UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA

PAULA PORRELLI MOREIRA DA SILVA

**Conservação de polpa de juçara (*Euterpe edulis*) submetida à radiação
gama, pasteurização, liofilização e atomização**

Piracicaba

2013

PAULA PORRELLI MOREIRA DA SILVA

**Conservação de polpa de juçara (*Euterpe edulis*) submetida à radiação
gama, pasteurização, liofilização e atomização**

Versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

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

**Área de Concentração: Energia Nuclear na
Agricultura e no Ambiente**

**Orientadora: Profa. Dra. Marta Helena Fillet
Spoto**

Piracicaba

2013

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP

Silva, Paula Porrelli Moreira da

Conservação de polpa de juçara (*Euterpe edulis*) submetida à radiação gama, pasteurização, liofilização e atomização / Paula Porrelli Moreira da Silva; orientadora Marta Helena Fillet Spoto. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2013.

259 p.: il.

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

1. Açai 2. Acidulantes 3. Análise sensorial de alimentos 4. Composição de alimentos 5. Conservação de alimentos pelo calor 6. Desidratação de alimentos 7. Irradiação de alimentos 8. Processamento de alimentos I. Título

CDU 634.61 : 664.853

DEDICO

A meus pais Fátima e Paulo.

Que dedicaram suas vidas à felicidade e bem estar de sua família.

Meus exemplos de vida.

AGRADECIMENTOS

PARTE I

Este trabalho resume quatro anos de trabalho, estudos, alegrias, algumas dificuldades, e amadurecimento profissional e pessoal. Durante o período de Doutorado contei com a colaboração de muitas pessoas que tornaram possível a realização desta pesquisa. Então, com muita gratidão divido com vocês esta conquista!

Agradeço profundamente aos meus pais, Fátima e Paulo, pessoas fundamentais em todas as etapas até aqui concluídas, por todo o amor, força, confiança, apoio, incentivo, disposição, dedicação, suporte, ensinamentos e respeito dispensados a mim e a meu irmão Lucas.

Ao Lucas pelo incentivo, apoio e ajuda sempre que necessária nesta jornada.

À Profa. Dra. Marta Helena Fillet Spoto por ter me despertado o prazer pela pesquisa e docência. Em todos os anos de convivência, desde a minha Iniciação Científica em 2004, foi construída uma amizade sincera, com respeito e carinho. Sou grata por toda a confiança depositada em mim, e por ter-me tornado pesquisadora a partir de seus conhecimentos e orientação. Espero que esta conquista seja apenas mais uma de muitas outras.

Ao Dr. Leandro Francisco do Carmo, amigo, que me apresentou a polpa de juçara e me incentivou a estudá-la, assim, juntos, idealizamos este trabalho. Foi companheiro de viagens para coleta dos frutos, de oficinas de processamento da polpa de juçara, e de execução dos experimentos; sempre contando com seu auxílio e apoio em momentos de dúvidas durante a execução dos experimentos. Seu empenho em ajudar as comunidades produtoras da polpa de juçara e de torná-la conhecida é admirável.

Agradeço pelo ensino de excelência da Universidade de São Paulo (USP), e orgulho-me em ter tido a oportunidade de estudar em duas de suas unidades, a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) na qual me formei Eng. Agrônoma e Mestre em Ciências, e o Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) durante o Doutorado.

O Departamento Agroindústria, Alimentos e Nutrição, prédio I, da ESALQ/USP se tornou minha “segunda casa” durante muitos anos, e seus funcionários tiveram participação muito importante na execução deste trabalho, portanto agradeço a todos eles. Em especial à Ana Paula Meneghetti e Regina Marafon da secretaria; Fábio Benedito Rodrigues da seção de pós-graduação do Departamento; Edimundo Ferreira Costa, Eduardo Giovani Arthuso, Fabio Luis Bortoleto e Wilson Januário da equipe de apoio; Sra. Maria Amábile Stabelin pela organização da Planta Piloto de Processamento; técnicos de laboratórios Luciana Kimie Savay da Silva, Carlota Boralli Prudente dos Anjos e Jair Sebastião da Silva Pinto pelo auxílio em muitas análises desta pesquisa; e à Ivone pela limpeza e bem estar do laboratório de Frutas e Hortaliças.

Os funcionários da seção de Pós Graduação do CENA/USP exerceram papel importante na execução deste trabalho, sempre com muita simpatia e dedicação, agradeço à Neuda Fernandes de Oliveira, Claudia Márcia Corrêa, Fabio Antônio de Souza Oliveira, Sônia Aparecida Barros de Campos e Daiane Vieira; e também à Profa. Dra. Adriana Pinheiro Martinelli por ter me aceitado como aluna de Doutorado naquela instituição.

À Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) pela bolsa de estudos concedida.

Ao Parque das Neblinas (Taiaçupeba, Mogi das Cruzes/SP) por ter-nos fornecido os frutos da palmeira juçara para o processamento e pesquisa.

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN – São Paulo/SP), em especial ao técnico do Irradiador Multipropósito Paulo de Souza Santos, pela realização da radiação gama na polpa de juçara.

O experimento de desidratação de polpa de juçara somente foi realizado por causa da iniciativa das empresas Guapirama Agroindústria Ltda (Guapirama/PR) e Liotécnica – Tecnologia em Alimentos (Embu/SP) em ter realizado a atomização e liofilização, respectivamente, do produto sem custos aos pesquisadores.

Aos provadores participantes da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) em polpa de juçara, ao cederem seu tempo e disposição para aquela tarefa quinzenal. Foram eles: Renata Casemiro, Ana Caroline Budin, Jéssica Silva, Anaíle Biazotto, Jacqueline de Oliveira, Maria Helena Costa e Laís Malvezzi.

Agradeço à amizade, auxílio e companheirismo que obtive por parte dos membros, e ex-membros, do Grupo de Estudos em Frutas e Hortaliças (GEFH), do qual tive o prazer de fazer parte desde a sua criação em 2008, esperando não ter-me esquecido de ninguém: Evelise Moda, Mayra Silveira, Leandro do Carmo, Evanilda Prospero, Lucas Dressano, Laís Malvezzi, Lisiane Issizaki, Fernanda Juliano, Renata Casemiro, Rafaela Zillo, Juliana Prando, William Abreu, Lucas Ferraz, Vanessa Groppo Ortiz, Rodrigo Moraes-de-Souza, Egly Alessi, Juliana Trigo, Edinéia Mooz, Marcia Goldschmidt, Guilherme Mei Silva, Thássia Cardoso, Maria Helena Costa, Priscila Rosenbaum, Jacqueline de Oliveira, Gustavo Felipe, Samuel Zanatta, Jéssica Silva, Ana Carolina Leme, Angela Correa, Igor Silva, Ana Caroline Budin, Anaíle Biazotto, Luís Fernando Paffaro, Monique Bertelli, Paulo Henrique Gonzaga, Pedro Borghesi, Marta Campos, Talita Negri, Laís Diadamo, Carol Sales, Thais Araújo, Juliana Romeiro Trapé, Cíntia Sabbadotto, Thaís Bertolotti, Vitória Sartori e Lucas Yudi Uemura. Cada um de vocês contribuiu de alguma maneira para a construção deste trabalho!

Tenho muito a agradecer às amigas Rafaela Zillo, Renata Casemiro, Fernanda Juliano, Juliana Prando, Thássia Cardoso e Maria Helena Costa que, além de se dedicarem em todos os momentos necessários na execução prática dos experimentos, se mostraram pessoas amáveis, companheiras e queridas.

Ao amigo de todas as horas, parceiro de experimentos e companheiro do “grupo juçara”, Guilherme Mei Silva. Uma pessoa alegre, sincera e aplicada, disposta que não mede esforços para ajudar a quem a necessita. Não me esquecerei das nossas conversas e das trocas de idéias de como executar as análises da melhor maneira, obrigada por tudo!

À alegre e otimista Evanilda Prospero (Eva), colega de GEFH e acima de tudo amiga. Sou grata por todos os momentos em que estivemos juntas, sua felicidade em viver é contagiante e seus ensinamentos/conselhos sempre me foram importantes e bem vindos, me dando força para continuar, sempre!

Ao estagiário e amigo William de Abreu, pela dedicação ao GEFH e ao projeto Juçara.

Aos colegas e amigos de pós-graduação Vanessa Groppo Ortiz, Ana Carolina Leme Castelucci, Adriano Camargo, Ingridy Ribeiro, Ligianne Shirahigue, Nataly Toledo e Rodrigo Moraes-de-Souza pela troca de experiências, companheirismo, e apoio.

Aos amigos da graduação que até hoje fazem parte da minha vida, me acompanhando e me dando força para eu alcançar todos meus objetivos: Viviane Pandorfi Assarisse (Cometa), Felipe Assarisse (Pamonhero), Jacqueline Araújo (Tafetá), Vivian Pietrobon (Petibom), Katia Canale (Toga), Rafael Grigolo (Gringo), Edinéia Gomes (Ponto) e Ubyrajara Lorena.

Às amigas Elaine Crespim, Vivian Pandorfi, Alessandra Brancaglioni, Michele Scarton e Caroline Pietrobon pelo apoio e confiança.

Agradeço, ainda, a todos que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

AGRADECIMENTOS

PARTE II

Esta pesquisa teve o apoio financeiro da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), processo número 01341-000990/2009-24, na forma de bolsa de estudos à autora.

O trabalho desenvolvido no capítulo 2, intitulado “Composição físico-química, mineral e lipídica da polpa de juçara” é uma parte do projeto de Auxílio à Pesquisa da FAPESP (processo 2008/056650-5) “Processamento e sistema de garantia de qualidade da cadeia de produção da polpa de juçara (*Euterpe edulis*)”, iniciado em 2008 e teve como beneficiária a Profa Dra Marta Helena Fillet Spoto. Neste projeto fizeram parte o Dr Leandro F. do Carmo como pesquisador de pós-doutorado (FAPESP-2006/59439-8), Guilherme Mei Silva como aluno de Treinamento Técnico nível 3 (FAPESP-2008/005583-6) e Mayra F. Silveira como aluna de Treinamento Técnico nível 2 (FAPESP-2008/07950-6), tendo havido colaboração de todos na execução da caracterização da polpa de juçara.

Para a realização do trabalho descrito no capítulo 3, “Qualidade de polpa de juçara submetida à radiação gama”, contou-se com o auxílio da graduanda em Ciência dos Alimentos (ESALQ/USP) Renata Cristina Casemiro como bolsista através do programa institucional de bolsas de Iniciação Científica da USP (Pró-Reitoria de Graduação, vigência 2010/2011). A mesma aluna contribuiu para a realização do experimento “Análise sensorial descritiva quantitativa de polpa de juçara congelada e pasteurizada pós-embalagem” (capítulo 6) por meio de Iniciação Científica financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo 2011/10955-2 (vigência 09/2011 a 08/2012).

Ainda, o graduado em Engenharia Agrônoma (ESALQ/USP) Lucas Ferraz Bincoletto foi bolsista de Iniciação Científica pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) entre 2010 e 2011 para assistência na condução do experimento que envolveu o processo de pasteurização em tacho aberto na polpa de juçara (capítulo 4 - “Qualidade de polpa de juçara submetida à acidificação e pasteurização em tacho aberto”).

*“Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa,
nunca tem medo e
nunca se arrepende.”*

Leonardo da Vinci

“A luta contra o erro tipográfico tem algo de homérico. Durante a revisão os erros se escondem, fazem-se positivamente invisíveis. Mas, assim que o livro sai, tornam-se visibilíssimos, verdadeiros sacis a nos botar a língua em todas as páginas. Trata-se de um mistério que a ciência ainda não conseguiu decifrar.”

Monteiro Lobato

RESUMO

SILVA, P. P. M. **Conservação de polpa de juçara (*Euterpe edulis*) submetida à radiação gama, pasteurização, liofilização e atomização.** 2013. 259 p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

No Brasil há espécies frutíferas pouco exploradas, que representam oportunidade aos produtores para acessarem mercados especiais, onde consumidores valorizam o caráter exótico e a presença de nutrientes capazes de prevenir doenças degenerativas. Nesse contexto, a palmeira juçara, originária da Mata Atlântica, por muito tempo explorada apenas para a retirada do palmito, atualmente, vem ganhando espaço pela polpa dos seus frutos. Sua cor roxa intensa se deve à presença das antocianinas, poderosos antioxidantes que atuam inibindo ou diminuindo os efeitos desencadeados pelos radicais livres. A polpa é altamente perecível sendo problemática sua conservação em temperatura ambiente, dificultando sua valorização no mercado. Diante disso, são necessárias tecnologias que minimizem perdas nutricionais e sensoriais a fim de produzir alimentos saudáveis, saborosos e duradouros. Este estudo consta de cinco experimentos com polpa de juçara, que objetivaram: avaliar a composição físico-química, mineral e lipídica; realizar a caracterização sensorial através da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ); avaliar a conservação físico-química e sensorial quando submetida à radiação gama, acidificação e pasteurização em tacho aberto e desidratação por atomização e liofilização. Os frutos foram obtidos no Parque das Neblinas (Mogi das Cruzes/SP) e despulpados no Departamento Agroindústria, Alimentos e Nutrição (ESALQ/USP). Verificou-se que a polpa de juçara é ótima fonte energética e dos minerais K, Fe, Co, Mg, Cu, Zn, Mn e Mo; é rica em antocianinas e em ácidos graxos de boa qualidade (palmítico, oleico e linoleico). A irradiação da polpa foi realizada no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN - São Paulo, SP) com as doses 0,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 kGy e armazenada a 6°C durante 30 dias (avaliações quinzenais). O referido processo não se mostrou promissor para a conservação do produto a 6°C, pois a degradação das antocianinas e compostos fenólicos foi acelerada e a cor alterada de roxo para marrom, além de não ter sido bem aceita sensorialmente. Ainda, foram estudadas oito combinações entre acidificação (pH<4,0), pasteurização (85°C/5 min.) e armazenamento a 6°C e -18°C, durante 60 dias, com análises quinzenais. A polpa pasteurizada e acidificada foi a que melhor manteve as características físico-químicas e sensoriais, sendo a temperatura de congelamento a variável de melhor resultado. A avaliação da qualidade da polpa desidratada por atomização e liofilização,

embalada em bolsas de polietileno (PE) e polietileno revestido com camada de alumínio (PA) durante 120 dias em temperatura ambiente e ao abrigo da luz, revelou que ambos os processos conferiram qualidade físico-química satisfatória e conservação durante o armazenamento, sendo a embalagem PA a mais adequada devido à menor absorção de umidade e prevenção da oxidação. Sensorialmente, como suco reconstituído e adicionado de banana nanica e açúcar, a polpa de juçara liofilizada foi a mais bem aceita. Para a ADQ, foi treinada equipe para a avaliação de amostras congeladas e pasteurizadas pós-embalagem (85°C/5 min.) armazenadas sob refrigeração e congelamento, visando-se obter o perfil sensorial de cada uma. A polpa pasteurizada congelada foi a que apresentou melhores características sensoriais, sendo descrita como aerada, pouco heterogênea, sabor pouco amargo e pouco adstringente.

Palavras-chave: Caracterização. Acidificação. Antocianinas. Análise sensorial. ADQ.

ABSTRACT

SILVA, P. P. M. **Conservation of juçara pulp (*Euterpe edulis*) submitted to gamma radiation, pasteurization, lyophilization and spray drying**. 2013. 259 p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

In Brazil there are unexplored fruit species, which represent an opportunity for producers to access special markets, where consumers appreciate the exotic character and presence of nutrients capable of preventing degenerative diseases. In this context, juçara palm (*Euterpe edulis*), native of the Atlantic Forest, has long been explored only for the removal of the stem, but currently the pulp of its fruit is becoming more popular. The intense purple color is due to the presence of anthocyanins, powerful antioxidants that act by inhibiting or decreasing the effects unleashed by free radicals. The pulp is highly perishable and its preservation is impossible at room temperature, lowering its market value in sales. In face of this, we need technologies that minimize nutritional and sensorial losses in order to produce healthy, tasty and long lasting foods. This study consists of five experiments with juçara pulp, which aimed to: evaluate the physico-chemical, mineral and lipid composition; realize the sensory characterization by Quantitative Descriptive Analysis (QDA); evaluate the physico-chemical and sensory conservation when submitted to radiation gamma, acidification and pasteurization, and dehydration by spray and freeze drying. The fruits have been obtained at Parque das Neblinas (Mogi das Cruzes/SP) and depulped at Agribusiness, Food and Nutrition Department (ESALQ/USP). Was verified that juçara pulp is excellent source of energy and minerals K, Fe, Co, Mg, Cu, Zn, Mn and Mo; rich in anthocyanins and fatty oils of good quality (palmitic, oleic and linoleic). The irradiation of pulp was performed at the Institute of Energy and Nuclear Research (IPEN - São Paulo, SP) at doses 0,0, 2,5, 5,0, 7,5 and 10,0 kGy and stored at 6°C for 30 days (fortnightly assessments). That process was not promising for the conservation of the product at 6°C, because the degradation of anthocyanins and phenolic compounds was accelerated and the color changed from purple to brown, in addition to lacking been accepted sensorially. Further, eight combinations have been studied among acidification (pH<4.0), pasteurization (85°C/5 min.) and storage at 6°C and -18°C for 60 days with biweekly tests. The pasteurized and acidified pulp was that best maintained the physico-chemical and sensory characteristics, and the freezing storage was the variable of the better result. The evaluation of quality pulp dehydrated by freeze and spray drying, packaged in bags of polyethylene (PE) and polyethylene-coated aluminum layer (PA) for 120 days at room

temperature and protected from light, revealed that both processes conferred physico-chemical quality satisfactory and conservation during storage, the packaging PA is the most suitable due to lower absorption of moisture and prevention of oxidation. Sensorially, as reconstituted juice and added to sugar and banana nanica, juçara pulp freeze dried was the more accepted. For the QDA have been trained team for the evaluation of frozen and post-packaging pasteurized samples (85°C/5 min.) stored under refrigeration and freezing, in order to obtain the sensory profile of each. The frozen pasteurized pulp presented the best sensory characteristics, being described as aerated, slightly heterogeneous, taste slightly bitter and slightly astringent.

Keywords: Characterization. Acidification. Anthocyanins. Sensory analysis. QDA.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	23
1.1 Objetivo Geral	26
REFERENCIAS	27
2 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MINERAL E LIPÍDICA DA POLPA DE JUÇARA	29
Resumo	29
Abstract.....	30
2.1 Introdução.....	31
2.2 Objetivo	34
2.3 Materiais e Métodos	34
2.3.1 Composição Centesimal	35
2.3.1.1 Umidade (%)	35
2.3.1.2 Proteína bruta total (% base úmida)	36
2.3.1.3 Lipídios totais (% base úmida)	36
2.3.1.4 Fração cinza (% base úmida).....	36
2.3.1.5 Carboidratos (% base úmida)	36
2.3.2 Minerais totais (Fe, Mn, Cu, Zn, Na, B, Al, Co, Mo, P, K, Ca, Mg, S)	36
2.3.3 pH	37
2.3.4 Teor de sólidos solúveis (°Brix).....	37
2.3.5 Acidez titulável.....	37
2.3.6 Cor instrumental	37
2.3.7 Antocianinas totais	37
2.3.8 Compostos fenólicos totais.....	38
2.3.9 Perfil de ácidos graxos.....	39
2.4 Resultados e Discussão.....	39
2.4.1 Composição centesimal	39
2.4.2 Composição de minerais.....	39

2.4.3 Composição físico-química.....	42
2.4.4 Composição lipídica.....	44
2.5 Conclusões	46
Referências	47
3 POLPA DE JUÇARA SUBMETIDA À RADIAÇÃO GAMA.....	53
Resumo.....	53
Abstract	54
3.1 Introdução	55
3.2 Objetivo.....	55
3.3 Revisão da Literatura	56
3.3.1 Finalidade, vantagens e desvantagens da irradiação de alimentos.....	56
3.3.2 Radiólise: definição, efeitos químicos primários e secundários nos alimentos	57
3.3.3 Efeitos biológicos da irradiação em alimentos	58
3.3.4 Parâmetros da irradiação: dose, conteúdo de água, temperatura e presença de oxigênio.....	59
3.3.5 Alterações na composição do alimento promovidas pela irradiação	60
3.3.6 Alterações nas características das embalagens de alimentos promovidas pela irradiação	62
3.3.7 Salubridade de alimentos irradiados e segurança à radioatividade.....	63
3.3.8 Legislações relacionadas aos alimentos irradiados: Brasil, União Europeia e Estados Unidos da América.....	64
3.3.9 Pesquisas desenvolvidas com irradiação em frutas e hortaliças	67
3.4 Materiais e Métodos.....	69
3.4.1 Análises de qualidade da polpa de juçara irradiada	72
3.4.1.1 Análises microbiológicas	72
3.4.1.2 Análises físico-químicas	73
3.4.1.3 Análise sensorial - teste de aceitação com escala hedônica.....	75
3.4.2 Análise estatística dos resultados.....	76
3.5 Resultados e Discussão	77

3.5.1 Qualidade microbiológica.....	77
3.5.2 Qualidade físico-química.....	77
3.5.2.1 pH e Acidez titulável	77
3.5.2.2 Teor de sólidos solúveis	79
3.5.2.3 Cor instrumental	80
3.5.2.4 Antocianinas totais	83
3.5.2.5 Compostos fenólicos totais.....	85
3.5.2.6 Atividades das enzimas Polifenoloxidase (PPO) e Peroxidase (POD).....	87
3.5.3 Qualidade sensorial.....	90
3.6 Conclusões.....	92
Referencias	93
4 POLPA DE JUÇARA SUBMETIDA À ACIDIFICAÇÃO E PASTEURIZAÇÃO	100
Resumo	100
Abstract.....	101
4.1 Introdução.....	102
4.2. Objetivo	108
4.3 Materiais e Métodos	109
4.3.1 Análises de qualidade da polpa de juçara acidificada e pasteurizada.....	112
4.3.1.1 Análises microbiológicas.....	112
4.3.1.2 Análises físico-químicas.....	112
4.3.1.3 Análise sensorial - teste de aceitação com escala hedônica	114
4.3.2 Análise estatística dos resultados	115
4.4 Resultados e Discussão.....	116
4.4.1 Qualidade microbiológica.....	116
4.4.2 Qualidade físico-química.....	116
4.4.2.1 pH e Acidez titulável (AT)	116
4.4.2.2 Teor de sólidos solúveis (TSS).....	119
4.4.2.3 Cor instrumental (Luminosidade, Ângulo de cor Hue e Cromaticidade).....	121

4.4.2.4 Antocianinas totais.....	126
4.4.2.5 Compostos fenólicos totais	130
4.4.2.6 Atividades das enzimas Polifenoloxidase (PPO) e Peroxidase (POD).....	133
4.4.3 Qualidade sensorial	139
4.4.3.1 Caracterização da equipe sensorial	139
4.4.3.2 Avaliação dos resultados.....	141
4.5 Conclusões	151
Referências.....	151
5 POLPA DE JUÇARA DESIDRATADA POR ATOMIZAÇÃO E LIOFILIZAÇÃO, ARMAZENADA EM DIFERENTES EMBALAGENS.....	158
Resumo.....	158
Abstract	159
5.1 Introdução	160
5.1.1 Atomização	161
5.1.2 Liofilização	164
5.1.3 Atividade de água (aw)	166
5.1.4 Embalagens	167
5.2 Objetivos	169
5.3 Materiais e Métodos.....	169
5.3.1 Análises de qualidade da polpa de juçara atomizada e liofilizada.....	171
5.3.1.1 Análises microbiológicas	171
5.3.1.2 Análises físico-químicas	172
5.3.1.3 Análise sensorial - teste de aceitação com escala hedônica.....	173
5.3.2 Análise estatística dos resultados.....	174
5.4 Resultados e Discussão	174
5.4.1 Qualidade microbiológica	174
5.4.2 Qualidade físico-química	175
5.4.2.1 Teor de umidade.....	175

5.4.2.2 Atividade de água (aw).....	177
5.4.2.3 Ganho de umidade.....	180
5.4.2.4 Cor instrumental (Luminosidade, Ângulo de cor Hue e Cromaticidade).....	184
5.4.2.5 Antocianinas totais	189
5.4.2.6 Compostos fenólicos totais.....	191
5.4.3 Qualidade sensorial.....	193
5.4.3.1 Caracterização da equipe sensorial.....	193
5.4.3.2 Avaliação dos resultados	195
5.5 Conclusões.....	202
Referências	203
6 ANÁLISE SENSORIAL DESCRITIVA QUANTITATIVA DE POLPA DE JUÇARA CONGELADA E PASTEURIZADA PÓS-EMBALAGEM	210
Resumo	210
Abstract.....	211
6.1 Introdução.....	212
6.2 Objetivos.....	214
6.3 Materiais e Métodos	214
6.3.1 Análises Microbiológicas	216
6.3.2 Análise Sensorial - Análise Descritiva Quantitativa (ADQ).....	217
6.3.2.1. Recrutamento de provadores	219
6.3.2.2 Seleção de provadores	219
6.3.2.3 Levantamento e agrupamento de atributos.....	221
6.3.2.4 Treinamento dos provadores	222
6.3.2.5 Avaliação do desempenho dos provadores.....	222
6.3.2.6 Avaliação descritiva quantitativa das amostras	223
6.3.3 Análise estatística	223
6.4. Resultados e Discussão.....	224
6.4.1 Qualidade microbiológica.....	224

6.4.2 Qualidade sensorial	224
6.4.2.1 Recrutamento de provadores.....	224
6.4.2.2 Seleção dos provadores.....	225
6.4.2.3 Levantamento e agrupamento de atributos	226
6.4.2.4 Treinamento e avaliação do desempenho dos provadores	233
6.4.2.5 Avaliação descritiva quantitativa das amostras	237
6.4.2.6 Perfil sensorial das amostras	244
6.4.2.7 Avaliação das correlações entre os atributos sensoriais.....	248
6.4.2.8 Análise das componentes principais entre as amostras e os atributos sensoriais.....	249
6.5 Conclusão.....	251
Referências.....	252
7 CONCLUSÃO GERAL.....	255

1. INTRODUÇÃO GERAL

As propriedades relacionadas à saúde e de composição química de frutos encontrados na América do Norte e Europa são amplamente exploradas, enquanto que para os frutos nativos da América do Sul tem sido dada pouca atenção. Tem-se aumentado o interesse internacional nessas bagas, principalmente devido aos seus benefícios à saúde e crescente procura dos consumidores para uma nova seleção de frutas exóticas no mercado (SCHRECKINGER et al., 2010).

A América Tropical é o lar de uma grande variedade de espécies frutíferas. A lista de frutas dos trópicos, incluindo América, Ásia, Austrália e África, consta de mais de duas mil espécies. Só na América, cerca de mil espécies, pertencentes a 80 famílias, foram identificadas, das quais pelo menos 400 ocorrem no Brasil. Grande parte destes frutos é pouco explorada, que poderiam representar uma oportunidade aos produtores locais para ganharem acesso a mercados especiais, onde os consumidores dão ênfase para o caráter exótico e presença de nutrientes capazes de prevenir doenças degenerativas (ALVES et al., 2008). Este possível mercado fez com que as agroindústrias de frutas buscassem a obtenção de produtos com melhor qualidade nutricional e sensorial, com características mais próximas às dos *in natura*, e que ainda possuam vida útil longa.

A pesquisa sobre a juçara (*Euterpe edulis*), até o momento, esteve voltada para a produção de palmito e a polpa dos frutos vem ganhando espaço. Tal intuito busca diminuir a pressão sobre a exploração desenfreada da palmeira, originária da Mata Atlântica, se caracterizando como uma atividade de utilização do produto florestal não madeireiro, contribuindo para a conservação do bioma ameaçado. Ainda, a exploração dos recursos naturais de áreas como Amazônia e Mata Atlântica, especialmente de frutos com grande potencial nutricional, pode-se tornar uma estratégia para a diminuição do problema de anemia freqüente em populações residentes nestas áreas (YUYAMA et al., 2002).

Um aspecto positivo do manejo da juçara para a produção de polpa a partir do fruto, em relação ao manejo para palmito, é que a retirada do palmito resulta na morte da planta, que leva de cinco a oito anos para chegar a um estágio de corte, enquanto que a coleta dos frutos pode ser feita ano após ano na mesma planta, não sendo necessário cortá-la. Outro fator relevante é que o processo de despulpamento dos frutos, além de fornecer a polpa para ser aproveitada como alimento, aumenta o vigor da semente; assim, a retirada da polpa para o consumo e comercialização produz uma quantidade grande de sementes com alta viabilidade, que podem ser utilizadas para plantios e enriquecimentos desta espécie (APTA, 2008;

MARTINS et al., 2004). Essas sementes podem servir, ainda, como fonte de renda na produção de mudas da juçara para venda a produtores e paisagistas, produção de palmito e uso em ornamentação (COSTA et al., 2006).

O consumo dos frutos de palmeiras *Euterpe* constituía uma parte importante da alimentação indígena antes da chegada dos europeus (CANTO, 2001). O hábito de consumir este alimento manteve-se entre as populações rurais e implantou-se nas cidades. O açaí, como exemplo, atravessou as fronteiras amazônicas chegando a outras regiões do país e a outros países, tornando-se um produto popular nos grandes centros urbanos e no litoral. Os dados mais recentes sobre produção de açaí no Brasil são datados em 2009 e, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012), a região Norte deteve 91,7% da produção nacional de açaí (fruto de *E. oleracea*), e a Nordeste contribuiu com 8,3%, obtendo naquele ano o montante de 115.947 t de frutos colhidos e comercializados, *in natura* ou processados.

Considerando a similaridade no sabor da polpa, e por se tratar de espécies do mesmo gênero, pode-se tomar referência para a polpa da palmeira juçara a já estudada composição nutricional da polpa dos frutos do açaizeiro da Amazônia (COSTA et al., 2006). Segundo Bacellar et al. (2006), a parte comestível do açaí corresponde a 17% do fruto, sendo o restante composto pela semente (83%); a análise química da polpa apresenta umidade 59,7%; proteínas 2,5%; lipídios 7,0%; glicídios 25,5%; cinza 1,2%; cálcio 0,2% e fósforo 0,1%; o valor energético é 80 quilocalorias em 100 gramas.

A cor intensa dos frutos de palmeiras *Euterpe* se deve, em grande parte, à presença de pigmentos naturais, denominados antocianinas, que fazem parte de um grande grupo de compostos orgânicos denominados flavonóides. São pigmentos solúveis em água, intensamente coloridos e amplamente distribuídos na natureza, que representam, juntamente com os carotenóides, a maior classe de substâncias coloridas do reino vegetal (BOBBIO et al., 2000; JACKMAN; SMITH, 1996; EINBOND et al., 2004). As antocianinas são poderosos antioxidantes, isto é, compostos que atuam inibindo ou diminuindo os efeitos desencadeados pelos radicais livres. Os benefícios à saúde associados ao seu consumo são, por exemplo, redução do risco de doença arterial coronariana; proteção contra obesidade e hipoglicemia; reforço da memória e proteção do tecido cerebral de fetos (BRITO et al., 2007; SANTOS et al., 2008).

A busca de novas fontes de pigmentos naturais constitui linha prioritária em numerosos programas científicos, que permite o surgimento de matérias-primas de fácil obtenção, com alto conteúdo de pigmentos e baixo custo de produção. A adição de extratos de antocianinas aos alimentos processados com o objetivo de prover coloração é vantajosa por

não possuir efeito tóxico ou alterar propriedades sensoriais, atrelado a diversos efeitos terapêuticos (KUSKOSKI; FETT; ASUERO, 2002). Tais pigmentos, presentes em abundância nos frutos de juçara, são facilmente degradados pela ação do calor, oxigênio e radicais livres presentes.

Os frutos de *Euterpe* são altamente perecíveis, tornando impossível a conservação da sua polpa em temperatura ambiente por algumas horas, o que dificulta a sua valorização no mercado (ROGEZ et al., 1996). Os fatores responsáveis por essa deterioração são de natureza microbiana, enzimática e química, ocasionando reações de oxidação, redução dos teores de antocianinas e descoloração da polpa, o que altera as características originais desse produto com consequente desvalorização sensorial (ALEXANDRE; CUNHA; HUBINGER, 2004).

A agroindústria especializada em polpa de frutas tem despertado o interesse para o estudo de diferentes formas de preservação de alimentos devido à crescente demanda dos consumidores por produtos naturais e que possuam longo período de vida útil, aliado à crescente procura por frutas tropicais no mercado interno e externo, podendo-se enquadrar nesse contexto a polpa do fruto da palmeira juçara. Entretanto, um dos vários problemas, que envolvem a comercialização de frutas *in natura* ou de polpas, é o seu alto perecimento, além dos custos na cadeia do frio, dificultando o transporte e armazenamento em centros distantes do local de coleta e beneficiamento (BUENO et al., 2002). Este cenário contribuiu para o desenvolvimento de tecnologias emergentes, isto é, processos que não utilizam o tratamento térmico clássico para a preservação dos alimentos, ou que eliminem a utilização da cadeia do frio durante o armazenamento, que podem levar à disponibilidade de produtos com melhor qualidade sensorial e nutricional com período de vida útil prolongado (DELIZA; ROSENTHAL; SILVA, 2003).

De acordo com Pereda (2005), há três estratégias de conservação de alimentos, a fim de evitar a deterioração microbiana ou enzimática nos alimentos. A primeira é impedir que os microrganismos entrem em contato com o produto, o que implica na aplicação de normas higiênicas estritas e no emprego de boas práticas de fabricação. A destruição dos agentes danosos pode ser efetivada por meio de tratamentos térmicos, radiação ionizante, alta pressão, aquecimento ôhmico, ou a combinação destes. Como terceira alternativa, pode-se modificar as condições ambientais do alimento, impedindo ou inibindo o crescimento microbiano através de decréscimo da atividade água (*aw*), temperaturas baixas (refrigeração ou congelamento), diminuição do pH, adição de substâncias químicas (conservantes) e modificação da atmosfera; estes métodos na maioria dos casos não são utilizados de forma isolada, mas sim associados a outros.

As tecnologias emergentes ou alternativas, ocasionalmente descritas como “não térmicas”, agem sobre os microrganismos por meio de danos nas membranas celulares, enzimas ou DNA. Grande parte destas tecnologias é eficaz contra microrganismos em temperatura ambiente, refrigerada e congelada. Entretanto, alcançam o equivalente à pasteurização, mas não à esterilização comercial. Do ponto de vista prático, a intensidade do tratamento deve ser alta o suficiente para determinar níveis indetectáveis de patógenos alvos em alimentos prontos para consumo, com impacto mínimo sobre a qualidade do produto e os custos de produção (LADO; YOUSEF, 2002).

Diante disso, pesquisas que visem modificar ou aperfeiçoar o processo de beneficiamento de frutos através da adoção de tecnologias que minimizem perdas nutricionais e sensoriais, são importantes e necessárias, a fim de se produzir alimentos saudáveis, duradouros e saborosos.

1.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem por objetivo pesquisar a conservação e a qualidade da polpa dos frutos da palmeira juçara submetida às tecnologias radiação gama (^{60}Co), pasteurização e secagem por atomização e liofilização; a fim de se proporcionar um produto seguro microbiologicamente, mantendo-se as propriedades físico-químicas, nutricionais (teor de antocianinas e compostos fenólicos totais) e sensoriais mais próximas a de uma polpa não processada, e que ainda possua vida útil longa. Além disso, objetiva-se realizar a caracterização sensorial da polpa de juçara pasteurizada após a embalagem através da metodologia “Análise Descritiva Quantitativa” (ADQ), e também a caracterização físico-química, mineral e lipídica da polpa de juçara.

REFERENCIAS

- ALEXANDRE, D.; CUNHA, R. L.; HUBINGER, M. D. Conservação do açaí pela tecnologia de obstáculos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 114-119, 2004.
- ALVES, R. E.; BRITO, E. A.; RUFINO, M. S. M.; SAMPAIO, C. G. Antioxidant activity measurement in tropical fruits: a case study with acerola. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 773, p. 299-305, 2008.
- AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS (APTA). Produção de polpa e sementes de palmeira juçara: alternativa de renda para a Mata Atlântica. **Revista Tecnologia e Inovação Agropecuária**, v. 1, n. 2, p. 60-66, dez. 2008.
- BACELLAR, A. A.; SOUZA, R. C. R.; XAVIER, D. J. C.; SEYE, O.; SANTOS, E. C. S.; FREITAS, K. T. Geração de renda na cadeia produtiva do açaí em projeto de abastecimento de energia elétrica em comunidades isoladas no município de Manacapuru-AM. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006, Campinas. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n6v2/071.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2012.
- BOBBIO, F. O.; DRUZIAN, J. I.; ABRÃO, P. A.; BOBBIO, P. A.; FADELLI, S. Identificação e quantificação das antocianinas do fruto do açaizeiro (*Euterpe oleracea*) Mart. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 388-390, 2000.
- BRITO, E. S.; ARAÚJO, M. C. P.; ALVES, R. E.; CARKEET, C.; CLEVIDENCE, B. A.; NOVOTNY, J. A. Anthocyanins present in selected tropical fruits: acerola, jambolão, jussara and guajiru. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, p. 9389-9394, 2007.
- BUENO, S. M.; LOPES, M. R. V.; GRACIANO, R. A. S.; FERNANDES, E. C. B.; GARCÍA-CRUZ, C. H. Avaliação da qualidade de polpas de frutas congeladas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 61, n. 2, p. 121-126, 2002.
- CANTO, S. A. E. **Processo extrativista do açaí**: contribuição da ergonomia com base na análise postural durante a coleta dos frutos. 2001. 114 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- COSTA, E. A. D.; CORBELLINI, L. M.; REIS, C. S.; SANTOS, A. S.; CHERAULTI, V. J.; SILVA, M. B. M. Produção de polpa e sementes dos frutos de *Euterpe edulis* - uma alternativa de geração de renda e uso sustentável da Mata Atlântica. **O Biológico**, São Paulo, v. 68, p. 13-16, 2006. supl. 2.
- DELIZA, R.; ROSENTHAL, A.; SILVA, A. L. S. Consumer attitude towards information on non conventional technology. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 14, p. 43-49, 2003.
- EINBOND, L. S.; REYNERTSON, K. A.; LUO X.; BASILE, M. J.; KENNELLY, E. J. Anthocyanin antioxidants from edible fruits. **Food Chemistry**, Barking, v. 84, p. 23-28, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Quantidade e valor dos produtos da extração vegetal, por produtos, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação – 2009**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2010/tabelas_pdf/tab02.pdf. Acesso em: 22 nov. 2012.

JACKMAN, R. L.; SMITH, J. L. Anthocyanins and betalains. In: HENDRY, G. A. F.; HOUGHTON, J. D. **Natural food colorants**. 2. ed. London: Blackie Academic & Professional, 1996. 348 p.

KUSKOSKI, E. M.; FETT, R.; ASUERO, A. G. Antocianos: un grupo de pigmentos naturales. Aislamiento, identificación y propiedades. **Alimentaria**, Madrid, v. 2, n. 61, p. 61-74, 2002.

LADO, B. H.; YOUSEF, A. E. Alternative food-preservation technologies: efficacy and mechanisms. **Microbes and Infection**, Paris, v. 4, n. 4, p. 433-440, 2002.

MARTINS, C. C.; BOVI, M. L. A.; NAKAGAWA, J.; GODOY JÚNIOR, G. Temporary storage of jussara palm seeds: effects of time, temperature and pulp on germination and vigor. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 2, p. 271-276, 2004.

PEREDA, J. A. O. **Tecnologia de alimentos**: componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005. 294 p.

ROGEZ, H.; SOUZA, J. N. S.; NASCIMENTO, M. Q.; BUXANT, R.; PASCAL, S. Branqueamento dos frutos de açaí (*Euterpe oleracea*) para a diminuição da carga microbiana do suco. **Anais da Associação Brasileira de Química**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 4, p. 177-184, 1996.

SANTOS, G. M.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; PRADO, G. M. Correlação entre atividade antioxidante e compostos bioativos de polpas comerciais de açaí (*Euterpe oleracea* Mart). **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 58, n. 2, p. 187-192, 2008.

SCHRECKINGER, M. E.; LOTTON, J.; LILA, M. A.; MEJIA, E. G. Berries from South America: a comprehensive review on chemistry, health potential, and commercialization. **Journal of Medicinal Food**, New Rochelle, v. 13, n. 2, p. 233-246, 2010.

YUYAMA, L. K. O.; ROSA, R. D.; AGUIAR, J. P. L.; NAGAHAMA, D.; ALENCAR, F. W. H.; YUYAMA, K.; CORDEIRO, G. W. O.; MARQUES, H. O. Açaí (*Euterpe oleracea*) e Camu-camu (*Myrciaria dúbia*) possuem ação anti-anêmica? **Acta Amazonica**, Manaus, v.32, n.4, p. 625-633, 2002.

2 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MINERAL E LIPÍDICA DA POLPA DE JUÇARA

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição físico-química, mineral e lipídica da polpa de juçara. Os frutos foram obtidos no Parque das Neblinas (Mogi das Cruzes/SP) e despulpados no Departamento Agroindústria, Alimentos e Nutrição (ESALQ/USP), a polpa foi acondicionada em embalagens de polietileno com capacidade para 100 mL e congeladas (-18°C) até o momento das análises. Avaliou-se a composição centesimal (umidade, proteínas totais, lipídios totais, fração cinza e carboidratos), pH, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, cor instrumental (Luminosidade, °Hue e Cromaticidade), antocianinas totais, compostos fenólicos totais, minerais totais (Fe, Mn, Cu, Zn, Na, B, Al, Co, Mo, P, K, Ca, Mg, S) e perfil de ácidos graxos. Os resultados revelaram que a polpa de juçara é ótima fonte energética devido à elevada quantidade de lipídios totais, e também dos minerais K, Fe, Co, Mg, Cu, Zn, Mn e Mo. Além disso, é rica em antocianinas e compostos fenólicos, que foram evidenciados pelo tom roxo vivo da polpa constatado na análise de cor instrumental. O produto é composto por ácidos graxos de boa qualidade, possuindo em maior quantidade o palmítico, oleico e o linoleico. Os resultados revelam a importância e funcionalidade da polpa de juçara na alimentação humana. Possui, ainda, elevada quantidade de pigmentos roxos, podendo ser utilizada como corante natural, conferindo aos alimentos, além de coloração atraente, benefícios à saúde.

Palavras-chave: *Euterpe edulis*. Antioxidantes. Minerais. Ácido palmítico. Ácido oleico. Ácido linoleico.

