES, W.B. Valor nutricional do camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) cultivado em terra firme na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, n. 3, p. 307–311, 1991.

ANDRADE, R.A.; JESUS, N.; MARTINS, A.B.G. Embebição e germinação de sementes de camu-camu. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 499–501, 2006.

ANGUIZ, R. **Estratégias para el mejoramiento genético del camu camu (*Myrciaria dubia* HBK) em la Amazônia Peruana.** Disponível em: <<http://www.ecoportal.net/content/view/full/21089>>. Acesso em: 17 dez. 2012.

ANTUNES, L.E.C.; DUARTE FILHO, J.; SOUZA, C.M. Conservação pós-colheita de frutos de amora-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 3, p. 413-419, 2003.

ANUÁRIO brasileiro da fruticultura. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2012. 132 p.

ARÉVALO PINEDO, R. **Manutenção dos atributos de qualidade do camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) desidratado, durante armazenamento.** 2002. 115 p. Tese (Mestrado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

_____. **Estudo da estabilização da polpa de Camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) congelada visando à manutenção de ácido ascórbico e de antocianinas.** 2007. 155 p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

ASSIS, S.A.; LIMA, D.C.; OLIVEIRA, O.M.M.F. Activity of pectin methylesterase, pectin content and vitamin C in acerola fruit at various stages of fruit development. **Food Chemistry**, London, v. 74, n. 2, p. 133-137, 2001.

ASSIS, S.A.; VELLOSO, 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.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International.** 18th ed. Washington, 2005. 3000 p.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos.** São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.

AZEVEDO, S.M.C. **Estudos de taxas de respiração e de factores de qualidade na conservação de morango fresco (*Fragaria x ananassa* Duch.).** 2007. 201 p. Dissertação (Mestre em Ciência do Consumo Alimentar) - Universidade Aberta, Brasília, 2007.

BÁEZ-SAÑUDO, R.; BRINGAS, T.E.; GONZÁLES, A.G.; OJEDA, C.J.; MENDOZA, W.A.; RAMOS, C.G. Evaluación de películas comestibles sobre la vida postcosecha del mango. **Proceedings of the International Society of Tropical Horticulture**, Miami, v. 41, p. 172-178, 2001.

BARCELAR-LIMA, C.G. **Estudo da biologia reprodutiva, morfologia e polinização aplicados à produção de frutos de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) adaptadas à terra firme da Amazônia Central, Brasil.** 2009. 121 p. Tese (Doutorado em Botânica) - Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Amazonas, 2009.

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.

BENDER, R.J.; PEZZI, E.; LEÃO, M.L.; CASALI, M.E. Armazenagem de morangos cv. Camarosa d cv. Verão em atmosfera modificada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p.285–292, 2010.

BIESALSKI, H.K.; DRAGSTED, L.O.; ELMADFA, I.; GROSSKLAUS, R.; MULLER, M.; SCHRENK, D.; WALTER, P.; WEBER, P. Bioactive compounds: safety and efficacy. **Nutrition**, New York, v. 26, n. 11, p. 1206-1211, 2009.

BORDIN, M.R. Embalagens para frutas. In: SILVA, J.A.A. da; DONADIO, L.C. (Ed.). **Pós-colheita de citrus**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. p. 33-43.

BRACKMANN, A.; STEFFENS, C.A.; GIEHL, R.F.H. Armazenamento de pêssego Chimarrita em atmosfera controlada e sob absorção de etileno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 431-435, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. **Alimentos regionais brasileiros**. Brasília, 2002. 140 p.

BRECHT, J.K.; CHAU, A.; FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.F.M.; SILVA, F.; NUNES, C.; BENDER, J. Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 27, n. 1, p. 87-101, 2003.

BRODY, A.L. **Envasado de alimentos en atmosferas controladas, modificadas y vacio**. Zaragoza: Acribia, 1996. 220 p.

BRUNINI, M.A.; OLIVEIRA, A.L.; SALANDINI, C.A.R.; BAZZO, F.R. Influência de embalagens e temperatura no armazenamento de jaboticabas (*Myrciaria jaboticaba* (Vell) Berg) cv. 'Sabará'. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 378–383, jul./set. 2004.

BUENO, S.M.R.V.; GRACIANO, R.A.S.; FERNANDES, E.C.B.; GARCIA-CRUZ, C.H. Avaliação da qualidade de polpas de frutas congeladas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 62, n. 2, p. 121-126, 2002.

CALEGARO, J.M.; PEZZI, E.; BENDER, R.J. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1049-1055, 2002.

CAMPOS, J.T.; HASEGAWA, P.N.; PURGATTO, E.; LAJOLO, F.; CORDENUNSI, B.R. Qualidade pós-colheita de nêspera submetida ao armazenamento sob baixa temperatura e atmosfera modificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 401-407, abr./jun. 2007.

CANTILLANO, R.F.F.; CASTAÑEDA, L.M.F.; ALMEIDA, G.V.B.; WATANABE, H.S.; **Produção integrada de pêssegos: manuseio pós-colheita e logística**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 41 p.

CARPENTIERI-PIPOLO, V.; PRETE, C.E.C.; GONZÁLEZ, M.G.N.; POPPER, I.O.; BRUEL, D.C.; DIAS, A.M. Novos cultivares de acerola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15., 1998, Poços de Caldas. **Resumos...** Lavras: SBF, 1998. p. 56.

CARRARO, A.F.; CUNHA, M.M. **Manual de exportação de frutas**. Brasília: MAARA – SDR – FRUPEX; IICA, 1994. 254 p.

CARRILLO, M.P.; HERNANDEZ, M.S.; CARDONA, J.E.C.; BARRERA, J.; MARTINEZ, O.; FERNANDEZ-TRUJILLO, J.P. Prolonging postharvest quality of camu-camu (*Myrciaria dubia* h.b.k.) as the first step in the commercial chain. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 906, p. 31-36, 2011.

CARVALHO, V.D. de. Qualidade e conservação pós-colheita de goiabas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 179, p. 48-54, 1994.

CENGEL, Y.A. **Heat transfer: a practical approach**. New York: McGraw-Hill, 1994. 1006 p.

CERQUEIRA-PEREIRA, E.C. **Caracterização e comparação de sistemas de embalagem e transporte de mamão “solo” destinado ao mercado nacional**. 2009. 116 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

CHAGAS, E.A.; BACELAR-LIMA, C. G.; CARVALHO, A.S.; RIBEIRO, M.I.G.; SAKAZAKI, R.T.; NEVES, L.C. Propagação do camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh). **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 6, n. 1, p. 67-73, 2012.

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

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL; FAEPE, 1990. 293 p.

_____. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CIA, P. **Efeito da atmosfera modificada no controle de podridões pós-colheita e na qualidade de caqui cv. Fuyu**. 2002. 132 p. Dissertação (Mestre em Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2002.

CIA, P.; BRON, U.I.; VALENTINI, S.R.T.; PIO, R.; CHAGAS, E.A. Atmosfera modificada e refrigeração para conservação pós-colheita da amora-preta. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 11-16, 2007.

COELHO, A.H.R. Qualidade pós-colheita de pêssegos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 180, p. 31-39, 1994.

CONCEIÇÃO, M.P.J. **Cinética da degradação térmica de antocianinas em suco de acerola (*Malpighia glabra* L.)**. 1997. 59 p. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

COOKE, J.R.; MOXON, R.E.D. The detection and measurement of vitamin C. In: COUNSELL, J.N.; HORNING, D.H. **Vitamin C: ascorbic acid**. London: Applied Science, 1981. p. 167-169.

CORREA, S.I.; ZAMUDIO, L.B.; SOLÍS, V.S.; CRUZ, C.O. Contenido de vitamina C en frutos de camu-camu *Myrciaria dúbia* (H.B.K) Mc Vaugh, en cuatro estados de maduración, procedentes de la colección de germoplasma del INIA Loreto, Perú. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v. 2, n. 3, p. 123-130, 2011.

DAIUTO, E.; VIEITES, R.; MORAES, M.; EVANGELISTA, R. Qualidade pós-colheita de frutos de jaboticaba tratada por hidrotermia. **Agronomía Tropical**, Maracay, v. 60, n. 3, p. 231-240, 2010.

DETONI, A.M.; CLEMENTE, E.; BRAGA, G.C.; HERZOG, N.F.M. Uva “Niágara Rosada” cultivada no sistema orgânico e armazenada em diferentes temperaturas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 546-552, 2005.

DIMITRIOS, B. Sources of natural phenolic antioxidants. **Trend in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 17, n. 9, p. 505-512, 2006.

DONADIO, L.C.; MORO, F.V.; SERVIDONE, A.A. **Frutas brasileiras**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 288 p.