Abstract

The objective of this study was to assess the physical, chemical, mineral and lipid composition of juçara pulp. The fruits have been obtained at Parque das Neblinas (Mogi das Cruzes/SP) and pulped at Agribusiness, Food and Nutrition Department (ESALQ/USP), was packed in polyethylene bags with capacity of 100 mL and frozen (-18°C) until the moment of analysis. Were evaluated the centesimal composition (moisture, protein, lipid, carbohydrate and ash fraction), pH, soluble solids, titratable acidity, instrumental color (Luminosity, °Hue and Chromaticity), total anthocyanins, total phenolics, total minerals (Fe, Mn, Cu, Zn, Na, B, Al, Co, Mo, P, K, Ca, Mg, S) and fatty acid profile. The results showed that pulp juçara is great source of energy due to the high amount of total lipids, and also minerals K, Fe, Co, Mg, Cu, Zn, Mo and Mn. Moreover, it is rich in anthocyanins and phenolics, which were evidenced by the tone purple of the pulp found in analysis of instrumental color. The product consists of fatty oils of good quality having a greater amount of palmitic, oleic and linoleic oils. The results revealed the importance and functionality of juçara pulp in human food. It also has high amount of purple pigment and can be used as a natural dye, giving food, attractive color and health benefits.

Keywords: *Euterpe edulis*. Antioxidants. Minerals. Palmitic acid. Oleic acid. Linoleic acid.

2.1 Introdução

A Mata Atlântica, além de ser uma das mais importantes áreas de biodiversidade do planeta, é reconhecida como “patrimônio nacional” pela Constituição Federal. É considerada o segundo grande complexo de florestas tropicais em extensão da América do Sul e está localizada predominantemente no território brasileiro, alcançando também parte da Argentina e do Paraguai. No Brasil, a Mata Atlântica cobre cerca de 1.306.421 km², que corresponde a 15% do território brasileiro, estendendo-se total ou parcialmente pela área ocupada por 3.517 municípios de 17 estados, onde se concentram cerca de 120 milhões de habitantes e as maiores metrópoles do País (LINO et al., 2012).

A juçara (*Euterpe edulis*), nativa da Mata Atlântica, é considerada como uma das palmeiras mais belas de toda a flora brasileira, e é pertencente à família das palmáceas e do gênero *Euterpe*, do qual fazem parte 28 espécies encontradas entre as Antilhas e a América do Sul (LORENZI, 1992). No Brasil, constam cinco espécies desse gênero, *E. edulis*, *E. catinga*, *E. oleracea*, *E. longebracteata* e *E. precatória*, sendo que apenas a primeira se distribui até o sul do Brasil pela costa Atlântica e as demais fazem parte da Floresta Amazônica (HENDERSON, 2000). A juçara, em particular, se estende do sul da Bahia (15° S) ao norte do Rio Grande do Sul (30° S), ao longo do litoral, adentrando até o leste do Paraguai e norte da Argentina (57° W) (KLEIN, 1968).

Conforme Martins e Lima (1999), a *E. edulis* desenvolve-se bem em regiões tropicais e com altos índices pluviométricos, não sendo exigente quanto ao tipo de solo, porém, não se adapta bem nos rasos e encharcados. Além disso, cresce mais rápido em áreas abertas, podendo produzir sementes/frutos com quatro ou cinco anos de idade, enquanto que na mata fechada o período reprodutivo leva no mínimo sete ou oito anos, podendo chegar a dez ou doze anos para frutificar (FANELLI et al., 2012).

Trata-se de uma palmeira que apresenta estipe único, reto e fino, com altura variando entre 10 e 20 metros e, por ser incapaz de produzir perfilhos após seu corte para a extração do palmito ocorre a sua morte (REITZ, 1974; TSUKAMOTO FILHO et al., 2001). Possui frutos drupáceos, esféricos, glabros e de cor quase preta ou negro-vinosa quando maduros, com mesocarpo carnoso e fino, que pesam em média um grama, tendo infrutescências que podem atingir até cinco quilogramas (REITZ; KLEIN; REIS, 1978; REIS, 1995). A juçara produz frutos em quantidade elevada, apresentando produtividade média de 300 kg de frutos ha⁻¹ ano⁻¹ em um período de oferta que pode chegar a oito meses do ano (MANTOVANI, 1998; MANTOVANI; MORELLATO, 2000).

Pelo motivo da palmeira frutificar durante grande parte do ano, ela é considerada como espécie-chave da Mata Atlântica, pois serve de alimento para a fauna (grandes pássaros e mamíferos) que, por sua vez, é responsável pela dispersão dos frutos, implicando na manutenção da dinâmica demográfica e do fluxo gênico da *E. edulis* (REIS; KAGEYAMA, 2000). Polinizadores, principalmente abelhas, mamangabas e vespas também são atraídos pelas inflorescências da palmeira juçara; outros dispersores de sementes como tucanos, jacutingas, sabiás, e mamíferos como cateto, paca, cotia, caxinguelê e cachorro do mato também se alimentam de seus frutos, e se tornam, por causa dessa atividade, dispersores de sementes (BARROSO; REIS; HANAZAKI, 2010).

Tem sido dado à palmeira juçara alto valor econômico por causa da extração de seu palmito, que é muito apreciado, e ainda pelo aproveitamento das sementes e da polpa de seus frutos, que vem ganhando corpo nos últimos anos, por apresentar características parecidas com a polpa do açaí (*E. oleracea*) (BARROSO, 2009; FAVRETO, 2010). Além desses produtos, ela pode fornecer diversos outros materiais, como o estipe maduro para caibros e ripas para construção e as folhas podem ser usadas para coberturas temporárias e forrageio (PIO CORRÊA, 1969).

Entretanto, conforme Tatto e Fanelli (2010), a produção da polpa de juçara é tímida nas comunidades produtoras em decorrência da novidade da atividade, da escassez de informações técnicas relativas à colheita e extrativismo e ainda da pouca estruturação da cadeia produtiva, visto que há pequena oferta de matéria-prima e poucos canais de industrialização e comercialização, além da desvantagem competitiva em relação ao açaí, que apresenta escala de produção e cadeia produtiva estruturada.

Dado que pode ajudar a alavancar a produção de polpa de juçara é referente ao aproveitamento dos frutos de uma plantação de juçara no Vale do Ribeira (SP), que exibiu aumento entre três e quatro vezes nos rendimentos do simples corte do palmito, demonstrando o grande potencial econômico dessa atividade (SILVA; BARRETO; SERÔDIO, 2004).

Os frutos de *Euterpe* fornecem, ainda, óleo de ótima qualidade nutricional. De acordo com Pacheco-Palencia, Mertens-Talcott e Talcott (2008), o óleo fixo de *E. oleracea* (açaí) contém diversos compostos fenólicos que, dentre os majoritários, destaca-se o ácido vanílico. Além disso, os autores afirmam que a composição química do óleo de açaí tem influência significativa na proliferação celular, sugerindo propriedade antiproliferativa dos polifenóis em culturas de células de câncer. Em outro estudo foi elucidada a indução da atividade antiproliferativa e pro-apoptótica dos compostos polifenólicos do açaí contra células HL-60 causadores de leucemia (DEL POZO-INSFRAN; PERCIVAL; TALCOTT, 2006).

No Brasil ainda não existe legislação específica para polpa de juçara, então se toma como referência o estabelecido na Instrução Normativa nº 01 (BRASIL, 2000) que fixa os padrões de identidade e qualidade para polpa de açaí. A norma determina que polpa de açaí é o produto extraído da parte comestível do fruto do açaizeiro (*E. oleracea*) após amolecimento através de processos tecnológicos adequados. Também, que a polpa de açaí é obtida de frutas frescas, sãs, maduras, atendendo às respectivas especificações, desprovidas de terra, sujidade, parasitas e microrganismos que possam tornar o produto impróprio para o consumo.

Tanto a polpa de açaí quanto a de juçara possuem coloração forte roxo avermelhada devido à presença de pigmentos antioxidantes denominados antocianinas. De acordo com Degáspari e Waszczyński (2004), as frutas que apresentam essa coloração são as mais importantes fontes de compostos fenólicos em alimentos, como as antocianinas, os flavonóis, as catequinas e os taninos. Brito et al. (2007) verificaram em polpa de juçara dois tipos de antocianinas em maior quantidade, que foram identificadas como cianidina 3-glucosídeo (1358 mg 100 g⁻¹ de peso seco) e cianidina 3-rutinosídeo (1565 mg 100 g⁻¹ de peso seco); ainda afirmam que, igualmente à polpa de juçara, a de açaí possui em maior quantidade os mesmos tipos de antocianinas.

Mais um estudo que averiguou diferenças entre antocianinas de açaí e juçara foi o realizado por Iaderoza et al. (1992), no qual observaram quantidade deste pigmento quatro vezes maior em juçara (1347 mg cianidina 3-glucosídeo 100 g⁻¹) comparada ao açaí (336 mg cianidina 3-rutinosídeo 100 g⁻¹).

As antocianinas fazem parte do grupo mais importante de pigmentos naturais extraídos das plantas. São compostos polifenólicos pertencentes ao grupo dos flavonoides, que se caracteriza por possuir dois anéis aromáticos unidos por três átomos de carbono que formam um heterociclo oxigenado. São hidrossolúveis e presentes em quase todas as plantas e em todas suas partes, sobretudo em flores, frutos e bagas; constituem alternativa altamente desejável como corantes em alimentos, principalmente por apresentar efeitos benéficos à saúde (KUSKOSKI; FETT; ASUERO, 2002).

A cor das soluções de antocianinas depende de uma série de fatores como concentração, tipo de solvente, temperatura, pH, estrutura do pigmento, presença de substâncias capazes de reagir reversível ou irreversivelmente com a antocianina, entre outros (CONSTANT, 2003). Destes, o pH é o fator mais importante no que diz respeito à coloração das antocianinas, pois elas são estáveis e se encontram na forma colorida como o cátion flavilium apenas em soluções muito ácidas (GONNET, 1998; CABRITA; FOSSEN; ANDERSEN, 2000). A temperatura faz com que as antocianinas sejam destruídas, quando

submetidas ao calor, durante o processamento ou estocagem de alimentos. A luz exerce efeito duplo sob os pigmentos, favorecendo a biossíntese, mas aumentando a velocidade de sua degradação. O oxigênio também apresenta efeito deletério sobre as antocianinas, acelerando sua degradação (MARKAKIS, 1982).

Os compostos fenólicos, dos quais fazem parte os flavonoides, apresentam diversas funções de defesa para as plantas, não somente contra agentes do meio ambiente (luz, temperatura e umidade), mas também para fatores internos incluindo diferenças genéticas, nutrientes, hormônios, contribuindo para a sua síntese (AHERNE; O'BRIEN, 2002).

Os compostos antioxidantes são substâncias que retardam a velocidade da oxidação através de um ou mais mecanismos, tais como inibição de radicais livres e complexação de metais. Eles podem ser sintéticos ou naturais e, para serem utilizados em alimentos devem ser seguros para a saúde (PIETTA, 2000).

Estudos realizados com tais substâncias, especialmente os flavonóides, demonstram sua capacidade antioxidante e sua significativa contribuição para a dieta humana e seus efeitos na prevenção de várias doenças, como as cardiovasculares, as neurológicas e câncer (KUSKOSKI et al., 2004). De acordo com Brito et al. (2007), os benefícios à saúde associados ao consumo de antocianinas são risco reduzido de doença arterial coronariana, proteção contra obesidade e hipoglicemia, reforço da memória e proteção do tecido cerebral de fetos.

2.2 Objetivo

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a composição físico-química, mineral e lipídica da polpa de juçara (*E. edulis*).

2.3 Materiais e Métodos

Os frutos da palmeira juçara (*E. edulis*) foram obtidos no Parque das Neblinas, distrito de Taiaçupeba (23°40'26" S; 46°11'05" W) em Mogi das Cruzes (SP, Brasil) entre setembro e outubro de 2010. A coleta dos frutos foi feita por meio de escalada na palmeira com utilização de peconha e material adequado para esta prática, os cachos eram destacados da palmeira e levados ao solo. Então, eram colocados em lona para a realização da retirada das bagas e seleção prévia, no qual os frutos verdes eram retirados e devolvidos à mata. Depois da pré-seleção os frutos foram postos em sacos de fio sintético semelhante à ráfia, para assegurar a

respiração dos mesmos e transportados em veículo particular, viagem de aproximadamente 3 horas, até a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) em Piracicaba (SP, Brasil); onde foram processados, após descanso de 12 horas em câmara de refrigeração (Pró-Frio Refrigeração Industrial, São Paulo, SP, Brasil) a 6°C (90% de UR), na Planta Piloto de Processamento de Alimentos, situada no Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição.

A matéria-prima foi selecionada quanto à dimensão, cor, aparência e sanidade, e lavada em água corrente. Em seguida foi realizada a higienização através da imersão dos frutos em solução de cloro a 200 mg L⁻¹ (Dicloro Isocianurato de Sódio Dihidratado – 3% de cloro ativo) durante 15 minutos. Seguiu-se o intumescimento dos mesmos, mergulhando-os em água aquecida a 40°C por 20 minutos em tanque de aço inoxidável Mecamau “São José” Ltda. (Espírito Santo do Pinhal, SP, Brasil). Posteriormente, a polpa foi extraída em despulpadora de aço inoxidável Bonina Compacta da marca NPC Metalúrgica Indústria e Comércio Ltda. (Itabuna, BA, Brasil), na proporção de duas partes de frutos para uma de água mineral potável.

Do total de frutos colhidos e selecionados, 31,46% corresponderam à polpa e o restante 68,54% às sementes, que foram encaminhadas para enriquecimento do local de origem, na forma de mudas em saquinho ou a lanço.

A polpa de juçara foi acondicionada em embalagens de polietileno (15 x 20 x 0,15 cm) com capacidade para 100 mL, termo seladas em equipamento Mack Solda (Bauru, SP, Brasil) e armazenadas ao abrigo da luz a -18°C (90%) em câmara de congelamento lento Pró-Frio Refrigeração Industrial (São Paulo, SP, Brasil) até o momento das avaliações.

A polpa congelada foi base para todas as avaliações físico-químicas, minerais e lipídicas, as quais foram realizadas em triplicata, avaliadas as médias e desvio padrões.

2.3.1 Composição Centesimal

2.3.1.1 Umidade (%)

Método gravimétrico, a partir do qual se determinou a perda de massa da polpa de juçara, em triplicata, submetida a aquecimento a 105°C em estufa, até massa constante, segundo metodologia 950.46 descrita pela AOAC (2005). Os resultados foram expressos em porcentagem de umidade.

2.3.1.2 Proteína bruta total (% base úmida)

Foi quantificada pelo método de micro-Kjeldahl, o qual determinou o Nitrogênio da amostra seca, empregando-se 6,25 como fator de conversão nitrogênio/proteína, de acordo com Johnson e Ulrich (1959). Os resultados foram expressos em porcentagem de proteína bruta em base úmida.

2.3.1.3 Lipídios totais (% base úmida)

Determinados em amostragem de 2 g de material seco e triturado, em triplicata, através de extração com solvente hexano no aparelho de Soxhlet durante 8 h. O resíduo de solvente que permaneceu na fração lipídica foi removido utilizando-se estufa de circulação de ar regulada a 105°C (AOCS, 2003). Os resultados foram expressos em porcentagem em base úmida.

2.3.1.4 Fração cinza (% base úmida)

Foi determinada por amostragem de 2 g de material seco e triturado, em triplicata, utilizando-se forno mufla regulado à temperatura 550°C e por um período de 48 h segundo o método 940.26 descrito pela AOAC (2005). Os resultados foram expressos em porcentagem de cinza em base úmida

2.3.1.5 Carboidratos (% base úmida)

Determinado através do cálculo de diferença:

$$\% \text{ Carboidratos} = 100 - (\% \text{ Umidade} + \% \text{ Fração cinza} + \% \text{ Lipídios} + \% \text{ Proteínas})$$

2.3.2 Minerais totais (Fe, Mn, Cu, Zn, Na, B, Al, Co, Mo, P, K, Ca, Mg, S)

Determinados através de digestão nitro-perclórica segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), e determinação por espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado (ICP-OES).

2.3.3 pH

Determinado em potenciômetro da marca Marconi - MA-522 (Piracicaba, SP, Brasil), segundo método nº 981.12 da AOAC (2005).

2.3.4 Teor de sólidos solúveis (°Brix)

Quantificado em refratômetro digital portátil Krüss Optronic - DR 201-95 (Hamburgo, Alemanha). Os resultados foram expressos em °Brix, segundo método 932.12 da AOAC (2005).

2.3.5 Acidez titulável

Determinada e calculada a partir do volume em mililitros de NaOH 0,1 N, requeridos para titular 50 mL de amostra até pH 8,1 segundo método nº 942.15 da AOAC (2005). Os resultados foram expressos em mg de ácido cítrico g⁻¹ amostra.

2.3.6 Cor instrumental

Os valores Luminosidade (L*), ângulo de cor Hue (tonalidade da cor em graus), e Cromaticidade (saturação da cor) foram medidos utilizando-se o colorímetro Chroma Meter CR-400 de 8 mm de diâmetro e iluminante padrão CIE C, da marca Konica Minolta Sensing (Tokio, Japão). O aparelho foi previamente calibrado em superfície branca de acordo com a Comissão Internacional de Iluminação (CIE 1976 L*, a*, b* – CIELAB) utilizando o iluminante padrão CIE C (KONICA MINOLTA, 1998).

2.3.7 Antocianinas totais

Amostras de polpa de juçara (30 g) foram centrifugadas a 8.000 g durante 20 minutos em centrífuga refrigerada a 4°C da marca Eppendorf - 5810-R (Hamburgo, Alemanha). O sobrenadante foi retirado e armazenado em tubos de rosca de vidro identificados para a quantificação de antocianinas totais. A técnica utilizada foi a de diferença de pH, de acordo com o método nº 2005.02 da AOAC (2005). Para tanto, foi definida em pré-testes a diluição do sobrenadante na proporção 1:2 (uma parte de sobrenadante para duas de água - diluído),

bem como da quantidade de diluído (0,2 mL) a ser adicionada aos tubos de ensaio de vidro com as soluções tampão, a saber: cloreto de potássio pH 1,0 (KCl 0,025 M) e acetato de sódio pH 4,5 ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 0,4 M).

Os tubos foram separados e codificados, em duplicata, para cada solução tampão, nos quais foram adicionados 0,2 mL do diluído e mais 4,8 mL do tampão correspondente a ele. A solução presente nos referidos tubos foi homogeneizada em vortex Biomixer - QL-901 (São Paulo, SP, Brasil). A quantificação de antocianinas totais em polpa de juçara foi realizada a partir da leitura da absorbância da solução de cada tubo, para os dois tipos de tampões, em espectrofotômetro Femto – 432C (São Paulo, SP, Brasil) em dois comprimentos de onda 520 e 700 nm cada um. As porções teste (branco) foram lidas a partir de um tubo de ensaio contendo água destilada (0,2 mL) mais o tampão (4,8 mL do pH 1,0 e pH 4,5). Os resultados foram expressos em mg de equivalente cianidina 3-glicosídeo 100 g^{-1} de polpa de juçara.

2.3.8 Compostos fenólicos totais

Da mesma forma realizada na metodologia de antocianinas totais (vide item 3.6), o sobrenadante do material centrifugado foi utilizado para quantificação de compostos fenólicos totais através do método desenvolvido por Singleton e Rossi (1965). Primeiramente, empregando-se como padrão o ácido gálico, foi realizada a definição da curva padrão ($y=ax+b$, onde y é a absorbância a 765 nm e x é a concentração de ác. gálico em μg 0,5 mL amostra) que foi a base do cálculo final de compostos fenólicos, levando-se em conta as diluições utilizadas para cada tipo de material.

Para cada amostra diluiu-se 1 mL do sobrenadante em 100 mL de água destilada em balão volumétrico. Desta solução retirou-se 0,5 mL que foi posto em tudo de ensaio de vidro, foram acrescidos 2,5 mL de reagente Folin–Ciocalteu 10%, homogeneizou-se a amostra em vortex Biomixer - QL-901 (São Paulo, SP, Brasil), e após 5 minutos foram adicionados 2,0 mL de solução carbonato de sódio 4% e homogeneizados novamente. Os tubos de ensaio foram incubados em temperatura ambiente e ao abrigo da luz durante duas horas, podendo ser realizada, então, a aferição das amostras em absorbância a 765 nm em espectrofotômetro Femto – 432C (São Paulo, SP, Brasil). Os valores de absorbância foram colocados na referida equação, onde foram feitos cálculos de diluição, com resultados finais expressos em mg de ácido gálico 100 g^{-1} de polpa de juçara.

2.3.9 Perfil de ácidos graxos

A extração dos lipídios foi realizada a frio pelo método de Bligh e Dyer (1959). Após o processo de extração, foi feito o preparo de ésteres metílicos de ácidos graxos através de metilação, para posterior análise em CGAR (cromatografia gasosa de alta resolução) a fim de determinar o perfil de ácidos graxos presentes na amostra de polpa de juçara.

2.4 Resultados e Discussão

2.4.1 Composição centesimal

A quantidade de água em polpa de alguns frutos é determinada no momento da despolpa levando-se em conta o teor de matéria seca desejada, o que explica o alto teor de umidade obtido. A polpa de juçara é ótima fonte energética, dada a elevada quantidade de lipídios (3,17%) e carboidratos totais (6,75%), valores que estão acima do teor encontrado por Bueno et al. (2002) para polpa de açaí (5,88%). Alexandre, Cunha e Hubinger (2004), estudando o mesmo produto, obtiveram valores semelhantes, comparados à juçara, para umidade e cinzas nas porcentagens 86,01% e 0,43% respectivamente; porém, a primeira apresentou teores mais elevados de lipídios (6,75%) e proteínas totais (1,5%) que a juçara (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição centesimal (%) de polpa de juçara (valores médios em base úmida, $\pm$ DP, n=3)

Variáveis	Resultados (%)
Umidade	89,43 $\pm$ 2,38
Proteína bruta	0,25 $\pm$ 0,05
Lipídios totais	3,17 $\pm$ 0,70
Carboidratos totais	6,75 $\pm$ 0,72
Cinzas Totais	0,40 $\pm$ 0,06

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas.

2.4.2 Composição de minerais

A banana é conhecida como ótima fonte de potássio, a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (NEPA-UNICAMP, 2006) especifica que tal fruto possui 387 mg de potássio (K) em 100 g de fruta fresca; já a juçara tem o aporte de 1150 mg de K em 100 g do produto (Tabela 2), ou seja, o triplo do encontrado na banana. Evidências

sugerem que o aumento do consumo desse mineral diminui a pressão arterial e também o risco de acidente vascular cerebral (AVC) (COHN et al., 2000).

A polpa de juçara destaca-se com relação ao açaí, por possuir teor de ferro dez vezes maior que o encontrado por Yuyama et al. (2002), que obteve $1,36 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ em polpa de açaí. Os teores de Fe em polpa de juçara ($6,9 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) assemelham-se ao encontrado para feijão preto ($6,5 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) (NEPA-UNICAMP, 2006) considerado rica fonte deste mineral, que é indispensável ao combate à anemia.

O fruto de juçara é tido, ainda, como boa fonte de cobalto por possuir $172,50 \text{ mg}$ por kg na matéria seca. O Co é precursor da cobalamina, conhecida como vitamina B12, a qual nenhuma espécie de planta possui enzimas capazes de sintetizá-la. Isto dificulta a sua disponibilidade, implicando em utilização de suas formas sintéticas, como a cianocobalamina que tem cianeto ligado ao cobalto, encontradas em suplementos e alimentos fortificados. Como as plantas não sintetizam a vitamina B12, os indivíduos que possuem dietas completamente livres de produtos de origem animal correm risco de sua deficiência, portanto, o consumo de juçara pode auxiliar na síntese de cobalamina, devido ao seu alto teor de Co. Para adultos, dietas contendo $1,8 \text{ } \mu\text{g}$ por dia é adequada para manter a funcionalidade do organismo, mas consumos menores mostram sinais de deficiência (FAO/WHO, 2001).

Tabela 2 - Composição de minerais em polpa de juçara (valores médios em base seca, $\pm$ DP, $n=3$) e Ingestão Diária Recomendada (IDR) de Minerais para adultos e crianças (BRASIL, 2005)

Variáveis	Juçara (mg kg^{-1})	IDR adultos (mg)	IDR crianças		
			1-3 anos (mg)	4-6 anos (mg)	7-10 anos (mg)
P	$1400,00 \pm 140$	700,00	460,00	500,00	1250,00
K	$1153,00 \pm 380$	-	-	-	-
Ca	$1100,00 \pm 80$	1000,00	500,00	600,00	700,00
Mg	$1030,00 \pm 90$	260,00	60,00	73,00	100,00
S	$1400,00 \pm 80$	-	-	-	-
Fe	$69,10 \pm 6,95$	14,00	6,00	6,00	9,00
Mn	$35,55 \pm 0,25$	2,30	1,20	1,50	1,50
Cu	$14,50 \pm 0,78$	0,90	0,34	0,44	0,44
Zn	$28,67 \pm 3,22$	7,00	4,10	5,10	5,60
Na	$420,0 \pm 10,00$	-	-	-	-
B	$9,20 \pm 0,59$	-	-	-	-
Al	$78,35 \pm 6,35$	-	-	-	-
Co	$172,50 \pm 5,50$	-	-	-	-
Mo	$0,64 \pm 0,01$	0,045	0,017	0,022	0,022

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas.

Uma porção de 200 g de polpa de juçara apresenta quantidades superiores às recomendadas para suprir as necessidades diárias de adultos ou crianças de 7 a 10 anos, principalmente dos minerais magnésio, cobre, zinco, ferro, manganês e molibdênio, de acordo com a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de Minerais (BRASIL, 2005) (Figura 1).

Figura 1 - Relação do IDR e quantidade de minerais fornecidos em 200 g de polpa de juçara, em porcentagem. A=minerais P, Mg e Ca; B=minerais Cu, Zn, Fe e Mn

Como verificado, o consumo de 200 g de polpa de juçara supre a necessidade diária de zinco em crianças (Figura 1), além de contribuir na dieta de indivíduos vegetarianos, pois a ingestão deste mineral sem o consumo de carne é baixa, e o estoque de Zn no organismo humano é pequeno. O Zn está presente em todos os tecidos e fluidos corporais, é ainda componente essencial de um grande número de enzimas participantes da síntese e degradação dos carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos, bem como no metabolismo de outros nutrientes. Estabiliza a estrutura molecular dos componentes celulares e de membranas, contribuindo, desta forma, para a manutenção da integridade celular e de órgãos. Além disso, este mineral desempenha papel importante no sistema imunológico (FAO/WHO, 2001).

O cobre é distribuído amplamente nos alimentos, sendo os mariscos (ostras), fígado e rim, carnes de músculos, chocolate, nozes e grãos de cereais ricos neste mineral; com relação a estes, a polpa de juçara equipara-se, segundo a NEPA-UNICAMP (2006), à castanha do

Brasil (1,79 mg Cu 100 g⁻¹) e à semente de linhaça (1,09 mg Cu 100 g⁻¹). De acordo com Anderson (2005), a deficiência deste mineral é caracterizada por anemia, anormalidades esqueléticas, despigmentação do cabelo e da pele. No entanto, ela é muito rara em adultos, já que o cobre é armazenado no fígado durante toda a vida; comprovando-se a importância da alimentação de crianças com a polpa de juçara.

Observou-se, ainda, concentração substancial do mineral magnésio em polpa de juçara (Figura 1), essencial aos humanos por ser um co-fator em mais de trezentas enzimas envolvidas no metabolismo de componentes alimentares e na síntese de muitos produtos, como os ácidos graxos e proteínas. A FAO/WHO (2001) cita que o Mg exerce papel importante na regulação dos fluxos de potássio e seu envolvimento no metabolismo do cálcio, recebendo particular importância no que diz respeito aos efeitos patológicos de seu esgotamento. Tal efeito traz como consequências iniciais defeitos neurológicos ou neuromusculares, que, provavelmente, refletem a influência do elemento sobre o fluxo de potássio nos tecidos.

2.4.3 Composição físico-química

A média dos valores de pH encontrada para as polpas de juçara são equivalentes às obtidas em polpa de açaí por Paula (2007) no valor 4,64 e pouco menor que o apresentado por Alexandre, Cunha e Hubinger (2004) no valor 5,2. Silva et al. (2009) encontraram 0,11% de acidez titulável em ácido cítrico para polpa de juçara, e em estudos com açaí, Carneiro (2000) obteve 0,332%. A polpa de juçara possui teor de sólidos solúveis menores que os relatados na literatura para a polpa de açaí; Paula (2007) e Alexandre, Cunha e Hubinger (2004) obtiveram para este fator, 3,57 e 3,2 °Brix, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 - Análises físicas e químicas em polpa de juçara (valores médios, $\pm$ DP, n=3)

Variáveis	Resultados
pH	4,49 $\pm$ 0,05
Teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix)	2,01 $\pm$ 0,27
Acidez titulável (g ácido cítrico 100 g ⁻¹ polpa)	0,23 $\pm$ 0,03
Cor instrumental – Luminosidade (L*)	18,10 $\pm$ 0,78
Cor instrumental – Ângulo Hue (graus)	29,29 $\pm$ 3,25
Cor instrumental – Cromaticidade (Croma)	5,02 $\pm$ 0,50
Antocianinas totais (mg equivalente cianidina 3-glicosídeo 100 g ⁻¹ polpa)	66,70 $\pm$ 4,21
Compostos fenólicos totais (mg ácido gálico 100 g ⁻¹ polpa)	7,72 $\pm$ 0,41

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas.

Como constatado, o pH alto; o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável baixos, tanto da polpa de juçara quanto de açaí, tornam o produto altamente perecível. As práticas de colheita e pós-colheita, transporte, condições ambientais desfavoráveis (altas temperaturas e umidade elevada) às quais os frutos são submetidos, bem como o processo de obtenção da polpa favorecem a proliferação de microrganismos e aumento das reações enzimáticas, principais responsáveis pela deterioração da polpa; podendo ser agravada por baixos índices de acidez total e teor de sólidos solúveis e alto pH (MENEZES et al., 2008).

Para se evitar tais danos, visto que é impossível a conservação de polpa de juçara e açaí em temperatura ambiente (ROGEZ et al., 1996), técnicas de conservação para polpas de frutos oriundos de palmeiras *Euterpe* estão sendo estudadas. Rosenthal et al. (2006) obtiveram resultados promissores para o tratamento com alta pressão hidrostática em polpa de açaí; o congelamento e pasteurização são ótimas opções para a conservação deste produto de acordo com Bueno et al. (2002) e Alexandre, Cunha e Hubinger (2004), respectivamente.

Os frutos de juçara são ricos em compostos antioxidantes, comprovado pelas análises de antocianinas totais (66,70 mg equivalente cianidina 3-glicosídeo 100 g⁻¹ polpa) e compostos fenólicos totais (7,72 mg de ácido gálico 100 g⁻¹) realizadas na polpa (Tabela 3). A sua forte coloração roxa, relatada pelos valores L* (18,10), ângulo Hue (29,29 graus) e Croma (5,02) também evidencia a abundância dos pigmentos antociânicos, que é o maior grupo de pigmentos naturais solúvel em água (Tabela 3).

Rufino et al. (2010) estudaram compostos bioativos de algumas frutas brasileiras, para açaí e juçara obtiveram 111 e 192 mg eq. cianidina 100 g⁻¹ de polpa, respectivamente. Já Constant (2003), analisando o teor total de antocianinas no fruto e na polpa de açaí, constatou valores de 127,86 mg 100 g⁻¹ no fruto e 27,0 mg 100 g⁻¹ na polpa. As antocianinas são

poderosos antioxidantes, isto é, compostos que atuam inibindo ou diminuindo os efeitos desencadeados pelos radicais livres, fazendo parte do grupo flavonoides. São importantes porque, com o combate aos processos oxidativos, tem-se menores danos ao DNA e às macromoléculas, amenizando os danos cumulativos que podem desencadear diversas doenças (BRITO et al., 2007; SANTOS et al., 2008).

Os valores de compostos fenólicos encontrados nesta pesquisa estão abaixo dos obtidos por Kuskoski et al. (2006), que para açaí foram 136,8 mg 100 g⁻¹ fruto. Tal fato pode ser explicado porque os níveis de polifenóis nos frutos estão relacionados, não somente pelos fatores genéticos e condições ambientais, mas também pelo grau de maturidade, processo e armazenamento a que foram submetidos (SÁNCHEZ-MORENO, 2002).

Desde 1987, através da Portaria nº 02 da DINAL/MS (BRASIL, 1987), os corantes artificiais Amarelo Ácido ou Amarelo Sólido (13015), Azul de Indantreno ou Azul de Alizarina (69,800), Laranja GGN (15980), Vermelho Sólido e (16045) e Escarlata GN (14815) estão proibidos para utilização em alimentos, alavancando-se a procura por pigmentos de origem animal ou vegetal. A polpa de juçara, devido à sua elevada quantidade de antocianinas, pode ser utilizada como corante natural em alimentos, aliando-se benefício à saúde por não haver efeitos tóxicos. Porém, segundo Lopes et al. (2007), a desvantagem das antocianinas como corantes artificiais é a mudança de coloração decorrente das reações químicas dos alimentos, ou de preparo inadequado dos mesmos, tornando-se necessária a utilização de alguma técnica que menos as degradem, como as técnicas não térmicas ou a retirada do oxigênio das embalagens, com o objetivo de reduzir a oxidação do produto (KUSKOSKI; FETT; ASUERO, 2002).

2.4.4 Composição lipídica

O óleo de açaí é ainda pouco estudado, tampouco o de juçara. De acordo com Rogez (2000) os óleos de açaí, oliva e abacate são ricos em ácidos graxos monoinsaturados (60%), que quando resfriados, tornam-se turvos e viscosos devido à sua cadeia longa de 18 carbonos; e poliinsaturados (14%), os qualificando como óleos comestíveis especiais. Estudando polpa de açaí, Nascimento et al. (2008) obtiveram 26% de ácido palmítico, 5% de ácido palmitoléico, 52% do ácido oléico e 8% do ácido linoléico. O óleo extraído da polpa de juçara é constituído por ácidos graxos de boa qualidade, sendo eles, em maior parte, o palmítico (34,43%), o oléico (35,96%) e o linoléico (19,18%), valores superiores aos encontrados para o açaí (Tabela 4).

Por serem insaponificáveis, tais ácidos graxos podem ser utilizados tanto para consumo *in natura* quanto na indústria de cosméticos; e são comercializados com um valor superior aos demais óleos vegetais (ROGEZ, 2000). Os óleos presentes na polpa de juçara também são essenciais para a digestão, absorção e transporte de vitaminas e fitoquímicos lipossolúveis, como os carotenóides (ETTINGER, 2005).

Tabela 4 - Composição lipídica (%) de polpa de juçara (valores médios, $\pm$ DP, n=3)

Variáveis	Resultados	Variáveis	Resultados
Ácido palmítico	34,43 $\pm$ 3,42	Ácido oléico	35,96 $\pm$ 3,08
Ácido palmitoléico	2,61 $\pm$ 0,26	Ácido linoléico	19,18 $\pm$ 1,89
Ácido esteárico	3,01 $\pm$ 0,30	Ácido linolênico	0,91 $\pm$ 0,20

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas.

O ácido oléico (ω 9), presente em maior quantidade na polpa de juçara, considerado como ácido graxo insaturado essencial, é vital para a construção da membrana celular, estando presente na epiderme, o qual protege e faz parte da barreira da pele evitando a sua desidratação (LEE; EAST; FROUD, 1986). Além disso, participa do metabolismo, desempenhando papel fundamental na síntese dos hormônios. A ingestão de ácidos graxos mono e poliinsaturados tem sido associada a reduzido risco de doenças cardiovasculares, incluindo hipertensão e aterosclerose (BASU; DEVARAJ; JIALAL, 2006).

Os ácidos graxos poliinsaturados são classificados em ácidos graxos ω 3 e ω 6, como exemplo tem-se os ácidos linolênico e linoléico, respectivamente. São essenciais para funções celulares normais, e agem como precursores da síntese de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa como os ácidos araquidônicos, eicosapentaenóico e docosahexaenóico (FAVACHO, 2009). A deficiência do ácido ω 6 acarreta em retardo do crescimento, dermatite e supressão da resposta proliferativa dos linfócitos. Já a dieta pobre em ácidos do grupo ω 3 pode causar dermatite, alterações imunológicas e neurológicas (FRANCO, 2001).

A disponibilidade de ácidos graxos poliinsaturados linoléico e linolênico para a espécie humana depende do fornecimento alimentar (BELDA; POURCHET-CAMPOS, 1991), o que evidencia as vantagens do consumo contínuo da polpa de juçara.

A classe de ácidos graxos presentes no óleo fixo de espécies de *Euterpe* exerce funções fisiológicas importantes para o organismo humano, e devido às suas estruturas químicas características, esses compostos têm sido alvos de interesse para laboratórios farmacêuticos e alimentícios (FAVACHO, 2009). Pacheco-Palencia, Mertens-Talcott e Talcott (2008) caracterizaram os principais compostos fenólicos em óleo bruto de açaí e

concluíram que muitos fenóis lipossolúveis oriundos da fruta mantiveram-se estáveis no óleo durante o aquecimento, indicando seu uso potencial em aplicações culinárias, como alternativa aos óleos tradicionais na alimentação, aliando-se ainda alta concentração de compostos fenólicos.

Yuyama et al. (2002) avaliaram a possibilidade da utilização da polpa de açaí na alimentação escolar, e constataram que tal produto contribuiu para o ganho de peso e diminuição da anemia de crianças que dela se alimentaram, sendo tal fato atribuído à sua elevada concentração de lipídios. A polpa de juçara, por possuir quantidade de lipídios em igual ou maior quantidade que a polpa de açaí, pode ser utilizada, igualmente, na merenda escolar, adicionando-se à dieta das crianças energia, minerais e compostos antioxidantes.

2.5 Conclusões

Os dados oriundos da caracterização físico-química, mineral e lipídica de polpa de juçara revelam a importância e funcionalidade de tal produto na alimentação humana. Pelo fato de possuir quantidades elevadas de minerais essenciais, compostos antioxidantes e óleos de ótima qualidade, tal produto pode ser inserido como alimento chave na merenda escolar, contribuindo para um excelente desenvolvimento das crianças.

A polpa de juçara possui, ainda, elevada quantidade de pigmentos roxos, podendo ser utilizada como corante natural, conferindo aos alimentos, além de coloração atraente, benefícios à saúde.

A comercialização de polpa de juçara favorece a manutenção da Mata Atlântica, agregando renda aos povos que a coletam e beneficiam, e inúmeros benefícios à saúde de quem a consome.

Para que a polpa de juçara atinja diferentes mercados consumidores, são necessárias pesquisas que envolvam o processamento do alimento, com ênfase na sua conservação por longos períodos. Dessa forma, comunidades que dependem da juçara para obter renda poderão ser beneficiadas não só com a produção da polpa, mas, também, com maneiras de garantir um alimento seguro.

Referências

- AHERNE, S. A.; O'BRIEN, N. M. Dietary flavonols: chemistry, food content, and metabolism. **Nutrition**, New York, v. 18, n. 1, p. 75-81, 2002.
- ALEXANDRE, D.; CUNHA, R. L.; HUBINGER, M. D. Conservação do açaí pela tecnologia de obstáculos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 114-119, 2004.
- ANDERSON, J. J. B. Minerais. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. (Ed.). **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. São Paulo: Rocca, 2005. p. 142-144.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 18. ed. Gaithersburg, 2005.
- AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY - AOCS. **Official methods and recommended practices of the American oil chemists society**. Champaign, IL: AOCS, 2003.
- BARROSO, R. M. **Aspectos etnobotânicos e etnoecológicos da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius) e a produção de frutos e polpa em quintais de comunidades quilombolas do Vale do Ribeira**. 2009. 109 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Departamento de Botânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2009.
- BARROSO, R. M.; REIS, A.; HANAZAKI, N. Etnoecologia e etnobotânica da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius) em comunidades quilombolas do Vale do Ribeira, São Paulo. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 24, n. 2, p. 518-528, 2010.
- BASU, A.; DEVARAJ, S.; JIALAL, I. Dietary factors that promote or retard inflammation. **Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology**, Dallas, v. 26, p. 995-1001, 2006.
- BELDA, M. C. R.; POURCHET-CAMPOS, M. A. Ácidos graxos essenciais em nutrição: uma visão atualizada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 3-4, 1991.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Biochemistry Physiology**, Ottawa, v. 37, p. 911-917, 1959.
- BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Portaria nº 02 – DINAL/MS, 28 de janeiro de 1987. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 fev. 1987.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 01, 7 de janeiro de 2000. Aprova os Regulamentos Técnicos para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de açaí. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jan. 2000.
- BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Resolução RDC nº 269, 22 de setembro de 2005. Aprova o “Regulamento técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais”. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 mai. 2005, Seção 1.

BRITO, E. S.; ARAÚJO, M. C.; ALVES, R. E.; CARKEET, C.; CLEVIDENCE, B. A.; NOVOTNY, J. A. Anthocyanins present in selected tropical fruits: acerola, jambolão, jussara and guajiru. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, p. 9389-9394, 2007.

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

CABRITA, L.; FOSSEN, T.; ANDERSEN, O. M. Colour and stability of the six common anthocyanin 3-glucosides in aqueous solutions. **Food Chemistry**, Barking, v. 68, p. 101-107, 2000.

CARNEIRO, F. R. B. D. **Uso de tecnologia de barreiras na obtenção da polpa de açaí e sua caracterização reológica**. 2000. 161 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

COHN, J. N.; KOWEY, P. R.; WHELTON, P. K.; PRISANT, M. New guidelines for potassium replacement in clinical practice. a contemporary review by the National Council on Potassium in Clinical Practice. **Archives of Internal Medicine**, Chicago, v. 160, p. 2429-2436, 2000.

CONSTANT, P. B. L. **Extração, caracterização e aplicação de antocianinas de açaí (*Euterpe oleracea*, M.)**. 2003. 183 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

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

DEL POZO-INSFRAN, D.; PERCIVAL, S. S.; TALCOTT, S. T. Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) polyphenolics in their glycoside and aglycone forms induce apoptosis of HL-60 leukemia cells. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, n. 54, v. 4, p. 1222-1229, 2006.

ETTINGER, S. Macronutrientes: carboidratos, proteínas e lipídeos. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. São Paulo: Rocca, 2005. p. 48-59.

FANELLI, L. A.; TATTO, N. I.; GOMES, E. P. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, C. J. F. Incentivos e impedimentos na conservação de *Euterpe edulis* em comunidades quilombolas do Vale do Ribeira. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, RS, v. 7, n. 2, p. 51-62, 2012.

FAO/WHO. **Expert consultation on human vitamin and mineral requirements**. Rome: Food and Nutrition Division, 2001. 303 p.

FAVACHO, H. A. S. **Caracterização fitoquímica e avaliação da atividade anti-inflamatória e antinociceptiva do óleo fixo de *Euterpe oleracea* Mart.** 2009. 67 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.