DONAZZOLO, J.; HUNSCH, M.; BRACKMANN, A.; WACLAWOVSKY, A.J. Utilização de filmes de polietileno de baixa densidade (PEBD) para prolongar a vida pós-colheita de morangos, cv. Oso Grande. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 165-172, 2003.

EDAGI, F.K.; KLUGE, R.A. Remoção de adstringência de caqui: um enfoque bioquímico, fisiológico e tecnológico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 585-594, 2002.

EIBOND, L.S.; REYNERTSON, K.A.; LUO, X.D.; BASILE, M.J.; KENNELLY, E.J. Anthocyanin antioxidants from edible fruits. **Food Chemistry**, Barking, v. 84, n. 1, p. 23-28, 2004.

EXAMA, A; ARUL, J.; LENCKI, R.; LI, Z. Suitability of various plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: gas transfer properties and effect of temperature fluctuations. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 343, n. 39, p. 175-180, 1993.

FENNEMA, O.R. **Food chemistry**. New York: Mercel Decker, 1985. 991 p.

FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; LINO, I.B.M.; BRECHT, J.K.; CHAUD, K.V. Modelling O₂ and CO₂ exchange for development of perforation-mediated modified atmosphere packaging. **Journal of Food Engineering**, London, v. 43, n. 1, p. 9-15, 2000.

FIGUEIREDO, R.W.; LAJOLO, F.M.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C.; MAIA, G.A.; SOUSA, P.H.M. Qualidade de pedúnculos de caju submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e armazenados sob refrigeração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 475-482, 2007.

FONTES, R.V.; SANTOS, M.P.; FALQUETO, A.R.; SILVA, D.M. Atividade da pectinametilesterase e sua relação com a perda de firmeza da polpa de mamão cv. Sunrise solo e Tainung. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, p. 54-58, 2008.

FRANCIS, F.J. Food colorants: anthocyanins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Amherst, v. 28, n. 4, p. 273-314, 1989.

GALVANO, F.L.A.; FAUCI, L.; LAZZARINO, G.; FOGLIANO, V.; RITIENI, A.; CIAPPELLANO, S. Cyanidins: metabolism and biological properties. **Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 15, n. 1, p. 2-11, 2004.

GARZÓN, G.A. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. **Acta Biológica Colombiana**, Bogotá, v. 13, n. 3, p. 27-36, 2008.

GAVINHO, C.A. **Efeitos da adubação foliar na produção de frutos e na concentração de ácido ascórbico do camu-camu (*Myrciaria dúbia* (H.B.K) Mc Vaugh) em condições de terra firme**. 2005. 54 p. Tese (Mestre em Ciências) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2005.

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.

HARBORNE, J.B. **The flavonoids**: advanced in research since 1986. 5th ed. New York: Chapman, 1994. 676 p.

HARKER, R.F.; ELGAR, J.H.; WATKINS, B.C.; JACKSON, J.P.; HALLETT, C.I. Physical and mechanical changes in strawberries after high carbon dioxide treatments. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 19, n. 2, p. 139-146, 2000.

HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, R.A.; KLUGE, A.B.; BILHALVA, A.B. Influência da temperatura e do polietileno no armazenamento de frutos de goiabeira serrana (*Feijoa sellowiana* Berg.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 563-568, 1994.

HOJO, E.T.D.; DURIGAN, J.F.; HOJO, R.H. Uso de embalagens plásticas e cobertura de quitosana na conservação pós-colheita de lichias. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. especial, p. 377-383, 2011.

HONÓRIO, S.L.; MORETTI, C.L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: EMBRAPA, 2002. 428 p.

HONORIO, S.L.; BENEDETTI, B.; LEAL, P.A.M. Pós-colheita de produtos perecíveis. In: CONGRESSO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 18., 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2001.

HRIBAR, J.; ZAVRTANIK, M.; SIMCIC, M.; VIDRIH, R. Changes during storing and astringency removal of persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.). **Acta Alimentaria**, Budapest, v. 29, n. 2, p. 123-136, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Ecossistemas brasileiros: Amazônia**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/ecossistemas/amazonia.htm>>. Acesso em: 03 out. 2012.

JACXSENS, L.; DEVLIEGHERE, F.; DE RUDDER, T.; DEBEVERE, J. Designing equilibrium modified atmosphere packages for fresh-cut vegetables subjected to changes in temperature. **Food Science and Technology**, London, v. 33, n. 3, p. 178-187, 2000.

JERONIMO, E.M.; KANESIRO, M.A.B. Efeito da associação de armazenamento sob refrigeração e atmosfera modificada na qualidade de mangas ‘Palmer’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 237-243, 2000.

JERONIMO, E.M.; BRUNINI, M.A.; ARRUDA, M.C.; CRUZ, J.C.S.; FISCHER, I.H.; GAVA, G.J.C. Conservação pós-colheita de mangas “Tommy Atkins” armazenadas sob atmosfera modificada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 417-426, 2007.

JUSTI, K.C.; VISENTAINER, J.V.; 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.

KADER, A.A. Ethylene-induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. **HortScience**, Alexandria, v. 20, n. 1, p. 54-57, 1985.

_____. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n. 5, p. 99-104, 1986.

_____. **Postharvest technology of horticultural crops**. 2nd ed. Oakland: University of California, 1992. 296 p.

_____. Advances in controlled atmosphere applications for quality maintenance of fresh fruits. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: UFLA, 1998. p. 136-150.

KADER, A.A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E.L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, West Palm Beach, v. 28, n. 1, p. 1-30, 1989.

KASHYAP, D.R.; VOHRA, P.K.; CHOPRA, S.; TEWARI, R. Applications of pectinases in the commercial sector: a review. **Bioresource Technology**, Essex, v. 77, n. 3, p. 215-227, 2001.

KENDE, H. Ethylene biosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology**, Palo Alto, v. 44, p. 283-307, 1993.

KLUGE, R.A.; CANTILLANO, R.F.F.; BILHALVA, A.B. Colapso de polpa em ameixa 'Santa Rosa' armazenadas em diferentes regimes de temperatura. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 3, n. 3, p. 125-130, 1997.

KLUGE, R.A.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.; BILHALVA, A.B. Qualidade de ameixas (*Prunus salicina*, Lindl.) 'Reubennel' após armazenamento refrigerado. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 3, p. 476-481, 1995.

KUSKOSKI, E.M.; ASUERO, A.G.; GARCÍA-PARILLA, M.C.; TRONCOSO, A.M.; FETT, R. Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 691-693, 2004.

LANA, M.M.; FINGER, F.L. **Atmosfera modificada e controlada: aplicação na conservação de produtos hortícolas**. Brasília: EMBRAPA, 2000. 34 p.

LANGE, D.L. New film technologies for horticultural commodities. **HortTechnology**, Alexandria, v. 10, n. 3, p. 487-490, 2000.

LIMA, M.A.; DURIGAN, J.F. Conservação de goiaba 'Pedro Sato' associando-se refrigeração com diferentes embalagens plásticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 232-236, 2000.

MACHADO, N.P.; COUTINHO, E.F.; CAETANO, E.R. Embalagens plásticas e refrigeração na conservação pós-colheita de jaboticabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 166-168, 2007.

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* Mc Vaugh). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 70-74, 2006.

_____. Estabilidade de ácido ascórbico e antocianinas em néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 313–317, 2007.

MAHAN, L.K.; ESCOTT-STUMP, S.; KRAUSER, M.M. **Alimentos, nutrição & dietoterapia**. São Paulo: Roca, 2002. 16 p.

MALACRIDA, C.R.; MOTTA, S. Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 59-82, 2006.

MALGARIM, M.B.; CANTILLANO, R.F.F.; TREPTOW, R.O.; SOUZA, E.L.; COUTINHO, E.F. Modificação da atmosfera na qualidade pós-colheita de ameixas cv. Reubennel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 373–378, 2005.

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.

MARKAKIS, P. Anthocyanins as food additives. In: _____. **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982. p. 245-253.

MARTÍNEZ-FLORES, S.; GONZÁVELZ-GALLEGO, J.; CULEBRAS, J. M.; TUÑÓN, M.A.J. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. **Nutrición Hospitalaria**, León, v. 17, n. 6, p. 271-278, 2002.

MAUÉS, M.M.; COUTURIER, G. Biologia floral e fenologia reprodutiva do camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) no estado Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 441-448, 2002.

MATHOOKO, F.M. Regulation of respiratory metabolism in fruits and vegetables by carbon dioxide. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 9, n. 3, p. 247-264, 1996.

_____. Regulation of genes encoding ethylene biosynthetic enzymes in peach (*Prunus persica*L.) fruit by carbon dioxide and 1- methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 21, n. 3, p. 265-281, 2001.