FAVRETO, R. **Aspectos etnoecológicos e ecofisiológicos de *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae)**. 2010. 144 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. São Paulo: Ateneu, 2001. p. 191-204.

GONNET, J. F. Colour effects of co-pigmentation of anthocyanins revisited-1. A colorimetric definition using the CIELAB scale. **Food Chemistry**, Barking, v. 63, n. 3, p. 409-415, 1998.

HENDERSON, A. The genus *Euterpe* in Brazil. In: REIS, M. S.; REIS, A. (Ed.). ***Euterpe edulis* Martius – (Palmito) biologia, conservação e manejo**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000. p. 1-20.

IADEROZA, M.; BALDINI, V. L. S.; SANTOS DRAETTA, I.; BOVI, M. L. A. Anthocyanins from fruits of acai and juçara. **Tropical Science**, London, v. 32, p. 41-46, 1992.

JOHNSON, C. M.; ULRICH, A. Analytical methods for use in plant analysis. **California Agricultural Experiment Station Bulletin**, Santa Clara, n. 766, p. 26-78, 1959.

KLEIN, R. M. Necessidade da pesquisa das florestas nativas para exploração racional e manejo eficiente das mesmas. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 1., 1968, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Federação das Indústrias do Estado do Paraná, 1968. p. 125-128.

KONICA MINOLTA. **Comunicação precisa da cor: controle de qualidade da percepção à instrumentação**. Ramsey: Konica Minolta, 1998.

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

KUSKOSKI, E. M.; FETT, P.; ASUERO, A. G. Antocianos: un grupo de pigmentos naturales. Aislamiento, identificación y propiedades. **Alimentaria**, Madrid, v. 339, p. 61-74, 2002.

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

LEE, A. G.; EAST, J. M.; FROUD, R. J. Are essential fatty acids essential for membrane function? **Progress in Lipid Research**, Oxford, v. 25, p. 41-46, 1986.

LINO, C. F.; ALBUQUERQUE, J. L. R.; DIAS, H.; SCHAFFER, W. B.; PROCHNOW, M.; LIMA, P. F. **Anuário Mata Atlântica – Panorama do cumprimento das metas de AICHI-CDB 2020 na Mata Atlântica: avanços, oportunidades e desafios**. São Paulo: Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2012. 85 p.

LOPES, T. J.; XAVIER, M. F.; QUADRI, M. G. N.; QUADRI, M. B. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 3, p. 291-297, 2007.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Manual de Identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Ed. Plantarum, 1992. 352 p.

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

MANTOVANI, A. **Fenologia e aspectos da biologia floral de uma população de *Euterpe edulis* Martius na Floresta Atlântica no Sul do Brasil**. 1998. 66 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 1998.

MANTOVANI, A.; MORELLATO, L. P. Fenologia da floração, frutificação, mudança foliar e aspectos da biologia floral do palmito. **Sellowia**, Itajaí, v. 49-52, p. 23-38, 2000.

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

MARTINS, S. V.; LIMA, D. G. **Cultura de Palmeiras I: palmito (*Euterpe edulis* Mart.)**. Viçosa: Editora UFV, 1999. 28 p.

MENEZES, E. M. S.; ROSENTHAL, A.; SABAA-SRUR, A.; CAMARGO, L.; CALADO, V.; SANTOS, A. Efeito da alta pressão hidrostática na atividade de enzimas da polpa de açaí. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 28, p. 14-19, 2008. Supl.

NASCIMENTO, R. J. S.; COURI, S.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S. P. Composição em ácidos graxos do óleo da polpa de açaí extraído com enzimas e com hexano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 30, n. 2, p. 498-502, 2008.

NEPA-UNICAMP. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação - Universidade Estadual de Campinas. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Versão II. 2. ed. Campinas, 2006. Disponível em: http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_versao2.pdf. Acesso em: 30 dez. 2012.

PACHECO-PALENCIA, L. A.; MERTENS-TALCOTT, S.; TALCOTT, S. T. Chemical composition, antioxidant properties, and thermal stability of a phytochemical enriched oil from açaí. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 56, p. 4631-4636, 2008.

PAULA, G. A. **Caracterização físico-química e estudo do escurecimento enzimático em produtos derivados de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)**. 2007. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

PIETTA, P. G. Flavonoids as antioxidants. **Journal of Natural Products**, Pittsburgh, v. 63, n. 7, p. 1.035-1.042, 2000.

PIO CORRÊA, M. **Dicionário de plantas úteis do Brasil, cultivadas exóticas**. v. 4. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1969. p. 543.

REIS, A. **Dispersão de sementes de *Euterpe edulis* Martius – (Palmae) em uma Floresta Ombrófila Densa Montana da Enconta Atlântica em Blumenau, SC.** 1995. 154 p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

REIS, M. S.; KAGEYAMA, P. Y. Dispersão de sementes de *Euterpe edulis* Martius Palmae. **Sellowia**, Itajaí, v. 49-52, p. 60-92, 2000.

REITZ, R. **Palmeiras**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1974. 189 p.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto Madeiras de Santa Catarina**. Levantamento das espécies nativas em Santa Catarina com possibilidade de incremento e desenvolvimento. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1978. p. 229-233.

ROGEZ, H. **Açaí: preparo, composição e melhoramento da conservação**. Belém: Universidade Federal do Pará, 2000.

ROGEZ, H.; SOUZA, J. N. S.; NASCIMENTO, M. Q.; BUXANT, R.; PASCAL, S. Branqueamento dos frutos de açaí (*Euterpe oleracea*) para a diminuição da carga microbiana do suco. **Anais da Associação Brasileira de Química**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 4, p. 177-184, 1996.

ROSENTHAL, A.; SIQUEIRA, R. S.; MENEZES, E. M. S.; SRUR, A. S.; CAMARGO, L. M. A. Q.; DELIZA, R. **Processamento de polpa de açaí por alta pressão hidrostática**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2006. 4 p. (Comunicado Técnico, 103).

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

SÁNCHEZ-MORENO, C. Compuestos polifenólicos: estructura y clasificación. Presencia em alimentos y consumo. Biodisponibilidad y metabolismo. **Alimentaria**, Madrid, v. 2, p. 19-28, 2002.

SANTOS, G. M.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; PRADO, G. M. Correlação entre atividade antioxidante e compostos bioativos de polpas comerciais de açaí (*Euterpe oleracea* Mart). **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 58, n. 2, p. 187-192, 2008.

SILVA, M. G. C. P.; BARRETO, W. S.; SERÔDIO, M. H. **Comparação nutricional da polpa dos frutos de juçara e de açaí**. Ilhéus: Ceplac/Ceped, 2004. Disponível em: http://www.inaceres.com.br/downloads/artigos/acai_jucara.pdf. Acesso em: 30 dez. 2012.

SILVA, P. P. M.; SILVEIRA, M. F.; CARMO, L. F.; SPOTO, M. H. F. Caracterização da polpa do fruto de juçara (*Euterpe edulis*). In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS. CIÊNCIA DE ALIMENTOS NO MUNDO GLOBALIZADO: NOVOS DESAFIOS, NOVAS PERSPECTIVAS, 8., 2009, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2009.

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

TATTO, N.; FANELLI, L. **Semeando sustentabilidade**. A juçara e as comunidades quilombolas no Vale do Ribeira. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2010.

TSUKAMOTO FILHO, A. A.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; MORAIS, A. R. Aspectos fisiológicos e silviculturais do palmitero (*Euterpe edulis* Martius) plantado em diferentes tipos de consórcios no município de Lavras, MG. **Revista Cerne**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 54-68, 2001.

YUYAMA, L. K. O.; ROSA, R. D.; AGUIAR, J. P. L.; NAGAHAMA, D.; ALENCAR, F. H.; YUYAMA, K.; CORDEIRO, G. W. O.; MARQUES, H. O. Açaí (*Euterpe oleracea*) e Camu-camu (*Myrciaria dubia*) possuem ação anti anêmica? **Acta Amazônica**, Manaus, v. 32, n. 4, p. 625-633, 2002.

3 POLPA DE JUÇARA SUBMETIDA À RADIAÇÃO GAMA

Resumo

Objetivou-se avaliar a viabilidade de conservação, e a qualidade físico-química e sensorial de polpa de juçara submetida à radiação gama (60 Co), e armazenada sob refrigeração (6°C). O produto foi tratado no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN - São Paulo, SP) com as doses 0,0 (controle); 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 kGy, armazenado a 6°C e avaliado nos períodos 1, 7, 15, 21 e 30 dias após o tratamento. Verificou-se sua qualidade microbiológica (NMP Coliformes termotolerantes e *Salmonella sp.*), físico-química (pH, acidez titulável, teor de sólidos solúveis, cor instrumental - L*, °Hue e Croma, antocianinas totais, compostos fenólicos totais e atividade das enzimas polifenoloxidase-PPO e peroxidase-POD) e sensorial (teste de aceitação com escala hedônica). Os resultados foram submetidos à análise estatística (ANOVA) e Teste de Tukey a $p < 0,05$. As amostras encontraram-se dentro dos padrões legais vigentes pela RDC nº12 (ANVISA). A irradiação exerceu efeito sobre o pH do produto, pois em todos os períodos as amostras tratadas apresentaram valores inferiores aos do controle. A acidez titulável foi equivalente entre as amostras irradiadas durante o armazenamento. A radiação gama acelerou a degradação dos sólidos solúveis das amostras. Após sete dias de armazenamento, as amostras tratadas com 7,5 e 10 kGy escureceram, porém o °Hue e Croma mantiveram-se constantes em todas elas, tendo a cor tendendo do roxo para o marrom ao final do experimento. Em todas as amostras os teores de antocianinas decaíram na primeira semana, observando-se, também, que tal decréscimo foi inversamente proporcional ao aumento da dose. Igualmente ao ocorrido nas antocianinas, os teores de compostos fenólicos mostraram-se altos no primeiro dia, com redução no período posterior, com médias constantes até o final. A avaliação da atividade da PPO indicou que a enzima sofreu decréscimo em todos os períodos, independente da dose de radiação aplicada; e a avaliação da POD indicou que baixas doses de radiação, ou até mesmo nenhuma, são suficientes para diminuir a sua ação. A polpa de juçara, em todos os tratamentos, não foi bem aceita sensorialmente pelos provadores. Concluiu-se, portanto, que a radiação gama não se mostrou um processo promissor para a conservação de polpa de juçara sob armazenamento refrigerado.

Palavras-chave: *Euterpe edulis*. Irradiação. Análises físico-químicas. Teste de aceitação. Vida útil.

Abstract

This study aimed to evaluate the viability of conservation, and to analyze the quality physicochemical and sensory of juçara pulp subjected to gamma radiation (^{60}Co) stored under refrigeration (6°C). The product was treated at Institute of Energy and Nuclear Research (IPEN - São Paulo, SP) at doses 0,0 (control); 2,5; 5,0; 7,5 and 10,0 kGy, stored at 6°C and assessed for the periods 1, 7, 15, 21 and 30 days post treatment. Were analyzed its microbiological quality (NMP thermotolerant coliforms and *Salmonella sp.*), physico-chemical (pH, titratable acidity, soluble solids, instrumental color - L^* , a^* and b^* , Hue and Chroma, anthocyanins, total phenolics and activity of enzyme polyphenol oxidase-PPO and peroxidase-POD) and sensorial (test of acceptance with hedonic scale). The results were submitted to statistical analysis (ANOVA) and Tukey's test at $p < 0,05$. The samples were within the prevailing on legal standards by the RDC n $^{\circ}$ 12 (ANVISA). Irradiation has influence on the pH of the product because in all periods the treated samples were lower than the control. The titratable acidity was equivalent among the irradiated samples during storage. Gamma radiation accelerated degradation of soluble solids samples. After seven days of storage, the luminosity of the treated samples with 7,5 and 10 kGy darkened, but a^* and b^* remained constant in all of them, and tending from purple to brown at the end of the experiment. In all samples levels of anthocyanins decayed in the first week, noting also that the reduction was inversely proportional to dose increments. Similarly as occurred on anthocyanins, the phenolic compounds showed to be high on the first day, with a reduction in the later period, with constant average to the end. The evaluation of the activity of PPO enzyme indicated that decreased suffered in all periods, regardless of radiation dose applied, and the POD that low doses of radiation, or even any, are sufficient to decrease its action. The PPO enzyme activity decreased in all periods, regardless of radiation dose applied, and POD activity indicated that low doses of radiation, or even none, are sufficient to reduce its action. The juçara pulp in all treatments was not well accepted by sensory panelists. It was concluded, therefore, that the gamma radiation was not a promising process for preserving juçara pulp under refrigerated storage.

Keywords: *Euterpe edulis*. Irradiation. Physico-chemical analyzes. Test of acceptance. Shelf life.

3.1 Introdução

Atualmente o controle de qualidade em polpa de açaí é ineficiente, tampouco na de juçara, no qual este processo é feito artesanalmente, sem qualquer padronização. A aplicação da irradiação torna-se interessante para o processamento da polpa de juçara, pois se trata de uma tecnologia não térmica, que pouco afeta os processos físico-químicos e nutricionais dos alimentos, bem como suas características sensoriais, além de ser eficiente na eliminação ou redução da carga microbiana, tornando o alimento mais seguro ao consumidor. Além disso, a juçara tem como principal característica funcional a grande quantidade de antocianinas, pigmentos que são degradados quando o produto é submetido a processos térmicos, tornando a técnica de irradiação de alimentos atraente.

Tal processo possui uma longa história de sucesso mundial em aplicações industriais como, por exemplo, na esterilização de materiais médicos descartáveis. A utilização da radiação em processamento de alimentos é conhecida desde a antiguidade, quando se costumava preservar carnes, peixes, frutas e vegetais através da energia solar (DEL MASTRO, 1999).

A idéia da utilização da radiação ionizante na preservação de alimentos veio seguida da descoberta da radioatividade por Becquerel em 1895. Neste mesmo ano foi sugerido, em uma publicação de um jornal médico alemão, o uso da energia ionizante na destruição de microrganismos patogênicos e deteriorantes em alimentos. No início de 1900 tal tecnologia foi patenteada nos Estados Unidos da América (EUA) e Reino Unido. A era moderna da aplicação de radiação em alimentos iniciou-se após a II Guerra Mundial, quando as fontes ionizantes tornaram-se disponíveis. Os EUA foram os precursores na pesquisa em viabilidade industrial e comercial da irradiação em alimentos. No Brasil, a primeira pesquisa sobre irradiação em alimentos é datada em 1968, em que pesquisadores do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) desenvolveram grande quantidade de pesquisas com insetos e alimentos (DEL MASTRO, 1999).

3.2 Objetivo

Este trabalho objetivou avaliar a viabilidade de conservação, bem como da qualidade físico-química e sensorial de polpa de juçara submetida ao tratamento com radiação gama (60 Co) e armazenada sob refrigeração (6°C).

3.3 Revisão da Literatura

3.3.1 Finalidade, vantagens e desvantagens da irradiação de alimentos

A irradiação de alimentos é um dos tratamentos mais estudados e avaliados justamente pela controvérsia que a acompanha. Os resultados obtidos em pesquisas indicam que o consumo de alimentos irradiados não apresenta efeitos nocivos desde que esse tratamento seja realizado dentro de certos limites e em condições controladas (PEREDA, 2005). Além disso, devido ao forte desejo de se minimizar a utilização de produtos químicos aplicados a frutas e hortaliças, a característica da radiação ionizante de não gerar resíduos é uma vantagem importante deste processo (ARVANITOYANNIS; STRATAKOS; TSAROUHAS, 2009).

Tal processo expõe os alimentos a uma fonte controlada de radiação ionizante durante um período de tempo necessário, com o propósito de reduzir a contaminação de microrganismos, destruir patógenos, aumentar a extensão da vida útil, desinfestar o produto de insetos, retardar o amadurecimento de frutos, inibir o brotamento de raízes, e suprir o abastecimento de alimento nos períodos de entressafra. Os alimentos irradiados podem ser transportados, armazenados ou consumidos imediatamente após o tratamento (CRAWFORD; RUFF, 1996; SCOTT SMITH; PILLAI, 2004). Entretanto, de acordo com Pereda (2005), nem todas as radiações ionizantes podem ser utilizadas no tratamento de alimentos, algumas pelo fato de não terem poder de penetração, e outras devido à sua elevada energia.

O tratamento com radiação não provoca aumento de temperatura no produto, podendo ser aplicada através de embalagens que não suportam calor demasiado. E também pode ser realizada em produtos embalados, evitando a recontaminação ou reinfestação do produto (FARKAS, 2006).

Entretanto, como todo processo tecnológico, a irradiação possui desvantagens. Stefanova, Vasilev e Spassov (2010) afirmam que a radiação não pode ser aplicada em todos os tipos de alimentos, pois, em alguns deles, podem ocorrer alterações químicas que afetam suas propriedades sensoriais. Os danos celulares promovidos pela irradiação podem causar amolecimento em alguns vegetais, além de criar compostos oxidativos como aldeídos, cetonas e alcoóis em outros alimentos. A irradiação não elimina vírus e príons de origem alimentar. O alto custo capital e a resistência do público e indústria à energia nuclear também são impasses a essa tecnologia.

3.3.2 Radiólise: definição, efeitos químicos primários e secundários nos alimentos

O termo radiação designa o fenômeno físico pelo qual a energia radiante se move através do espaço ou matéria na forma de ondas eletromagnéticas, como por exemplo, microondas, infravermelhas, ultravioleta, raios X e raios gama. A irradiação em ciências de alimentos emprega uma faixa de energia eletromagnética, em um material específico, conhecida como radiação ionizante com raios gama, utilizando como fonte de energia nesse processo o isótopo Cobalto 60 (^{60}Co). O referido material é fabricado a partir da alta purificação do Co^{59} não radioativo e, depois, comprimido hermeticamente em pequenas cápsulas cilíndricas que são cuidadosamente encaixadas em tubos de aço limpos. Esses tubos são depositados num reator nuclear onde são bombardeados constantemente com nêutrons. Deste processo se origina o ^{60}Co altamente purificado, em forma de cápsulas, que produz uma emissão controlada de raios gama com adequado poder de penetração no tratamento de alimentos. Uma vez que o Cobalto 59 está disponível em grandes quantidades na natureza, tendo custo aceitável, acabou se tornando o radionuclídeo mais utilizado na indústria alimentícia (SATIN, 1997; ANDREWS et al., 1998; HERNANDES; VITAL; SABAA-SRUR, 2003; PEREDA, 2005).

A propriedade característica da radiação de alta energia, como os raios gama, é causar a ionização no material que absorveu a radiação. Como efeito da irradiação, os átomos absorventes, com energia maior que o normal, têm seus elétrons mudando de orbital para estados de energias maiores ou perdendo elétrons orbitais. Os átomos que ganharam energia sem perder elétrons são chamados de eletronicamente excitados. Já os que perderam elétrons se tornam positivamente carregados, sendo estes, os íons ou radicais livres. Por conterem quantidades anormais de energia, são instáveis e quimicamente reativos, podendo reagir entre eles ou com outras moléculas disponíveis em seu ambiente (URBAIN, 1986).

Nos casos onde os radicais livres estão presentes, uma nova ação química torna-se possível, o que dá origem aos produtos radiolíticos. Os radicais livres são constituintes comuns de muitos sistemas, como os alimentos, persistem em alguns sistemas indefinidamente, podem ser altamente reativos em vários tipos de reações como adição, combinação, dissociação, rearranjos e transferência de elétrons. A estabilidade dos radicais livres é afetada pelo conteúdo de água, estado físico, temperatura e quantidade de oxigênio (URBAIN, 1986).

A radiólise é a decomposição de substâncias provocada pela ação de radiações ionizantes. Seu efeito químico primário é consequência direta dos compostos absorventes que adquiriram energia através da interação com a radiação, o que pode trazer mudanças irreversíveis aos produtos. Reações químicas indiretas ocorrem quando os produtos primários interagem com eles mesmos ou com outros componentes do sistema, resultando em substâncias alheias à composição inicial do produto, os chamados produtos radiolíticos. A intensidade da radiólise depende da composição do alimento tratado, das condições de processamento e da dose de radiação absorvida (ANDREWS et al., 1998; PEREDA, 2005).

Os efeitos indiretos da radiação sobre a água, normalmente o principal componente dos alimentos, são de particular interesse. Os produtos resultantes da radiólise da água são os radicais hidroxila ($\text{OH}\bullet$), elétron aquoso ou hidratado (e^-_{aq}) e radical hidrogênio ($\text{H}\bullet$), o hidrogênio (H_2), o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o próton hidratado (H_3O^+). Enquanto os radicais $\text{OH}\bullet$, e^-_{aq} e $\text{H}\bullet$ são espécies transitórias muito reativas, H_2 e H_2O_2 são produtos finais estáveis dessa reação, cujas quantidades são determinadas pela dose aplicada. Estes produtos obtidos são altamente reativos; elétrons e átomos de hidrogênio são agentes redutores e o radical hidroxila é oxidante, da mesma forma que o H_2O_2 . Eles reagem com inúmeras substâncias quando estão dissolvidos em água, podendo também, formar moléculas de água (URBAIN, 1986; DIEHL, 1995). Embora alguns desses radicais se percam ao formarem novamente moléculas de água, a maioria deles intervém de forma decisiva na radiólise. Seu efeito é ainda maior na presença de oxigênio, ao se formarem peróxidos e superperóxidos de grande atividade. Em associação, a presença desses radicais condicionará as reações de oxidação e de redução, provocando o desequilíbrio nos processos de oxirredução enzimática e, conseqüentemente, a desestabilização metabólica (PEREDA, 2005).

3.3.3 Efeitos biológicos da irradiação em alimentos

Microrganismos são inativados quando expostos a fatores que substancialmente alteram sua estrutura celular ou funções fisiológicas. Tanto a radiação gama quanto a UV causam danos ao seu DNA e em menor extensão, ocorre desnaturação de proteínas. As lesões letais ao DNA são espalhadas através das células durante o processo, e as que são incapazes de reparar tais danos morrem (LADO; YOUSEF, 2002).

Nos microrganismos, o dano celular causado pela ação direta da radiação ionizante é resultado da energia transferida dentro da própria molécula, em contrapartida, os efeitos indiretos inativam o organismo. Outro tipo de efeito, o ambiental, pode ser causado por

radicais livres ou outros compostos radiolíticos formados extracelularmente, mas letais à célula. Espécies reativas de radicais livres causam danos em microrganismos através do ataque de moléculas dentro da célula ou pela oxidação da parede celular. O radical hidroxila pode extrair um átomo de hidrogênio do DNA, o deixando com um radical livre com consequente inativação (ANDREWS et al., 1998).

A reação do peróxido de hidrogênio e do radical hidroxila, que são produtos diretos da radiólise da água, sendo este o principal componente de alimentos e organismos vivos, com o DNA de microrganismos causa quebras das ligações químicas e leva à perda da capacidade da célula de se replicar. Uma alteração relativamente pequena do DNA de uma célula bacteriana pode destruí-la, que é o principal efeito da radiação em alimentos, permitindo a destruição de insetos, a inativação de parasitas, o atraso do amadurecimento e a prevenção da germinação em bulbos e tubérculos (STEFANOVA; VASILEV; SPASSOV, 2010).

A inativação de uma população microbiana através da radiação segue um curso quase exponencial, o que significa que, independentemente da extensão da dose aplicada, existe uma probabilidade finita de microrganismos sobreviventes. Os microrganismos têm sensibilidades diferentes em altas doses de radiação, podendo ser devido a diferenças no volume no qual um dano específico causado pela irradiação deve ocorrer para a célula ser inativada (TALLENTIRE, 1980).

Quando bactérias são sujeitas a níveis subletais de radiação ionizante, algumas das biomoléculas danificadas são reparadas pela ação de enzimas. Isto ocorre pelo fato de muitas bactérias demonstrarem habilidade em bloquear radicais livres tóxicos através da ação enzimática, como as catalases ou peroxidases, enquanto outras podem reparar o dano subletal em enzimas metabólicas através da atividade do DNA (ANDREWS et al., 1998).

A sensibilidade à radiação de muitos bolores é da mesma ordem e magnitude que a de bactérias vegetativas. No entanto, fungos com hifas têm uma resistência à radiação comparável a de esporos bacterianos. As leveduras são tão ou até mais resistentes que as bactérias; e os vírus são altamente resistentes à radiação (FARKAS, 2006).

3.3.4 Parâmetros da irradiação: dose, conteúdo de água, temperatura e presença de oxigênio

Dentre todas as variáveis controladas em irradiação de alimentos, a dose é a mais importante. Conforme o International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU, 2012), a dose absorvida é a energia média cedida pelas radiações ionizantes à matéria

num volume de elemento dividido pela massa da matéria desse elemento em volume. Trata-se da quantidade de energia absorvida por uma determinada massa de alimento. Sua unidade internacional é o Gray (Gy) que corresponde à absorção de 1 Joule por kg de material absorvente (alimento). Para regular a dose absorvida, é necessário considerar a produção de energia da fonte por unidade de tempo, a distância entre a fonte e o produto e o tempo de exposição (DIEHL, 1995; PEREDA, 2005).

Na indústria de alimentos, os tratamentos com radiações ionizantes foram classificados em três categorias de acordo com a dose aplicada permitindo, assim, agrupar de forma mais precisa os efeitos e os objetivos alcançados. As “doses altas”, entre 10 e 50 kGy, são utilizadas para a esterilização dos produtos. Já as “doses médias”, entre 1 e 10 kGy, possuem o mesmo efeito da pasteurização, atribuindo aos alimentos extensão de sua vida útil. Finalmente, as “doses baixas”, de até 1 kGy, são aplicadas no controle da infestação dos produtos por parasitas e insetos, e para retardar a senescência em frutas frescas e o brotamento em vegetais (ANDREWS et al., 1998; PEREDA, 2005).

Quando a atividade de água do alimento é baixa, como em alimentos secos, congelados ou com muito açúcar, os efeitos indiretos dos produtos radiolíticos são mínimos e a resistência dos microrganismos à radiação é aumentada. O pH do meio irradiado afeta a formação de radicais livres, relacionado à radiólise da água, e consequentemente pode afetar o microrganismo em ação indireta. Com a diminuição da temperatura, o movimento dos radicais livres através da radiação cai, e com menos movimentos a nível molecular, a formação de produtos radiolíticos secundários também é reduzida. Se o objetivo da radiação for a esterilização do alimento, o congelamento deve ser considerado para manter a qualidade sensorial e reduzir as alterações químicas (ANDREWS et al., 1998).

3.3.5 Alterações na composição do alimento promovidas pela irradiação

A irradiação de alimentos, como todos os outros processos, afeta componentes como os carboidratos, lipídios e proteínas através de trocas causadas durante a ionização. Geralmente, os macronutrientes (proteínas, lipídios e carboidratos) e minerais não sofrem alterações de qualidade quando expostos à radiação gama. No entanto, as Vitaminas A, C e E, consideradas sequestradoras de radicais livres, são mais sensíveis e são reduzidas após radiação com doses altas, porém, os efeitos decorrentes são semelhantes aos da pasteurização. A extensão destas perdas é dependente das condições do processo, como temperatura e dose

aplicada, podendo ser minimizada com a utilização de técnicas de embalagem (SCOTT SMITH; PILLAI, 2004).

A natureza e extensão destas mudanças dependem da composição do alimento, principalmente do conteúdo de água, da dose de radiação, da temperatura e da presença ou ausência de oxigênio no processo (KILCAST, 1994; WIENDL, 1984). Ao serem utilizadas elevadas doses de radiação, os radicais livres podem ser formados em tão altas concentrações que a reação de recombinação com outros radicais pode ser favorecida, diminuindo, desta maneira, a quantidade de reações indiretas. Os efeitos primários da irradiação, ionização e excitação eletrônica são independentes da temperatura do processo, contudo, os efeitos subsequentes podem ser afetados por ela. A presença de oxigênio durante o processo de radiação pode promover alterações químicas nos alimentos, pois a molécula O_2 é capaz de reagir com outros radicais, formando os radicais peróxido, com consequente autooxidação paralela em sistemas oxigenados. Alimentos que contêm lipídios são particularmente afetados pelo O_2 durante a irradiação, podendo desenvolver *off-flavor* ou rancidez (URBAIN, 1986).

Como dito, o desenvolvimento de sabores e aromas residuais desagradáveis de alimentos irradiados são resultantes das reações químicas e de compostos radiolíticos promovidos pelos efeitos secundários do processo. Tais efeitos provocam a ruptura nos resíduos de aminoácidos sulfurados de cadeias de proteínas, induzida por radicais hidroxilas e elétrons que provocam alterações na estrutura da proteína. O avanço da radiólise causa lesões nas membranas celulares, afetando a sua permeabilidade, devido ao efeito secundário sobre o seu componente lipídico. Essas mudanças repercutem nas atividades das enzimas ligadas às membranas, causando perda de líquido intracelular e ruptura da membrana e consequente morte celular após algum tempo do tratamento. Os danos causados às membranas das organelas celulares facilitam as reações enzimáticas, já que as enzimas e os substratos podem interagir livremente. Pode ocorrer, além disso, clivagem de carboidratos de alto peso molecular presentes em vegetais, em unidades de baixo peso molecular (PEREDA, 2005; STEFANOVA; VASILEV; SPASSOV, 2010).

Quando a irradiação é utilizada em combinação com outros métodos de conservação, tais como tratamentos térmicos leves ou adição de especiarias e extratos de plantas, a eficiência global é reforçada através de uma ação sinérgica, e as doses de irradiação podem ser reduzidas sem afetar a qualidade do produto (LACROIX; OUATTARA, 2000).

De modo geral, somente um número limitado de frutas e hortaliças é beneficiado pela irradiação; em muitos casos os danos causados pela irradiação são maiores quando comparados aos da refrigeração. Há dois fatores que têm limitado a utilização da irradiação

em frutas e hortaliças: a degradação da qualidade e os custos de tratamento. Na maioria dos produtos agrícolas, as doses de irradiação requeridas para inibir ou destruir danos de podridão e enzimas catabólicas, podem causar injúria ao tecido do vegetal com consequente degradação da qualidade (ANDREWS et al., 1998).

A tolerância à radiação varia entre as espécies e variedades de vegetais, e é influenciada pela maturação no momento do tratamento. Com frutas e hortaliças frescas, é importante estabelecer os parâmetros exatos, como estágio de maturação, pré-tratamento adequado, pós-tratamento e condições de transporte que produzam os melhores resultados. A maioria das frutas e hortaliças *in natura* toleram tratamento de irradiação na dose mínima de 0,25 kGy sem sofrer alteração em sua qualidade. A dose 2,25 kGy já pode prejudicar a sua qualidade (LACROIX; OUATTARA, 2000).

De acordo com Pereira (2004), a irradiação pode ser chamada de "processo a frio" porque a variação de temperatura dos alimentos processados é insignificante. Ao contrário do processo térmico, a energia da radiação que é consumida é insuficiente para aumentar a energia térmica das moléculas que a absorvem. Além disso, a energia necessária para a esterilização promovida pela radiação é cerca de 50 vezes menor da requerida pelo calor. Loaharanu (1996), relatou que o nível máximo de energia absorvida ou dose de irradiação recomendado pela Comissão do Codex Alimentarius para o tratamento de alimentos (10 kGy) é equivalente à energia de calor necessária para aumentar a temperatura da água em apenas 2,4°C.

3.3.6 Alterações nas características das embalagens de alimentos promovidas pela irradiação

No tratamento de irradiação, os alimentos são geralmente processados embalados de forma a prevenir a recontaminação. Como resultado da exposição à irradiação, algumas propriedades químicas e físicas dos materiais poliméricos podem se alterar. Tais mudanças dependem tanto da composição do polímero, quanto das condições de radiação. A irradiação pode levar à cisão de cadeia ou reticulação de polímeros. A reação predominante, durante a irradiação na maioria dos materiais plásticos utilizados para embalagem de alimentos, tais como polietileno, polipropileno e poliestireno, é em geral de ligação cruzada. Esta ligação pode diminuir a elongação, a solubilidade, a cristalinidade e, ainda, aumentar a resistência mecânica dos polímeros (OZEN; FLOROS, 2001).

Estudo com polietileno de baixa densidade, polietileno de alta densidade, polipropileno, tereftalato de polietileno (PET) e filme PVC indicou que a cristalinidade dos materiais não se alterou após a radiação com doses entre 0 e 8 kGy (VARSANYI, 1975). Rojas de Gante e Pascat (1990) também não detectaram qualquer mudança significativa na estrutura molecular do polietileno de baixa densidade e do polipropileno biorientado em doses baixas (10 a 50 kGy). Entretanto, uma das preocupações relacionadas com a exposição de películas plásticas à radiação é a formação de radicais livres, que podem ficar presos nas regiões cristalinas de polímeros, podendo ser esta a causa dos efeitos de “envelhecimento” observados em polipropileno (BUCHALLA; SCHUTTLER; BOGL, 1993).

3.3.7 Salubridade de alimentos irradiados e segurança à radioatividade

O comitê misto de especialistas FAO/IAEA/WHO em estudo sobre a integridade dos alimentos irradiados, determinou que os alimentos submetidos à dose média de 10 kGy de irradiação não apresentam risco toxicológico e não introduz a qualquer problema nutricional e microbiológico aos humanos (WHO, 1981).

Em 2003, após inúmeros estudos com alimentos e doses maiores que 10 kGy, a Comissão do Codex Alimentarius, na revisão da Norma geral do Codex para alimentos irradiados, permitiu tal tratamento em alimentos com a utilização de qualquer dose para atingir o objetivo tecnológico proposto (CODEX ALIMENTARIUS, 2003).

O alimento tratado com raio gama não se torna radioativo porque os nêutrons não são emitidos pelo ^{60}Co e, portanto, nenhuma alteração nuclear é produzida nos núcleos das moléculas do alimento. Não há evidência científica de que os alimentos irradiados irão conter níveis de radioatividade superiores aos dos não irradiados (STEFANOVA; VASILEV; SPASSOV, 2010).

Segundo Lee (1994), para se obter os melhores resultados em irradiação de alimentos, apenas os produtos da mais alta qualidade devem ser tratados. Se o alimento está estragado antes da irradiação, como exemplo devido a uma alta carga microbiana, irradiando-se o produto não irá remover qualquer odor ou sabor já presentes e nem irá melhorar a sua aparência. A tecnologia de irradiação de alimentos utilizada para inativação microbiana não se destina a servir como substituto para uma boa prática de higiene alimentar, e a rigorosa observação das Boas Práticas de Fabricação é necessária a fim de se proporcionar a segurança e a qualidade dos alimentos. Logo, devidamente processados, os alimentos irradiados são saudáveis.

3.3.8 Legislações relacionadas aos alimentos irradiados: Brasil, União Europeia e Estados Unidos da América

Nos últimos anos ocorreu um aumento do reconhecimento da importância da irradiação na indústria de alimentos em países desenvolvidos e em desenvolvimento. Mais de 50 países aprovaram para mais de 60 alimentos a irradiação para o consumo local ou exportação, e cerca de 40 países diferentes utilizam tal tecnologia. Os Estados Unidos da América, África do Sul, Holanda, Tailândia e França são os líderes no uso da tecnologia de irradiação de alimentos (STEFANOVA; VASILEV; SPASSOV, 2010).

No Brasil, em 2001, foi implementado o “Regulamento técnico para irradiação de alimentos” com o objetivo de se estabelecer os requisitos gerais para o uso da irradiação de alimentos com vistas à qualidade sanitária do produto final (BRASIL, 2001b). Nesta resolução foram definidos irradiação de alimentos, alimento irradiado, radiação ionizante, dose absorvida e irradiadores. Como requisito, a irradiação não deve ser utilizada em substituição às boas práticas de fabricação ou agrícolas. Impõe, igualmente, que a dose mínima absorvida deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida, e a dose máxima absorvida deve ser menor àquela que comprometeria as propriedades funcionais ou os atributos sensoriais do alimento. Na rotulagem de alimentos irradiados, além dos dizeres exigidos para os alimentos em geral e específico do alimento, deve constar no painel principal a frase “Alimento tratado por processo de irradiação”, com as letras de tamanho não inferior a um terço ao da letra de maior tamanho no enunciado da rotulagem. Quando um produto irradiado é utilizado como ingrediente em outro alimento, deve-se declarar essa circunstância na lista de ingredientes, entre parênteses, após o nome do mesmo. Além disso, o regulamento prevê que, exceto para alimentos de baixo conteúdo hídrico irradiados com o objetivo de combater a re-infestação de insetos, os alimentos irradiados não devem ser submetidos à re-irradiação.

Em 2011 a Instrução Normativa nº9 (BRASIL, 2011) autorizou a radiação ionizante como tratamento fitossanitário para fins quarentenários, podendo ser utilizada como um tratamento único ou combinado com outros tratamentos como parte integrante de um sistema de medidas fitossanitárias para o gerenciamento de risco de pragas. Para fins quarentenários, a radiação ionizante pode ser fornecida por isótopos radioativos (raios gama de ^{60}Co), elétrons acelerados com energia máxima de 10 MeV e por meio de raios X com energia de até 5 MeV. Sendo a dose de energia absorvida o Gy.

No Reino Unido, em 1986, a irradiação foi aprovada como método seguro e satisfatório de processamento de alimentos pelo Advisory Committee on Irradiated and Novel Foods (ACINF, 1986). Esta opinião foi confirmada em 1987 depois de receber pedidos da indústria, grupos de consumidores, e das partes interessadas. Em 1991 as regulamentações específicas de alimentos irradiados (THE FOOD CONTROL OF IRRADIATED REGULATIONS, 1991) definiu sete categorias de doses de radiação, a saber: frutas – 2,0 kGy, hortaliças – 1,0 kGy, bulbos e tubérculos – 0,2 kGy, especiarias e condimentos – 10 kGy, peixes e mariscos – 3,0 kGy e aves – 7,0 kGy. Tais regulamentos ainda preveem a rotulagem de acordo com os Regulamentos para Rotulagem de Alimentos de 1996 (WHO, 1996) com a finalidade de assegurar que os consumidores sejam plenamente informados se o alimento ou quaisquer ingredientes nele contido tenham sido irradiados.

A União Europeia (EU) em 1999, implementou duas diretrizes sobre a irradiação de alimentos a Directive 1999/2/CE (1999) e a Directive 1999/3/CE (1999) (OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1999a, 1999b), incluindo aspectos gerais e técnicos que regem o processo de irradiação, as condições de autorização da irradiação de alimentos, e as isenções e requisitos de rotulagem de produtos alimentares irradiados. Em tal Diretriz foram listados produtos que tinham autorização para o tratamento com irradiação, sendo eles de uma só categoria, sendo esta a de alimentos secos, ervas aromáticas, especiarias e condimentos vegetais com a utilização da dose máxima absorvida de 10 kGy. Os alimentos irradiados e comercializados dentro da UE devem ter sido tratados em instalações autorizadas. No entanto, a partir de 2006, seis Estados membros da UE (Bélgica, França, Itália, Países Baixos, Polónia e Reino Unido) (OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2009) possuem autorizações nacionais para alguns alimentos, em conformidade com o artigo 4 (4) da Directive 1999/2/CE (1999):

- Bélgica: batatas, cebola, alho, cebolinha, legumes, morangos, carne de aves mecanicamente separadas, pernas de rã congeladas, camarões descascados, clara de ovo, ervas e especiarias;
- França: ervas e especiarias, cebolas, alho, frutas e vegetais secos, flocos e germes de cereais para produtos lácteos, farinha de arroz, aves, carne de aves mecanicamente separadas, as pernas de rã congeladas, camarões descascados e clara de ovo;
- Itália: batatas, cebolas, alho, ervas e especiarias;
- Holanda: frutas e hortaliças secas, flocos de cereais, carne de frango, as pernas de rã congeladas, camarões descascados, ovo branco, ervas e especiarias;

- Reino Unido: bulbos e tubérculos, legumes, frutas, cereais, peixe, crustáceos e moluscos, ervas e especiarias;
- Polônia: alho, cogumelos secos, cebola, especiarias e legumes secos.

Nos Estados Unidos da América (EUA), a Food and Drug Administration desde 1986 (FDA, 1986) tem a responsabilidade de realizar a regulamentação da irradiação de alimentos para garantir seu uso seguro em todos os alimentos. O USDA (United States Department of Agriculture) e o FSFI (Food Safety and Inspection Services) são responsáveis pela legalização do tratamento em carnes e produtos avícolas, frutas frescas e alguns produtos de ovos. A máxima dose utilizada para cada produto irradiado deve seguir as regras do FDA. Nos casos de aplicações de quarentena, a dose mínima também é regulada. Os materiais de embalagem contendo o alimento processado por irradiação também deve passar por aprovação do órgão.

No que diz respeito à rotulagem dos alimentos irradiados, as regras foram publicadas na Norma Geral do Codex Para Alimentos Irradiados (CODEX ALIMENTARIUS, 2003) e na Norma Geral para a Rotulagem de Alimentos Pré-embalados (CODEX ALIMENTARIUS, 1991), que contêm as disposições para a rotulagem dos alimentos irradiados e para os alimentos irradiados pré-embalados, incluindo as informações em documentos de embarque internacionalmente aceitos, no âmbito do acordo da Organização Mundial do Comércio. A rotulagem dos alimentos deve atender a todos os requisitos adicionais estabelecidos pelas autoridades competentes.

Na União Europeia, os alimentos irradiados e todos os ingredientes listados que foram irradiados devem ser identificados com as palavras “irradiado” ou “tratado com radiação ionizante”. Nos EUA, o FDA (1990) exige que os rótulos de alimentos irradiados contenham o símbolo da irradiação, a radura (Figura 1), e a declaração “tratado com irradiação” ou “tratado por irradiação”. Aos fabricantes é permitido adicionar uma frase que descreve o efeito do tratamento, como “tratado com radiação para controlar a sua deterioração”.

Figura 1 - Símbolo da radura

3.3.9 Pesquisas desenvolvidas com irradiação em frutas e hortaliças

De acordo com Hussain et al. (2011), damascos secos e irradiados entre 2,5 e 3,0 kGy são seguros e podem ser consumidos em até 12 meses de armazenamento em temperatura ambiente. Os autores sugerem que doses médias de radiação podem ser efetivas no tratamento pós-colheita em termos de manutenção de qualidade e controle quarentenário visando-se sua exportação.

Kumar et al. (2011) se propuseram a verificar o efeito da irradiação (1, 2, 3, 4 e 5 kGy) em combinação com processamento térmico (100°C/105 kPa) na qualidade microbiológica, química e sensorial do produto pronto para consumo denominado *Vegetable Pulav*, que é um alimento típico da Índia, preparado com arroz, feijão, cenouras, batata, cebola, alho, gengibre, temperos e gordura hidrogenada. O produto foi armazenado a 5°C e em temperatura ambiente até um ano após o processamento. A dose 4 kGy de irradiação seguida de processamento térmico foi suficiente para atingir a esterilidade comercial do prato pronto até 12 meses de armazenamento, com ótimas características sensoriais do produto armazenado tanto em temperatura ambiente quanto a 5°C.