MATSUURA, F.C.A.U.; CARDOSO, R.L.; OLIVEIRA, J.R.P.; OLIVEIRA, J.A.B.; SANTOS, D.B. Determinações físico-químicas de frutos de genótipos de acerola (*Malpighia glabra* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15., 1998, Poços de Caldas. **Resumos...** Lavras: SBF, 1998. p. 65.

MAZZA, G.; BROUILLARD, R. Recent developments in the stabilization of anthocyanins in food products. **Food Chemistry**, Essex, v. 25, n. 3, p. 207-225, 1987.

MINOLTA, C. **Precise color communication: color control from felling to instrumentation**. Ransey: Minolta Corporation Instrument Systems Division, 1994. 49 p.

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

MORAES-DE-SOUZA, R.A. **Qualidade de polpa de camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh], submetida aos processos de congelamento, pasteurização, alta pressão hidrostática e liofilização e armazenada por 4 meses.** 2011. 114 p. Tese (Doutor em Química na Agricultura e no Ambiente) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MORAIS, A.S.; MAIA, G.A.; FIGUEIREDO, R.W.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C.; MOURA, C.F.H. Armazenamento refrigerado sob atmosfera modificada de pedúnculos de cajueiro-anão-precoce dos clones CCP-76, END-157 e END-189. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 647–650, 2002.

MORETTI, L.C. **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças.** Brasília: Embrapa Hortaliças; SEBRAE, 2007. 531 p.

MOURA, C.F.H.; FIGUEIREDO, R.W.; ALVES, R.E.; SILVA, E.O.; ARAÚJO, P.G.M. Aparência e cor da película de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce para consumo in natura armazenados sob diferentes camadas de PVC. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 3, p. 371-375, 2005.

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.; ROBERTO, S.R.; VIEITES, R.L. Qualidade pós-colheita de mangas, não-refrigeradas, e submetidas ao controle da ação do etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 94-100, 2008.

NEVES, L.M.; RODRIGUES, A.C.; VIEITES, R.L. Polietileno de baixa densidade (PEBD) na conservação pós-colheita de figos cv. “roxo de valinhos”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 57–62, 2002.

NUNES, E.E.; BOAS, B.M.V.; CARVALHO, G.L.; SIQUEIRA, H.H.; LIMA, L.C.O. Vida útil de pêssegos ‘Aurora 2’ armazenados sob atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 438–440, 2004.

OLIVEIRA, L.M. As opções em alta barreira para embalagens de alimentos. **Informativo do Centro de Tecnologia de Embalagem**, Campinas, v. 2, n. 4, 1990.

PATRAS, A.; BRUNTON, N.P.; O'DONNELL, C.; TIWARI, B.K. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 21, n. 1, p. 3-11, 2010.

PAULL, R.E.; GROSS, K.; QIU, Y. Changes in papaya cell walls during fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 16, n. 1, p. 79-89, 1999.

PEREIRA, B.G. **Produção de mudas de camu-camu por estaquia utilizando ramos provenientes de diferentes tipos e posição da planta**. 2002. 53 p. Monografia (Ciências Agrárias) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2002.

PESIS, E.; LEVI, A.; BEN-ARIE, R. Deastringency of persimmon fruits by creating a modified atmosphere in polyethylene bags. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 51, n. 4, p. 1014-1016, 1986.

PETERS, C.M.; VASQUEZ, A. Estudios ecológicos de camu-camu (*Myrciaria dubia*). I. Producción de frutos en poblaciones naturales. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 16/17, n° único, p. 161-174, 1986.

PEUCKERT, Y.P.; VIEIRA, V.B.; HECKTHEUER, L.H.R.; MARQUES, C.T.; ROSA, C.S. Caracterização e aceitabilidade de barras de cereais adicionadas de proteína texturizada de soja e camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 1, p. 147-152, 2010.

PFAFFENBACH, L.B. **Uso de embalagens plásticas na conservação pós-colheita e qualidade de mangas ‘Haden 2H’, ‘Palmer’ e ‘Tommy Atkins’**. 2003. 85 p. Tese (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico, Campinas, 2003.

PFAFFENBACH, L.B.; CASTRO, J.V.; CARVALHO, C.R.L.; ROSSETTO, C.J. Efeito da atmosfera modificada e da refrigeração na conservação pós-colheita de manga espada vermelha. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 410-413, 2003.

PINEDO, P.M.; DELGADO, V.C.; FARROÑAY, P.R.; DELL CASTILLO, T.D.; IMAN, C.S.; VILLACRÉS, V.J.; FACHING, M.L.; OLIVA, C.C.; ABANTO, R.C.; BARDALES, L.R.; VEGA, V.R. **Camu-camu (*Myrciaria dubia*, Myrtaceae), aportes para su aprovechamiento sostenible em la Amazonia peruana**. Lima: Instituto de La Amazonia Peruana, 2010. 135 p.

PINEDO, R.A. Descoberto poder nutricional do camu-camu. **Revista Frutas e Derivados**, Campinas, ano 8, n. 8, p. 10, 2007.

PIMENTEL, C.V.M.B.; FRANCKI, V.M.; GOLLÜCKE, A.P.B. **Alimentos funcionais: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos**. São Paulo: Varela, 2005. 100 p.

PINTO, M.P. **Pós-colheita de abiu, bacuri e camu-camu, nativos da Região Amazônica, cultivados no Estado de São Paulo**. 2012. 145 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

POEI-LANGSTON, M.S.; WROLSTALD, R.E. Color, degradation in an ascorbic acid-anthocyanin-flavonol model system. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 46, n. 4, p. 1218–1222, 1981.

POMPEU, D.R.; BARATA, V.C.P.; ROGÉZ, H. Impacto da refrigeração sobre variáveis de qualidade dos frutos de açaizeiro (*Euterpe oleracea*). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 1, p. 141-148, 2009.

RIBEIRO, S.I.; MOTA, M.G.C.; CORRÊA, M.L.P. **Recomendações para o cultivo do camucamuzeiro no estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 11 p. (Circular Técnico, 31).

RIVA RUIZ, R. Tecnología de producción agronômica del camu-camu. In: CURSO SOBRE MANEJO E INDUSTRIALIZACIÓN DE LOS FRUTALES NATIVOS EM LA AMAZONÍA PERUANA, 1994, Pucallpa. **Memoria...** Pucallpa: INIA, 1994. p. 13-18.

ROCA, N.A. **Estudio químico bromatológico dela *Myrciaria paraensis* Berg. Lima**. San Marcos: Universidade Nacional Mayor de San Marcos, 1965. 56 p.

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.

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 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, Barking, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

SALTVEIT, M.E. Is it possible to find an optimal controlled atmosphere? **Postharvest Biology and Technology**, London, v. 27, n. 1, p. 3-13, 2003.

SANCHES, J.; KANESIRO, M.A.B.; DURIGAN, J.F. Efeito do tempo de armazenamento na qualidade de polpa de acerola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15., 1998, Poços de Caldas. **Resumos...** Lavras: SBF, 1998. p. 66.

SANCHES, J.; CIA, P.; VALENTINI, S.R.T.; BENATO, E.; CHAGAS, E.A.; PIO, R. Atmosfera modificada e refrigeração para conservação pós-colheita de nêspera 'Fukuhara'. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 455-459, 2011.

SAQUET, A.A.; STREIF, J. Untersuchungen zur Atmung und zur Ethylenbildung einiger neuer Apfelsorten. **Erwerbsobstbau**, Berlin, v. 42, p. 109-112, 2000.

SAQUET, A.; STREIF, J.; BANGERTH, F. Changes in ATP, ADP and pyridine nucleotide levels related to the incidence of physiological disorders in 'Conference' pears and 'Jonagold' apples during controlled atmosphere storage. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v. 75, p. 243-249, 2000.

SARANTOPOULUS, C.I.G.L. Embalagens para vegetais minimamente processados-Fresh-cut. In: SEMINÁRIO SOBRE HORTALIÇAS MINIMAMENTE PROCESSADAS, 1999, Piracicaba. **Palestra...** Piracicaba: ESALQ, 1999. p. 6.

SARANTÓUPOLOS, C.I.G.L.; SOLER, R.M. Embalagens com atmosfera modificada controlada. IN: **Novas tecnologias de acondicionamento de alimentos: embalagens flexíveis e semi-rígidas**. Campinas: ITAL, 1989. p. 105 – 140.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; ALVES, R.M.V.; OLIVEIRA, L.M.; GOMES, T.C. **Embalagens com atmosfera modificada**. Campinas: ITAL, 1996. 114 p.

SCALON, S.P.Q.; DELL'OLIO, P.; FORNASIERI, J.L. Temperatura e embalagens na conservação pós-colheita de *Eugênia uvalha* Cambess-Mirtaceae. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1965-1968, 2004.