Sabato e colaboradores (2009), desenvolveram pesquisa com mangas *in natura* tratadas em banho de água quente (46°C/110 min.), e irradiadas com 0,4 e 1,0 kGy, e posteriormente exportadas ao Canadá. Os resultados indicaram que a radiação gama pode ser utilizada para exportação de frutas com o propósito de desinfestação, pois os frutos irradiados após 8 dias da chegada no país de destino ainda estavam nos menores estágios de maturação, sendo que as mangas irradiadas com 1 kGy apresentaram-se mais firmes até 10 dias de armazenamento. Quanto aos custos, foi constatado que esse processo é competitivo no tratamento de mangas para requerimentos quarentenários.

Lee et al. (2009), relataram que suco de tamarindo fresco pronto para beber e irradiado com 1,0, 3,0 e 5,0 kGy teve aumento significativo no conteúdo total de antioxidantes, sem ter havido nenhuma alteração sensorial até 5,0 kGy. Houve, inclusive, melhoria na cor do suco fresco e irradiado durante o armazenamento.

Lima e colaboradores (2009) aplicaram doses de 0,5 e 1,0 kGy de radiação gama utilizando fonte Cs¹³⁷ em frutos de buriti do brejo. Observaram que na dose 1,0 kGy houve redução na concentração de carotenoides totais do fruto, porém o teor final ainda pode ser considerado alto (22.720,00 µg carotenoides 100 g⁻¹). Contudo, a diminuição do teor destes pigmentos nos frutos controle (não irradiados e congelados), foi estatisticamente semelhante

ao da amostra irradiada. Estes resultados indicam a radiação gama como método de grande potencial para conservação do buriti do brejo.

Em estudo com kiwis irradiados com ^{60}Co com 0, 1, 2 e 3 kGy, Kim e Yook (2009) deduziram que a radiação gama foi eficaz na inativação de fungos deteriorantes, além disso, observaram que a irradiação não afetou o teor de Vitamina C, atividade antioxidante e textura dos kiwis tratados. A avaliação sensorial indicou que houve preferência nos frutos tratados com 3 kGy quanto à doçura e aceitabilidade geral. Concluindo, portanto, que a irradiação com as doses 2 e 3 kGy trouxe benefícios na qualidade sensorial, físico-química e higiênica para os frutos kiwi.

Song e co-autores (2007) se propuseram investigar os efeitos da radiação gama (0, 1, 2, 3, 4 e 5 kGy) na qualidade microbiológica, nutricional e sensorial de sucos frescos e prontos para consumo de couve e de cenoura estocados a 10°C durante 3 dias. Inferiram que a radiação gama diminuiu significativamente os níveis de contaminação de bactérias aeróbicas e de coliformes de ambos os produtos; para os sucos de cenoura e de couve, o tratamento com doses 3 a 5 kGy prolongou a vida de prateleira em até 3 dias, enquanto que a do controle (não irradiado) foi somente de 1 dia.

Silva, Silva e Spoto (2007) observaram os efeitos da radiação ionizante (^{60}Co) nas doses 100 e 150 Gy sobre as reações fisiológicas e enzimáticas em abacaxi armazenados a 12°C durante 30 dias. Os frutos irradiados com 150 Gy apresentaram menor teor de sacarose, porém, a quantidade de compostos fenólicos nos frutos foi aumentando de acordo com o período de armazenamento. Os autores concluíram que os frutos tratados com 100 Gy até 20 dias de armazenamento obtiveram melhor qualidade. Em estudo posterior, utilizando-se tratamento idêntico, ainda em abacaxi, os mesmos autores (SILVA; SILVA; SPOTO, 2008) detectaram que os frutos irradiados apresentavam maior firmeza, mas com diminuição gradual durante o período de armazenamento (até 30 dias a 12°C). Além disso, não houve diferença significativa entre as doses para acidez total e pH, podendo concluir que os frutos irradiados apresentaram melhores resultados quanto à conservação pós-colheita, sendo a dose ideal 100 Gy.

Segundo Gonçalves et al. (2006) polpas de acerola após tratamento com radiação gama, com 2, 3 e 4 kGy, apresentaram ausência de *Salmonella* e não manifestaram contagem para coliformes termotolerantes no tempo zero e após 12 dias de estocagem. Já a contagem de fungos filamentosos e leveduras após 12 dias de estocagem à temperatura ambiente, comparando-se com a amostra sem tratamento, evidenciaram uma redução de 3 ciclos

logarítmicos para a dose de 2 kGy e de 4 a 5 ciclos para as doses de 3 e 4 kGy, tendo a amostra controle se deteriorado ($>106 \text{ UFC mL}^{-1}$).

Frutos de mamão do tipo Golden tratados com radiação gama com 0,6 e 1,0 kGy, exceto o controle (0,0 kGy), apresentaram redução de perda de água na dose de 1,0 kGy (39,88%), sendo que as doses testadas também retardaram o início da perda de textura. Os frutos submetidos a 1,0 kGy exibiram a menor atividade da enzima poligalacturonase entre os tratamentos. Os autores concluíram, então, que a radiação retardou o processo de amadurecimento dos frutos (SOPRANI et al., 2005).

Breitfellner, Solar e Sontag (2002) avaliaram o conteúdo de compostos fenólicos em morangos submetidos à radiação gama no intervalo de 1 a 10 kGy. Morangos frescos inteiros foram irradiados, hidrolisados e purificados. Os compostos foram analisados por cromatografia em fase reversa e detectada com um detector de arranjo de diodos. Considerando a radiólise individual dos ácidos em soluções aquosas, apenas a quantidade de ácido 4-hidroxibenzóico foi afetada pela irradiação.

Conforme Lima et al. (2001), cenouras da cultivar Nantes submetidas à radiação gama com diversas doses baixas e avaliadas quanto às suas características físicas e químicas pós colheita, apresentaram manutenção da qualidade pós-colheita quando tratadas com 1,0 kGy, pois as análises de acidez titulável (% ácido cítrico) e ratio (relação entre teor de sólidos solúveis e acidez titulável) não apresentaram alterações significativas entre doses e período de armazenamento.

3.4 Materiais e Métodos

As etapas de coleta, transporte, despola dos frutos e embalagem da polpa de juçara seguiram o mesmo modelo descrito no Capítulo “Composição físico-química, mineral e lipídica da polpa de juçara” (vide item 2.3). A polpa de juçara embalada em bolsas de polietileno (100 mL) foi mantida sob congelamento (-18°C) até o momento do tratamento com irradiação.

O processo de radiação da polpa de juçara congelada foi realizado no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/USP) na cidade de São Paulo (SP, Brasil). O irradiador gama no qual se desenvolveu a pesquisa é do tipo multipropósito compacto, munido de fonte de ^{60}Co , e classificado pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) na categoria IV, em que o controle de acesso é restrito e a fonte selada é armazenada em uma piscina de estocagem, constantemente blindada com água deionizada.

O experimento foi levado a efeito com doses de 0,0 (controle), $2,5\pm0,06$, $5,0\pm0,20$, $7,5\pm0,20$ e $10\pm0,07$ kGy. Para o processo de irradiação, as polpas foram acondicionadas em caixas de poliestireno expandido, conhecidas como isopor, e sinalizadas com a dose desejada, sendo uma embalagem para cada dose de irradiação, e lacradas com fita adesiva para a manutenção da temperatura de congelamento; o transporte até o IPEN foi feito em veículo particular, e a viagem de ida e volta totalizou 5 horas. No momento do processo a taxa de dose do irradiador era de 40 Gy min^{-1} ; dentro do equipamento, as caixas de isopor foram posicionadas a 50 cm do protetor da fonte; a irradiação durou 3 horas e 40 minutos; utilizou-se dosímetro Amber 3042 Batch S Type 3042, com leitura realizada em espectrofotômetro Genesys 20 a 603 nm para averiguação das doses aplicadas em cada caixa.

Após a irradiação, já no Laboratório de Frutas e Hortaliças (ESALQ/USP), as polpas foram mantidas em temperatura de refrigeração (6°C , e 90% UR, ao abrigo da luz) em BOD modelo TECNAL - TE-391 (Piracicaba, SP, Brasil) para as avaliações físico-químicas e sensoriais nos períodos 1, 7, 14, 21 e 28 dias após o processamento. A análise microbiológica foi realizada somente na polpa congelada para assegurar seu consumo (Figura 2).

Figura 2 - Fluxograma do processamento dos frutos e tratamento por radiação gama da polpa de juçara (*E. edulis*)

3.4.1 Análises de qualidade da polpa de juçara irradiada

3.4.1.1 Análises microbiológicas

Foram realizadas as avaliações microbiológicas exigidas pela RDC nº12 da ANVISA (BRASIL, 2001) para polpa de frutas concentradas ou não, com ou sem tratamento térmico, refrigeradas ou congeladas.

i Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes

Os coliformes totais e termotolerantes foram determinados pelo método do NMP, através da técnica dos Tubos Múltiplos, que consta de duas fases distintas: a do teste presuntivo, onde se busca detectar a presença de microrganismos fermentadores de lactose e onde é possível recuperar células injuriadas, e a do teste confirmativo, através do qual se determina a população real de coliformes totais e termotolerantes.

Para o teste presuntivo foram utilizadas três séries de cinco tubos, em duplicata, que continham um tubo de Durham e Caldo Lactosado (CL), que é um meio cuja fonte de carbono é a lactose que é fermentada pelas bactérias do grupo coliforme, com produção de ácido e gás. Em cada tubo foi adicionado, na primeira série 1 mL da diluição 10^{-1} ; nos tubos da segunda série 1 mL da diluição 10^{-2} ; e na terceira série 1 mL da diluição 10^{-3} .

Foram, então, incubados em estufa termostaticada a 35-37°C, por 24 a 48 h. Após o período de incubação, nos resultados positivos é possível observar o esvaziamento dos tubos de Durham, devido à produção de gás pelas bactérias do grupo coliforme ao fermentarem a lactose. Alíquotas destes tubos foram transferidas para o teste confirmativo, em duplicata, com o intuito de se verificar se realmente são bactérias do grupo coliforme.

Utilizando-se a alça de níquel-cromo, foram inoculados em tubos com Caldo Verde Brilhante Lactose Bile (CVBLB), e tubos com Caldo EC, correspondentes aos tubos positivos da fase anterior. Os tubos com CVBLB foram incubados na estufa à temperatura de 35-37°C durante 24 a 48 h, sendo verificada, após esse período a formação de gás nos tubos de Durham. A formação de gás nesses tubos confirma a presença de bactérias do grupo coliforme, podendo ser termotolerante ou não.

Os tubos com caldo EC, uma vez inoculados, foram incubados em banho-maria termostaticado à temperatura de 45°C por 24 horas. A formação de gás em EC confirma a presença de coliformes a 45°C após esse período de incubação.

A partir do número de tubos positivos em cada série de ambos os meios, consultando-se os valores correspondentes na tabela do Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods (DOWNES; ITO, 2001), obtém-se o NMP de coliformes totais e termotolerantes, por mL de amostra.

ii Pesquisa da presença de Salmonella spp

Para a detecção de *Salmonella* spp, foi utilizado o kit “1-2 test”, fabricado pela Bio Control/USA, método oficial aprovado pela Association of Official Analytical Chemists Internacional (AOAC, 2000).

Foi efetuado pré-enriquecimento de cada amostra, pesando-se 25 g de polpa de juçara e adicionando a 225 ml de caldo lactosado em copo de liquidificador industrial esterilizado para homogeneização da amostra. Posteriormente, verteu-se o conteúdo homogeneizado em erlenmeyer e o incubou em estufa termostaticada a 35°C por 24 horas. Decorrido o período de incubação, fez-se o preparo dos kits, compostos cada um de dois compartimentos. A amostra pré-enriquecida foi inoculada na câmara de inoculação (0,1 mL) onde inicialmente foi adicionada uma gota de solução de iodo-iodeto e depois removido o tampão desta câmara com auxílio de uma pinça estéril. A câmara de motilidade continha um meio de motilidade não seletivo, à base de peptona. Esta câmara foi fechada por uma pequena ponteira, a qual foi cortada para formar um vão no gel, seguido da adição de uma gota da solução de anticorpos polivalentes anti *Salmonella* spp, então, os kits foram incubados a 35°C por 24 horas. Após esta tarefa, foi realizada a leitura dos resultados.

A possível presença de *Salmonella* spp é caracterizada pela formação de uma imunobanda na metade superior do gel na câmara de motilidade. Trata-se de uma banda branca que apresenta forma de U formada pela aglutinação das células da bactéria com a solução de anticorpos.

3.4.1.2 Análises físico-químicas

As avaliações físico-químicas foram realizadas em triplicata de amostras, e com réplica de cada avaliação para cada amostra (100 mL).

i pH

Determinado segundo método nº 981.12 da AOAC (2005) (vide item 2.3.3).

ii Acidez titulável

Determinada e calculada segundo método nº 942.15 da AOAC (2005). Os resultados foram expressos em mg de ácido cítrico g⁻¹ amostra (vide item 2.3.5).

iii Teor de sólidos solúveis

Quantificado segundo método 932.12 da AOAC (2005), com resultados expressos em °Brix (vide item 2.3.4).

iv Cor instrumental

Os valores Luminosidade (L*), ângulo de cor Hue (tonalidade da cor em graus), e Cromaticidade (saturação da cor) foram medidos utilizando-se o colorímetro Chroma Meter CR-400 de 8 mm de diâmetro e iluminante padrão CIE C, da marca Konica Minolta Sensing (Tokio, Japão). O aparelho foi previamente calibrado em superfície branca de acordo com a Comissão Internacional de Iluminação (CIE 1976 L*, a*, b* – CIELAB) utilizando o iluminante padrão CIE C (KONICA MINOLTA, 1998).

v Antocianinas totais

Determinadas a partir da técnica de diferença de pH, de acordo com o método nº 2005.02 da AOAC (2005) (vide item 2.3.7). Os resultados foram expressos em mg de equivalente cianidina 3-glicosídeo 100 g⁻¹ de polpa de juçara.

vi Compostos fenólicos totais

Quantificados através do método desenvolvido por Singleton e Rossi (1965), com resultados finais expressos em mg de ácido gálico 100 g⁻¹ de polpa de juçara (vide item 2.3.8).

vii Atividades das enzimas Polifenoloxidase (PPO) e Peroxidase (POD)

A preparação dos extratos enzimáticos e as determinações das atividades da polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) foram adaptadas da metodologia descrita por Cano et al. (1997) conforme as condições do experimento, assim como das amostras de polpa de juçara.

Amostras de polpa de juçara (30 g) foram centrifugadas a 8.000 g durante 20 minutos em centrífuga refrigerada a 4°C da marca Eppendorf - 5810-R (Hamburgo, Alemanha). O sobrenadante foi retirado e armazenado em tubos de rosca de vidro identificados.

Em princípio, foi feito um extrato a partir de 2 mL do sobrenadante do material centrifugado mais 10 mL de solução tampão fosfato 0,2 M (pH 7,0) e 0,1 g de polivinil pirrolidona (PVPP) em tubos de ensaio de vidro com tampa de rosca. A solução foi homogeneizada em vortex Biomixer - QL-901 (São Paulo, SP, Brasil) e armazenada em refrigerador doméstico Consul – 340 Highclass até o momento da avaliação da atividade das enzimas PPO e POD.

A atividade enzimática da polifenoloxidase (PPO) foi verificada a partir da tomada de 2 mL do extrato, que foram colocados em tubo de ensaio de vidro, com posterior acréscimo de 4,0 mL de solução de catecol 0,11 M em tampão fosfato de sódio 0,05 M pH 7,0. Imediatamente o tubo foi agitado no vortex, e realizada averiguação da absorbância a 420 nm em espectrofotômetro Femto – 432C (São Paulo, SP, Brasil) no tempo zero e após 3 minutos.

Para a avaliação da atividade da peroxidase (POD), retirou-se uma porção de 0,1 mL do extrato e o acondicionou em tubo de ensaio; a ela foram adicionados 5 mL de tampão fosfato de sódio 0,05 M (pH 7,0), 0,1 mL de peróxido de hidrogênio 1,5% e mais 0,2 mL de fenilenodiamina 1%. A amostra foi imediatamente homogeneizada e realizada a leitura da absorbância a 485 nm no espectrofotômetro no tempo zero e após 3 minutos.

Os resultados, tanto de PPO quanto de POD, foram expressos em Atividade Enzimática por minuto por mL de amostra ($\text{AE min}^{-1} \text{ mL}^{-1}$ amostra).

3.4.1.3 Análise sensorial - teste de aceitação com escala hedônica

A análise sensorial das polpas irradiadas foi desenvolvida no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, da ESALQ/USP, em cabines individuais com a utilização de luz branca, no período da manhã.

Para a análise sensorial foi utilizado o teste de aceitação com escala hedônica estruturada mista de sete pontos, em que o provador indicou o quanto gostou ou desgostou de cada amostra para os atributos sabor, aroma, coloração, aparência, textura e impressão global dos produtos (7 = gostei muito; 1 = desgostei muito) de acordo com Meilgaard, Civille e Carr (1991). A análise foi realizada por provadores não treinados, formada por homens e mulheres selecionados em função da sua disponibilidade e o seu interesse em avaliar a diferença sensorial entre as amostras de polpa de juçara.

Foram apresentadas cinco amostras por vez aos provadores, correspondendo às doses 0,0 (controle), 2,5, 5,0, 7,5 e 10 kGy. Os produtos foram servidos à temperatura de refrigeração (6°C), em copos plásticos de 50 mL de capacidade, codificados com algarismos de três dígitos, na forma de quadrados latinos 5x5, segundo Cochran e Cox (1957) (Figura 3). Cada provador foi orientado a provar as amostras da esquerda para a direita, tomar água mineral, servida juntamente com as amostras, no início e entre uma amostra e outra, e apresentar na escala hedônica o valor correspondente a cada atributo avaliado.

As amostras de polpa de juçara foram homogeneizadas em liquidificador com a adição de 10% de açúcar refinado (v/p) e servidas aos provadores na temperatura de refrigeração.

Nome: _____			Data: _____			
Você está recebendo cinco amostras de polpa de juçara. Avalie cada uma das amostras codificadas e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada uma.						
7 - Gostei muito 6 – Gostei moderadamente 5 – Gostei ligeiramente 4 – Nem gostei, nem desgostei 3 – Desgostei ligeiramente 2 – Desgostei moderadamente 1 – Desgostei muito						
Amostra	Sabor	Aroma	Cor	Aparência	Textura	Impressão Global
Mais gostei:						
Menos gostei:						
Observações:						

Figura 3 - Modelo da ficha de análise sensorial utilizando a escala hedônica de sete pontos

A partir das fichas respondidas, foram coletados dados do sexo dos provadores para averiguar o perfil da equipe sensorial, e também foram agrupados os termos levantados.

3.4.2 Análise estatística dos resultados

O delineamento experimental empregado nas análises físico-químicas foi o fatorial ao acaso, relacionando-se cinco doses de radiação gama (0, 2,5, 5,0, 7,5 e 10 kGy) e cinco períodos de armazenamento (1, 7, 14, 21, 28 dias), e utilizando-se triplicata de amostras e

réplicas das análises. As avaliações sensoriais foram levadas a efeito com delineamento em blocos completos casualizados, como explicado anteriormente.

Os resultados referentes às análises físico-químicas e sensoriais da polpa de juçara foram avaliados através do programa Statistical Analysis System modelo 9.2 (SAS, 2005) e submetidos à análise de variância (ANOVA) para o teste F. O desvio padrão das médias foi calculado e a diferença estatística das médias, ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$), foi determinada pelo teste de Tukey.

3.5 Resultados e Discussão

3.5.1 Qualidade microbiológica

As amostras de polpa de juçara congeladas encontraram-se dentro dos padrões legais vigentes pela RDC nº12 da ANVISA (BRASIL, 2001a) com relação aos coliformes termotolerantes e *Salmonella* spp, indicando, portanto, que o produto apresentou condições sanitárias satisfatórias.

3.5.2 Qualidade físico-química

3.5.2.1 pH e Acidez titulável

Tomando-se como base o período de avaliação, o pH variou com as doses aplicadas na polpa de juçara. Até o 14º dia de avaliação o pH da amostra não irradiada apresentou o maior valor dentre as doses testadas, não havendo, nas demais, diferença estatística ($p < 0,05$). A partir do dia 21, a polpa irradiada com 10,0 kGy teve o maior valor de pH, se diferenciando estatisticamente das demais. No último período de avaliação as polpas não irradiadas e a 10,0 kGy estavam estatisticamente iguais e se diferenciando das outras ($p < 0,05$) (Tabela 1).

Tabela 1 – pH e Acidez titulável (mg ác. cítrico g⁻¹ amostra) de polpas de juçara submetidas à radiação gama e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=3)

pH					
Períodos (dias)					
Dose (kGy)	1	7	14	21	28
0,0	4,38 $\pm$ 0,01 Ba	4,28 $\pm$ 0,00 Ca	4,31 $\pm$ 0,02 Ca	4,27 $\pm$ 0,04 Cb	4,45 $\pm$ 0,02 Aa
2,5	4,26 $\pm$ 0,01 Bb	4,20 $\pm$ 0,01 Cb	4,23 $\pm$ 0,01 BCb	4,26 $\pm$ 0,02 Bb	4,38 $\pm$ 0,03 Ab
5,0	4,25 $\pm$ 0,02 Bb	4,21 $\pm$ 0,02 Bb	4,26 $\pm$ 0,01 Bb	4,24 $\pm$ 0,01 Bb	4,38 $\pm$ 0,02 Ab
7,5	4,27 $\pm$ 0,01 Bb	4,22 $\pm$ 0,01 Bb	4,26 $\pm$ 0,01 Bb	4,27 $\pm$ 0,01 Bb	4,39 $\pm$ 0,01 Ab
10,0	4,28 $\pm$ 0,01 Cb	4,24 $\pm$ 0,02 Cab	4,26 $\pm$ 0,01 Cb	4,37 $\pm$ 0,01 Ba	4,46 $\pm$ 0,02 Aa
CV	0,35				
ACIDEZ TITULÁVEL					
Períodos (dias)					
Dose (kGy)	1	7	14	21	28
0,0	0,58 $\pm$ 0,03 ABab	0,59 $\pm$ 0,03 Aa	0,44 $\pm$ 0,03 Bb	0,70 $\pm$ 0,06 Aa	0,58 $\pm$ 0,03 ABab
2,5	0,60 $\pm$ 0,07 Aab	0,58 $\pm$ 0,08 Aa	0,64 $\pm$ 0,08 Aa	0,60 $\pm$ 0,04 Aab	0,65 $\pm$ 0,03 Aa
5,0	0,72 $\pm$ 0,09 Aa	0,57 $\pm$ 0,08 Ba	0,58 $\pm$ 0,09 ABab	0,55 $\pm$ 0,03 Bb	0,59 $\pm$ 0,07 ABab
7,5	0,62 $\pm$ 0,11 Aab	0,51 $\pm$ 0,10 Aa	0,53 $\pm$ 0,04 Aab	0,53 $\pm$ 0,03 Ab	0,54 $\pm$ 0,03 Aab
10,0	0,51 $\pm$ 0,10 Ab	0,61 $\pm$ 0,10 Aa	0,50 $\pm$ 0,04 Aab	0,53 $\pm$ 0,08 Ab	0,48 $\pm$ 0,03 Ab
CV	11,6%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação.

Nota: 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.

Referindo-se às doses aplicadas, o pH de todas oscilou entre os períodos testados. Nas amostras irradiadas (2,5, 5,0, 7,5 e 10 kGy) o maior valor de pH foi encontrado no 28º dia de avaliação. As amostras em que foram aplicadas as doses 2,5; 5,0 e 7,5 sofreram cinética idêntica, em que o pH até o último período de avaliação estava constante. A não semelhança da amostra irradiada a 10,0 kGy com as demais foi por conta dos valores de pH encontrados nos dias 7 e 14, estatisticamente diferentes dos demais ($p < 0,05$) (Tabela 1).

De acordo com o descrito, observou-se que a irradiação exerceu efeito sobre o pH da polpa de juçara, pois em todos os períodos avaliados as amostras tratadas apresentaram valores inferiores aos do controle. O aumento observado no último período de avaliação pode ser decorrente da degradação da polpa. Resultado equivalente foi encontrado por Silva; Silva; Spoto (2008) ao irradiar abacaxi nas doses 100 e 150 Gy, armazenados sob refrigeração, em que os valores de pH dos frutos estavam maiores nos últimos períodos de avaliação.

Em cenouras da cultivar nantes, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) de pH entre as doses testadas (LIMA et al., 2001). No experimento realizado por Moreno et al. (2007), o pH de mirtilos frescos e irradiados com feixe de elétrons com as doses 1,0, 1,6 e 3,2 kGy não foi afetado e os frutos tinham níveis de acidez aceitáveis e que permaneceram estáveis durante o período de armazenamento (5°C, 74% de UR, 14 dias).

Da mesma forma ocorrida no pH, a acidez titulável das amostras de polpa de juçara tratadas com radiação gama sofreram variações na interação dose e período de armazenamento. Entre as doses avaliadas, o único período no qual não houve alteração foi no 7º dia de armazenamento, nos demais, as amostras irradiadas apresentaram valores de acidez titulável equivalentes ($p < 0,05$). Entre os períodos observou-se maior uniformidade entre as médias das amostras. A polpa não irradiada foi a que mais oscilou com o período de armazenamento, tendo menor acidez no dia 14, seguido do dia 28, e igualdade entre os restantes. As polpas submetidas às doses 2,5, 7,5 e 10,0 kGy não se diferenciaram ($p < 0,05$), não justificando a aplicação de doses altas para a manutenção do teor de ácido cítrico na polpa de juçara (Tabela 1).

Um trabalho que confirma o encontrado em polpa de juçara foi realizado pelos autores Silva; Silva e Spoto (2008) que irradiaram abacaxis (100 e 150 Gy), não encontrando também, diferença estatística ($p < 0,05$) para o parâmetro acidez titulável (% ácido cítrico) em 30 dias de armazenamento refrigerado. O mesmo foi observado por Kim e Yook (2009), que ao irradiarem (60 Co) kiwi (1, 2, e 3 kGy) encontraram tendência de aumento no conteúdo de ácido orgânico nos frutos tratados durante o armazenamento de 30 dias. Além desses, ao irradiar damascos secos ao Sol (1,0, 1,5, 2,0, 2,5 e 3,0 kGy), Hussain et al. (2011) notaram que, com o aumento do período de armazenamento dos frutos, a acidez titulável registrou tendência descendente em todos os tratamentos, incluindo o controle, embora os dados não tenham sido estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

3.5.2.2 Teor de sólidos solúveis

Até o 14º dia de armazenamento, o teor de sólidos solúveis manteve-se constante nas doses aplicadas em polpa de juçara. Nos demais períodos, a amostra não irradiada apresentou teores mais elevados, se diferenciando das irradiadas ($p < 0,05$) que, por sua vez, apresentaram tendência de decréscimo no teor de sólidos solúveis com o passar do tempo. Já a polpa não tratada manteve quantidades estáveis até o 14º dia e diminuindo até o término do período de armazenamento (Tabela 2). Tais resultados demonstram que a aplicação de radiação gama em polpa de juçara acelerou a degradação dos sólidos solúveis das amostras.

De acordo com Bleinroth (1991), os valores da concentração de sólidos solúveis totais representam os ácidos, os sais, as vitaminas, os aminoácidos, algumas pectinas e os açúcares presentes nos vegetais. A diminuição do teor de sólidos solúveis em polpa de juçara irradiada

pode estar relacionada com o efeito da radiólise no alimento, pois tem a capacidade de destruir proteínas e outros compostos como os ácidos orgânicos.

Tabela 2 – Teor de sólidos solúveis (°Brix) de polpas de juçara submetidas à radiação gama e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=3)

Dose (kGy)	Períodos (dias)				
	1	7	14	21	28
0,0	2,81 $\pm$ 0,12 Aa	2,40 $\pm$ 0,20 Aa	2,62 $\pm$ 0,37 Aa	1,85 $\pm$ 0,21 Bb	1,68 $\pm$ 0,19 Bb
2,5	2,73 $\pm$ 0,15 Aa	2,10 $\pm$ 0,06 Ba	2,20 $\pm$ 0,11 Ba	2,43 $\pm$ 0,27 Aa	2,18 $\pm$ 0,15 Ba
5,0	2,73 $\pm$ 0,10 Aa	2,47 $\pm$ 0,27 Ba	2,53 $\pm$ 0,08 ABa	2,07 $\pm$ 0,23 Bab	2,10 $\pm$ 0,15 Bab
7,5	2,68 $\pm$ 0,10 Aa	2,10 $\pm$ 0,18 Ba	2,33 $\pm$ 0,36 ABa	2,05 $\pm$ 0,16 Bab	2,02 $\pm$ 0,40 Bab
10,0	2,68 $\pm$ 0,10 Aa	2,05 $\pm$ 0,14 Ba	2,33 $\pm$ 0,16 ABa	1,87 $\pm$ 0,49 Bb	2,02 $\pm$ 0,21 Bab
CV	9,88%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação.

Nota: 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 maior parte dos trabalhos que envolvem radiação gama em frutas, faz estudo do teor de sólidos solúveis em frutos frescos, pois tal parâmetro está intimamente ligado com o amadurecimento dos mesmos. D’Innocenzo e Lajolo (2001) verificaram que a radiação gama atrasou em dois dias o amadurecimento de mamão papaya na dose 0,5 kGy. Ao aplicar a radiação gama em cenouras da cultivar Nantes, os pesquisadores Lima e colaboradores (2001) notaram que ela não afetou o teor de sólidos solúveis em nenhum tratamento, não acelerando a maturidade das cenouras.

3.5.2.3 Cor instrumental

A análise da cor é uma importante consideração quando se determina a eficácia de um tratamento pós-colheita ou industrial. O coeficiente Luminosidade (L^*) vai do valor zero (preto) a cem (branco). Nas amostras de polpa de juçara, o valor L^* manteve-se constante em todas as amostras nos três primeiros períodos de avaliação (14 dias). Aos 21 dias de armazenamento, observou-se decréscimo nestes valores para as polpas tratadas a 7,5 e 10,0 kGy, e estabilidade nas demais. A amostra controle (0,0 kGy) foi a que mais oscilou, ao contrário das irradiadas que apresentaram valores de L^* constantes a partir do 7º dia de avaliação. Tais resultados indicam que as altas doses de radiação gama aplicadas (7,5 e 10,0 kGy) fizeram com que a polpa de juçara apresentasse ligeiro escurecimento após 7 dias de armazenamento (Tabela 3).

Tabela 3 – Cor instrumental através dos valores Luminosidade (L*), ângulo de cor Hue (tonalidade da cor em graus), e Cromaticidade (saturação da cor) de polpas de juçara submetidas à radiação gama e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=6)

LUMINOSIDADE (L*)					
Períodos (dias)					
Dose (kGy)	1	7	14	21	28
0,0	20,97 $\pm$ 0,59 ABa	17,63 $\pm$ 0,87 Ba	17,28 $\pm$ 0,69 Ba	20,75 $\pm$ 1,92 ABa	21,82 $\pm$ 3,64 Aa
2,5	21,27 $\pm$ 0,61 Aa	19,64 $\pm$ 1,30 ABa	16,38 $\pm$ 0,51 Ba	20,08 $\pm$ 1,48 ABa	19,43 $\pm$ 1,05 ABab
5,0	19,78 $\pm$ 2,16 Aa	19,83 $\pm$ 1,06 Aa	18,56 $\pm$ 0,71 Aa	20,14 $\pm$ 4,29 Aa	19,45 $\pm$ 2,42 Aab
7,5	20,56 $\pm$ 0,56 Aa	18,15 $\pm$ 2,18 Ba	18,88 $\pm$ 0,97 ABa	16,14 $\pm$ 2,04 Bb	17,03 $\pm$ 2,23 ABb
10,0	20,34 $\pm$ 0,53 Aa	20,60 $\pm$ 0,62 Aa	18,79 $\pm$ 1,75 Aa	19,01 $\pm$ 1,74 Aab	18,83 $\pm$ 1,85 Aab
CV	9,29%				
ÂNGULO DE COR HUE (graus)					
Períodos (dias)					
Dose (kGy)	1	7	14	21	28
0,0	29,29 $\pm$ 3,65 Ab	30,07 $\pm$ 3,04 Aa	35,94 $\pm$ 5,19 Aa	41,40 $\pm$ 3,01 Aa	40,93 $\pm$ 1,00 Aa
2,5	50,33 $\pm$ 5,03 Aa	31,25 $\pm$ 2,53 Ba	32,56 $\pm$ 4,32 Ba	38,65 $\pm$ 5,55 ABa	40,32 $\pm$ 0,84 ABa
5,0	35,25 $\pm$ 7,37 Ab	30,27 $\pm$ 1,33 Aa	39,11 $\pm$ 8,36 Aa	39,84 $\pm$ 4,83 Aa	42,10 $\pm$ 3,28 Aa
7,5	33,62 $\pm$ 5,93 ABb	28,49 $\pm$ 4,40 Ba	40,96 $\pm$ 7,80 ABa	44,91 $\pm$ 7,47 Aa	35,61 $\pm$ 4,73 ABa
10,0	37,39 $\pm$ 5,32 Aab	32,76 $\pm$ 2,84 Aa	37,11 $\pm$ 5,27 Aa	38,29 $\pm$ 7,66 Aa	40,54 $\pm$ 3,19 Aa
CV	16,76%				
CROMATICIDADE (Croma)					
Períodos (dias)					
Dose (kGy)	1	7	14	21	28
0,0	4,53 $\pm$ 0,49 ABa	4,21 $\pm$ 0,41 ABa	3,22 $\pm$ 1,32 Ba	4,66 $\pm$ 0,36 Aa	5,02 $\pm$ 0,11 Aa
2,5	3,15 $\pm$ 0,66 Cab	4,91 $\pm$ 0,36 ABa	3,66 $\pm$ 0,78 ABCa	4,30 $\pm$ 0,74 ABCa	5,05 $\pm$ 0,48 Aa
5,0	3,44 $\pm$ 0,90 ABab	4,21 $\pm$ 0,55 ABa	2,93 $\pm$ 0,29 Ba	3,97 $\pm$ 0,67 ABa	4,52 $\pm$ 0,90 Aa
7,5	3,34 $\pm$ 0,35 Aab	3,56 $\pm$ 0,72 Aa	3,83 $\pm$ 1,51 Aa	2,28 $\pm$ 0,21 Ab	3,66 $\pm$ 1,44 Aa
10,0	2,93 $\pm$ 0,21 Ab	4,06 $\pm$ 0,78 Aa	3,47 $\pm$ 0,59 Aa	3,83 $\pm$ 0,49 Aa	4,04 $\pm$ 0,33 Aa
CV	18,68%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação.

Nota: 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 abacaxi submetido à radiação gama (100 e 150 Gy) a luminosidade da polpa, igualmente, escureceu em 30 dias de armazenamento (SILVA; SILVA; SPOTO, 2008). Além desse, Kim e Yook (2009) notaram o mesmo acontecimento em kiwis irradiados, as doses 1 e 2 kGy apresentaram menores valores de L^* . Endívias irradiadas com 60 Co a 3 kGy e armazenadas a 10°C apresentaram escurecimento após o segundo dia de avaliação; foi denotado que estas diminuíram em 5% o valor de L^* no dia zero e a diferença atingiu 10% no final do armazenamento (HANOTEL; FLEURIET; BOISSEAU, 1995).

De acordo com Mc Guire (1992), o círculo da cor subentende 360°, com a cor vermelho-roxa (ângulo 0°), amarela, verde-azulada e azul seguem sentido anti-horário a 90°, 180° e 270° respectivamente. Uma medida de cor mais apropriada pode ser obtida com o cálculo do ângulo de cor Hue (graus) e Cromaticidade (Croma), que é um índice análogo à saturação da cor ou sua intensidade, que quanto mais alto for o seu valor, mais viva será a cor observada.

O ângulo de cor Hue no primeiro dia de avaliação variou entre as amostras, em que a polpa irradiada com 2,5 kGy apresentou maior valor para o ângulo de cor. Nos dias restantes não houve diferença estatística para tal parâmetro entre as amostras. As amostras controle e irradiadas a 5,0 e 10,0 kGy não apresentaram alterações estatísticas durante o armazenamento, no entanto, os tratamentos com 2,5 e 7,5 kGy tiveram seus ângulos Hue estabilizados a partir dos dias 7 e 14, respectivamente (Tabela 3).

A cromaticidade também evidenciou valores constantes a partir do sétimo dia de avaliação em todos os tratamentos. As amostras que tiveram o valor Croma alterados estatisticamente ($p < 0,05$) foram as irradiadas com 2,5 e 5,0 kGy, que apresentaram valores elevados no último período, comprovando maior saturação da cor (Tabela 3).

Como a luminosidade da polpa de juçara tende para o escuro, a determinação da coloração exata do produto é difícil, os valores de ângulo Hue encontrados indicam que a polpa tende do roxo (no primeiro dia) para o marrom (últimos dias), o que pode ser explicado pela oxidação das antocianinas. Contudo, esta não pode ser relacionada somente à radiação gama aplicada, pois a polpa não tratada (controle) apresentou a mesma cinética das outras, demonstrando que a degradação da cor pode ter sido decorrente de fatores como temperatura de armazenamento, incidência de luz ou presença de oxigênio nas amostras.

Os pesquisadores Pacheco-Palencia, Hawken e Talcott (2007) afirmam que a deterioração da cor de antocianinas contidas nos produtos durante o armazenamento não somente resulta na degradação de antocianinas, mas também na transformação das antocianinas monoméricas em formas poliméricas de maior peso molecular. As antocianinas polimerizadas visualmente apresentam um ângulo de cor Hue “amarronzado”, sendo o oposto à coloração púrpura-vermelha exibida pelas formas de antocianinas monoméricas.

Segundo Hussain et al. (2011), damascos não irradiados apresentaram menores valores de cromaticidade e de ângulo de cor Hue no primeiro dia de avaliação, resultados que corroboram os encontrados para polpa de juçara.

Trigo e colaboradores (2009) submeteram vegetais prontos para consumo (alface, agrião e plantas aromáticas) à radiação gama em doses de até 3,0 kGy, e observaram que em alfaces, agrião e coentro o tratamento não afetou o L*, Croma e ângulo de cor Hue. Entretanto, após sete dias de armazenamento, a menta irradiada com 1,0 kGy apresentou diminuição nos valores do ângulo de cor Hue e L*, indicando que ela tornou-se menos verde e mais escura.

3.5.2.4 Antocianinas totais

O primeiro dia de avaliação foi marcado por médias equivalentes de antocianinas entre as amostras ($p < 0,05$), com exceção da polpa irradiada a 7,5 kGy que apresentou valores inferiores às demais (Tabela 4).

Tabela 4 – Antocianinas totais (mg eq. cianidina 3-glicosídeo 100 g⁻¹) de polpas de juçara submetidas à radiação gama e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=6)

Dose (kGy)	Períodos (dias)				
	1	7	14	21	28
0,0	48,32 $\pm$ 2,51 Aa	3,72 $\pm$ 1,58 Bc	5,91 $\pm$ 1,60 Ba	4,32 $\pm$ 1,16 Ba	7,33 $\pm$ 0,78 Ba
2,5	49,05 $\pm$ 2,89 Aa	4,03 $\pm$ 1,80 Bc	10,69 $\pm$ 3,00 Ba	6,16 $\pm$ 4,04 Ba	8,72 $\pm$ 2,04 Ba
5,0	42,96 $\pm$ 3,79 Aa	12,25 $\pm$ 1,86 Bb	11,27 $\pm$ 4,51 Ba	5,51 $\pm$ 3,35 Ba	7,45 $\pm$ 3,03 Ba
7,5	34,44 $\pm$ 6,10 Ab	15,03 $\pm$ 4,09 Bb	7,49 $\pm$ 0,74 Ca	7,77 $\pm$ 1,64 Ca	8,04 $\pm$ 1,46 BCa
10,0	42,28 $\pm$ 5,21 Aa	24,13 $\pm$ 1,10 Ba	10,13 $\pm$ 5,68 Ca	8,95 $\pm$ 1,42 Ca	9,04 $\pm$ 1,23 Ca
CV	21,12%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação.

Nota: 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 teores encontrados na primeira medição estão dentro do intervalo obtido por Borges et al. (2011) que, ao determinarem a composição química do fruto de juçara cultivado em cinco locais do Estado de Santa Catarina, obtiveram para antocianinas totais as quantias de 14,84 a 409,85 mg eq. cianidina 3-glicosídeo 100 g⁻¹ de amostra fresca.

Em todas as polpas os teores desse pigmento decaíram logo nos primeiros sete dias de armazenamento. Observou-se que tal decréscimo foi inversamente proporcional ao incremento da dose de radiação gama. A amostra controle (0,0 kGy) perdeu 92,3% de antocianinas, a tratada com 2,5 kGy 91,8%, seguida pelas doses 5,0, 7,5 e 10,0 kGy que perderam 71,5%, 56,4% e 42,9% respectivamente. Essa análise indicou que durante esse período, doses elevadas de radiação barraram a queda dos pigmentos antociânicos presentes na polpa de juçara (Tabela 4).

Essa constatação também foi comprovada por Gonçalves et al. (2006), que ao pesquisarem polpa de acerola submetida à radiação gama e armazenada até 15 dias em temperatura ambiente, a estrutura das antocianinas não foi afetada, pois o espectro de absorbância teve o mesmo perfil para todos os tratamentos, sendo que a amostra irradiada com 4,0 kGy apresentou menor cinética de degradação das antocianinas.

A polpa de juçara, a partir dos 14 dias de armazenamento refrigerado apresentou valores constantes de antocianinas até o término do experimento para as amostras controle, 2,5 e 5,0 kGy. Notou-se que o decréscimo desse pigmento nas polpas tratadas com altas doses foi menor que as demais, possuindo valores diferentes estatisticamente ($p < 0,05$) (Tabela 4). A utilização de 10,0 kGy foi efetiva na retenção das antocianinas na primeira semana de armazenamento, visto que o controle e a amostra irradiada com 2,5 kGy perderam quase a totalidade do pigmento; por outro lado, após tal período os valores foram ínfimos, não justificando este tratamento.

Devido à radiólise sobre os componentes do alimento, a radiação gama tem como característica a liberação de radicais livres em um sistema. De acordo com Kuskoski et al. (2004), o grupo dos flavonóides, do qual fazem parte as antocianinas, tem estrutura química adequada para atuar como antioxidante, pois pode doar hidrogênio ou elétrons aos radicais livres ou capturá-los e deslocá-los de sua estrutura aromática. Tal característica pode ter sido a razão pelo qual os teores de antocianinas diminuíram em tão alto grau na polpa de juçara, pois, pela reação destes pigmentos com os radicais livres introduzidos, produziu-se a auto oxidação de muitas moléculas de antocianinas, originando-se reação em cadeia, na qual uma molécula de radical livre causa a destruição de um grande número de moléculas antociânicas.

Outro fator que pode ter auxiliado na degradação das antocianinas foi a presença de enzimas de escurecimento, em especial a peroxidase. De acordo com Araújo (2008a), a atividade da peroxidase pode levar à descoloração de carotenoides e de antocianinas, além de catalisar a degradação não-enzimática de ácidos graxos insaturados, com a consequente formação de compostos voláteis (sabor oxidado).

3.5.2.5 Compostos fenólicos totais

Não houve variação estatística ($p < 0,05$) no teor de compostos fenólicos totais entre as amostras e os períodos de avaliação. Exceto aos sete dias, em que foi encontrado para esse composto maior valor na dose 10,0 kGy e menor na 5,0 kGy; no entanto, as demais eram estatisticamente semelhante a estas duas. Seguindo o mesmo padrão verificado nos resultados de antocianinas, os teores de compostos fenólicos mostraram-se altos no primeiro dia de avaliação, e redução no período posterior com médias constantes até o final do experimento (Tabela 5).

Tabela 5 – Compostos fenólicos totais (mg ácido gálico 100 g⁻¹) de polpas de juçara submetidas à radiação gama e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=6)

Dose (kGy)	Períodos (dias)				
	1	7	14	21	28
0,0	6,10 $\pm$ 0,45 Aa	2,06 $\pm$ 0,25 Bab	2,79 $\pm$ 0,58 Ba	2,43 $\pm$ 0,19 Ba	2,01 $\pm$ 0,34 Ba
2,5	5,95 $\pm$ 0,36 Aa	2,08 $\pm$ 0,24 Dab	3,34 $\pm$ 0,27 BCa	3,46 $\pm$ 0,55 Ba	2,20 $\pm$ 0,48 CDa
5,0	6,13 $\pm$ 0,09 Aa	1,67 $\pm$ 0,97 Db	3,70 $\pm$ 0,58 Ba	2,97 $\pm$ 0,47 BCa	2,39 $\pm$ 1,09 CDa
7,5	5,81 $\pm$ 0,18 Aa	2,68 $\pm$ 0,37 Bab	3,26 $\pm$ 0,12 Ba	3,61 $\pm$ 0,69 Ba	1,47 $\pm$ 0,57 Ca
10,0	6,27 $\pm$ 0,42 Aa	3,20 $\pm$ 0,29 Ba	3,74 $\pm$ 1,11 Ba	3,72 $\pm$ 0,72 Ba	1,93 $\pm$ 0,31 Ca
CV	15,94%				

Legenda: DP = Desvio Padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; CV = Coeficiente de variação.

Nota: 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.

Entre o primeiro e segundo período, a diminuição dos valores foi da ordem de quatro vezes para as amostras não irradiadas, três vezes para as tratadas a 2,5 kGy, e 3,7 vezes para as submetidas a 5,0 kGy. Como ocorrido na avaliação de antocianinas totais, as polpas submetidas às doses 7,5 e 10,0 kGy possuíram uma cinética de degradação do composto mais equilibrada quando comparada às outras, com queda total de 2,2 vezes e 3,3 vezes respectivamente (Tabela 5).

A degradação dos compostos fenólicos a partir da primeira semana de armazenamento está relacionada às mesmas causas relatadas para a degradação de antocianinas totais observada em polpa de juçara irradiada. Pois, segundo Sánchez-Moreno (2002), os compostos fenólicos ou polifenóis, produtos do metabolismo secundário das plantas, tem inserido em seu grupo os flavonoides, que é o grupo de polifenóis mais importante e abundante na natureza, e demonstram a capacidade de capturar radicais livres (atividade antioxidante) presentes no meio. Breitfellner; Solar e Sontag (2002) explicam que a radiólise de ácidos fenólicos leva à uma extensa hidroxilação resultante da adição de radicais –OH, formados radiolíticamente na água e anel aromático.

Outra possível causa para a diminuição nos teores de compostos fenólicos em polpa de juçara irradiada é a existência de elevada quantidade de enzimas de escurecimento em frutos de palmeiras do gênero *Euterpe*. A polifenoloxidase atua no escurecimento do produto, oxidando os compostos fenólicos existentes, com consequente formação de quinonas que se condensam produzindo pigmentos escuros e insolúveis (melaninas). A O-quinona formada pode interagir com grupos amina e tiol, diminuindo a disponibilidade dos compostos fenólicos (ARAÚJO, 2008b).

Resultados contrários aos obtidos em polpa de juçara irradiada foram verificados por Song et al. (2006) que avaliaram os teores de compostos fenólicos em sucos de cenoura e de couve irradiados e verificaram que na dose 3 kGy seus valores eram maiores que os das amostras controle (não irradiadas). No entanto, ao pesquisarem o efeito da radiação ionizante nos compostos fenólicos de bebida à base de mate (tererê), Furgeri et al. (2009) notaram que doses crescentes de radiação não tiveram impacto na perda de compostos fenólicos, mas houve um pequeno aumento na quantidade desses compostos na bebida submetida às doses 3,0 e 7,0 kGy em relação ao controle. Na dose 10,0 kGy houve leve diminuição na quantidade de compostos fenólicos.

3.5.2.6 Atividades das enzimas Polifenoloxidase (PPO) e Peroxidase (POD)

Entre as doses avaliadas não houve variação da atividade enzimática da polifenoloxidase (PPO) nos dias 1, 14, 21 e 28, após tratamento com radiação gama. No entanto, no segundo período de avaliação, houve alteração da $AE \text{ min}^{-1} \text{ mL}^{-1}$ em que as polpas tratadas com as doses 7,5 e 10,0 kGy apresentaram maior valor e diferentes estatisticamente ($p < 0,05$) das demais, que possuíam médias menores e equivalentes entre si. Após a primeira semana, os valores decaíram e mantiveram-se constantes até o término dos períodos de armazenamento (Tabela 6).

A polpa de juçara não irradiada foi a que mais variou com relação à $AE \text{ min}^{-1} \text{ mL}^{-1}$ da PPO, visto que a maior atividade da enzima foi nos dias 1 e 7, decrescendo no 14º dia de avaliação, e nos demais períodos estatisticamente iguais entre si ($p < 0,05$). Já as polpas irradiadas sofreram cinética idêntica com relação à atividade enzimática da PPO, possuindo semelhança estatística nos dias 1 e 7, com posterior queda a partir do terceiro período de avaliação, seguido de valores constantes até o final do experimento. Tais resultados indicaram que a enzima sofreu decréscimo em todos os períodos, independente da dose de radiação aplicada.

Analisando-se somente as médias de $AE \text{ min}^{-1} \text{ mL}^{-1}$ da PPO entre os períodos 21 e 28 dias após processamento para as amostras controle, 2,5 e 5,0 kGy, observa-se ligeiro aumento em seus valores, indicando regeneração da enzima. Conforme Thomas e Nair (1971), o aumento da atividade da PPO pela irradiação é devido provavelmente a uma ativação da enzima em vez de nova síntese. Afirmam ainda, que a ativação da PPO possa ser causada por um aumento da extração da enzima causada por danos decorrentes da radiação na parede celular em que ela fica localizada, ou também por algumas mudanças causadas no seu centro ativo.

Tabela 6 – Atividades das enzimas Polifenoloxidase (PPO) e da Peroxidase (POD) ($\text{AE min}^{-1} \text{ mL}^{-1}$) de polpas de juçara submetidas à radiação gama e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=6)

Polifenoloxidase (PPO)					
Dose (kGy)	Períodos (días)				
	1	7	14	21	28
0,0	16,37±5,05 Aa	11,22±1,83 ABb	7,66±1,93 BCa	3,86±0,25 Ca	6,24±0,53 BCa
2,5	19,46±2,90 Aa	14,78±1,78 Ab	8,17±2,50 Ba	5,21±0,38 Ba	7,35±1,22 Ba
5,0	18,33±3,97 Aa	14,36±2,04 Ab	7,52±1,95 Ba	6,10±0,87 Ba	8,09±3,23 Ba
7,5	20,81±2,04 Aa	15,68±3,23 Aab	7,41±1,15 Ba	5,35±1,66 Ba	5,27±0,50 Ba
10,0	17,34±3,29 Aa	20,32±2,96 Aa	7,64±1,17 Ba	7,26±1,32 Ba	5,09±1,56 Ba
CV	23,86%				
Peroxidase (POD)					
Dose (kGy)	Períodos (días)				
	1	7	14	21	28
0,0	12,30±0,57 Ab	8,59±0,75 Bc	7,66±1,93 Ba	9,04±0,55 Bb	8,87±0,76 Bb
2,5	15,36±0,54 Aa	12,51±0,51 Bb	8,17±2,50 Ca	12,69±0,42 Ba	11,54±1,03 Ba
5,0	16,22±0,59 Aa	13,66±2,59 ABab	7,52±1,95 Da	11,28±1,03 BCab	10,89±1,56 Cab
7,5	14,45±0,44 Aab	13,99±0,93 Aab	7,41±1,15 Ca	13,24±0,70 Aa	10,42±0,50 Bab
10,0	16,37±0,66 Aa	15,15±0,76 ABa	7,64±1,17 Da	13,37±1,50 BCa	11,39±0,48 Cab
CV	10,34%				

Legenda: DP = Desvio Padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; CV = Coeficiente de variação.

Nota: 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.

Trabalho que vem de encontro a esses resultados é o de Kim et al. (2007), que ao avaliarem a atividade da PPO durante o período após irradiação até 5 kGy de suco de couve fresco, perceberam que a radiação gama não afetou a atividade da PPO. Esta foi gradualmente diminuindo durante o armazenamento, sem diferenças significativas entre as amostras irradiadas e o controle. Contudo, efeito contrário da radiação gama sobre a atividade enzimática da PPO em polpa de juçara foi observado por Silva, Silva e Spoto (2007), em que frutos de abacaxi submetidos à radiação gama (150 Gy) apresentaram maior atividade enzimática dessa enzima comparados ao controle durante o armazenamento refrigerado por 30 dias.

A atividade enzimática da peroxidase (POD) variou entre os períodos e doses de radiação utilizadas. A amostra controle, em todos os períodos de avaliação, apresentou médias menores de $\text{AE min}^{-1} \text{ mL}^{-1}$ da POD comparadas às polpas irradiadas. As amostras tratadas com radiação gama, na maioria dos períodos, exibiram valores semelhantes entre si ($p < 0,05$) (Tabela 6). Esses resultados denotam, da mesma forma ao observado na atividade enzimática da PPO, que baixas doses de radiação, ou até mesmo nenhuma, são suficientes para diminuir a ação da enzima POD. Analisando-se os dados referentes ao primeiro e sétimo dias de avaliação, é possível notar que a maior redução na $\text{AE min}^{-1} \text{ mL}^{-1}$ da POD foi a na amostra controle (30,16%), sendo que, dentre as polpas irradiadas, a que melhor barrou a ação da POD foi a tratada com 2,5 kGy (18,55%), seguidas das doses 5,0 kGy (15,78%), 10,0 kGy (7,45%) e, finalmente, a dose 7,5 kGy (3,18%).

Uma possível causa para que as amostras controle (0,0 kGy) tenham apresentado menor atividade enzimática que as demais na primeira semana de armazenamento refrigerado foi a ação da POD sobre os compostos fenólicos e antocianinas presentes no meio. Porque, de acordo com Alencar e Koblitz (2008), as peroxidases são capazes de oxidar diferentes compostos, como mono e dihidroxifenóis e compostos fenólicos complexos (flavonóides), na presença de peróxidos, gerando radicais livres. E, na ausência de peróxidos, podem catalisar a oxidação de alguns substratos com auxílio do oxigênio molecular ou do meio e também hidroxilar vários compostos aromáticos.

Outro fator que pode estar ligado à alta atividade enzimática das amostras irradiadas é que a principal característica da POD é a sua termoestabilidade, associada à sua capacidade de se regenerar após desnaturação térmica. A regeneração da atividade acontece em poucas horas em temperatura ambiente e em períodos mais longos de repouso sob refrigeração ou congelamento (ALENCAR; KOBLITZ, 2008). Araújo (2008a) afirma que essa ação também

é dependente do pH, em que valores entre 5,0 e 8,0 recuperam sua atividade. O aumento da $\text{AE min}^{-1} \text{ mL}^{-1}$ da POD após 21 dias de armazenamento pode estar relacionado a este fato, pois o pH das polpas neste período estava próximo do pH 5,0, induzindo a regeneração da enzima.

Hanotel, Fleuriet e Boisseau (1995) ao monitorarem a atividade enzimática das PPO e POD de endívias submetidas à radiação gama (3 kGy) e estocadas a 10°C, verificaram que a irradiação limitou a ativação da POD e inibiu a atividade da PPO parcialmente. A concentração de PPO e de fenólicos tenderam a diminuir durante o armazenamento, enquanto que a atividade da POD permaneceu a um nível elevado. Esses resultados são análogos aos conseguidos em polpa de juçara irradiada, visto que neste produto a atividade da PPO aumentou após a primeira semana de armazenamento e para POD o controle apresentou menores valores. Os autores do experimento com endívias explicam que como a PPO é uma enzima ligada à membrana, a inativação observada após a irradiação pode ser causada por alterações conformacionais devido às alterações físicas e químicas das membranas induzidas pela radiação. O processo de radiação resulta em modificações de membranas lipídicas celulares e sub-celular, facilitando o contato entre a PPO e os seus substratos.

Ao avaliarem a atividade enzimática em melão Cantaloupe após irradiação com 60 Co, Wang et al. (2006) verificaram que a atividade da enzima lipoxigenase se revelou menos resistente à irradiação, seguida pelas polifenoloxidase e peroxidase. No entanto, todas as três enzimas permaneceram ativas até a dose de 5 kGy.

3.5.3 Qualidade sensorial

O teste de aceitação sensorial de polpa de juçara irradiada foi realizado somente no primeiro dia após processamento; essa decisão foi tomada com base nos resultados físico-químicos obtidos para as amostras após uma semana de armazenamento, verificando-se que a mesma não estava em condições para a avaliação dos provadores. A equipe sensorial foi composta por 36 pessoas e dentre elas 83,4% eram do sexo feminino e 16,6% do masculino.

Os resultados do teste de aceitação com a utilização de escala hedônica para as amostras de polpa de juçara irradiada revelou que não houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre as doses de radiação aplicadas e a controle para todos os atributos selecionados (sabor, cor, aparência, textura, aroma e impressão global). Para o sabor, o valor médio obtido foi 3,4, sendo classificada como “Desgostei ligeiramente”; os parâmetros cor e aparência foram

colocados em posição melhor, na “Gostei moderadamente” cujos valores médios foram de 5,8 e 5,4 respectivamente. Os provadores mostraram-se sem opinião concreta (“Nem gostei, nem desgostei”) ao conferirem aos atributos textura, aroma e impressão global os valores médios 4,4, 4,4 e 4,3 para cada um deles, naquela ordem (Tabela 7).

Tabela 7 – Teste de aceitação com escala hedônica (7 = gostei muito; 1 = desgostei muito) para diferentes atributos de polpas de juçara submetidas à radiação gama (valores médios, $\pm$ DP, n=36)

Dose (kGy)	Atributos					
	Sabor	Cor	Aparência	Textura	Aroma	Impressão global
0,0	3,47 $\pm$ 1,8	5,50 $\pm$ 1,5	5,06 $\pm$ 1,4	4,35 $\pm$ 1,6	4,21 $\pm$ 1,9	4,29 $\pm$ 1,5
2,5	3,53 $\pm$ 1,9	5,70 $\pm$ 1,1	5,21 $\pm$ 1,3	4,35 $\pm$ 1,5	4,38 $\pm$ 1,6	4,32 $\pm$ 1,4
5,0	3,32 $\pm$ 1,9	5,77 $\pm$ 1,1	5,50 $\pm$ 1,2	4,29 $\pm$ 1,9	4,38 $\pm$ 1,8	4,06 $\pm$ 1,6
7,5	3,42 $\pm$ 1,7	6,06 $\pm$ 1,0	5,68 $\pm$ 1,1	4,68 $\pm$ 1,5	4,71 $\pm$ 1,5	4,29 $\pm$ 1,4
10,0	3,24 $\pm$ 1,9	5,88 $\pm$ 0,9	5,53 $\pm$ 1,2	4,50 $\pm$ 1,6	4,29 $\pm$ 1,6	4,35 $\pm$ 1,7
CV	54,22%	19,84%	23,26%	36,50%	38,32%	35,92%

Legenda: DP = Desvio Padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; CV = Coeficiente de variação.

Os resultados obtidos na avaliação sensorial de polpa de juçara são semelhantes aos alcançados por Hussain et al. (2011), que ao avaliarem a aceitação global (cor, textura e sabor) de damascos secos submetidos à radiação gama, não verificaram diferença estatística nos atributos sensoriais entre as amostras controle e irradiadas no dia zero.

Furgeri et al. (2007) ao analisarem sensorialmente amostras de bebida à base de mate irradiada até 10,0 kGy, não observaram diferença significativa entre as bebidas irradiadas e as não tratadas. Bari et al. (2005) também não verificaram em brócolis e brotos de feijão irradiados a 1,0 kGy alterações significativas para aparência, cor, textura, sabor e aceitação global em comparação com a amostra controle, em sete dias de armazenamento a 4°C.

Aos provadores foi perguntado, no geral, o que eles mais e menos apreciaram sensorialmente nas amostras. As respostas com maior incidência estavam relacionadas com sabor amargo, fermentado ou azedo; e também com aparência boa por causa da coloração roxa (Tabela 8). Os provadores podem ter descrito esses dados por não consumirem a polpa de juçara da forma em que foi apresentada, ou até mesmo a polpa de açaí que é o produto mais próximo à juçara, e que é geralmente comercializada com a adição de xarope de guaraná, açúcar, frutas, e outros ingredientes. Tais ingredientes mascaram o sabor original dos frutos de *Euterpe* que é levemente azedo e terroso.

Tabela 8 - Avaliação geral das amostras de polpa de juçara irradiada (“mais gostei” e “menos gostei”)

Mais gostei	Menos gostei
Sabor: doce	Sabor: salgado, amargo, fermentado, azedo, ácido, residual na boca
Aparência: boa, cor roxa	-
Textura: cremosa	Textura: arenosa, granulada
-	Aroma: azeitona, ácido

Em frutos de kiwi tratados com radiação gama, Kim e Yook (2009) avaliaram a sua aceitação sensorial a partir de escala hedônica de cinco pontos e provadores treinados. A preferência mais forte foi para frutos irradiados até 3,0 kGy para os atributos doçura, gosto geral e aceitabilidade geral. Os provadores conferiram sabor azedo às amostras irradiadas. Tal característica também foi levantada pelos provadores da polpa de juçara (Tabela 8).

Os resultados da avaliação sensorial de polpa de juçara mantida sob refrigeração evidenciaram, no primeiro dia de armazenamento, que a irradiação não exerceu influência sobre as suas características sensoriais. Demonstrando que igualmente neste caso, não é necessária a aplicação da radiação gama no produto para manutenção da qualidade sensorial. Entretanto, a degradação da polpa em uma semana de armazenamento refrigerado está também ligada a esta temperatura, que auxiliou na degradação dos pigmentos antocianicos e compostos fenólicos, bem como na alta atividade enzimática observada nos primeiros dias de armazenamento.

3.6 Conclusões

A radiação gama, nas doses estudadas, não se mostra promissora para a conservação do produto polpa de juçara sob refrigeração, visto que sua degradação ocorreu na primeira semana após o processamento; não houve manutenção de seus compostos antioxidantes (antocianinas e compostos fenólicos), o produto escureceu, a atividade enzimática continuou acelerada e não houve boa aceitação da polpa por parte dos provadores.

Referencias

ADVISORY COMMITTEE ON IRRADIATED AND NOVEL FOODS – ACINF. **Report on the safety and wholesomeness of irradiated foods**. London: HMSO, ACINF, 1986. p. 27-28.

ALENCAR, S. M.; KOBLITZ, M. G. B. Oxidorredutases. In: KOBLITZ, M. G. B. **Bioquímica de alimentos: teoria e aplicações práticas**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. cap. 5, p. 125-152.

ANDREWS, L. S.; AHMEDNA, M.; GRODNER, R. M.; LIUZZO, J. A.; MURANO, P. S.; MURANO, E. A.; RAO, R. M.; SHANE, S.; WILSON, P. W. Food preservation using ionizing radiation. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 15, n. 4, p. 1-53, 1998.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 17. ed. Arlington, 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 18. ed. Gaithersburg, 2005.

ARAÚJO, J. M. A. Enzimas: catalase e peroxidase. In: ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos**. 4. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2008a. cap. 12, p. 389-596.

ARAÚJO, J. M. A. Escurecimento enzimático. In: ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos**. 4. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2008b. cap. 10, p. 389-596.

ARVANITOYANNIS, I. S.; STRATAKOS, A. C.; TSAROUHAS, P. Irradiation applications in vegetables and fruits: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, London, v. 49, n. 5, p. 427-462, 2009.

BARI, M. L.; NAKAUMA, M.; TODORIKI S.; JUNEJA V. K.; ISSHIKI, K.; KAWAMOTO, S. Effectiveness of irradiation treatments in inactivating *Listeria monocytogenes* on fresh vegetables at refrigeration temperature. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 68, n. 2, p. 318-323, 2005.

BLEINROTH, E. W. Determinação do ponto de colheita, maturação e conservação das frutas. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Industrialização de frutas**. Campinas: ITAL, 1991. p. 1-15. (Manual Técnico, 8).

BORGES, G. S. C.; VIEIRA, F. G. K.; COPETTI, C.; GONZAGA, L. V.; ZAMBIAZI, R. C.; MANCINI FILHO, J.; FETT, R. Chemical characterization, bioactive compounds, and antioxidant capacity of jussara (*Euterpe edulis*) fruit from the Atlantic Forest in southern Brazil. **Food Research International**, Essex, v. 44, p. 2128-2133, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Resolução RDC nº 12, 2 de janeiro de 2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jan. 2001a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução RDC nº21, de 26 de janeiro de 2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jan. 2001b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Instrução Normativa nº9, de 24 de fevereiro de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 fev. 2011, Seção 1.

BREITFELLNER, F.; SOLAR, S.; SONTAG, G. Effect of γ -irradiation on phenolic acids in strawberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 2, p. 517-521, 2002.

BUCHALLA, R.; SCHUTTLER, C.; BOGL, K.W. Effects of ionizing radiation on plastic food packaging materials: a review part 1, **Journal of Food Protection**, Ames, v. 56, p. 991-997, 1993.

CANO, M. P.; de ANCOS, B.; MATAALLANA, M. C.; CÁMARA, M.; REGLERO, G.; TABERA, J. Differences among Spanish and Latin-American banana cultivars: morphological, chemical and sensory characteristics. **Food Chemistry**, Barking, v. 59, n. 3, p. 411-419, 1997.

CODEX ALIMENTARIUS. **General standard for irradiated foods**. STAN 106-1983, Rev. 1-2003.

CODEX ALIMENTARIUS. **General standard for the labelling of prepackaged foods**. CODEX STAN 1-1985, Amended 1991.

COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental designs**. 2. ed. New York: John Wiley, 1957. 618 p.

CRAWFORD, L. M.; RUFF, E. H. A review of the safety of cold pasteurization through irradiation. **Food Control**, Guilford, v. 7, p. 87-97, 1996.

DEL MASTRO, N. L. Development of food irradiation in Brazil. **Progress in Nuclear Energy**, New York, v. 35, n. 3-4, p. 229-248, 1999.

D'INNOCENZO, M.; LAJOLO, F. M. Effect of gamma irradiation on softening changes and enzyme activities during ripening of papaya fruit. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v. 25, p. 425-438. 2001.

DIEHL, J. F. **Safety of irradiated foods**. 2 ed. New York: Marcel Dekker, 1995. 454 p.

DOWNES, F. P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington, DC: APHA, 2001. 676 p.

FARKAS, J. Irradiation for better foods. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 17, p. 148-152, 2006.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION – FDA. Irradiation in the production, processing and handling of food. Final rule. This is initial and general (later amendments on various details have been published in Fed Reg). **Federal Register**, College Park, MD, v. 51, p. 13376-13399, 1986.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION – FDA. Irradiation in the production, processing and handling of food: labeling. **Federal Register**, College Park, MD, v. 55, n. 5, p. 646, 1990.

FURGERI, C.; SABUNDJIAN, I. T.; SILVA, P. V.; SALUM, D. C.; BASTOS, D. H. M.; VILLAVICENCIO, A. L. C. H. Evaluation of sensorial analysis in maté (*Ilex paraguariensis*) processed by gamma radiation. In: INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC CONFERENCE, 2007, Santos, Brazil. Rio de Janeiro: ABEN, 2007. Disponível em: <http://www.ipen.br/biblioteca/2007/inac/12074.pdf>.

FURGERI, C.; NUNES, T. C. F.; TANARO, G. B.; SOUZA, M. F. F.; BASTOS, D. H. M.; VILLAVICENCIO, A. L. C. H. Evaluation of phenolic compounds in maté (*Ilex paraguariensis*) processed by gamma radiation. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 78, p. 639-641, 2009.

GONÇALVES, M. P. J. C.; BOTREL, D. A.; SOARES, N. F. F.; STRINGHETA, P. C. Irradiação gama como alternativa de conservação de polpa de acerola. **Alimento e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 2, p. 159-163, abr./jun. 2006.

HANOTEL, L.; FLEURIET, A.; BOISSEAU, P. Biochemical changes involved in browning of gamma-irradiated cut witloof chicory. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 5, p. 199-210. 1995.

HERNANDES, N. K.; VITAL, H. C.; SABAA-SRUR, A. U. O. Irradiação de alimentos: vantagens e limitações. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 37, n. 2, p. 154-159, 2003.

HUSSAIN, P. R.; MEENA, R. S.; DAR, M. A.; WANI, A. M. Gamma irradiation of sun-dried apricots (*Prunus armeniaca* L.) for quality maintenance and quarantine purposes. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 80, p. 817-827, 2011.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS – ICRU. **Fundamental quantities and units for ionizing radiation**. Report 85a-Revised. Bethesda, MD: ICRU, 2012.

KILCAST, D. Effect of irradiation on vitamins. **Food Chemistry**, Barking, v. 49, n. 2, p. 157-164, 1994.

KIM, D.; SONG, H.; LIM, S.; YUN, H. CHUNG, J. Effects of gamma irradiation on the radiation-resistant bacteria and polyphenoloxidase activity in fresh kale juice. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 76, p. 1213-1217, 2007.

KIM, K. H.; YOOK, H. S. Effect of gamma irradiation on quality of kiwifruit. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 78, p. 414-421, 2009.

KUMAR, R.; GEORGE, J.; RAJAMANICKAM, R.; NATARAJU, S.; SABHAPATHY, S. N.; BAWA, A. S. Effect of combination processing on the microbial, chemical and sensory quality of ready-to-eat (RTE) Vegetable Pulav. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 80, p. 1448-1450, 2011.

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**, São Paulo, v. 24, n. 24, p. 691-693, 2004.

LACROIX, M.; OUATTARA, B. Combined industrial processes with irradiation to assure innocuity and preservation of food products – A review. **Food Research International**, Essex, v. 33, p. 719-724, 2000.

LADO, B. H.; YOUSEF, A. E. Alternative food-preservation technologies: efficacy and mechanisms. **Microbes and Infection**, Paris, v. 4, p. 433-440, 2002.

LEE, P. R. Irradiation to prevent foodborne illness. **Journal of the American Medical Association**, Chicago, v. 272, n. 4, p. 261, 1994.

LEE, J. W.; KIM, J. K.; SRINIVASAN, P.; CHOI, J. I.; KIM, J. H.; HAN, S. B.; KIM, D. J.; BYUN, M. W. Effect of gamma irradiation on microbial analysis, antioxidant activity, sugar content and color of ready-to-use tamarind juice during storage. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 42, p. 101–105, 2009.

LIMA, K. S. C.; GROSSI, J. L. S.; LIMA, A. L. S.; ALVES, P. F. M. P.; CONEGLIAN, R. C. C.; GODOY, R. L. O.; SABAA-SRUR, A. U. O. Efeito da irradiação ionizante γ na qualidade pós-colheita de cenouras cv. Nantes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 202-208, 2001.

LIMA, A. L. S.; LIMA, K. S. C.; COELHO, M. J.; SILVA, J. M.; GODOY, R. L. O.; PACHECO, S. Avaliação dos efeitos da radiação gama nos teores de carotenoides, ácido ascórbico e açúcares do fruto Buriti do Brejo. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 3, p. 649-654, 2009.

LOAHARANU, P. Irradiation as a cold pasteurization process of food. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam, v. 64, p. 71-82, 1996.

Mc GUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, St. Joseph, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 1991. 354 p.

MORENO, M. A.; CASTELL-PEREZ, M. E.; GOMES, C.; DA SILVA, P. F.; MOREIRA, R. G. Quality of electron beam irradiation of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) at medium dose levels (1.0–3.2 kGy). **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 40, p. 1123–1132, 2007.

OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. **Directive 1999/2/EC**, L66/16. Paris, 1999a.

OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. **Directive 1999/3/EC**, L66/24. Paris, 1999b.

OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. **C283/5. List of member states' authorisations of food and food ingredients which treated with ionising radiation.** Paris, 2009.

OZEN, B. F.; FLOROS, J. D. Effects of emerging food processing techniques on the packaging materials. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 12, p. 60-67, 2001.

PACHECO-PALENCIA, L. A.; HAWKEN, P.; TALCOTT, S. T. Phytochemical, antioxidant and pigment stability of acai (*Euterpe oleracea*) as affect by clarification, ascorbic acid fortification and storage. **Food Research International**, Essex, v. 40, p. 620-628, 2007.

PEREDA, J. A. O. Utilização de radiações eletromagnéticas na indústria alimentícia. Irradiação de alimentos. In:_____. **Tecnologia de alimentos**: componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005. cap. 9, p. 142-154.

PEREIRA, A. S. C. Irradiação em alimentos. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 324, p. 53-62, fev. 2004.

ROJAS DE GANTE, C.; PASCAT, B. Effects of b-ionizing Radiation on the Properties of Flexible Packaging Materials, **Packaging Technology and Science**, Chichester, v. 3, p. 97–105, 1990.

SABATO, S. F.; SILVA, J. M.; CRUZ, J. N.; BROISLER, P. O.; RELA, P. R.; SALMIERI, S.; LACROIX, M. Advances in commercial application of gamma radiation in tropical fruits at Brazil. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 78, p. 655-658, 2009.

SÁNCHEZ-MORENO, C. Compuestos polifenólicos: estructura y clasificación. Presencia em alimentos y consumo. Biodisponibilidad y metabolismo. **Alimentaria**, Madrid, v. 2, p. 19-28, 2002.

SATIN, M. **La irradiación de los alimentos**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1997. 175 p.

SCOTT SMITH, J.; PILLAI, S. Irradiation and food safety. **Food Technology**, Chicago, v. 58, n. 11, p. 48-55, 2004.

SILVA, J. M.; SILVA, J. P.; SPOTO, M. H. F. Análises fisiológicas e enzimáticas em abacaxi submetido à tecnologia de radiação ionizante. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 602-607, 2007.

SILVA, J. M.; SILVA, J. P.; SPOTO, M. H. F. Características físico-químicas de abacaxi submetido à tecnologia de radiação ionizante como método de conservação pós-colheita. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 139-145, 2008.

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

SOPRANI, J.; LOPES, B. F.; FERRAZ, K. K. F.; SANTOS, R. G.; SILVA, D. M.; FIQUEIREDO, S. G. Efeito da radiação gama no amadurecimento dos frutos de mamão. In:

SIMPÓSIO PAPAYA BRASIL, 2., 2005, Vitória. **Anais...** Vitória: Incaper, 2005. p. 589-592.

SONG, H. P.; KIM, D. H.; JO, C.; LEE, C. H.; KIM, K. S.; YUN, M.-W. Effect of gamma irradiation on the microbiological quality and antioxidant activity of fresh vegetable juice. **Food Microbiology**, Londres, v. 23, n. 4, p. 372–378, 2006.

SONG, H.-P.; BYUN, M.-W.; JO, C.; LEE, C.-H.; KIM, K.-S.; KIM, D.-H. Effects of gamma irradiation on the microbiological, nutritional, and sensory properties of fresh vegetable juice. **Food Control**, Guilford, v. 18, p. 5-10, 2007.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS/QC software**: usage and reference (version 9.2). Cary, NC, 2005. 1CDROM.

STEFANOVA, R.; VASILEV, N. V.; SPASSOV, S. L. Irradiation of food, current legislation framework, and detection of irradiated foods. **Food Analytical Methods**, Londres, v. 3, p. 225-252, 2010.

TALLENIRE, A. The spectrum of microbial radiation sensitivity. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 15, p. 83-89, 1980.

URBAIN, W.M. Radiation chemistry basics. In: _____. **Food irradiation**. Orlando: Academic Press, 1986. chap. 2, p. 23-36.

THE FOOD CONTROL OF IRRADIATED REGULATIONS, **SI 2490**. London: HMSO, 1991.

THOMAS, P.; NAIR, P. M.; Effect of gamma irradiation on polyphenol oxidase activity and its relation to skin browning in bananas. **Phytochemistry**, Oxford, v. 10, p. 771-777, 1971.

TRIGO, M. J.; SOUZA, M. B.; SAPATA, M. M.; FERREIRA, A.; CURADO, T.; ANDRADA, L.; BOTELHO, M. L.; VELOSO, M. G. Radiation processing of minimally processed vegetables and aromatic plants. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 78, p. 659-663, 2009.

VARSAANYI, I. Investigation into the permeability of polymer membranes of food packaging quality to gases and water vapour after radiation treatment with radurizing doses, **Acta Alimentaria**, Budapest, v. 4, p. 251–269, 1975.

WANG, Z.; MA, Y.; ZHAO, G.; LIAO, X.; CHEN, F.; WU, J.; CHENAND, J.; HU, X. Influence of gamma irradiation on enzyme, microorganism, and flavor of cantaloupe (*Cucumis melo* L.) juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 71, n. 6, p. 215-220, 2006.

WHO. **Wholesomeness of irradiated food**: report of a joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. Geneva, Switzerland, 1981. 36 p. (Technical Report Series, 659).

WHO. **The technical basis for legislation on irradiated food**. Geneva, Switzerland, 1996. (Technical Report Series, 316).

WIENDL, F. M. A salubridade dos alimentos irradiados. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 48-56, 1984.

4 POLPA DE JUÇARA SUBMETIDA À ACIDIFICAÇÃO E PASTEURIZAÇÃO

Resumo

Este trabalho objetivou avaliar a viabilidade de conservação, bem como da qualidade físico-química e sensorial de polpa de juçara submetida à acidificação ($\text{pH} < 4,0$) e pasteurização em tacho aberto ($85^\circ\text{C}/5 \text{ min.}$) sob armazenamento refrigerado (6°C) e congelado (-18°C). Os tratamentos de polpa de juçara foram divididos em: i. refrigerada, ii. congelada, iii. acidificada refrigerada, iv. acidificada congelada, v. pasteurizada e acidificada refrigerada, vi. pasteurizada e acidificada congelada, vii. pasteurizada refrigerada e viii. pasteurizada congelada. Verificou-se sua qualidade microbiológica (NMP Coliformes termotolerantes e *Salmonella sp.*), físico-química (pH , acidez titulável, teor de sólidos solúveis, cor instrumental – L^* , $^\circ\text{Hue}$ e Croma, antocianinas totais, compostos fenólicos totais e atividade das enzimas polifenoloxidase-PPO e peroxidase-POD) e sensorial (teste de aceitação com escala hedônica), avaliada nos dias 1, 15, 30, 45 e 60 de armazenamento. Os resultados foram submetidos à análise estatística (ANOVA) e Teste de Tukey a $p < 0,05$. As amostras encontraram-se dentro dos padrões legais vigentes pela RDC nº12 (ANVISA). As acidificadas apresentaram pH abaixo das demais, e nas pasteurizadas foi constante durante o armazenamento. A pasteurização aliada à acidificação em polpa de juçara auxiliou na manutenção da acidez titulável, não mostrou efeito sobre o teor de sólidos solúveis, manteve a cor instrumental constante durante os 60 dias de avaliação, apresentou antocianinas totais elevadas e sem variação, independente da temperatura utilizada, e auxiliou na diminuição da atividade das enzimas PPO e POD. A acidificação não mostrou importância na manutenção dos compostos fenólicos totais, sendo as polpas congeladas as que apresentaram maiores teores. A aplicação da pasteurização e da acidificação não alterou os atributos sensoriais da polpa de juçara, considerada como “Gostei moderadamente”. Concluiu-se que a pasteurização em conjunto com a acidificação da polpa de juçara foi o processo que melhor manteve suas características físico-químicas e sensoriais durante o período de armazenamento, sendo a temperatura de congelamento a mais adequada.

Palavras-chave: *Euterpe edulis*. Tratamento térmico. Ácido cítrico. Análises físico-químicas. Teste de aceitação. Vida útil.

Abstract

This study evaluated the viability of conservation, as well as the physico-chemical and sensory quality of pulp juçara subjected to acidification and pasteurization in open pot in cold storage (6°C) and frozen (-18°C). Treatments pulp juçara were divided into: i. refrigerated, ii. frozen, iii. acidified refrigerated, iv. acidified frozen, v. acidified pasteurized and refrigerated, vi. acidified pasteurized and frozen, vii. refrigerated acidified viii. pasteurized frozen. Was verified the microbiological (Coliform NMP coliform and *Salmonella* sp.), physico-chemical (pH, titratable acidity, soluble solids, instrumental color - L*, °Hue and Chroma, anthocyanins, total phenolics and activity of enzyme polyphenol oxidase-PPO and peroxidase - POD) and sensory (acceptance test with hedonic scale) quality, evaluated at 1, 15, 30, 45 and 60 days of storage. The results were subjected to statistical analysis (ANOVA) and Tukey's test at $p < 0.05$. The samples were within the prevailing legal standards for RDC n° 12 (ANVISA). The acidified samples showed pH under of the other, and on pasteurized was constant during storage. Pasteurization allied acidification in juçara pulp assisted in maintaining the acidity, showed no effect on soluble solids, the instrumental color remained constant during the 60 days of evaluation, showed higher anthocyanins without variation, regardless of the temperature used, and assisted on the decrease of the activity of enzymes PPO and POD. The acidification showed no importance in the maintenance of total phenolic compounds, and that frozen pulps showed higher levels of this compound. The application of pasteurization and acidification not changed the sensory attributes of juçara pulp, considered "moderately liked". Concluded that pasteurization at 85°C/5 min and acidification to pH 3,8 was the process that better maintained its physical-chemical and sensorial characteristics during the storage period and the freezing temperature was the more adequate.

Keywords: *Euterpe edulis*. Heat treatment. Citric acid. Physic-chemical analyzes. Acceptance testing. Shelf life.

4.1 Introdução

Os frutos das palmeiras do gênero *Euterpe*, bem como seus subprodutos, são altamente perecíveis se mantidos em temperatura ambiente ou se não for aplicada tecnologia adequada de processamento e armazenamento, dificultando assim, sua comercialização e consumo. A pasteurização de sucos e polpas de frutas visa à inativação de enzimas, além da destruição dos microrganismos patogênicos não esporulados e diminuir significativamente a microbiota normal, através da utilização do calor, de modo a oferecer ao consumidor um produto seguro, com vida útil aceitável, para ser consumido em um período curto de tempo (PEREDA, 2005).

Além de propiciar ao alimento melhor qualidade e maior período de vida útil, o processo de pasteurização pode ser útil na solução de problemas de saúde pública, como os surtos da Doença de Chagas, muito comuns nos últimos anos nos Estados do Norte do Brasil, ocorrendo através da ingestão do protozoário *Trypanossoma cruzi* em polpa de açaí (*Euterpe oleracea*) que, nestas regiões, é muito consumida de forma não tratada termicamente ou com processamento impróprio.

Muitos casos de Doença de Chagas já foram relatados pela imprensa. Em 2005 ocorreu o aparecimento repentino da doença no Estado de Santa Catarina em indivíduos que consumiram caldo-de-cana em quiosque localizado em Navegantes (SC), sendo a causa provável a contaminação de fezes do inseto vetor da doença (barbeiro) no produto (SANCHEZ, 2007). A partir daí levantou-se a suspeita de que os casos de Doença de Chagas no Norte do país também estariam relacionados à ingestão oral do *T. cruzi* em polpa de açaí, porque, quando despulpados, o inseto foi triturado juntamente com os frutos. Nesse momento as autoridades relacionadas à Vigilância Sanitária começaram a percorrer os estabelecimentos que comercializavam o produto.

Em 2007 as agroindústrias do Pará, maior produtor de açaí do Brasil, assinaram um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC - Secretaria Estadual da Saúde PA) no qual se comprometeram a submeter a polpa de açaí ao processo de pasteurização, e a procedimentos higiênicos e sanitários incluindo cuidados no transporte, armazenamento e manipulação dos frutos, a fim de eliminarem o barbeiro antes da despulpa dos mesmos (FREIRE, 2007). Pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) demonstraram cientificamente que o *T. cruzi* sobrevive em polpa de açaí fresca quando armazenada em temperatura ambiente, refrigeração a 4°C ou sob congelamento por algumas horas a -20°C. Afirmaram, ainda, que se o produto for pasteurizado (80-90°C) o risco de infecção dos

consumidores com o protozoário é quase nulo, já que tal processo elimina o agente causador da moléstia (BARBIERI, 2010).

Entretanto, mesmo com a ação do Governo do Pará no combate à contaminação da polpa de açaí, em 2011 a cidade de Belém fechou pontos de venda do alimento por risco daquela doença. Foi verificado falta de higiene na manipulação dos frutos, o que pode aumentar o risco de seu aparecimento (BELÉM [...], 2011). Tratando-se, mais uma vez, de problemas de saúde pública, em julho de 2012, agentes da Secretaria Municipal de Saúde de Porto Velho (RO) reprovaram todas as amostras de polpa de açaí vendidas naquela cidade; tendo como motivo as contaminações elevadas com coliformes fecais. Nesse caso os fiscais aconselharam a população da cidade a não consumirem açaí por pelo menos dois meses até que os produtores se adequassem às boas práticas de manipulação de alimentos (AZAMBUJA, 2012).