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

SILVA, A.V.C.; ANDRADE, G.D.; YAGUIU, P.; CARNELOSSI, M.A.G.; MUNIZ, E.N.; NARAIN, N. Uso de embalagens e refrigeração na conservação de Atemóia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 300-304, 2009.

SILVA, C.T.C.; ANDRADE, J.S. Postharvest modifications in camu-camu fruits (*Myrciaria dubia* McVaugh) in response to the stage of maturation and modified atmosphere. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 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] Mc Vaugh) slices at different air temperatures. **Drying Technology**, Monticello, v. 23, n. 9/11, p. 2277-2287, 2005.

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 camucamu (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh) pulp with and without maltodextrin addition. **Food Preservation Technology Series**, Boca Raton, v. 9, p. 715-721, 2006a.

_____. State diagrams of freeze-dried camucamu (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh) pulp with and without maltodextrin addition. **Journal of Food Engineering**, London, v. 77, n. 3, p. 426-432, 2006b.

_____. Water sorption and glass transition of freeze-dried camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh) pulp. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Dordrecht, v. 84, n. 2, p. 435-439, 2006c.

SILVA, M.L. **Avaliação da produção de mudas de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) por meio de estacas de diferentes diâmetros submetidos a concentrações do ácido naftaleno acético – ANA**. 2001. 60 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade do Amazonas, Manaus, 2001.

SILVA, V.X. **Determinação do ponto de colheita do camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh] por meio de atributos de qualidade e funcionais**, 2012. 108 p. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2012.

SILVEIRA, J.S. **Efeito do estágio de maturação na conservação pós-colheita de cumu-camu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh).** 1998. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 1998.

SILVEIRA, N.S.S.; MICHEREFF, I.L.; SILVA, S.S.; OLIVEIRA, A.M. Doenças fúngicas pós-colheita em frutas tropicais: patogênese e controle. **Caatinga**, Mossoró, v. 18, n. 4, p. 283-299, 2005.

SMIRNOFF, N.; CONKLIN, P.; LOEWUS, F.A. Biosynthesis of ascorbic acid in plants: a renaissance. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 52, p. 437-467, 2001.

SMITH, S.; GEESON, J.; STOW, J. Production of modified atmospheres in deciduous fruits by the use of films and coatings. **Horticultural Science**, Alexandria, v. 22, n. 5, p. 772-776, 1987.

SOARES, N.F.F.; GERALDINE, R.M. Embalagens. In: _____. **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças; SEBRAE, 2007.

SOMOGYI, L.P.; RAMASWAMY, H.S.; HUI, Y.H. **Processing fruits: biology, principles, and applications**. London: Lancaster: Technomic Publ., 1996. v. 1, 510 p.

SOUSA, C.M.M.; SILVA, H.R.; VIEIRA JR., G.M. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

SOUSA, R.F.; FILGUEIRAS, H.A.C.; COSTA, J.T.A.; ALVES, R.E.; OLIVEIRA, A.C. Armazenamento de ciriguela (*Spondia purpurea* L.) sob atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 334-338, 2000.

STRINGHETA, P.C. **Identificação da estrutura e estudo da estabilidade das antocianinas extraídas de inflorescência de capim-gordura (*Melinis minutiflora* Pal. de Beauv.).** 1991. 138 p. Dissertação (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

STROHECKER, R.; HENNING, H.M. **Analises de vitaminas: métodos comprovados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

SUGUINO, E. **Propagação vegetativa do camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh) por meio da garfagem em diferentes porta-enxertos da família Myrtaceae.** 2002. 62 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

TALASILA, P.C. **Modelling of heat and mass transfer in a modified atmosphere package**. Gainesville: Universidade da Florida, 1992. 306 p.

TEIXEIRA, A.S.; CHAVES, L.S.; YUYAMA, K. Esterases no exame da estrutura populacional de Camu-camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) Mc Vaugh-Myrtaceae). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 34, n. 1, p. 89-96, 2004.

TERUEL, B.J.M. Tecnologias de resfriamento de frutas e hortaliças. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 14, n. 2, p. 199-220, 2008.

TIMBERLAKE, C. F.; BRIDLE, P. The flavonoids. In: HARBORNE, J.B. (Ed.). **The flavonoids: advanced in research since**. New York: Academic Press, 1975. Chap.5.

TRIGO, J.M. **Qualidade de mamão ‘Formosa’ minimamente processado utilizando revestimentos comestíveis**. 2010. 102 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

VASQUEZ, M.R. Flórmula de las Reservas Biológicas de Iquitos, Péru. **Allpahuayo-Mishana. Missouri Botanical Garden**, Saint Louis, v. 63, p. 1046, 1997.