Os problemas relatados não deveriam ser ainda tão frequentes, pois foram estabelecidos através da RDC nº 218 (BRASIL, 2005) os procedimentos higiênico-sanitários para preparo, acondicionamento, armazenamento, transporte, distribuição e comercialização de alimentos e bebidas preparados com vegetais, tendo a finalidade de prevenir doenças de origem alimentar. Esta legislação foi construída com base na necessidade de constante aperfeiçoamento das ações de controle sanitário na área de alimentos visando à proteção à saúde da população; considerando, ainda, a suspeita de ocorrência de surto de Doença de Chagas Aguda transmitida por alimentos contaminados com *T. cruzi*; além da importância da adoção de critérios de Boas Práticas relacionados com o beneficiamento, o armazenamento, a distribuição de vegetais e com o preparo e a comercialização de polpas e salada de frutas, sucos de frutas e hortaliças, vitaminas ou batidas de frutas e similares. Porém, o emprego da pasteurização no tratamento destes produtos até então tem certa resistência por parte de alguns produtores, pois dizem que torna o produto mais caro, prejudicando o seu comércio.

Ainda, a Instrução Normativa nº 01 que aprova o Regulamento Técnico Geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta (BRASIL, 2000), ao reconhecer tais produtos, prevê a utilização de um processo tecnológico adequado com a finalidade de sua comercialização e consumo. Além dessa lei, o Decreto nº 6871 (BRASIL, 2009) também determina um tratamento para suco ou polpa de fruta destinada ao consumo, que assegure a sua apresentação e conservação até o momento do consumo.

A aplicação de calor ainda é o método mais comum para o processamento de alimentos, devido à sua capacidade em inativar microrganismos e enzimas de deterioração. O uso de determinadas técnicas de processamento térmico, como imersão em água ou secagem por meio de ar quente, foi favorecido pelos importantes desenvolvimentos tecnológicos experimentados ao longo dos anos, juntamente com o gerenciamento mais fácil dos equipamentos utilizados (SORIA; VILLAMIEL, 2010). De acordo com Pereira e Vicente (2010), o processamento térmico é a tecnologia de processamento mais amplamente utilizada na indústria alimentar, que garante a segurança microbiológica dos produtos.

Diante disso, o processo de pasteurização é altamente recomendado para a manutenção da qualidade de polpas de frutas e deve ser utilizada e avaliada na produção de polpa de juçara, já que pertence à família *Euterpe*, a mesma do açaí. Este processo térmico tem como princípio a aplicação de calor visando à conservação do produto. O tratamento objetiva a redução da carga microbiana, inativação de enzimas e eliminação da água, de forma que se mantenham as características sensoriais do produto. Para tanto, utilizam-se temperaturas inferiores a 100°C e um período de tempo apropriado para o alimento. Esse tratamento pode ser realizado com o alimento já embalado e sob pressão atmosférica (OETTERER; D'ARCE; SPOTO, 2010).

Do ponto de vista prático, a intensidade do tratamento deve ser alta o suficiente para determinar níveis indetectáveis de patógenos alvos em alimentos prontos para o consumo, com um impacto mínimo sobre a qualidade do produto e os custos de produção (LADO; YOUSEF, 2002). Há a possibilidade de ser feito em tacho encamisado, em pasteurizador tubular ou em trocadores de calor de superfície raspada. Além de tudo isso, o binômio tempo/temperatura deve reduzir a carga microbiana e inativar enzimas do escurecimento, preservando as características físicas, químicas, nutricionais e sensoriais originais da fruta (EMBRAPA; SEBRAE, 2003). Como as alterações sensoriais podem ser induzidas, tanto durante a pasteurização quanto no período de armazenamento, é importante se obter informações sobre o impacto desse processo no alimento (GARCÍA-REYES; NARVÁEZ-CUENCA, 2010), devendo-se, também, ser estudada a cinética de degradação da qualidade físico-química dos alimentos tratados com calor.

Um fator importante que deve ser notado, ao submeter produtos de frutas ao tratamento térmico, é o conteúdo dos seus compostos bioativos, como as antocianinas, encontradas em abundância na polpa de juçara, que são pigmentos instáveis e podem ser degradados durante o processamento e estocagem da polpa. Conforme Turfan et al. (2011),

vários fatores afetam a estabilidade das antocianinas, incluindo as temperaturas de processamento e armazenamento, a natureza química das antocianinas, pH, ácido ascórbico, peróxido de hidrogênio, açúcares, luz e metais presentes no meio. Mikkelsen e Poll (2002) estudaram a decomposição e a transformação de antocianinas durante o processamento do suco de groselha preta, e verificaram perda entre 25 e 30% de antocianinas durante o processamento, sendo o tratamento térmico a etapa mais destrutiva do processo.

Normalmente, temperaturas abaixo de 100°C em pequenos períodos são requeridas para inativar microrganismos patogênicos ou esporos e enzimas, de forma a garantir um produto seguro, com manutenção da qualidade durante a vida útil pretendida. Após a pasteurização, o alimento não está estéril, portanto outras tecnologias de preservação como a fermentação, refrigeração, manutenção de condições anaeróbicas, ou diminuição da atividade da água são requeridas para a preservação do produto. Uma exceção são os alimentos com elevada acidez ($\text{pH} < 4,6$), que podem ser conservados em temperatura ambiente após a pasteurização, porque o ambiente ácido não é favorável para o crescimento de microrganismos deteriorantes ou prejudiciais que podem resistir a um tratamento térmico (SILVA; GIBBS, 2004).

As enzimas de escurecimento (oxidoredutases) constituem em um dos maiores problemas de rejeição de polpas de frutas pelos consumidores, pois provocam alterações indesejáveis no alimento, como mudanças de coloração, rancidez, perda de aroma e de valor nutritivo. Em virtude disso, o tratamento térmico é aplicado nesses produtos para a preservação da sua qualidade; porém sua eficiência depende do pH do meio e do binômio tempo/temperatura aplicado. Quanto mais ácido, menores são o tempo e a temperatura necessários para a inativação das enzimas. Em geral, para pH de 4,0 a 6,0, a aplicação de três minutos a 70-80°C são suficientes para a inativação enzimática (ALENCAR; KOBLITZ, 2008).

A acidificação de polpa de frutas é um processo eficiente tanto na diminuição da atividade microbiana quanto na preservação de pigmentos com capacidade antioxidante, pois, além de auxiliar na inativação das enzimas de escurecimento, aliada ao processo de pasteurização pode fornecer resultados interessantes na qualidade da polpa de frutas. A legislação brasileira aprova a prática da acidificação em produtos à base de frutas, incluindo a polpa de açaí, o que pode ser verificado na Instrução Normativa nº01 (BRASIL, 2000) que permite a adição de ácido cítrico, de acordo com as Boas Práticas de Fabricação (BPF) em açaí pasteurizado e mantido à temperatura ambiente.

De acordo com Araújo (2008), o pH ácido facilita a destruição de microrganismos pelo calor, permitindo que se utilize um tempo menor de pasteurização e, consequentemente, há minimização dos efeitos negativos do cozimento na qualidade do produto. A diminuição do pH citoplasmático é mais eficaz com a acidificação por ácidos orgânicos em vez de inorgânicos, uma vez que os ácidos orgânicos têm maior capacidade de permear a membrana celular dos microrganismos (EKLUND, 1989).

Nas indústrias alimentícias o ácido orgânico mais utilizado é o cítrico, também conhecido como citrato de hidrogênio, é um ácido orgânico fraco, estando presente na maioria das frutas, sobretudo em citros, como o limão e a laranja. É considerado um aditivo multifuncional, apropriado para vários tipos de aplicações: acidificante, flavorizante, tamponante e sequestrante. É um agente microbiano menos efetivo que os outros ácidos, em razão de ser metabolizado por vários microrganismos (ARAÚJO, 2008).

Oliveira e colaboradores (2011b) avaliaram a qualidade físico-química e microbiológica de bebida de açaí *in natura*, pasteurizada e com tratamentos de acidificação. Verificaram que o açaí *in natura* é perigoso ao consumo devido ao elevado número de microrganismos, contudo, a pasteurização a 80°C e a 90°C durante dois minutos foi efetiva na diminuição da carga microbiana; também, a adição de 1 e 2% de suco de limão ao produto reduziu parcialmente a microbiota, não consistindo em eficácia total para abaixá-la a níveis aceitáveis.

Mais uma vez com polpa de açaí, Sousa et al. (2006) avaliaram dentre o produto *in natura*; pasteurizado a 70, 80, 90 e 100°C durante 1, 5, 10 minutos; e submetido à fervura por 1, 2, 5 minutos, quais metodologias eram mais eficientes na erradicação de microrganismos, após conservação a 5°C; sendo recomendados o suco pasteurizado a 90°C por 10 minutos e o fervido por 1 minuto. Neste mesmo trabalho, os pesquisadores também notaram que a pasteurização a 90°C por 5 minutos mostrou-se eficiente na eliminação de microrganismos, proporcionando a conservação do produto por pelo menos 120 dias a -18°C; tendo como vantagem de sua utilização a facilidade de acesso, uma vez que é um método prático e com baixo custo.

Rogez et al. (1996) branquearam frutos de açaí em várias temperaturas e tempos antes do processamento, com a finalidade de diminuir a carga microbiana dos frutos antes da despolpa sem diminuir de forma significativa a textura do fruto e suco. Foi visto que o branqueamento teve impacto significativo sobre a carga microbiana para bactérias, bolores e leveduras. Porém, quando submetidos a tratamentos em temperaturas maiores que 80°C ou

período superior a 10 segundos, apresentaram alterações na textura do suco após processamento; sendo o binômio tempo/temperatura 80°C/10 segundos o mais adequado.

Em estudo semelhante ao anterior, Pacheco-Palencia, Duncan e Talcott (2009) avaliaram a composição fitoquímica, de antioxidantes e a estabilidade térmica dos frutos de duas espécies de açaí (*E. oleracea* e *E. precatoria*). A parte comestível dos frutos foi macerada em água e sofreu acidificação (pH 3,5) seguida de aquecimento a 80°C em diversos tempos. Foi observado que ambas espécies apresentaram perfil polifenólico semelhante, caracterizado pela presença predominante de antocianinas. Além disso, a maceração desses frutos se apresentou adequada em alimentos e bebidas que foram expostos de maneira leve a temperaturas elevadas.

Em processamento de suco de maracujá, com formulação/homogeneização e tratamento térmico a 90°C durante 60 segundos em pasteurizador tubular, Fernandes et al. (2011) observaram que as características químicas e físico-químicas do produto foram pouco afetadas pelo processamento, apesar de ter sido verificada diminuição dos teores de vitamina C, antocianinas e carotenoides, estando este último, mesmo após a etapa de pasteurização, em elevadas quantidades.

Ao se avaliar a influência de métodos de extração de suco de tangerina (manual e extrator comercial) e de temperatura/tempo de pasteurização, Pareek; Paliwal e Mukherjee (2011) verificaram que o suco extraído em extrator mecânico e processado a 65°C por 15 minutos manteve a melhor qualidade físico-química durante seis meses de armazenamento a 4°C.

Os pesquisadores Provesi, Dias e Amante (2011) cozeram a vapor, em autoclave, pedaços de abóbora (sem casca e sementes) a 100°C por 20 minutos, com subsequente homogeneização e esterilização comercial em autoclave a 121°C durante 20 minutos. Observaram, então, que o maior decréscimo no teor de carotenóides do purê de abóbora ocorreu na etapa de cozimento. Também perceberam que o armazenamento durante 180 dias sob temperatura ambiente não afetou significativamente as concentrações de carotenóides nas amostras.

O processo de pasteurização por tacho aberto em polpa de araçá-boi a 80°C/1 min foi eficaz na manutenção dos teores de Vitamina C e da qualidade sensorial do produto ao longo do período de armazenamento. A partir desses resultados, García-Reyes e Narváez-Cuenca (2010) indicam que essa técnica pode ser útil no prolongamento da vida útil da polpa daquela fruta. Oliveira et al. (2011a), ao avaliarem a qualidade sensorial de polpa de umbu tratada

termicamente através da técnica HTST (High Temperature-Short Time), concluíram que a combinação 88°C/10 segundos para a pasteurização do produto foi a melhor classificada no teste por ter sido similar à amostra sem tratamento.

Corrêa Neto (1998), avaliando o processamento de suco de laranja pasteurizado acondicionado em garrafas de polietileno teraftalato (PET), através dos tratamentos térmicos a 72°C/16 s e 91°C/40 s sobre as características sensoriais, observou preferência pelo produto submetido ao processo mais brando pelos provadores.

Neves e colaboradores (2007) avaliaram o processo de pasteurização (95°C por 1 minuto) de polpa de manga durante 28 dias. Obtiveram resultados satisfatórios para esterilização microbiológica, para o perfil físico e químico (pH, acidez titulável e sólidos solúveis) e preferência sensorial. No entanto, a redução de vitamina C foi drástica, chegando ao fim do experimento sem qualquer traço deste composto. Estudando-se as alterações físico-químicas ocorridas em suco de “aonla” (*Emblica officinalis*) após a pasteurização, Bhattacharjee et al. (2011) verificaram que a alteração mais significativa na sua composição química ocorreu no teor de ácido ascórbico que diminuiu cerca de 60% após 9 meses de armazenamento em todos os tratamentos com pasteurização. Foi visto também, que a quantidade desse composto foi a mesma nas diferentes temperaturas de pasteurização aplicadas (75, 80, 85, 90 e 95°C).

Ao contrário destes estudos, Mertz et al. (2010) relataram que o teor de ácido ascórbico manteve-se estável durante a pasteurização a 80, 90 e 95°C por 10 minutos em néctar de tamarillo, também conhecido como tomate arbóreo. O conteúdo de carotenóides totais também não foi afetado com intensidade.

4.2. Objetivo

Este trabalho objetivou avaliar a viabilidade de conservação, bem como da qualidade físico-química e sensorial de polpa de juçara submetida à acidificação e pasteurização em tacho aberto, sob armazenamento refrigerado (6°C) e congelado (-18°C).

4.3 Materiais e Métodos

As etapas de coleta, transporte, despolpa dos frutos e embalagem da polpa de juçara seguiram o mesmo modelo descrito no Capítulo “Composição físico-química, mineral e lipídica da polpa de juçara” (vide item 2.3). A polpa de juçara embalada em bolsas de polietileno (100 mL) foi mantida sob congelamento (-18°C) até o momento do tratamento da pasteurização.

O experimento foi executado com oito tratamentos de polpa de juçara:

- R: Não pasteurizada, não acidificada e armazenamento refrigerado (6°C);
- C: Não pasteurizada, não acidificada e armazenamento congelado (-18°C);
- AR: Não pasteurizada, acidificada e armazenamento refrigerado (6°C);
- AC: Não pasteurizada, acidificada e armazenamento congelado (-18°C);
- PR: Pasteurizada, não acidificada e armazenamento refrigerado (6°C);
- PC: Pasteurizada, não acidificada e armazenamento congelado (-18°C);
- PAR: Pasteurizada, acidificada e armazenamento refrigerado (6°C);
- PAC: Pasteurizada, acidificada e armazenamento congelado (-18°C).

A acidificação da polpa de juçara foi realizada com solução de ácido cítrico a 5% até pH 3,8 de acordo com Pacheco-Palencia; Hawken e Talcott (2007). A concentração de solução ácida a ser acrescentada à polpa foi determinada através do cálculo obtido pela equação da curva de titulação desenvolvida por Zapata e Quast (1975), em que se afere o pH de uma quantidade conhecida de polpa de juçara após adições consecutivas de 0,5 mL de solução de ácido cítrico a 5%, até atingir valor de pH abaixo de 3,5. Os resultados de pH e volumes de ácido cítrico foram plotados em um gráfico a fim de se obter a equação da curva; portanto, a concentração de solução de ácido cítrico inserida foi 100 ml por litro de polpa de juçara (Figura 1).

Figura 1 - Curva de titulação com ácido cítrico a 5% em polpa de juçara

Para o processo de pasteurização em tacho aberto a polpa de juçara, descongelada, foi acondicionada em tachos de aço inoxidável (Tramontina, Farroupilha, RS) e pasteurizada a 80°C durante 5 minutos em fogão industrial (Tron, Catanduva, SP), seguido de resfriamento imediato em banho de água com gelo. O controle da operação foi realizado com o auxílio de termopar (marca Novus – My PC lab; tipo T, Classe 1, São Paulo/SP), acrescido de quatro sensores, os quais foram inseridos no tacho que continha o produto e distribuídos de maneira uniforme no recipiente. Tal tarefa possibilitou a construção da curva de penetração de calor nas amostras através dos dados de temperaturas aferidos pelos sensores a cada 30 segundos até 5 minutos (tempo de pasteurização da polpa), momento no qual o tanque apresentava-se com aproximadamente 80°C. Após este período, ocorreu decréscimo na temperatura, decorrente do resfriamento imediato das amostras no tacho em banho de água e gelo, até chegar a 25°C (Figura 2).

Após os processos de pasteurização e acidificação, a polpa de juçara foi acondicionada em embalagens de polietileno (15 x 20 x 0,15 cm) com capacidade para 100 mL, termo seladas em equipamento Mack Solda (Bauru, SP, Brasil) e armazenadas ao abrigo da luz a -18°C (90%) em câmara de congelamento lento PróFrio Refrigeração Industrial (São Paulo, SP, Brasil) (tratamentos C, AC, PC e PAC) e sob refrigeração a 6°C em estufa BOD modelo TECNAL - TE-391 (Piracicaba, SP, Brasil) (tratamentos R, AR, PR, PAR) para as avaliações físico-químicas e sensoriais nos períodos 1, 15, 30, 45 e 60 dias após o processamento (Figura 3). A análise microbiológica foi realizada somente na polpa congelada para assegurar seu consumo.

Figura 2 - Curva de penetração de calor na polpa de juçara

Figura 3 - Fluxograma do processamento dos frutos e pasteurização em tachos abertos da polpa de juçara (*E. edulis*)

4.3.1 Análises de qualidade da polpa de juçara acidificada e pasteurizada

4.3.1.1 Análises microbiológicas

Foram realizadas as avaliações microbiológicas exigidas pela RDC nº12 da ANVISA (BRASIL, 2001) para polpa de frutas concentradas ou não, com ou sem tratamento térmico, refrigeradas ou congeladas.

i Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes

Os coliformes totais e termotolerantes foram determinados pelo método do NMP, através da técnica dos Tubos Múltiplos de acordo com Downes e Ito (2001) (vide item 3.4.1.1).

ii Pesquisa da presença de Salmonella spp

Para a detecção de *Salmonella* spp, foi utilizado o kit “1-2 test”, fabricado pela Bio Control/USA, método oficial aprovado pela Association of Official Analytical Chemists Internacional (AOAC, 2000) (vide item 3.4.1.1).

4.3.1.2 Análises físico-químicas

As avaliações físico-químicas foram realizadas em triplicata de amostras, e com réplica de cada avaliação para cada amostra, desta maneira assegura-se resultados confiáveis.

i pH

Determinado segundo método nº 981.12 da AOAC (2005) (vide item 2.3.3).

ii Acidez titulável

Determinada e calculada segundo método nº 942.15 da AOAC (2005). Os resultados foram expressos em mg de ácido cítrico g⁻¹ amostra (vide item 2.3.5).

iii Teor de sólidos solúveis

Quantificado segundo método 932.12 da AOAC (2005), com resultados expressos em °Brix (vide item 2.3.4).

iv Cor instrumental

Os valores Luminosidade (L^*), ângulo de cor Hue (tonalidade da cor em graus), e Cromaticidade (saturação da cor) foram medidos utilizando-se o colorímetro Chroma Meter CR-400 de 8 mm de diâmetro e iluminante padrão CIE C, da marca Konica Minolta Sensing (Tokio, Japão). O aparelho foi previamente calibrado em superfície branca de acordo com a Comissão Internacional de Iluminação (CIE 1976 L^* , a^* , b^* – CIELAB) utilizando o iluminante padrão CIE C (KONICA MINOLTA, 1998).

v Antocianinas totais

Determinada a partir da técnica de diferença de pH, de acordo com o método nº 2005.02 da AOAC (2005) (vide item 2.3.7). Os resultados foram expressos em mg de equivalente cianidina 3-glicosídeo 100 g^{-1} de polpa de juçara.

vi Compostos fenólicos totais

Quantificados através do método desenvolvido por Singleton e Rossi (1965), com resultados finais expressos em mg de ácido gálico 100 g^{-1} de polpa de juçara (vide item 2.3.8).

vii Atividades das enzimas Polifenoloxidase (PPO) e Peroxidase (POD)

A preparação dos extratos enzimáticos e as determinações das atividades da polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) foram adaptadas da metodologia descrita por Cano et al. (1997) conforme às condições do experimento, assim como das amostras de polpa de juçara (vide item 3.4.1.2 - *vii*). Os resultados, tanto de PPO quanto de POD, foram expressos em Atividade Enzimática por minuto por mL de amostra ($\text{AE min}^{-1}\text{ mL}^{-1}$ amostra).

4.3.1.3 Análise sensorial - teste de aceitação com escala hedônica

A análise sensorial das polpas pasteurizadas foi desenvolvida no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, da ESALQ/USP, em cabines individuais com a utilização de lâmpada fluorescente branca no período da manhã. O experimento com análise sensorial de polpa de juçara pasteurizada foi avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da ESALQ/USP, processo nº 64, estando acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

Para o teste sensorial foi utilizado o teste de aceitação com escala hedônica estruturada mista de sete pontos, onde o provador indicou o quanto gostou ou desgostou de cada amostra para os atributos sabor, aroma, coloração, aparência, textura e impressão global dos produtos (7 = gostei muito; 1 = desgostei muito) de acordo com Meilgaard, Civille e Carr (1991). A análise foi realizada por uma equipe de provadores não treinados, formada por homens e mulheres selecionados em função da sua disponibilidade e do seu interesse em avaliar a diferença sensorial entre as amostras de polpa de juçara.

A avaliação da polpa de juçara foi efetuada durante o período da manhã até se esgotarem os voluntários aptos para a realização do teste. As amostras foram homogeneizadas em liquidificador com a adição de 10% de açúcar refinado e mais 10% de banana nanica, e servidas aos provadores em temperatura de refrigeração, como normalmente é servido.

Planejou-se executar as avaliações sensoriais de todas as amostras nos períodos 1, 15, 30, 45 e 60 dias após processamento, porém, ao se detectar alterações físico-químicas ou microbiológicas nos produtos, os mesmos não seriam apresentados aos provadores. Foi realizada casualização forma de blocos incompletos (COCHRAN; COX, 1957) dos tratamentos para a apresentação das amostras aos provadores, obtendo-se 30 respostas de cada tratamento.

Os produtos foram servidos em copos plásticos descartáveis de 50 mL de capacidade e codificados com algarismos de três dígitos. Cada provador foi orientado a provar as amostras de polpa de juçara da esquerda para a direita, tomar água mineral, servida juntamente com as amostras, no início e entre cada uma, e apresentar na escala hedônica o valor correspondente aos atributos avaliados (Figura 4).

Nome: _____ Idade: _____ Data: _____

Você está recebendo três amostras de polpa de juçara. Avalie cada uma das amostras codificadas e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada uma.

7 - Gostei muito
 6 – Gostei moderadamente
 5 – Gostei ligeiramente
 4 – Nem gostei, nem desgostei
 3 – Desgostei ligeiramente
 2 – Desgostei moderadamente
 1 – Desgostei muito

Amostra	Sabor	Aroma	Coloração	Aparência	Textura	Impressão Global

Mais gostou. Por quê?:

Menos gostou. Por quê?

Você conhece este produto? (☐) Sim (☐) Não

Você costuma consumir açaí? (☐) Nunca (☐) Às vezes (☐) Sempre

Figura 4 - Modelo da ficha de análise sensorial utilizando a escala hedônica de sete pontos

A partir dos dados coletados na avaliação sensorial, foi computada a porcentagem de homens e mulheres que participaram do teste e que conheciam o produto em questão, agrupados os termos levantados, e frequência de consumo do produto similar “açaí”.

4.3.2 Análise estatística dos resultados

O delineamento experimental empregado para as análises físico-químicas e sensoriais na polpa de juçara foi o fatorial ao acaso. Relacionaram-se oito tratamentos de polpa de juçara (R, C, AR, AC, PR, PC, PAR, PAC) e cinco períodos de armazenamento (1, 15, 30, 45, 60 dias) com três repetições.

Os resultados foram avaliados através do programa Statistical Analysis System modelo 9.2 (SAS, 2005) e submetidos à análise de variância (ANOVA) para o teste F. O desvio padrão das médias foi calculado e a diferença estatística das médias, ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$), foi determinada pelo teste de Tukey.

4.4 Resultados e Discussão

4.4.1 Qualidade microbiológica

As amostras de polpa de juçara congeladas encontraram-se dentro dos padrões legais vigentes pela RDC n°12 da ANVISA (BRASIL, 2001) com relação aos coliformes termotolerantes e *Salmonella* spp, indicando, portanto, que o produto apresentou condições sanitárias satisfatórias.

4.4.2 Qualidade físico-química

4.4.2.1 pH e Acidez titulável (AT)

O pH da amostra de polpa de juçara congelada foi constante durante os 60 dias de armazenamento; as demais amostras apresentaram oscilação do pH, ou aumentando na primeira semana seguido de decréscimo (como a acidificada e refrigerada), ou aumentando e ficando equivalente a partir dos 15 dias de avaliação (acidificada congelada). As amostras acidificadas apresentaram valores menores de pH durante o primeiro mês de avaliação. Ao se avaliar o efeito da pasteurização nas polpas de juçara, verificou-se que o pH ficou constante durante o período de armazenamento em todas as amostras tratadas com calor; ainda, a pasteurização aliada ao congelamento também mostrou pequena alteração no pH (Tabela 1).

Alexandre, Cunha e Hubinger (2004) observaram que o pH de polpa de açaí acidificada até pH 3,5 e tratada termicamente (82,5°C/1 minuto) não se alterou durante cinco meses de armazenamento, sendo este resultado contrário ao visto em polpa de juçara. Tal fato pode ser justificado porque as avaliações do segundo trabalho foram realizadas mensalmente, não sendo observadas possíveis alterações durante este período. Estudando-se suco misto à base de açaí, pasteurizado via tubular (92°C/20 segundos), e armazenado a 3°C por 90 dias, Corrêa et al. (2010) verificaram que o tratamento térmico não teve qualquer efeito sobre o pH e acidez titulável do produto; entretanto, os valores de pH encontrados no último trabalho (4,23 e 4,09) estavam próximos aos obtidos nas polpas de juçara não acidificadas (Tabela 1).

Tabela 1 – pH e Acidez titulável (mg ácido cítrico g⁻¹ amostra) de polpas de juçara submetidas à pasteurização e acidificação e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=6)

pH					
Períodos (dias)					
Tratamentos	1	15	30	45	60
R	4,74±0,01 Bab	4,53±0,01 Cab	4,83±0,02 Ba	5,10±0,03 Aa	5,06±0,03 Aa
C	4,76±0,01 Aa	4,58±0,01 Ba	4,70±0,03 BbA	4,73±0,04 Ab	4,75±0,02 Ab
AR	3,73±0,01 Ac	3,55±0,01 Bc	3,60±0,02 ABd	3,65±0,04 ABb	3,67±0,04 ABe
AC	3,79±0,01 Ac	3,58±0,08 Cc	3,65±0,02 BCd	3,77±0,06 ABb	3,80±0,01 Ad
PR	4,62±0,01 Ab	4,47±0,01 Bab	4,57±0,03 ABc	4,56±0,04 ABb	4,60±0,01 Ac
PC	4,62±0,01 Ab	4,41±0,02 Bb	4,53±0,02 ABc	4,64±0,01 Ab	4,62±0,02 Ac
PAR	3,72±0,01 Ac	3,58±0,01 Bc	3,64±0,01 ABd	3,72±0,00 Ab	3,72±0,01 Ade
PAC	3,74±0,02 Ac	3,53±0,01 Bc	3,63±0,02 ABd	3,73±0,01 Ab	3,68±0,02 Ade
CV	0,92%				

ACIDEZ TITULÁVEL					
Períodos (dias)					
Tratamentos	1	15	30	45	60
R	0,18±0,001 Cb	0,30±0,02 Ac	0,22±0,02 BCb	0,21±0,04 BCd	0,24±0,02 Bc
C	0,18±0,01 Bb	0,32±0,02 Ac	0,27±0,02 Ab	0,27±0,04 Ac	0,20±0,02 Bcd
AR	0,47±0,05 Ca	0,55±0,03 Ba	0,49±0,01 Ca	0,70±0,02 Aab	0,59±0,03 Bb
AC	0,50±0,03 CDa	0,55±0,01 BCa	0,47±0,00 Da	0,72±0,05 Aa	0,60±0,02 Bb
PR	0,17±0,01 Cb	0,29±0,01 Ac	0,21±0,02 Bb	0,27±0,03 Ac	0,26±0,02 ABc
PC	0,16±0,01 Cb	0,29±0,01 Ac	0,23±0,03 ABb	0,24±0,03 Acd	0,18±0,01 BCd
PAR	0,46±0,02 Ba	0,50±0,01 Bb	0,51±0,02 Ba	0,71±0,02 Aab	0,66±0,01 Aa
PAC	0,49±0,01 Ba	0,48±0,01 Bb	0,48±0,03 Ba	0,66±0,01 Ab	0,63±0,01 BAa
CV	5,66%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; R=polpa de juçara armazenada sob refrigeração a 6°C; C=polpa de juçara armazenada sob congelamento a -18°C; AR=polpa de juçara acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; AC=polpa de acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C; PR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob refrigeração a 6°C; PC=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob congelamento a -18°C; PAR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; PAC= polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C.

Nota: 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 polpa de açaí pasteurizada através da imersão do produto contido em bolsa de polietileno em água a 90°C/10 minutos, Souza et al. (2006) perceberam que o pH variou durante os primeiros 60 dias de armazenamento, se estabilizando após 90 dias, o mesmo ocorreu para a avaliação de acidez titulável. Oliveira et al. (2011 b) ao avaliarem a qualidade da bebida de açaí *in natura*, pasteurizada (80 e 90°C/2 minutos em banho maria) e acidificada com suco de limão (1 e 2%), observaram que o produto *in natura* e pasteurizado não se diferenciou estatisticamente ($p < 0,05$), com pH 4,00 para o produto acidificado, valor próximo ao encontrado no presente trabalho.

Da mesma forma observada na avaliação de pH, houve variação dos valores de acidez titulável das amostras de polpa de juçara não pasteurizadas, em todas elas a AT aumentou no decorrer do período de armazenamento (Tabela 1). As amostras pasteurizadas e não acidificadas também apresentaram aumento da AT durante o armazenamento, tais valores não diferiram a $p < 0,05$ em todos os períodos avaliados das amostras refrigeradas e congeladas somente. As polpas de juçara pasteurizadas e acidificadas apresentaram comportamento semelhante durante o armazenamento, com valores constantes durante o primeiro mês. Destas, a amostra mantida sob refrigeração apresentou aumento de AT de aproximadamente 40% no dia 45, e a congelada de 37,5% a partir do 45º dia de avaliação (Tabela 1).

Foi bem visível a desigualdade de AT ($p < 0,05$) nos períodos avaliados entre as amostras não acidificadas e as acidificadas, pois as últimas apresentaram valores 2,5 vezes maior no primeiro período, decorrente do acréscimo de ácido cítrico na polpa. A mesma cinética foi observada até o final do experimento, aos 60 dias de avaliação. Verificou-se, além disso, que o tratamento térmico, aliado ao congelamento, auxiliou na manutenção da AT (Tabela 1).

Objetivando-se investigar como as etapas do processamento de suco de acerola afetam suas características físico-químicas, Maia et al. (2007) detectaram diminuição da AT e pequeno aumento do pH no suco pasteurizado (90°C/60 segundos) e acidulado com ácido cítrico, porém o teor de sólidos solúveis permaneceu constante após a pasteurização. Resultado contrário a este foi obtido por Fernandes et al. (2011), ao avaliarem suco de maracujá acidificado e tratado com pasteurização tubular (90°C/60 segundos) observaram que a AT apresentou acréscimo após a pasteurização, e os parâmetros pH e teor de sólidos solúveis não foram alterados a $p < 0,05$ com relação à polpa *in natura* de maracujá.

O suco de tangerina pasteurizado a 65°C/35 minutos apresentou maior diminuição de acidez titulável durante seis meses de armazenamento e, dentre os tratamentos testados, as amostras tratadas termicamente a 65°C/15 minutos e 65°C/25 minutos apresentaram os maiores valores de AT (PAREEK; PALIWAL; MUKHERJEE, 2011). De acordo com os autores, a redução dos teores de acidez titulável durante o armazenamento pode ser atribuída à interação química entre os componentes orgânicos do suco induzidas pela temperatura e pela ação de enzimas.

4.4.2.2 Teor de sólidos solúveis (TSS)

O teor de sólidos solúveis variou ($p<0,05$) entre os tratamentos com o decorrer do período de armazenamento. Em todas as amostras de polpas de juçara avaliadas o TSS foi mais alto no último período de avaliação (60 dias). Somente a polpa acidificada e armazenada sob refrigeração (AR) apresentou TSS constante ($p<0,05$) durante os dois meses de avaliações. Tanto a pasteurização quanto a acidificação do produto não apresentaram efeito sobre os teores de sólidos solúveis das amostras, visto que esses valores apresentaram-se instáveis durante o tempo transcorrido (Tabela 2).

No primeiro dia de avaliação não houve diferença estatística ($p<0,05$) entre os tratamentos de polpa de juçara. Já o 15º dia de testes foi evidenciado por diferença ($p<0,05$) entre as amostras, sendo a acidificada e refrigerada, a qual (AR) teve o valor mais alto de TSS, e a pasteurizada congelada (PC), o menor valor (Tabela 2).

Tabela 2 – Teor de sólidos solúveis (°Brix) de polpas de juçara submetidas à pasteurização e acidificação e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=3)

Tratamentos	Períodos (dias)				
	1	15	30	45	60
R	2,72 $\pm$ 0,18 Aa	2,15 $\pm$ 0,15 Bbc	2,20 $\pm$ 0,18 Bb	2,05 $\pm$ 0,19 Bb	2,63 $\pm$ 0,06 ABbc
C	2,97 $\pm$ 0,27 Ba	2,18 $\pm$ 0,26 Cbc	2,78 $\pm$ 0,15 Ba	2,65 $\pm$ 0,31 BCa	3,87 $\pm$ 0,40 Aa
AR	2,90 $\pm$ 0,15 Aa	2,80 $\pm$ 0,17 Aa	2,52 $\pm$ 0,13 Aab	2,52 $\pm$ 0,10 Aab	2,50 $\pm$ 0,46 Ac
AC	3,17 $\pm$ 0,10 ABa	2,62 $\pm$ 0,18 BCab	2,87 $\pm$ 0,16 ABCa	2,42 $\pm$ 0,38 Cab	3,40 $\pm$ 0,10 Aab
PR	2,88 $\pm$ 0,16 ABa	2,57 $\pm$ 0,20 Bab	2,78 $\pm$ 0,19 Ba	2,45 $\pm$ 0,38 Bab	3,53 $\pm$ 0,25 Aa
PC	2,62 $\pm$ 0,04 Aa	1,63 $\pm$ 0,33 Cc	2,55 $\pm$ 0,22 Aab	2,68 $\pm$ 0,48 Aa	3,40 $\pm$ 0,10 Aab
PAR	3,03 $\pm$ 0,10 Ba	2,57 $\pm$ 0,12 Bab	3,02 $\pm$ 0,18 Ba	2,60 $\pm$ 0,37 Bab	3,73 $\pm$ 0,12 Aa
PAC	3,12 $\pm$ 0,21 ABa	2,12 $\pm$ 0,46 Cbc	2,83 $\pm$ 0,20 Ba	2,93 $\pm$ 0,21 ABa	3,60 $\pm$ 0,36 Aa
CV	9,00%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; R=polpa de juçara armazenada sob refrigeração a 6°C; C=polpa de juçara armazenada sob congelamento a -18°C; AR=polpa de juçara acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; AC=polpa de acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C; PR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob refrigeração a 6°C; PC=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob congelamento a -18°C; PAR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; PAC= polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C.

Nota: 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 forma notada na polpa de juçara, Pareek, Paliwal e Mukherjee (2011) ao estudarem suco de tangerina pasteurizado observaram aumento no teor de sólidos solúveis durante seis meses de armazenamento. Tal elevação foi maior na amostra tratada a 85°C/15 minutos e menor na pasteurizada a 65°C/15 minutos; tais resultados podem ser devido à evaporação da água em altas temperaturas, concentrando o suco. Dar, Zargar e Shah (1992) explicam que o aumento do teor de sólidos solúveis durante o armazenamento de polpas de frutas pode ser decorrente da hidrólise de polissacarídeos (amido) em monossacarídeos (açúcares), que aumenta a concentração do suco devido à desidratação e degradação das substâncias pécicas do suco em sólidos solúveis.

Outro trabalho que corrobora os anteriormente citados é o de Souza et al. (2006) que observaram aumento no acréscimo no teor de sólidos solúveis em polpa de açaí fervida durante 5 minutos.

O teor de sólidos solúveis, bem como AT e pH, de polpa de romã tratada termicamente foram pouco alterados após o processamento térmico pós embalagem em banho de água (95°C/10 minutos) (TURFAN et al., 2011). Oliveira et al. (2011a) obtiveram resultados semelhantes para tratamento térmico de polpa de umbu, pois foi visto que as combinações de tempo/temperatura testados não tiveram efeito significativo sobre as propriedades físico-químicas do produto; apenas o teor de sólidos solúveis apresentou pequeno aumento com relação à polpa controle em condições extremas de tempo/temperatura (96°C/30 segundos).

4.4.2.3 Cor instrumental (Luminosidade, Ângulo de cor Hue e Cromaticidade)

Os índices de Luminosidade (L^*) em todos os tratamentos de polpa de juçara indicaram números constantes a partir do 15º dia de armazenamento. As amostras refrigerada (R), congelada (C) e pasteurizada e refrigerada (PR) foram as que apresentaram maior aumento do valor L^* , aos 60 dias de armazenamento, ao contrário da polpa pasteurizada, acidificada e congelada (PAC), que apresentou decréscimo deste parâmetro nesse período (Tabela 3). Os valores de L^* obtidos são baixos e, ao estudá-los no sistema de coordenadas numéricas da Comissão Internationale de L'Eclairage (CIE), nota-se que tais médias de L^* estão próximas da área de origem das coordenadas, representadas pelos tons da cor cinza que possuem pouca ou nenhuma cromaticidade (VOSS, 1992).

Tabela 3 – Cor instrumental através dos valores Luminosidade (L*), ângulo de cor Hue (tonalidade da cor em graus), e Cromaticidade (saturação da cor) de polpas de juçara submetidas à pasteurização e acidificação e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=6)

LUMINOSIDADE (L*)					
Períodos (dias)					
Tratamentos	1	15	30	45	60
R	19,68±0,60 Bab	22,85±0,91 ABa	22,94±0,47 Aa	22,56±0,32 ABa	22,65±0,68 ABa
C	18,53±1,10 ABb	17,26±1,01 Bc	18,90±2,41 ABbc	20,85±0,24 Aab	20,04±0,41 ABabc
AR	22,34±0,29 Aa	20,51±0,69 Aab	22,69±0,38 Aa	22,34±0,16 Aa	22,00±0,77 Aa
AC	18,70±0,85 Ab	17,94±0,44 Bbc	17,60±1,46 Bc	18,27±1,86 Bb	18,49±1,70 ABbc
PR	18,93±0,94 Bb	23,65±1,12 Aa	21,10±0,56 ABab	21,09±0,62 ABab	21,49±0,56 ABab
PC	18,88±1,42 ABb	17,62±1,55 ABbc	16,86±0,88 Bc	20,67±0,31 Aab	18,30±2,26 ABbc
PAR	20,81±0,35 Aab	18,80±0,88 Abc	19,10±1,32 Abc	21,02±0,41 Aab	20,40±0,44 Aabc
PAC	19,66±1,12 ABab	16,57±0,52 Bc	17,48±1,56 ABc	20,19±0,22 Aab	17,44±2,26 ABc
CV	7,02%				

ÂNGULO DE COR HUE (graus)					
Períodos (dias)					
Tratamentos	1	15	30	45	60
R	28,78±1,85 Ba	48,08±1,14 Aa	49,36±0,84 Aa	47,99±1,72 Aa	47,92±1,99 Aa
C	22,78±2,37 Cab	25,53±1,90 CcB	30,62±3,03 ABc	27,49±2,65 ABCc	32,00±2,93 Abc
AR	25,16±2,80 Bab	33,05±1,79 Ab	39,12±0,92 Ab	36,77±1,97 Ab	36,71±2,87 Ab
AC	23,55±1,61 Aab	26,12±0,79 Ac	27,33±2,16 Ac	24,42±1,65 Ac	24,76±2,45 Ad
PR	28,62±3,22 Ba	33,66±0,91 ABb	38,46±1,05 Ab	36,93±2,03 Ab	36,77±2,95 Ab
PC	26,37±3,48 Aab	28,41±2,55 Abc	27,45±1,49 Ac	28,73±4,08 Ac	28,80±4,09 Acd
PAR	22,89±2,59 Aab	25,53±2,38 Ac	25,48±1,61 Ac	25,49±2,32 Ac	24,32±3,08 Ad
PAC	22,11±3,67 Ab	22,32±1,55 Ac	25,14±2,06 Ac	23,75±2,41 Ac	23,96±2,81 Ad
CV	9,24%				

(continua)

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; R=polpa de juçara armazenada sob refrigeração a 6°C; C=polpa de juçara armazenada sob congelamento a -18°C; AR=polpa de juçara acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; AC=polpa de acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C; PR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob refrigeração a 6°C; PC=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob congelamento a -18°C; PAR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; PAC= polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C.

Nota: 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.

Tabela 3 – Cor instrumental através dos valores Luminosidade (L^*), ângulo de cor Hue (tonalidade da cor em graus), e Cromaticidade (saturação da cor) de polpas de juçara submetidas à pasteurização e acidificação e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=6)

(conclusão)

CROMATICIDADE (Croma)					
Períodos (dias)					
Tratamentos	1	15	30	45	60
R	4,47 $\pm$ 0,31 Bc	7,06 $\pm$ 0,23 Aa	7,32 $\pm$ 0,31 Aabc	6,89 $\pm$ 0,31 Aab	6,99 $\pm$ 0,68 Aa
C	4,67 $\pm$ 0,47 Ac	4,93 $\pm$ 0,33 Abc	4,96 $\pm$ 0,34 Ae	4,96 $\pm$ 0,12 Ad	3,96 $\pm$ 0,60 Ab
AR	6,94 $\pm$ 0,20 ABb	6,77 $\pm$ 1,13 Ba	8,11 $\pm$ 0,14 Aab	7,77 $\pm$ 0,30 ABa	7,28 $\pm$ 0,70 ABa
AC	8,26 $\pm$ 0,70 Aa	6,98 $\pm$ 0,29 Ba	6,93 $\pm$ 0,57 Bbcd	6,73 $\pm$ 0,82 Bab	6,29 $\pm$ 0,49 Ba
PR	5,95 $\pm$ 0,41 Ab	5,44 $\pm$ 0,34 Abc	6,10 $\pm$ 0,67 Ade	6,33 $\pm$ 0,20 Abc	6,11 $\pm$ 0,52 Aa
PC	6,01 $\pm$ 0,35 Ab	4,48 $\pm$ 1,03 BCc	6,14 $\pm$ 0,22 Acde	5,23 $\pm$ 0,18 ABcd	3,94 $\pm$ 0,63 Cb
PAR	7,17 $\pm$ 0,18 ABab	5,08 $\pm$ 0,76 Cbc	8,21 $\pm$ 0,47 Aa	7,43 $\pm$ 0,14 ABab	6,43 $\pm$ 0,67 Ba
PAC	6,14 $\pm$ 0,48 Ab	6,09 $\pm$ 0,82 Aab	6,70 $\pm$ 0,46 Acd	6,38 $\pm$ 0,12 Abc	4,84 $\pm$ 0,88 Bb
CV	8,59%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; R=polpa de juçara armazenada sob refrigeração a 6°C; C=polpa de juçara armazenada sob congelamento a -18°C; AR=polpa de juçara acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; AC=polpa de acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C; PR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob refrigeração a 6°C; PC=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob congelamento a -18°C; PAR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; PAC= polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C.

Nota: 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.

Ainda, as amostras pasteurizadas e acidificadas (PAR e PAC) apresentaram-se com luminosidade mais equilibrada, comparada às demais, durante os dois meses avaliados. Este fato pode ser justificado pela inativação das enzimas de escurecimento presentes na polpa de juçara, polifenoloxidase e peroxidase, através da alta temperatura aplicada e também pela adição de solução de ácido cítrico no produto até pH abaixo de 4,00, não havendo assim, degradação enzimática das amostras. Entre os períodos de avaliação houve diferenças entre os tratamentos refrigerado (R), congelado (C), e pasteurizado refrigerado (PR) ($p < 0,05$) (Tabela 3).

O parâmetro de cor instrumental que constantemente aparece em trabalhos relacionados ao tema é a Luminosidade, e suas alterações em função do tempo/temperatura aplicado em polpas de frutas têm sido muito estudadas. Avaliando-se o tratamento térmico pelo processo “High Temperature-Short Time” (HTST) em polpa de umbu, Oliveira et al. (2011a) verificaram que a temperatura do processo afetou significativamente o L^* , que no geral apresentou diminuição, ocasionando ligeiro escurecimento da polpa quando comparada à polpa não tratada. Segundo Lozano e Ibars (1997), ao avaliarem diferentes purês de frutas relataram que tais alterações são devidas a mecanismos como reações de Maillard, degradação de pigmentos, e a polimerização de compostos fenólicos, e salientam que algumas frutas são mais sensíveis que outras.

A análise das alterações de coloração em purê de abacaxi durante o processamento térmico apontou que os valores de L^* diminuíram linearmente e significativamente ($p < 0,05$), com relação ao inicial, de acordo com o tempo para cada temperatura de pasteurização entre 70 e 110°C, evidenciando o escurecimento do produto (CHUTINTRASRI; NOOMHORM, 2007). Além disso os autores sugeriram que a luminosidade foi a medida mais sensível de mudança de cor na faixa de temperatura entre 70 e 90°C. Resultado idêntico a este foi obtido por Rattanathanalerk, Chiewchan e Srichumpoung (2005), que, ao investigarem a perda de qualidade de suco de abacaxi tratado com calor, verificaram escurecimento do produto de acordo com o aumento da temperatura utilizada, sendo tal fato atribuído à degradação de carotenóides e ao escurecimento não enzimático.

O ângulo de cor Hue, parâmetro que indica a tonalidade das amostras, evidenciou que nas polpas refrigeradas (R) esse valor aumentou aproximadamente 40,5% no segundo período de avaliação, passando do tom vermelho para o alaranjado, ficando constante até o final do experimento. Este fato pode ser justificado pela ação da temperatura de refrigeração (5°C) e pela ausência de qualquer técnica de preservação do produto, que fizeram com que a polpa se

degradasse mais rapidamente através da atuação das enzimas de escurecimento e da sua oxidação. Os maiores aumentos do °Hue foram vistos nas amostras refrigerada (R), congelada (C), acidificada refrigerada (AR) e pasteurizada refrigerada (PR). Entretanto, as combinações congelamento com acidificação ou pasteurização foram mais eficazes em reter a degradação da coloração da juçara, bem como os três tratamentos aplicados conjuntamente (PAR e PAC). Portanto, com relação à tonalidade de cor da polpa de juçara, a pasteurização e a acidificação foram eficientes na manutenção da coloração inicial, não dependendo da temperatura de armazenamento (Tabela 3).

Os valores de cromaticidade (Croma), que indica a pureza da cor, em todos os tratamentos avaliados foram baixos (entre 4,00 e 10,00), o que indica mistura de cores na polpa, evidenciado também pela análise da luminosidade. Dentre as amostras testadas, as que foram mantidas sob congelamento ou pasteurizadas mantiveram o Croma próximo aos níveis iniciais (C, AC, PR, PC, e PAR). Avaliando-se os períodos de armazenamento, verificou-se que as polpas pasteurizadas eram iguais estatisticamente ($p < 0,05$) entre si (Tabela 3).

Resultados parecidos com os de polpa de juçara foram obtidos por Fischer et al. (2011) que observaram aumento da luminosidade e acréscimo da saturação da cor em suco de romã após ser processado em pasteurizador tubular (90°C e fluxo 80 L/h) e armazenados em garrafas de vidro durante 6 meses.

Castelló et al. (2011), ao estudar tratamento térmico (90°C/20 minutos) em produto à base de caqui, observaram que a aplicação de calor afetou principalmente o L* que diminuiu, e a cromaticidade das amostras. Ainda foi notado que os parâmetros de cor se alteraram mais durante o armazenamento sob refrigeração do que à temperatura ambiente.

Todos os parâmetros de cor instrumental (L*, °Hue e Croma) de sucos pasteurizados (95°C/10 minutos em banho de água) feitos a partir de polpa de romã apresentaram substancial redução, tal fato, de acordo com os autores, é conferido à degradação das antocianinas e formação de sedimentos após a pasteurização (TURFAN et al., 2011). Neste estudo foi também observado aumento do °Hue, igualmente ao visto em alguns tratamentos de polpa de juçara, que pode ser decorrente da degradação das antocianinas monoméricas pela ação da polifenoloxidase, através da formação de O-quinonas de polifenóis durante o escurecimento enzimático que reagem com os pigmentos os degradando. O calor aplicado durante o processamento provoca a destruição das antocianinas monoméricas, polimerização das antocianinas e formação de cor castanha em produtos de frutos vermelhos (SOMERS; EVANS, 1986).

4.4.2.4 Antocianinas totais

Mais uma vez se comprova que os tratamentos aplicados, quando combinados, podem ser mais efetivos do que os mesmos sozinhos, como por exemplo o congelamento que, embora tenha perdido boa quantidade de antocianinas no primeiro dia de armazenamento, se manteve constante durante todos os demais períodos. Entretanto, quando aliado à acidificação, apresentou 23% a mais do teor do pigmento em relação ao congelamento sozinho, mantendo nessa proporção durante todo o período de armazenamento. A pasteurização também, quando aliada ao congelamento ou acidificação, mostrou-se muito mais efetiva na preservação desse pigmento (Tabela 4).

No primeiro período de avaliação, os teores de antocianinas obtidos em polpa de juçara concordaram com o intervalo encontrado por Santos et al. (2008) em polpas comerciais de açaí (*E. oleracea*) que foi de 13,93 a 54,18 mg eq. cianidina 100 g⁻¹ de polpa. Todavia, valores mais elevados aos deste estudo foram mostrados por Rufino et al. (2010), que ao estudarem compostos bioativos de algumas frutas brasileiras, para açaí e juçara obtiveram 111 e 192 mg eq. cianidina 100 g⁻¹ de polpa, respectivamente.

Tabela 4 – Antocianinas totais (mg eq. cianidina 3-glicosídeo 100 g⁻¹) de polpas de juçara submetidas à pasteurização e acidificação e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=6)

Tratamentos	Períodos (dias)				
	1	15	30	45	60
R	22,77 $\pm$ 1,27 Ad	2,54 $\pm$ 0,85 Be	0,50 $\pm$ 0,17 Be	0,25 $\pm$ 0,06 Be	0,13 $\pm$ 0,02 Bc
C	27,28 $\pm$ 1,40 Ad	24,84 $\pm$ 1,11 Ac	23,48 $\pm$ 1,50 Ac	22,77 $\pm$ 1,87 Ac	23,67 $\pm$ 2,47 Ab
AR	36,82 $\pm$ 1,10 Abc	12,77 $\pm$ 2,13 Bd	4,94 $\pm$ 0,58 Ce	3,86 $\pm$ 1,23 Ce	8,79 $\pm$ 0,84 BCc
AC	34,99 $\pm$ 3,62 Ac	35,97 $\pm$ 1,77 Ab	27,65 $\pm$ 2,09 Bbc	26,97 $\pm$ 2,70 Bbc	35,52 $\pm$ 1,40 Aa
PR	40,87 $\pm$ 0,050 Aab	27,88 $\pm$ 1,54 Bc	38,03 $\pm$ 1,66 Aa	14,33 $\pm$ 1,15 Cd	18,06 $\pm$ 0,49 Cb
PC	46,46 $\pm$ 0,82 Aa	42,85 $\pm$ 2,13 ABa	32,66 $\pm$ 1,74 Dab	33,96 $\pm$ 2,08 CDa	39,07 $\pm$ 1,36 BCa
PAR	42,25 $\pm$ 1,56 Aa	40,45 $\pm$ 1,53 ABab	15,71 $\pm$ 1,94 Dd	32,04 $\pm$ 0,61 Cab	34,89 $\pm$ 0,68 BCa
PAC	43,46 $\pm$ 2,43 Aa	39,73 $\pm$ 2,04 ABab	34,29 $\pm$ 3,04 BCa	33,91 $\pm$ 3,55 Ca	39,35 $\pm$ 2,07 ABCa
CV	8,12%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; R=polpa de juçara armazenada sob refrigeração a 6°C; C=polpa de juçara armazenada sob congelamento a -18°C; AR=polpa de juçara acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; AC=polpa de acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C; PR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob refrigeração a 6°C; PC=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob congelamento a -18°C; PAR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; PAC= polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C.

Nota: 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 pigmentos antociânicos presentes na polpa de juçara refrigerada a 6°C decresceram cerca de nove vezes aos 15 dias de armazenamento e mais cinco vezes no 30° dia, chegando a níveis ínfimos ao final do experimento. Este foi o tratamento que mais perdeu antocianinas, com diferença estatística dos demais, provavelmente por causa da temperatura de armazenamento e da ausência de tratamento térmico que não foram suficientes na inativação das enzimas de escurecimento, que atuaram na degradação do pigmento. Na polpa de juçara congelada não foram detectadas alterações no teor de antocianinas durante os 60 dias de armazenamento, entretanto, os valores dessas duas amostras em todos os períodos mostraram-se inferiores às demais (Tabela 4).

Dentre as amostras não pasteurizadas, as que foram acidificadas exibiram valores de antocianinas mais elevados devido à adição de ácido cítrico que evitou a oxidação desses compostos ($p < 0,05$). Ainda com relação a elas, a amostra congelada, além de ter mostrado maior concentração de antocianinas durante o período de armazenamento, manteve os níveis iniciais até o 15° dia, com posterior declínio. No entanto, na polpa de juçara acidificada e refrigerada foi observado decréscimo dos níveis de antocianinas a partir da segunda semana em aproximadamente três vezes, e mais duas vezes e meia no 30° dia, seguindo estável até o término do experimento (Tabela 4).

As polpas que sofreram tratamento térmico apresentaram valores maiores de antocianinas comparados às não pasteurizadas ($p < 0,05$). Dessas, a amostra pasteurizada e refrigerada apresentou decréscimo dos níveis de antocianinas logo nas duas primeiras semanas de armazenamento, decaindo cerca de 2,3 vezes durante os 60 dias avaliados. Dentre as demais amostras, as que foram acidificadas apresentaram comportamento idêntico durante o período avaliado, com teor de antocianinas elevado até 15 dias e decréscimo aos 30 dias, correspondendo a respectivamente 19,1% e 13,8%, permanecendo constante até o final. A amostra congelada mostrou cinética semelhante às duas últimas, porém a diminuição dos valores foi maior (21,1%). De acordo com os resultados obtidos, foi possível observar que a pasteurização aliada à acidificação mantiveram níveis constantes e desejáveis de antocianinas no produto, não dependendo da temperatura de armazenamento utilizada (Tabela 4).

Esses resultados corroboram os encontrados por Fischer et al. (2011) que perceberam em sucos de romã pasteurizados (90°C e fluxo de 80 L h⁻¹) concentração de pigmentos antociânicos superiores ao do produto não aquecido.

As taxas de degradação das antocianinas são diretamente relacionadas com o tempo de exposição térmica. Outrossim, é bem conhecido que a degradação destes pigmentos também é relatada como o resultado da oxidação indireta por quinonas fenólicas geradas pelas peroxidase e polifenoloxidase (SKREDE; WROLSTAD; DURST, 2000). As primeiras investigações sobre os produtos de degradação de antocianinas após o aquecimento foram realizadas por Hrazdina (1971), que relatou a degradação como sendo causada principalmente pela oxidação, clivagem de ligações covalentes ou reações de oxidação avançadas devido ao processamento térmico. A degradação térmica das antocianinas pode resultar em uma variedade de espécies, dependendo da gravidade e natureza dos sistemas de aquecimento.

Outra provável causa para a perda de compostos bioativos após esterilização ou pasteurização é a sua decomposição térmica simples, que depende da sua estrutura química com moléculas que consistem de estrutura insaturada sendo mais propensos à degradação. Além disso, o oxigênio dissolvido em alimentos líquidos pode aumentar a taxa de degradação destes compostos, e, portanto, a degaseificação do alimento líquido antes da pasteurização pode ajudar na sua retenção (RAWSON, 2011).

O decréscimo do teor de antocianinas totais também foi relatado por Maia et al. (2007) em suco de acerola pasteurizado a 90°C por 60 segundos; e pelos pesquisadores Fernandes et al. (2011) ao avaliarem suco de maracujá processado pela mesma relação temperatura/tempo anterior em pasteurizador tubular. Tal fato pode ser justificado porque os pigmentos são afetados durante as etapas de processamento dos alimentos através da ação da luz, temperatura, oxigênio, íons metálicos e enzimas (STINTZING et al., 2002). Outro trabalho que fortalece os resultados obtidos na avaliação de antocianinas em polpa de juçara pasteurizada é o de Turfan et al. (2011) ao detectarem perda de 8% do composto em suco de bagas do pericarpo de romã espremidas manualmente e de 13% no suco produzido com fruto inteiro e extraído mecanicamente após pasteurização (95°C/10 minutos).

Com relação aos teores elevados de antocianinas observados em polpa de juçara acidificada, segundo Boulton (2001), em condições ácidas são formados complexos de copigmentos através de reações entre as antocianinas e outros componentes não coloridos, como os ácidos fenólicos e derivados do flavonol. Tais reações fazem com que as antocianinas exibam coloração mais forte que a esperada pela sua concentração, o que foi evidenciado pelos valores de ângulo Hue apresentados nas amostras de polpa de juçara acidificadas, que pode não somente realçar a cor visual mas também a estabilidade da cor em alimentos.

Pacheco-Palencia, Hawken e Talcott (2007) investigaram os efeitos da clarificação, fortificação com ácido ascórbico e temperatura de armazenamento no conteúdo fitoquímico da polpa de açaí. Os pesquisadores, antes do processamento, acidificaram o produto até pH 3,5 com ácido cítrico 0,1 M e realizaram testes de fortificação e de filtração da polpa a vácuo e por terra diatomácea, e armazenamento nas temperaturas 4 e 20°C por 30 dias. Verificaram que o suco fortificado com ácido ascórbico foi o que perdeu mais antocianinas nas duas temperaturas avaliadas; ainda, a cinética de degradação destes pigmentos mostrou efeito da temperatura, em que todos os tratamentos estocados a 20°C tiveram média de degradação 3,5 vezes maior quando comparados aos armazenados a 4°C.

Trabalho publicado por Corrêa et al. (2010) demonstrou que a pasteurização em suco misto de açaí fez as concentrações de antocianinas e de compostos fenólicos diminuírem entre 10 e 15% no produto em 90 dias de armazenamento. Entretanto, os autores afirmaram que os teores de antocianinas do suco misto pasteurizado (4,2 mg eq cianidina 3-glicosídeo 100 g⁻¹) podem ser considerados relevantes no sentido de fornecer tais compostos ao consumidor. Visto que os resultados obtidos em polpa de juçara (Tabela 4) são pelo menos dez vezes maiores que os relatados naquele estudo, e que o decaimento dos teores de antocianinas foi menor, pode-se afirmar que a polpa de juçara pasteurizada tem maior potencial que o referido produto.

4.4.2.5 Compostos fenólicos totais

Os teores de compostos fenólicos totais nas amostras de polpa de juçara variaram durante o período de estocagem, apresentando diferenças estatísticas entre elas ($p < 0,05$). Fato interessante observado foi que os compostos fenólicos apresentaram sensível aumento na maioria dos tratamentos durante o período de armazenamento. Apenas a refrigeração apresentou um decréscimo próximo de 50% no teor, o que pode ser devido à deterioração das antocianinas na temperatura de armazenamento aplicada, entretanto, quando associada à acidificação conseguiu estabilizar esses compostos. Embora tenha ocorrido esse decréscimo, tal ação não foi tão marcante quanto a observada na análise de antocianinas, indicando que houve retenção de outros tipos de compostos fenólicos existentes no produto. (Tabela 5).

Tabela 5 – Compostos fenólicos totais (mg ácido gálico 100 g⁻¹) de polpas de juçara submetidas à pasteurização e acidificação e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=6)

Tratamentos	Períodos (dias)				
	1	15	30	45	60
R	6,35 $\pm$ 0,35 Aab	3,74 $\pm$ 0,21 Bd	3,22 $\pm$ 0,10 Bd	3,39 $\pm$ 0,31 Bb	3,71 $\pm$ 0,31 Be
C	6,38 $\pm$ 0,20 Cab	8,10 $\pm$ 0,39 Aa	6,70 $\pm$ 0,29 BCb	7,16 $\pm$ 0,18 Ba	8,32 $\pm$ 0,50 Aa
AR	5,81 $\pm$ 0,14 Abc	5,91 $\pm$ 0,04 Ad	3,93 $\pm$ 0,19 Bd	4,45 $\pm$ 0,31 Bc	5,15 $\pm$ 0,19 Ad
AC	5,48 $\pm$ 0,20 Cc	7,30 $\pm$ 0,29 Abc	6,25 $\pm$ 0,59 Bb	5,85 $\pm$ 0,17 BCd	7,38 $\pm$ 0,37 Ac
PR	6,15 $\pm$ 0,24 Cabc	8,08 $\pm$ 0,13 Aa	6,87 $\pm$ 0,23 Bb	6,99 $\pm$ 0,23 Ba	7,51 $\pm$ 0,12 ABbc
PC	6,57 $\pm$ 0,29 Ca	8,62 $\pm$ 0,20 Aa	7,56 $\pm$ 0,42 Ba	7,62 $\pm$ 0,31 Ba	8,63 $\pm$ 0,22 Aa
PAR	6,30 $\pm$ 0,19 Dab	7,94 $\pm$ 0,32 Aab	6,79 $\pm$ 0,25 CDb	7,07 $\pm$ 0,13 BCa	7,60 $\pm$ 0,24 ABbc
PAC	5,75 $\pm$ 0,23 Cbc	6,77 $\pm$ 0,52 Bc	5,22 $\pm$ 0,21 Cc	6,83 $\pm$ 0,37 Ba	8,22 $\pm$ 0,69 Aab
CV	4,67%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; R=polpa de juçara armazenada sob refrigeração a 6°C; C=polpa de juçara armazenada sob congelamento a -18°C; AR=polpa de juçara acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; AC=polpa de acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C; PR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob refrigeração a 6°C; PC=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob congelamento a -18°C; PAR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; PAC= polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C.

Nota: 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.

Dentre as polpas não pasteurizadas, as que foram mantidas sob congelamento exibiram médias mais altas de compostos fenólicos totais ($p < 0,05$), sendo que na polpa acidificada os valores permaneceram sem alterações a partir do 2º período de avaliação. A pasteurização das polpas de juçara fez com que a concentração deste composto, com exceção da polpa acidificada e congelada que apresentou maior valor no último período, aumentasse no dia 15 e continuasse sem alterações até o final do experimento (Tabela 5).

Diante da avaliação entre tratamentos, observa-se que no primeiro período de análises as médias superiores foram conferidas às polpas não acidificadas ($p < 0,05$). No segundo período houve inversão dos fatos, em que as amostras pasteurizadas e acidificadas detinham os maiores valores. A partir do 30º dia de armazenamento as polpas pasteurizadas e congeladas mantiveram os teores de compostos fenólicos constantes até o final do experimento. Em todos os períodos notou-se que a amostra refrigerada apresentou menores valores das substâncias (Tabela 5).

Da mesma forma que o relatado neste experimento, no estudo de Pacheco-Palencia, Hawken e Talcott (2007), comentado anteriormente, foram observadas perdas de pouca importância na concentração de compostos fenólicos em polpa de açaí acidificada durante o armazenamento, que foi afetada pela temperatura de estocagem. A perda máxima de compostos fenólicos até o final de 30 dias a 4°C ou a 20°C variou entre 8 e 13%. As perdas totais de compostos fenólicos durante o armazenamento pode ser atribuída à oxidação de polifenóis e às reações de polimerização que podem reduzir o número de grupos hidroxilas livres medidos pelo ensaio de Folin-Ciocalteu (KLOPOTEK; OTTO; BOHM, 2005), entretanto, muitos destes polifenóis alterados ainda possuem a capacidade de redução do metal e são detectados no ensaio (TALCOTT; HOWARD, 1999). Portanto, a metodologia utilizada para detecção de compostos fenólicos totais nestes dois estudos, ou seja juçara e açaí, não é tão eficaz.

Ao avaliarem o efeito dos tratamentos de pasteurização em tacho aberto (65, 73 e 80°C/1 minuto) na qualidade da polpa de araçá boi congelada pelo espaço de 60 dias, García-Reyes e Narváez-Cuenca (2010) detectaram que as amostras pasteurizadas em todas as temperaturas tiveram aumento significativo ($p < 0,05$) quando comparadas à amostra sem tratamento térmico; este fato pôde, também, ser observado nas polpas de juçara pasteurizadas a 80°C/5 minutos. Conforme Gil-Izquierdo, Gil e Ferreres (2002), tal acréscimo pode estar relacionado a uma melhoria na extratibilidade de compostos fenólicos após o aquecimento.

Objetivando-se avaliar o efeito da pasteurização convencional (banho de água a 80°C/11 segundos) no conteúdo de flavonóides de suco de grapefruit, os pesquisadores Igual et al. (2011) perceberam que a aplicação do calor causaram diminuição no conteúdo destes compostos no produto. As amostras foram estocadas no escuro a 4°C e a 18°C durante 60 dias, e independentemente dessas condições, as amostras não apresentaram diferença significativa nos flavonóides totais. Foi visto, ainda, que as amostras pasteurizadas perderam menos compostos durante o armazenamento comparadas as não tratadas, o que concorda com os resultados observados em polpa de juçara. No entanto, no suco de grapefruit os compostos analisados foram melhores conservados sob refrigeração do que sob congelamento, ao contrário do visto em juçara.

A concentração de compostos fenólicos em suco de “aonla” (*E. officinalis*) após a pasteurização também não foi afetada pelas temperaturas utilizadas (75 até 95°C, variando a cada 5°C), e diminuiu de acordo com o passar do período de armazenamento (9 meses) em temperatura ambiente. Foi concluído, então, que a temperatura de pasteurização a 80°C foi a mais adequada para a preservação do produto em condições ambientais (BHATTACHERJEE et al., 2011). Resultados semelhantes a esse foram obtidos por Verbeyst, Hendrickx e Loey (2012) ao avaliarem a influência da temperatura (50-140°C/20 minutos) na concentração de compostos bioativos em purês de morangos e framboesas. Nestes dois produtos os tratamentos mostraram pouco efeito sobre o conteúdo fenólico total; apenas os dados do tratamento térmico sugeriram um pequeno aumento dos compostos fenólicos com o aumento da temperatura, porém não foram significativos ($p < 0,05$).

4.4.2.6 Atividades das enzimas Polifenoloxidase (PPO) e Peroxidase (POD)

As polpas de juçara não pasteurizadas apresentaram maior atividade da enzima polifenoloxidase (PPO) comparadas às que receberam tratamento térmico durante o período de armazenamento ($p < 0,05$). Dessas, as polpas que foram mantidas sob refrigeração apresentaram aumento da atividade da enzima de 2,5 vezes durante os 60 dias de estocagem, provavelmente devido à temperatura (6°C) que não foi suficiente para impedir a sua ação. Foi observado, ainda, nas amostras não pasteurizadas, significativo acréscimo da atividade da PPO ($p < 0,05$) a partir do 45º dia de armazenamento, cujos valores mantiveram-se constantes até os 60 dias. Destas amostras, somente a acidificada congelada mostrou menor atividade enzimática no primeiro dia de avaliação, sendo diferente estatisticamente das demais, com posterior cinética semelhante às outras (Tabela 6).

Tabela 6 – Atividade da enzima Polifenoloxidase (PPO) ($\text{AE min}^{-1} \text{ mL}^{-1}$) de polpas de juçara submetidas à pasteurização e acidificação e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=6)

POLIFENOLOXIDASE (PPO)					
Tratamentos	Períodos (dias)				
	1	15	30	45	60
R	9,93 $\pm$ 0,92 Cab	18,28 $\pm$ 1,38 Ba	5,60 $\pm$ 0,43 Dbc	23,61 $\pm$ 1,56 Aab	23,41 $\pm$ 1,60 Aa
C	12,28 $\pm$ 3,47 Ca	18,14 $\pm$ 1,04 Ba	7,55 $\pm$ 0,52 Db	25,04 $\pm$ 1,01 Aab	13,02 $\pm$ 1,54 Cb
AR	9,23 $\pm$ 1,01 Cabc	16,63 $\pm$ 1,59 Bab	4,35 $\pm$ 1,03 Dbc	26,24 $\pm$ 1,68 Aa	23,11 $\pm$ 1,15 Aa
AC	7,01 $\pm$ 1,17 Cbcd	16,44 $\pm$ 1,62 Bab	6,09 $\pm$ 1,14 Cbc	26,05 $\pm$ 1,91 Aa	24,34 $\pm$ 1,43 Aa
PR	6,02 $\pm$ 0,33 Cbcd	13,65 $\pm$ 2,10 Bbc	3,35 $\pm$ 0,72 Cc	18,77 $\pm$ 2,02 Acd	7,27 $\pm$ 0,97 Cc
PC	4,96 $\pm$ 0,84 CDcd	13,37 $\pm$ 1,35 Bbc	4,08 $\pm$ 0,65 Dbc	20,96 $\pm$ 2,78 Abc	8,57 $\pm$ 0,87 Cc
PAR	6,14 $\pm$ 0,44 Cbcd	11,78 $\pm$ 1,04 Bc	17,07 $\pm$ 2,20 Aa	16,65 $\pm$ 0,76 Ad	8,10 $\pm$ 0,58 Cc
PAC	5,41 $\pm$ 0,63 Ccd	13,19 $\pm$ 1,50 Bbc	20,15 $\pm$ 1,96 Aa	15,16 $\pm$ 1,76 Bd	8,89 $\pm$ 1,41 Cbc
CV	11,84%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; R=polpa de juçara armazenada sob refrigeração a 6°C; C=polpa de juçara armazenada sob congelamento a -18°C; AR=polpa de juçara acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; AC=polpa de acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C; PR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob refrigeração a 6°C; PC=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob congelamento a -18°C; PAR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; PAC= polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C.

Nota: 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.

Como dito, a pasteurização mostrou-se eficiente na diminuição da atividade da PPO em polpa de juçara acrescida ou não de ácido cítrico. Dentre as amostras pasteurizadas, as acidificadas apresentaram menores valores de atividade da PPO, evidenciando, também, efeito do ácido cítrico na inibição das reações dessa enzima em polpa de juçara. As unidades pasteurizadas e não acidificadas tiveram números e cinética semelhantes estatisticamente ($p < 0,05$) durante os dois meses de avaliação, em que a atividade da enzima foi maior, havendo variação desses valores (Tabela 6). Tendo em vista tais resultados, pode-se dizer que a atividade enzimática da PPO em polpa de juçara foi bem controlada nas amostras pasteurizadas e acidificadas, podendo-se mantê-las tanto em temperatura de refrigeração (6°C) quanto na de congelamento (-18°C).

Portanto, através dos resultados apresentados, define-se claramente a pasteurização como tratamento efetivo no controle da polifenoloxidase, conseguindo manter em níveis baixos a atividade dessa enzima por todo o período de armazenamento. Entretanto, observa-se também que o congelamento, embora tenha partido de teores maiores no início, esses se mantiveram praticamente constantes durante todo o restante do período de armazenamento. Nesse caso também pode ser notado que não foi efetiva a ação da acidificação no controle dessa enzima, somente quando esteve associada à pasteurização (Tabela 6).

Decréscimos maiores da atividade da PPO em produtos a base de frutas, comparados aos encontrados em polpa de juçara foram obtidos por Serradell et al. (2000), que descreveram perda de atividade da PPO em polpa de morangos de mais de 90% depois da aplicação de calor ($70^{\circ}\text{C}/30$ minutos) ou após a acidificação (pH 3,0). Também trabalhando com o mesmo fruto, Wesche-Ebeling e Montgomery (1990) observaram diminuição da atividade da PPO de mais de 99% por causa do tratamento térmico ($80^{\circ}\text{C}/6$ minutos) e de aproximadamente 99% após pasteurização de 90°C durante um minuto e meio.

A alteração da coloração das polpas de juçara não pasteurizadas, mencionada na avaliação de coloração instrumental, deve estar relacionada com a alta atividade da PPO naquelas amostras. Alencar e Koblitiz (2008) afirmaram que o resultado final das reações catalisadas pela polifenoloxidase são as quinonas, que por serem altamente reativas se combinam entre si e com outros componentes do meio para gerar produtos de alta massa molecular e de cor escura, denominadas melaninas que são as causadoras da pigmentação marrom do produto. Além disso, declararam que o pH ótimo para a ação da PPO está entre 5,0 e 7,0, sendo a maior parte delas inativadas em valores de pH abaixo de 4,0 porque o ácido cítrico atua diretamente no sítio ativo da enzima. Também citaram que a PPO possui baixa

termoestabilidade, ficando sem ação quando sobre ela é aplicado tratamento térmico brando, tendo a eficiência do processo aumentada com a diminuição do pH do meio. Estes fatos podem justificar a menor atividade da PPO notada nas polpas de juçara pasteurizadas e acidificadas.

Os dados de atividade enzimática em polpa de juçara concordam com os conseguidos por Gössinger et al. (2000). Tais pesquisadores, ao investigarem os efeitos do processamento na estabilidade enzimática de purê de morangos, observaram que durante a pasteurização (85°C/10 minutos) do produto a atividade da PPO diminuiu aproximadamente 50%; e a acidificação das amostras com ácido cítrico pareceu ter efeito estabilizador sobre a sua atividade.

De acordo com Silva e Gibbs (2004), a enzima peroxidase (POD) é resistente ao calor e possui capacidade de se regenerar após a degradação térmica. É frequentemente utilizada como indicador da eficácia do tratamento térmico de vegetais. Supõe-se que a destruição da POD é acompanhada pela desnaturação de todas as outras enzimas e microrganismos preocupantes no alimento. A determinação da vida de prateleira de produtos vegetais congelados está condicionada ao estudo da taxa de atuação dessa enzima e aos efeitos causados por ela nos produtos (ALENCAR; KOBLITZ, 2008).

Na polpa de juçara refrigerada foi observada diminuição da atividade enzimática da POD em 44,2% logo no 15º dia de avaliação, cujos valores nos períodos seguintes mantiveram-se constantes ($p < 0,05$). A amostra congelada apresentou maior valor da AE POD $\text{min}^{-1} \text{mL}^{-1}$ no primeiro dia de avaliação, semelhante estatisticamente à refrigerada, com números contínuos até os 45 dias de armazenamento, e conseguinte diminuição da atividade no último período. Confrontadas com as anteriores, as polpas não pasteurizadas e acidificadas apresentaram menores atividades dessa enzima durante o período de armazenamento. A cinética da amostra refrigerada foi semelhante à relatada para a congelada, indicando que o congelamento na amostra sem tratamento e a acidificação na refrigerada tiveram o mesmo efeito. Na polpa acidificada mantida sob congelamento a atividade da POD foi menor que na amostra acidificada refrigerada, apresentando diminuição aos 30 dias, mantendo-se inalterável até o término do armazenamento (Tabela 7).

Tabela 7 – Atividade da enzima Peroxidase (POD) ($\text{AE min}^{-1} \text{ mL}^{-1}$) de polpas de juçara submetidas à pasteurização e acidificação e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=6)

PEROXIDASE (POD)					
Tratamentos	Períodos (dias)				
	1	15	30	45	60
R	15,52 $\pm$ 1,06 Aab	10,40 $\pm$ 0,61 Bb	8,21 $\pm$ 0,75 Bbc	8,36 $\pm$ 0,96 Bb	7,69 $\pm$ 1,53 Bab
C	19,05 $\pm$ 0,66 Aa	16,40 $\pm$ 0,54 ABa	13,40 $\pm$ 1,22 BCa	13,95 $\pm$ 1,02 BCa	11,73 $\pm$ 0,25 Ca
AR	14,83 $\pm$ 1,31 Ab	11,46 $\pm$ 0,46 ABb	8,75 $\pm$ 0,76 BCb	8,36 $\pm$ 0,31 BCb	7,55 $\pm$ 0,47 Cb
AC	13,28 $\pm$ 0,43 Ab	10,28 $\pm$ 1,17 ABb	7,69 $\pm$ 0,93 Bbc	10,08 $\pm$ 0,74 ABb	9,53 $\pm$ 0,63 Bab
PR	2,94 $\pm$ 0,46 Ac	3,92 $\pm$ 0,57 Ac	3,77 $\pm$ 0,17 Ad	2,97 $\pm$ 0,50 Ac	2,59 $\pm$ 0,65 Ac
PC	2,74 $\pm$ 0,09 Ac	3,56 $\pm$ 0,60 Ac	1,93 $\pm$ 0,90 Ad	2,36 $\pm$ 0,22 Ac	2,17 $\pm$ 0,56 Ac
PAR	1,38 $\pm$ 0,69 Ac	1,59 $\pm$ 0,29 Ac	1,03 $\pm$ 0,28 Ad	0,77 $\pm$ 0,30 Ac	0,79 $\pm$ 0,18 Ac
PAC	1,40 $\pm$ 0,46 Ac	1,45 $\pm$ 0,37 Ac	1,29 $\pm$ 0,41 Ad	0,84 $\pm$ 0,17 Ac	0,71 $\pm$ 0,19 Ac
CV	23,10%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; R=polpa de juçara armazenada sob refrigeração a 6°C; C=polpa de juçara armazenada sob congelamento a -18°C; AR=polpa de juçara acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; AC=polpa de acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C; PR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob refrigeração a 6°C; PC=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob congelamento a -18°C; PAR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; PAC= polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C.

Nota: 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.

No presente trabalho, os valores de atividade de POD foram significativamente menores nas polpas que sofreram o processo de pasteurização, independente dos demais tratamentos combinados, conservando-se estáveis por todo o período de armazenamento. Quanto aos demais tratamentos, congelamento e refrigeração, combinados ou não com a acidificação, apresentaram sensível diminuição nos valores da POD durante o período de armazenamento (Tabela 7).

A coloração marrom evidenciada nas polpas não pasteurizadas sem adição de ácido cítrico devem estar relacionadas com o fato de que as peroxidases utilizam como substrato naturais os mono e dihidroxifenóis e os compostos fenólicos complexos, como os flavonóides, sempre na presença de oxigênio (ALENCAR; KOBLITZ, 2008).

Em todos os períodos avaliados, as polpas pasteurizadas apresentaram-se estatisticamente iguais ($p < 0,05$), exibindo números em média 86,5% menores que os obtidos nas amostras em que o calor não foi aplicado, demonstrando o efeito do binômio tempo/temperatura utilizados na pasteurização para a diminuição da atividade da POD em polpa de juçara. As amostras acidificadas evidenciaram ação da POD inferiores em aproximadamente 50% comparada a das polpas somente pasteurizadas, chegando a valores quase nulos ao final do experimento. Tomando-se apenas a amostra acidificada congelada, verificou-se que a AE POD $\text{min}^{-1} \text{mL}^{-1}$ encontrada estava abaixo da obtida na PAR (Tabela 7), visto que a eficiência da enzima está relacionada ao grau de desnaturação alcançado durante o tratamento térmico em que quanto mais eficiente for a pasteurização, mais lenta e menos eficiente é a regeneração da enzima. Além disso, o pH ácido do meio fez com que a desnaturação da POD fosse mais eficaz (ALENCAR; KOBLITZ, 2008).

A propósito, Toralles et al. (2010) notaram que a utilização do ácido ascórbico em polpa de pêssego é uma boa alternativa no controle do escurecimento enzimático das PPO e POD, principalmente se for combinada com temperaturas de pasteurização superiores a 60°C.

A atividade da peroxidase foi constante durante todos os períodos de armazenamento para todas as amostras de polpa de juçara avaliadas. Além disso, referindo-se às amostras não pasteurizadas, a atividade da PPO foi menor que a da POD, justificado pelo fato da PPO não ser termorresistente, e que a sua exposição por curto período em temperatura de 70 a 90°C é suficiente para a destruição de suas funções catalíticas (ARAÚJO, 2008).

Diz-se que a POD é capaz de manter a sua atividade em condições de baixa temperatura (congelamento) e de baixa atividade água, com consequente desaparecimento de aromas e alterações de cor em produtos vegetais (SILVA; GIBBS, 2004). Tal fato não foi verificado na polpa de juçara pasteurizada e congelada, comprovando que o processamento térmico aplicado (85°C/5 minutos) juntamente com a acidificação, foram adequados na supressão da ação destas enzimas.

Em trabalho sobre pasteurização (70°C/1 segundo e 85°C/3 minutos) em polpa de taperebá, Bastos et al. (2008) perceberam decréscimo de pelo menos 90% da atividade da POD no tratamento mais brando, fato que pode ser justificado pelo baixo pH do produto (pH 2,6) que provavelmente facilitou a inativação térmica da enzima. Já no outro binômio temperatura/tempo, a POD foi desnaturada após a aplicação do calor, demonstrando a eficiência da pasteurização na inativação total da peroxidase.

Diferentemente dos últimos resultados, Hirsch et al. (2011) avaliaram a atividade da peroxidase em sucos de várias espécies de plantas cítricas, verificou-se que em todos os produtos aquecidos a 42°C por 12 segundos a atividade da POD foi reduzida abaixo de 4,3% da atividade máxima dos sucos não tratados.

Ao avaliarem as alterações de qualidade em purê de cupuaçu pasteurizado (70°C/5 minutos e 90°C/5 minutos) e armazenado durante 6 meses a 18°C, Silva e Silva (2000) relataram que a pasteurização por 5 minutos foi adequada para a inativação de microrganismos e enzimas. A enzima POD não foi detectada tanto no purê fresco quanto no pasteurizado em ambas temperaturas. O mesmo ocorreu para a enzima PPO, pois ela não foi detectada durante o armazenamento.

4.4.3 Qualidade sensorial

4.4.3.1 Caracterização da equipe sensorial

Houve participação de forma maciça de indivíduos do sexo feminino em todas as sessões de avaliação sensorial (Figura 5). A maior parte dos voluntários possuía faixa etária de 21 a 25 anos, com exceção do segundo período de análises, em que pessoas entre 26 e 30 anos tiveram participação superior às demais (Figura 6). Ao se perguntar se conheciam o produto em questão (polpa de juçara), excluindo-se o segundo período, a maior parte dos indivíduos deram respostas positivas (Figura 7). Para saber se os provadores eram

familiarizados com o sabor da polpa de açaí, a qual é consumida no Estado de São Paulo adicionada de outras frutas ou doces (mousses de frutas e cereais), foi averiguada a frequência de consumo deste alimento pelos mesmos, verificando-se que grande parte da equipe, em todos os períodos, fazia uso do produto “as vezes” (Figura 8).

Figura 5 – Percentagem de voluntários do sexo feminino e masculino que participaram das sessões de avaliação sensorial de polpa de juçara pasteurizada e/ou acidificada

Figura 6 – Percentagem da faixa etária dos voluntários que participaram das sessões de avaliação sensorial de polpa de juçara pasteurizada e/ou acidificada

Figura 7 – Percentagem dos voluntários que conheciam ou não o produto polpa de juçara

Figura 8 – Frequência de consumo da polpa de açaí pelos voluntários

4.4.3.2 Avaliação dos resultados

Tendo em vista os resultados físico-químicos obtidos, a polpa de juçara refrigerada foi servida aos provadores somente no primeiro dia de avaliação sensorial, pois no período seguinte já não se encontrava em condições de consumo. Pelo mesmo motivo, as polpas acidificada refrigerada e a pasteurizada refrigerada deixaram de ser provadas a partir do 30º dia de armazenamento e, finalmente, as amostras pasteurizada congelada e a pasteurizada acidificada refrigerada não foram avaliadas na última sessão.

Para o sabor, a amostra pasteurizada acidificada congelada foi a única que apresentou variação estatística ($p < 0,05$) das notas durante o período de armazenamento. Os provadores conferiram, no primeiro dia nota baixa, a qual se elevou nos períodos seguintes, ficando constante a partir dos 15 dias de armazenamento, sendo classificada como “Nem gostei, nem desgostei”. As amostras refrigeradas combinadas ou não com outros tratamentos foram identificadas pela equipe sensorial em todos os períodos como “Nem gostei, nem desgostei”. Entretanto, a polpa congelada foi a mais bem aceita pela equipe, classificada como “Gostei moderadamente”. As demais amostras congeladas obtiveram aceitação um nível abaixo da última, como “Gostei ligeiramente”. Na primeira sessão de avaliação sensorial, o sabor do produto variou entre os tratamentos. Em todos os períodos, as polpas acidificadas obtiveram baixa aceitação dos provadores (Tabela 8).