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

VENENCIO, G. **Avaliação da degradação de pelargonidina durante a secagem de morangos**. 2010. 51 p. Monografia (Engenheiro de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

VIEITES, R.L.; EVANGELISTA, R.M.; SILVA, C.S.; MARTINS, M.L. Conservação de morango armazenado em atmosfera modificada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 243–252, 2006.

VILAS BOAS, B.M.; PRADO, M.E.T.; VILAS BOAS, E.V.B.; NUNES, E.E.; MACHADO, F.M. Qualidade pós-colheita de melão 'Orange Flesh' minimamente processado armazenado sob refrigeração e atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 424–427, 2004.

VILLACHICA, L.H. **El cultivo del camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. Mc Vaugh) em La Amazonia Peruana**. Lima: Tratado de Cooperación Amazônica, 1997. 95 p.

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) Mc Vaugh). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 151-160, 2010.

VOLP, A.C.P.; RENHE, I.R.T.; BARRA, K.; STRINGUETA, P.C. Flavonóides antocianinas: características e propriedades na nutrição e saúde. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 141-149, 2008.

VON ELBE, J.H.E.; SCHWARTZ, S.J. Colorants. In: FENNEMA, O.R. **Food chemistry**. 3rd ed. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 651-722.

XISTO, A.L.R.P.; ABREU, C.M.P.; CORRÊA, A.D.; SANTOS, C.D. Textura de goiabas “Pedro Sato” submetidas à aplicação de cloreto de cálcio. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 28, n. 1, p. 113-118, 2004.

WHEELER, G.L.; JONES, M.A.; SMIRNOFF, N. The biosynthetic pathway of vitamin C in higher plants. **Nature**, London, v. 393, p. 365-369, 1998.

WILLS, R.H.; MCGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest**: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. 4th ed. New York: CAB International, 1998. 262 p.

WILLS, R.H.H.; LEE, T.H.; GRAHAM, D.; MCGLASSON, W.B.; HALL, E.G. **Postharvest**: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables. Kensington: New South Wales University Press, 1981. 161 p.

YAHIA, E.M. Modified and controlled atmospheres for tropical fruits. In: KELLY, F.J.; SEDGLEY, M.; CRILEY, R.A.; LURIE, S.; YAHIA, E.M. **Horticultural review**. Ottawa: John Wiley, 1998. chap. 4, p. 123-167.

YAMASHITA, F.; TONZAR, A.C.; FERNANDES, J.G.; MORIYA, S., BENASSI, M.T. Embalagem individual de mangas cv. Tommy Atkins em filme de plástico: efeito sobre a vida de prateleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 288-292, 2001.

YANG, S.F.; HOFFMAN, N.E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Washington, v. 35, p. 155-189, 1984.

YUYAMA, K. A cultura de camu-camu no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 335-390, 2011a.

_____. O rei da vitamina C. **Revista de Divulgação Científica do INPA**, Manaus, n. 7, p. 22-26, 2011b.

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.) Mc Vaugh) e açaí (*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, n. 4, p. 549-554, 2003.

ZAGORY, D. What modified atmosphere packaging can and can't do for you. In: ANNUAL POSTHARVEST CONFERENCE & TRADE SHOW, 16., 2000, Washington. **Proceedings...** Washington: Washington State University, 2000. p. 5.

ZAGORY, D.; KADER, A.A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, Chicago, v. 42, n. 9, p. 70-77, 1988.

ZAMUDIO, L.H.B. **Caracterização de vitamina C em frutos de camu-camu *Myrciaria dubia* (H.B.K.) em diferentes estágios de maturação do Banco Ativo de Germoplasma de Embrapa.** 2007. 104 p. Monografia (Especialização Nutrição Humana) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

ZANATTA, C.F. **Determinação da composição de carotenóides e antocianinas de camu-camu (*Myrciaria dúbia*),** 2004. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

ZANATTA, C.F.; MERCADANTE, A.Z. Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Food Chemistry**, Barking, v. 101, n. 4, p. 1526-1532, 2007.

ZANATTA, C.F.; CUEVAS, E.; BOBBIO, F.O. Determination of anthocyanins from camucamu (*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* (H.B.K.) Mc Vaugh: chemical composition of fruit. **Journal of the Science Food and Agriculture**, London, v. 61, n. 3, p. 349-351, 1996.