Observa-se que o congelamento proporcionou maior durabilidade à polpa, independente dos demais tratamentos ou combinações, chegando a 60 dias com as maiores notas para a maioria dos atributos (sabor, aroma, aparência, textura e impressão global). Tal fato era esperado, pois o congelamento é um método de conservação que proporciona maior período de vida útil dos alimentos com elevado teor de umidade, como sucos concentrados e polpas de frutas (Tabela 8).

Tabela 8 – Teste de aceitação com escala hedônica (7 = gostei muito; 1 = desgostei muito) para o atributo sabor de polpas de juçara submetidas à pasteurização e acidificação e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, $n=30$)

Tratamentos	Períodos (dias)				
	1	15	30	45	60
R	4,45 $\pm$ 1,6 abc	-	-	-	-
C	5,48 $\pm$ 1,2 Aa	5,33 $\pm$ 1,4 Aab	5,30 $\pm$ 1,7 Aa	5,67 $\pm$ 1,0 Aa	6,07 $\pm$ 1,1 Aa
AR	3,50 $\pm$ 2,0 Abc	3,90 $\pm$ 1,9 Ab	-	-	-
AC	3,90 $\pm$ 2,1 Aabc	4,82 $\pm$ 1,6 Aab	4,77 $\pm$ 1,9 Aab	5,13 $\pm$ 1,4 Aa	4,70 $\pm$ 1,6 Aab
PR	4,05 $\pm$ 1,7 Aabc	4,74 $\pm$ 1,5 Aab	-	-	-
PC	5,09 $\pm$ 1,7 Aab	5,78 $\pm$ 1,3 Aa	5,20 $\pm$ 1,5 Aa	4,96 $\pm$ 1,6 Aa	-
PAR	3,32 $\pm$ 1,8 Abc	4,00 $\pm$ 1,9 Ab	3,38 $\pm$ 1,7 Ab	4,23 $\pm$ 1,8 Aa	-
PAC	2,82 $\pm$ 1,3 Bc	4,79 $\pm$ 1,6 Aab	4,45 $\pm$ 1,8 ABab	4,34 $\pm$ 1,7 ABA	3,57 $\pm$ 1,7 ABb
CV	35,28%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n =número de repetições utilizadas; CV=Coefficiente de variação; R=polpa de juçara armazenada sob refrigeração a 6°C; C=polpa de juçara armazenada sob congelamento a -18°C; AR=polpa de juçara acidificada com ácido cítrico ($pH < 4,0$) e armazenada sob refrigeração a 6°C; AC=polpa de acidificada com ácido cítrico ($pH < 4,0$) e armazenada sob congelamento a -18°C; PR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob refrigeração a 6°C; PC=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob congelamento a -18°C; PAR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico ($pH < 4,0$) e armazenada sob refrigeração a 6°C; PAC= polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico ($pH < 4,0$) e armazenada sob congelamento a -18°C.

Nota: 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.

Silva e Silva (2000) ao pasteurizarem purê de cupuaçu a 70°C e 90°C por 5 minutos, verificaram que o produto reteve grande parte das propriedades sensoriais originais da fruta, em que nenhuma diferença estatística foi notada para o sabor, aroma e cor entre as duas temperaturas avaliadas durante o período de armazenamento avaliado, talvez devido à consistência e baixo teor de pigmentos e lipídeos do produto. Resultado semelhante foi alcançado por Bastos et al. (2008) em estudo com polpa de taperebá (*S. mombin*) pasteurizada (85°C/3 minutos), os quais verificaram aceitação elevada do produto (80% em média), não variando com o período de armazenamento. Além disso, os provadores não conseguiram identificar a amostra pasteurizada quando comparada ao controle.

O aroma das amostras de polpa de juçara não foi alterado durante o período de armazenamento; excluindo-se a polpa pasteurizada acidificada congelada que teve sua nota elevada na segunda sessão, a qual manteve-se constante ($p < 0,05$) até o final do experimento e classificada como “Gostei ligeiramente”. Para este atributo, a equipe sensorial caracterizou as polpas refrigeradas como “Nem gostei, nem desgostei”, tendo o restante das unidades notas superiores, que na escala hedônica ficaram como “Gostei ligeiramente”. Entre os períodos avaliados, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos de polpa de juçara, demonstrando que tanto a pasteurização, quanto a acidificação e refrigeração não influenciaram o aroma do produto (Tabela 9).

Tabela 9 – Teste de aceitação com escala hedônica (7 = gostei muito; 1 = desgostei muito) para o atributo aroma de polpas de juçara submetidas à pasteurização e acidificação e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=30)

Tratamentos	Períodos (dias)				
	1	15	30	45	60
R	4,41 $\pm$ 1,3 A	-	-	-	-
C	4,90 $\pm$ 1,2 Aa	4,78 $\pm$ 1,5 Aa	4,91 $\pm$ 1,5 Aa	5,10 $\pm$ 1,2 Aa	5,63 $\pm$ 1,1 Aa
AR	4,00 $\pm$ 1,5 Aa	4,68 $\pm$ 1,3 Aa	-	-	-
AC	4,38 $\pm$ 1,6 Aa	5,14 $\pm$ 1,2 Aa	4,90 $\pm$ 1,5 Aa	5,13 $\pm$ 1,1 Aa	4,90 $\pm$ 1,3 Aa
PR	4,09 $\pm$ 1,6 Aa	4,39 $\pm$ 1,4 Aa	-	-	-
PC	4,33 $\pm$ 1,4 Aa	5,44 $\pm$ 1,3 Aa	4,90 $\pm$ 1,3 Aa	5,04 $\pm$ 1,3 Aa	-
PAR	4,45 $\pm$ 1,2 Aa	4,39 $\pm$ 1,4 Aa	4,69 $\pm$ 1,4 Aa	4,87 $\pm$ 1,3 Aa	-
PAC	3,81 $\pm$ 1,0 Ba	5,31 $\pm$ 1,2 Aa	5,10 $\pm$ 1,2 ABa	4,76 $\pm$ 1,2 ABa	4,53 $\pm$ 1,1 ABa
CV	27,45%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; R=polpa de juçara armazenada sob refrigeração a 6°C; C=polpa de juçara armazenada sob congelamento a -18°C; AR=polpa de juçara acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; AC=polpa de acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C; PR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob refrigeração a 6°C; PC=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob congelamento a -18°C; PAR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; PAC= polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C.

Nota: 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 avaliação sensorial da cor de polpa de juçara pasteurizada ou acidificada não foi alterada entre amostras e períodos, evidenciando pouca influência dos tratamentos aplicados na sua cor visual. A nota média obtida entre todos os tratamentos foi de 5,6, que classifica as polpas como “Gostei moderadamente” (Tabela 10).

De acordo com Oliveira et al. (2011a), a pasteurização (88°C/10 segundos) de polpa de umbu (*S. tuberosa*) não exerceu efeito sobre o sabor e o aroma porque não houve diferença significativa ($p<0,05$) entre a polpa processada e a controle. Na polpa de umbu pasteurizada a 96°C por 30 segundos foi percebido sabor amargo.

Tabela 10 – Teste de aceitação com escala hedônica (7 = gostei muito; 1 = desgostei muito) para o atributo cor de polpas de juçara submetidas à pasteurização e acidificação e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=30)

Tratamentos	Períodos (dias)				
	1	15	30	45	60
R	4,86 $\pm$ 1,4	-	-	-	-
C	5,05 $\pm$ 1,5	5,26 $\pm$ 1,5	5,03 $\pm$ 1,8	5,17 $\pm$ 1,6	5,80 $\pm$ 1,1
AR	6,09 $\pm$ 1,0	5,61 $\pm$ 1,2	-	-	-
AC	5,76 $\pm$ 1,2	5,68 $\pm$ 1,2	5,73 $\pm$ 1,4	6,00 $\pm$ 1,0	6,10 $\pm$ 1,0
PR	5,19 $\pm$ 1,5	5,16 $\pm$ 1,3	-	-	-
PC	5,19 $\pm$ 1,3	5,78 $\pm$ 1,1	5,37 $\pm$ 1,5	5,25 $\pm$ 1,4	-
PAR	6,18 $\pm$ 1,0	5,87 $\pm$ 1,2	5,34 $\pm$ 1,3	5,70 $\pm$ 1,3	-
PAC	5,27 $\pm$ 1,1	5,72 $\pm$ 1,3	5,71 $\pm$ 1,2	5,76 $\pm$ 1,1	6,03 $\pm$ 1,1
CV	22,95%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coefficiente de variação; R=polpa de juçara armazenada sob refrigeração a 6°C; C=polpa de juçara armazenada sob congelamento a -18°C; AR=polpa de juçara acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; AC=polpa de acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C; PR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob refrigeração a 6°C; PC=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob congelamento a -18°C; PAR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; PAC= polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C.

Durante o período de armazenamento, a aparência dos diferentes tratamentos de polpas de juçara não variou estatisticamente ($p<0,05$) entre eles. A polpa congelada foi a única que apresentou diferença estatística ($p<0,05$) das notas durante as sessões de avaliação sensorial, havendo elevação desses valores no 15º dia e posterior manutenção destes até os 60 dias. A amostra acidificada e refrigerada, que foi avaliada até 15 dias de armazenamento foi a mais bem aceita neste período, classificada como “gostei moderadamente”. A equipe sensorial atribuiu às demais amostras notas médias entre 4,91 e 5,54, as quais caracterizaram tais unidades como “Gostei ligeiramente” (Tabela 11).

Tabela 11 – Teste de aceitação com escala hedônica (7 = gostei muito; 1 = desgostei muito) para o atributo aparência de polpas de juçara submetidas à pasteurização e acidificação e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=30)

Tratamentos	Períodos (dias)				
	1	15	30	45	60
R	4,91 $\pm$ 1,2 A	-	-	-	-
C	4,43 $\pm$ 1,7 Ba	5,30 $\pm$ 1,5 ABa	5,06 $\pm$ 1,6 ABa	5,00 $\pm$ 1,5 ABa	5,77 $\pm$ 1,2 Aa
AR	5,82 $\pm$ 1,0 Aa	5,47 $\pm$ 1,1 Aa	-	-	-
AC	5,19 $\pm$ 1,3 Aa	5,46 $\pm$ 1,3 Aa	5,50 $\pm$ 1,3 Aa	5,57 $\pm$ 1,2 Aa	5,63 $\pm$ 1,2 Aa
PR	5,09 $\pm$ 1,4 Aa	5,19 $\pm$ 1,1 Aa	-	-	-
PC	5,28 $\pm$ 1,3 Aa	5,93 $\pm$ 0,8 Aa	5,23 $\pm$ 1,4 Aa	4,93 $\pm$ 1,4 Aa	-
PAR	5,82 $\pm$ 1,0 Aa	5,84 $\pm$ 1,0 Aa	4,96 $\pm$ 1,3 Aa	5,53 $\pm$ 1,4 Aa	-
PAC	4,95 $\pm$ 1,0 Aa	5,69 $\pm$ 1,1 Aa	5,32 $\pm$ 1,2 Aa	5,48 $\pm$ 1,2 Aa	5,47 $\pm$ 1,0 Aa
CV	23,34%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coefficiente de variação; R=polpa de juçara armazenada sob refrigeração a 6°C; C=polpa de juçara armazenada sob congelamento a -18°C; AR=polpa de juçara acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; AC=polpa de acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C; PR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob refrigeração a 6°C; PC=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob congelamento a -18°C; PAR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; PAC= polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C.

Nota: 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.

Igualmente ao observado entre os tratamentos de polpa de juçara, Castelló et al. (2011) verificaram que a geléia de caqui não pasteurizada foi a mais aceita pelos provadores para os atributos sabor, aroma e aparência. Foi também a menos adstringente e que possuía maior intensidade da coloração laranja.

A avaliação sensorial realizada por Souza et al. (2006) revelou que a fervura em tacho aberto de suco de açaí durante 5 minutos interferiu negativamente no sabor e aroma do produto, pois o sabor tornou-se amargo e adstringente, com perda de aroma. Contudo, o mesmo processo a 2 minutos pouco alterou a cor e sabor do alimento.

Para o atributo textura também não houve diferença estatística na interação tratamentos *versus* períodos de armazenamento. A nota média obtida na interação foi de 4,94 classificando as polpas de juçara como “Gostei ligeiramente” (Tabela 12).

Tabela 12 – Teste de aceitação com escala hedônica (7 = gostei muito; 1 = desgostei muito) para o atributo Textura de polpas de juçara submetidas à pasteurização e acidificação e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=30)

Tratamentos	Períodos (dias)				
	1	15	30	45	60
R	5,32 $\pm$ 1,2	-	-	-	-
C	4,95 $\pm$ 1,4	5,11 $\pm$ 1,8	4,82 $\pm$ 1,7	4,97 $\pm$ 1,6	5,57 $\pm$ 1,6
AR	5,09 $\pm$ 1,3	5,39 $\pm$ 1,4	-	-	-
AC	4,95 $\pm$ 1,6	5,21 $\pm$ 1,4	4,90 $\pm$ 1,4	4,67 $\pm$ 1,5	4,77 $\pm$ 1,8
PR	4,38 $\pm$ 1,8	4,93 $\pm$ 1,2	-	-	-
PC	5,28 $\pm$ 1,6	5,85 $\pm$ 0,9	4,90 $\pm$ 1,9	4,64 $\pm$ 1,6	-
PAR	4,73 $\pm$ 1,4	5,52 $\pm$ 1,1	4,38 $\pm$ 1,5	4,47 $\pm$ 1,6	-
PAC	4,04 $\pm$ 1,3	5,55 $\pm$ 1,1	4,90 $\pm$ 1,4	4,83 $\pm$ 1,3	4,67 $\pm$ 1,6
CV	29,84%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coefficiente de variação; R=polpa de juçara armazenada sob refrigeração a 6°C; C=polpa de juçara armazenada sob congelamento a -18°C; AR=polpa de juçara acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; AC=polpa de acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C; PR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob refrigeração a 6°C; PC=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob congelamento a -18°C; PAR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; PAC= polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C.

García-Reyes e Narváez-Cuenca (2010) ao avaliarem sensorialmente, com provadores treinados, a qualidade da polpa de araçá-boi pasteurizada e congelada, verificaram que logo após o processamento (65, 73 e 80°C/1 minuto) a cor, aspecto geral, aroma e textura permaneceram inalterados. Foi reportado como fervido o sabor das amostras pasteurizadas, sendo este indicador aumentado de acordo com o acréscimo da temperatura. Após 2 meses de armazenamento, as amostras pasteurizadas a 73 e 80°C apresentaram características sensoriais semelhantes à polpa congelada, com exceção do sabor levemente cozido.

Analogamente aos atributos anteriores, para a impressão global das polpas de juçara não foram detectadas diferenças estatísticas ($p<0,05$) entre as amostras durante os períodos avaliados. A polpa pasteurizada acidificada e refrigerada foi a menos aceita pelos provadores, caracterizada como “Nem gostei, nem desgostei”. As demais amostras foram classificadas em patamar superior ao da última, apresentadas na escala hedônica como “Gostei ligeiramente”. Destas, a polpa pasteurizada acidificada e congelada apresentou variação durante os 60 dias de avaliação, mostrando nota inferior na primeira sessão e aumento na segunda, a qual se manteve constante até o final (Tabela 13).

Tabela 13 – Teste de aceitação com escala hedônica (7 = gostei muito; 1 = desgostei muito) para o atributo impressão global de polpas de juçara submetidas à pasteurização e acidificação e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=30)

Tratamentos	Períodos (dias)				
	1	15	30	45	60
R	4,73 $\pm$ 1,1 A	-	-	-	-
C	5,00 $\pm$ 1,3 Aa	5,48 $\pm$ 1,3 Aa	5,12 $\pm$ 1,6 Aa	5,53 $\pm$ 1,3 Aa	5,83 $\pm$ 0,89 Aa
AR	4,91 $\pm$ 1,5 Aa	4,49 $\pm$ 1,7 Aa	-	-	-
AC	4,57 $\pm$ 1,4 Aa	5,04 $\pm$ 1,3 Aa	5,37 $\pm$ 1,5 Aa	5,17 $\pm$ 1,2 Aa	5,00 $\pm$ 1,2 Aa
PR	4,24 $\pm$ 1,5 Aa	5,00 $\pm$ 1,1 Aa	-	-	-
PC	5,14 $\pm$ 1,4 Aa	5,78 $\pm$ 1,3 Aa	5,50 $\pm$ 1,4 Aa	5,32 $\pm$ 1,1 Aa	-
PAR	4,59 $\pm$ 1,4 Aa	4,77 $\pm$ 1,7 Aa	4,03 $\pm$ 1,5 Aa	4,77 $\pm$ 1,4 Aa	-
PAC	3,73 $\pm$ 1,2 Ba	5,10 $\pm$ 1,3 ABa	5,19 $\pm$ 1,2 Aa	4,86 $\pm$ 1,2 ABa	4,57 $\pm$ 1,2 ABa
CV	27,09%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; R=polpa de juçara armazenada sob refrigeração a 6°C; C=polpa de juçara armazenada sob congelamento a -18°C; AR=polpa de juçara acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; AC=polpa de acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C; PR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob refrigeração a 6°C; PC=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/5 min. e armazenada sob congelamento a -18°C; PAR=polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob refrigeração a 6°C; PAC= polpa de juçara pasteurizada a 80°C/ 5 min., acidificada com ácido cítrico (pH<4,0) e armazenada sob congelamento a -18°C.

Nota: 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.

Corrêa et al. (2010) desenvolveram suco misto à base de açaí e avaliaram a aceitação do consumidor. O produto foi acrescido de 10% de banana nanica, como realizado em polpa de juçara, e de xarope de guaraná. O teste sensorial revelou que o suco misto com 15% de xarope de guaraná foi mais bem aceito pelos provadores, com nota 6,7, concluindo que o produto é apto à comercialização. Semelhante a este resultado, os pesquisadores Souza et al. (2006) verificaram boa aceitação de suco de açaí pasteurizado a 90°C por 10 minutos.

Aos provadores foi perguntado, no geral, o que eles mais e menos apreciaram sensorialmente nas amostras em todos os períodos de armazenamento. Para o atributo sabor, em todos os períodos foram levantados termos como doce e de banana, por causa da adição de açúcar e banana nanica, parecido com o açaí; e fermentado, amargo, ácido, azedo, adstringente e terra (Tabela 14). O sabor adstringente relatado em polpa de juçara está relacionado ao fato deste produto conter quantidades elevadas de compostos fenólicos, os quais exibem tal sabor (DINNELLA et al., 2011). Já o sabor ácido/amargo/azedo, indicado como desfavorável, é devido à adição de ácido cítrico em algumas amostras; contudo, há indivíduos que indicaram tal impressão como agradável, inclusive citando o equilíbrio doce/ácido como “Mais gostei”.

Foram relatadas, ainda, opiniões como aroma fermentado, de azeitonas e de mato que relacionam-se ao aroma original do produto, que é desconhecido do público, o qual está acostumado com o da polpa de açaí que geralmente é consumida adicionada de xaropes e outras frutas, o mascarando. Na descrição da cor houve contradição entre a equipe, por que para alguns provadores a cor avermelhada foi positiva, e para outros não; foi chamada atenção negativamente para a cor marrom, possivelmente pertencente às amostras que estavam um pouco oxidadas. As variações na impressão do atributo textura também está relacionada com o paladar de cada indivíduo, já que a metodologia de preparo de cada amostra foi a mesma. A aparência oleosa está relacionada com a elevada concentração de lipídeos presentes na polpa de juçara (Tabela 14).

Portanto, os resultados da análise sensorial de polpa de juçara comprovaram que a aplicação da pasteurização e da acidificação não exerceu alterações significativas no produto durante o período de armazenamento, comparado com as amostras não tratadas, que foram classificados como “Gostei moderadamente” na maioria dos atributos.

Tabela 14 - Avaliação geral das amostras de polpa de juçara submetidas à pasteurização e acidificação e armazenadas em diferentes períodos (“mais gostei” e “menos gostei”)

Períodos (dias)	Atributos	Mais gostei	Menos gostei
1	Sabor	Doce, banana, agradável, suave, parecido com açaí, marcante	Azedo, amargo, gorduroso, ruim, ácido, forte, mato, fermentado.
	Aroma	Agradável	Fermentado, mato, azeitona, ruim.
	Cor	Atrativa, viva, avermelhada	Avermelhada, escura.
	Textura	Consistente, boa	Arenosa, líquida, oleosa.
	Aparência	-	-
15	Sabor	Agradável, adocicado, suave, bom, banana, parecido com açaí, forte, equilíbrio ácido/doce	Amargo, ácido, azedo, ruim, adstringente, forte, residual estranho
	Aroma	Atrativo	Forte, azeitona
	Cor	Vermelha	-
	Textura	Boa	Ruim, aguada, granulosa
	Aparência	Boa	-
30	Sabor	Suave, bom, agradável, doce, atraente, parecido com açaí, equilíbrio ácido/doce	Azedo, cozido, azeitona, ácido, pouco sabor, amargo, ruim, fermentado, adstringente, terra
	Aroma	Agradável, atraente, forte	Azeite de oliva
	Cor	Boa, atraente	Marrom
	Textura	Consistência boa, cremosa	Pouco consistente, viscosa, aguada, granulosa
	Aparência	Boa	Ruim, gelatinada
45	Sabor	Doce, bom, parecido com açaí, suave, agradável, banana, equilíbrio ácido/doce	Ruim, residual, azedo, ácido, amargo, forte, terroso, mato, adstringente, fraco
	Aroma	Atrativo, suave	Parecido com farinha de centeio, enjoativo, fraco, ruim
	Cor	Atrativo, parecida com açaí, roxa viva	Marrom, feia
	Textura	Leve, atrativa, boa	Granulosa, consistente, terrosa, aguada
	Aparência	Aveludada, boa	-
60	Sabor	Suave, ótimo, atraente, polpa fresca, agradável, doce	Azedo, adstringente, ruim, queimado, fraco, ácido
	Aroma	Atraente	Ruim, fraco, ácido
	Cor	Atrativa	Marrom
	Textura	Homogênea, agradável, boa	Granulosa, ruim, aquosa
	Aparência	Boa, atraente	-

4.5 Conclusões

Diante dos resultados obtidos concluiu-se que a pasteurização a 80°C durante 5 minutos e a acidificação a pH 3,8 da polpa de juçara foi o processo que melhor manteve suas características físico-químicas durante o período de armazenamento. Além disso, a acidificação e a pasteurização não alteraram as características sensoriais do alimento que, aliadas, podem ser utilizadas como método de conservação eficaz deste produto. A temperatura de armazenamento mais adequada para a polpa de juçara pasteurizada e acidificada é a de congelamento (-18°C), pois manteve a qualidade sensorial até os 60 dias, porém, a temperatura de refrigeração (6°C) também é eficaz, desde que o consumo do produto seja feito até 30 dias de armazenamento.

Referências

- ALENCAR, S. M.; KOBLITZ, M. G. B. Oxidorredutases. In: KOBLITZ, M. G. B. **Bioquímica de alimentos: teoria e aplicações práticas**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. cap. 5, p. 125-152.
- ALEXANDRE, D.; CUNHA, R. L.; HUBINGER, M. D. Conservação do açaí pela tecnologia de obstáculos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 114-119, 2004.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 4. ed.. Viçosa: UFV, 2008. cap. 10, p. 389-412.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 17. ed. Arlington, 2000.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 18. ed. Gaithersburg, 2005.
- AZAMBUJA, F. **Polpa de açaí produzida em Porto Velho está imprópria para consumo**. **G1 Notícias**, Porto Velho, 20 jul. 2012. Disponível em: <http://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2012/07/polpa-de-acai-produzida-em-porto-velho-esta-impropria-para-consumo.html>. Acesso em: 26 jul. 2012.
- BHATTACHERJEE, A. K.; TANDON, D. K.; DIKSHIT, A.; KUMAR, S. Effect of pasteurization temperature on quality of aonla juice during storage. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 48, n. 3, p. 269-273, 2011.

BARBIERI, J. Pesquisa associa polpa do açaí à transmissão da doença de Chagas. **Jornal da UNICAMP**, Campinas, 16 maio 2010. Disponível em: http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/maio2010/ju461_pag03.php. Acesso em: 26 jul. 2012.

BASTOS, C. T. R. M.; LADEIRA, T. M. S.; ROGEZ, H.; PENA, R. S. Estudo da eficiência da pasteurização da polpa de taperebá (*Spondias mombin*). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 2, p. 123-131, 2008.

BELÉM fecha pontos de venda de açaí por risco da Doença de Chagas. **G1 Notícias**, São Paulo, 25 out. 2011. Disponível em: <http://g1.globo.com/brasil/noticia/2011/10/belem-fecha-pontos-de-venda-de-acai-por-risco-da-doenca-de-chagas.html>. Acesso em: 30 jul. 2012.

BOULTON, R. The copigmentation of anthocyanins and its role in the color of red wine: A critical review. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 52, n. 2, p. 67–86, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 01, 7 de janeiro de 2000. Aprova os Regulamentos Técnicos para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de açaí. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jan. 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Resolução RDC nº 12, 2 de janeiro de 2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jan. 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Resolução RDC nº 218, 29 de julho de 2005. Dispõe sobre o regulamento técnico de procedimentos higiênicosanitários para manipulação de alimentos e bebidas preparados com vegetais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 01 ago. 2005.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Decreto nº 6871**, de 04 de junho de 2009. Regulamenta a Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 04 jun. 2009.

CANO, M. P.; de ANCOS, B.; MATAALLANA, M. C.; CÁMARA, M.; REGLERO, G.; TABERA, J. Differences among Spanish and Latin-American banana cultivars: morphological, chemical and sensory characteristics. **Food Chemistry**, Barking, v. 59, n. 3, p. 411-419, 1997.

CASTELLÓ, M. L.; HEREDIA, A.; DOMÍNGUEZ, E.; ORTOLÁ, M. D.; TARRAZÓ, J. Influence of thermal treatment and storage on astringency and quality of a spreadable product from persimmon fruit. **Food Chemistry**, Barking, v. 128, p. 323-329, 2011.

CHUTINTRASRI, B.; NOOMHORM, A. Color degradation kinetics of pineapple puree during thermal processing. **LWT-Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 40, p. 300-306, 2007.

COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental designs**. 2. ed. New York: John Wiley, 1957. 618 p.

CORRÊA NETO, R. S. **Processamento de suco de laranja pasteurizado em garrafas de polietileno tereftalato (PET)**. 1998. 93 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

CORRÊA, C. B.; CABRAL, L. M. C.; DELIZA, R.; MATTA, V. M. Obtenção de suco misto de açaí a partir da fração retida no processo de microfiltração. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 3, p. 377-383, 2010.

DAR, G. H.; ZARGAR, Y.; SHAH, G. H. Effect of processing operations and heat treatment on physico-chemical characteristics and microbiological load of apple juice concentrate. **Indian Food Pack**, Mumbai, v. 46, p. 45-50, 1992.

DINNELLA, C.; RECCHIA, A.; TUORILA, H.; MONTELEONE, E. Individual astringency responsiveness affects the acceptance of phenol-rich foods. **Appetite**, Amsterdam, v. 56, p. 633-642, 2011.

DOWNES, F. P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington, DC: APHA, 2001. 676 p.

EKLUND, T. Organic acids and esters. In: GOULD, G. W. **Mechanisms of action of food preservation procedures**. London: Elsevier Applied Science, 1989. p. 161-200.

EMBRAPA/SEBRAE. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: polpa e suco de frutas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2003. 123 p. (Série Agronegócios).

FERNANDES, A. G.; SANTOS, G. M.; SILVA, D. S.; SOUZA, P. H. M.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W. Chemical and physicochemical characteristics changes during passion fruit juice processing. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 747-751, 2011.

FISCHER, U. A.; DETTMANN, J. S.; CARLE, R.; KAMMERER, D. R. Impacto of processing and storage on the phenolic profiles and contents of pomegranate (*Punica granatum*) juices. **European Food Research and Technology**, Heidelberg, v. 233, p. 797-816, 2011.

FREIRE, S. **Polpa de açaí industrializada no Pará será pasteurizada**. Agência Folha de São Paulo, São Paulo, 11 jul. 2007. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/portal/icNoticiaAberta.asp?idNoticia=15588>. Acesso em: 26 jul. 2012.

GARCÍA-REYES, R. H.; NARVÁEZ-CUENCA, C. E. The effect of pasteurization on the quality of frozen arazá (*Eugenia stipitata*) pulp. **Journal of Food Quality**, Westport, v. 33, p. 632-645, 2010.

GIL-IZQUIERDO, A.; GIL, M. I.; FERRERES, F. Effect of processing techniques at industrial scale on orange juice antioxidant and beneficial health compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, p. 5107-5114, 2002.

GÖSSINGER, M.; MORITZ, S.; HERMES, M.; WENDELIN, S.; SCHERBICHLER, H.; HALBWIRTH, H.; STICH, K.; BERGHOFER, E. Effects of processing parameters on colour stability of strawberry nectar from puree. **Journal of Food Engineering**, London, v. 90, p. 171-178, 2000.

HIRSCH, A. R.; KNAUSS, A.; CARLE, R.; NEIDHART, S. Impact of minimal heat-processing on pectin methylesterase and peroxidase activity in freshly squeezed *Citrus* juices. **European Food Research Technology**, Heidelberg, v. 232, p. 71-81, 2011.

HRAZDINA, G. Reactions of the anthocyanidin-3,5-diglucosides: Formation of 3,5-di-(O- β -D-glucosyl)-hydroxyl-7-hydroxy coumarin. **Phytochemistry**, Oxford, v. 10, p. 1125-1130, 1971.

IGUAL, M.; GARCÍA-MARTÍNEZ, E.; CAMACHO, M. M.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Changes in flavonoid content of grapefruit juice caused by thermal treatment and storage. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Oxford, v. 12, p. 153-162, 2011.

KLOPOTEK, Y.; OTTO, K.; BOHM, V. Processing strawberries to different products alters contents of vitamin C, total phenolics, total anthocyanins and antioxidant capacity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, p.5640-5646, 2005.

KONICA MINOLTA. **Comunicação precisa da cor**: controle de qualidade da percepção à instrumentação. Ramsey: Konica Minolta, 1998.

LADO, B.H.; YOUSEF, A.E. Alternative food-preservation technologies: efficacy and mechanisms. **Microbes and Infection**, Paris, v. 4, n. 4, p. 433-440, 2002.

LOZANO, J. E.; IBARZ, A. Colour changes in concentrated fruit pulp during heating at high temperatures. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 31, p. 365-373, 1997.

MAIA, G. A.; SOUZA, P. H. M.; SANTOS, G. M.; SILVA, D. S.; FERNANDES, A. G.; PRADO, G. M. Efeito do processamento sobre componentes do suco de acerola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v.27, n.1, p.130-134, 2007.

MEILGAARD, M. CIVILLE, V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 1991. 354 p.

MERTZ, C.; BRAT, P.; CARIS-VEYRAT, C.; GUNATA, Z. Characterization and thermal lability of carotenoids and vitamin C of tamarillo fruit (*Solanum betaceum* Cav.). **Food Chemistry**, Barking, v. 119, p. 653-659, 2010.

MIKKELSEN, B. B.; POLL, L. Decomposition and transformation of aroma compounds and anthocyanins during black currant (*Ribes nigrum* L.) juice processing. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 9, p. 3447-3455, 2002.

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

OETTERER, M.; D'ARCE, M. A. B. R.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2010. 612 p.

OLIVEIRA, E. A.; BORGES, S. V.; FURTADO, A. A. L.; MODESTA, R. C. D.; GODOY, R. O. Heat processing (HTST) of umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) pulp. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 923-928, 2011.

OLIVEIRA, P. A. A. C.; SILVA, I. G.; SOUZA, M. L.; FURTADO, C. M.; SILVA, R. F. In natura açai beverage: quality, pasteurization and acidification. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 502-507, 2011.

PACHECO-PALENCIA, L. A.; HAWKEN, P.; TALCOTT, S.T. Phytochemical, antioxidant and pigment stability of açai (*Euterpe oleracea*) as affected by clarification, ascorbic acid fortification and storage. **Food Research International**, Essex, v. 40, p. 620-628, 2007.

PACHECO-PALENCIA, L. A.; DUNCAN, C. E.; TALCOTT, S. T. Phytochemical composition and thermal stability of two commercial açai species, *Euterpe oleracea* e *Euterpe precatoria*. **Food Chemistry**, Barking, v. 115, p. 1199-1205, 2009.

PAREEK, S.; PALIWAL, R.; MUKHERJEE, S. Effect of juice extraction methods and processing temperature-time on juice quality of Nagpur mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) during storage. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 48, n. 2, p. 197-203, 2011.

PEREDA, J. A. O. Conservação pelo calor. In:_____. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. cap. 8, p. 115-123.

PEREIRA, R. N.; VICENTE, A. A. Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food processing. **Food Research International**, Essex, v. 43, p. 1936–1943, 2010.

PROVESI, J. G.; DIAS, C. O.; AMANTE, E. R. Changes in carotenoids during processing and storage of pumpkin puree. **Food Chemistry**, Barking, v. 128, p. 195-202, 2011.

RATTANATHANALERK, M.; CHIEWCHAN, N.; SRICHUMPOUNG, W. Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. **Journal of Food Engineering**, London, v. 66, p. 259-265, 2005.

RAWSON, A.; PATRAS, A.; TIWARI, B. K.; NOCI, F.; KOUTCHMA, T.; BRUNTON, N. Effect of thermal and non thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advances. **Food Research International**, Essex, v. 44, p. 1875-1887, 2011.

ROGEZ, H.; SOUZA, J. N. S.; NASCIMENTO, M. Q.; BUXANT, R.; PASCAL, S. Branqueamento dos frutos de açai (*Euterpe oleracea*) para a diminuição da carga microbiana do suco. **Anais da Associação Brasileira de Química**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 4, p. 177-184, 1996.

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

SANCHEZ, G. Açaí pasteurizado elimina risco de mal de Chagas. **G1 Notícias**, São Paulo, 30 ago. 2007. Disponível em: <http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,MUL95750-5598,00.html>. Acesso em: 31 jul. 2012.

SANTOS, G. M.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; PRADO, G. M. Correlação entre atividade antioxidante e compostos bioativos de polpas comerciais de açaí (*Euterpe oleracea* Mart). **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 58, n. 2, p. 187-192, 2008.

SERRADELL, M.; ROZENFELD, P. A.; MARTINEZ, G. A.; CIVELLO, P. M.; CHAVES, A. R.; ANON, M. C. Polyphenoloxidase activity from strawberryfruit (*Fragaria x ananassa*, Duch., cv Selva): characterisation and partial purification. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 80, p. 1421–1427, 2000.

SKREDE, G.; WROLSTAD, R. E.; DURST, R. W. Changes in anthocyanins and polyphenolics during juice processing of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, p. 357–364, 2000.

SILVA, F. M.; SILVA, C. L. M. Note. Quality evaluation of cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) purée after pasteurization and during storage. **Food Science and Technology International**, London, v. 6, n. 1, p. 53-58, 2000.

SILVA, F. V. M.; GIBBS, P. Target selection in designing pasteurization processes for shelf-stable high-acid fruit products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, London, v. 44, n. 5, p. 353-360, 2004.

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

SOMERS, T. C.; EVANS, M. E. Evolution of red wines I. Ambient influences on colour composition during early maturation. **Vitis**, Landau Pfalz, v. 25, p. 31–39, 1986.

SORIA, A. C.; VILLAMIEL, M. Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: A review. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 21, p. 323–331, 2010.

SOUSA, M. A. C.; YUYAMA, L. K. O.; AGUIAR, J. P. L.; PANTOJA, L. Suco de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.): avaliação microbiológica, tratamento térmico e vida de prateleira. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n. 4, p. 483-496, 2006.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS/QC software**: usage and reference (version 9.2). Cary, NC, 2005. 1CDROM.

STINTZING, F. C.; STINTZING, A. S.; CARLE, R.; FREI, B.; WROLSTAD, R. E. Color and antioxidant properties of cyanidinbased anthocyanin pigments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 21, p. 6172-6181, 2002.

TALCOTT, S. T.; HOWARD, L. R. Phenolic autoxidation is responsible for color degradation in processed carrot puree. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 47, p. 2109–2115, 1999.

TORALLES, R. P.; VENDRUSCOLO, J. L.; VENDRUSCOLO, C. T.; DEL PINO, F. A. B. Controle da atividade da polifenoloxidase de pêssego por interação do pH, da temperatura e da concentração de ácido ascórbico. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 120-127, 2010.

TURFAN, O.; TÜRKYILMAZ, M.; YEMIS, O.; ÖZKAN, M. Anthocyanin and colour changes during processing of pomegranate (*Punica granatum*, cv. Hicaznar) juice from sacs and whole fruit. **Food Chemistry**, Barking, v. 129, p. 1644-1651, 2011.

VERBEYST, L.; HENDRICKX, M.; LOEY, A. V. Characterisation and screening of the process stability of bioactive compounds in red fruit paste and red fruit juice. **European Food Research and Technology**, Heidelberg, v. 234, p. 593-605, 2012.

VOSS, D. H. Relating colorimeter measurement of plant color to the “Royal Horticultural Society Colour Chart”. **HortScience**, St. Joseph, v. 27, n. 2, p. 1256-1260, 1996.

WESCHE-EBELING, P.; MONTGOMERY, M. W. Strawberry polyphenoloxidase: its role in anthocyanin degradation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 55, p. 731–745, 1990.

ZAPATA, M. M.; QUAST, D. G. Curvas de titulação do palmito-doce (*Euterpe edulis* Mart.). **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 6, p. 167-187, 1975.

5 POLPA DE JUÇARA DESIDRATADA POR ATOMIZAÇÃO E LIOFILIZAÇÃO, ARMAZENADA EM DIFERENTES EMBALAGENS

Resumo

Objetivou-se avaliar a conservação e a qualidade físico-química e sensorial de polpa de juçara desidratada por atomização e liofilização, em embalagens de polietileno (PE) e polietileno revestido com camada de alumínio (PA). As amostras desidratadas (25 g) foram acondicionadas nas embalagens PE e PA e armazenadas ao abrigo da luz em temperatura ambiente. Realizaram-se avaliações de umidade (%), atividade de água (a_w), ganho de umidade (%), cor instrumental (L^* , $^\circ\text{Hue}$, Croma), antocianinas, compostos fenólicos, sensorial (teste hedônico) nos dias 1, 30, 60, 90 e 120 de armazenamento. Os dados foram submetidos ao Teste de Tukey ($p < 0,05$) em triplicata. Os pós liofilizados em PA apresentaram menor teor de umidade durante o armazenamento, e o contido em PE, nos dois processos, foi o que adquiriu mais água. Todas as amostras exibiram aumento da a_w durante o armazenamento, contudo, o liofilizado em PA foi o que obteve a menor cinética de absorção de água no período armazenado. O ganho de umidade durante o armazenamento, apresentou acréscimo em relação aos tratamentos, se iniciando com os atomizados e, a seguir, com os liofilizados, sendo que a liofilizada embalada em PE foi a que mais ganhou peso. No final do período de armazenamento observou-se maior luminosidade e $^\circ\text{Hue}$ nas amostras liofilizadas. Os teores de antocianinas e compostos fenólicos não variaram com relação aos tratamentos e períodos durante o armazenamento. No teste hedônico, não houve diferença estatística entre os tratamentos e os atributos testados (sabor, aroma, aparência, textura, cor, impressão global), indicando semelhança sensorial entre as tecnologias. Porém, na totalidade dos atributos, a amostra liofilizada apresentou valores médios acima dos obtidos pela atomizada. Concluiu-se que tanto os dois processos conferiram ao produto qualidade satisfatória e conservação durante 120 dias em temperatura ambiente ao abrigo da luz, sendo a embalagem de polietileno revestida com camada de alumínio a mais adequada para seu armazenamento.

Palavras-chave: Criodesidratação. Aspersão. Polietileno. Polietileno laminado. Umidade.

Abstract

This study aimed to evaluate the conservation and physico-chemical and sensory quality of juçara pulp dehydrated by spray and freeze drying, packaging on polyethylene (PE) and polyethylene-coated aluminum layer (PA). The dehydrated samples (25 g) were packed in PE and PA, and stored in the dark at room temperature. Were evaluated humidity (%), water activity (aw), moisture gain (%), instrumental color (L^* , $^{\circ}$ Hue, Chroma), anthocyanins, phenolic compounds, sensory (Hedonic) on days 1, 30, 60, 90 and 120 of storage. The data were submitted to Tukey test ($p < 0.05$) in triplicate. The lyophilized powders in PA showed lower moisture during storage, and the contained in PE, in both cases, were acquired more water. All samples exhibited increased aw during the storage, however, the lyophilized PA was the kinetics showed the lowest water absorption during storage. The gain of moisture during storage showed an increase in relation to treatments, beginning with the atomized and then, with lyophilized, and the lyophilized packaged in PE gained most weight. At the end of the storage period the lyophilized samples showed higher brightness and $^{\circ}$ Hue. The levels of anthocyanins and phenolic compounds did not vary regarding treatments and periods during storage. In hedonic test, there was no statistical difference between the treatments and the attributes tested (taste, aroma, appearance, texture, color, overall impression), indicating similarity between the sensory technologies. However, in all of the attributes, the lyophilized sample showed values higher than obtained by the spray dried. It was concluded that both the two cases gave satisfactory product quality and storage for 120 days at room temperature, protected from light, being a polyethylene-coated aluminum layer the most appropriate for storage.

Keywords: Freeze drying. Spray drying. Polyethylene. Polyethylene laminated. Moisture.

5.1 Introdução

A preservação de frutas e hortaliças por meio da secagem remonta muitos séculos e era baseada em técnicas de desidratação solar. Entretanto, a baixa qualidade e a contaminação do produto levaram ao desenvolvimento de técnicas alternativas do processo. Em 1795 foi criada, na França, a primeira máquina de desidratar vegetais por meios não naturais, mas sabe-se que os primeiros grandes impulsos ao desenvolvimento da indústria de alimentos desidratados ocorreram durante as Grandes Guerras Mundiais em razão da necessidade de alimentação para as tropas americanas na Europa. A partir daí, a desidratação de alimentos passou a ser estudada e interpretada como tecnologia possibilitando a obtenção de produtos de alta qualidade e excelente conservação (MELLONI, 2003; BEZYMA; KUTOVOY, 2005).

Esta técnica é definida como a extração deliberada e em condições controladas da água contida nos alimentos, tendo o material resultante conteúdo aquoso na maioria das vezes menor que 3% (PEREDA, 2005b).

A desidratação de frutas e hortaliças pode ser utilizada, também, para minimizar problemas de pós colheita, visto que tais produtos, na maioria das vezes, são altamente perecíveis por conterem mais de 80% de água em sua composição e que para sua manutenção são requeridas baixas temperaturas, dificilmente mantidas na cadeia de distribuição e comercialização (SAGAR; SURESH KUMAR, 2010).

Esse processo passou a ser muito utilizado pelas indústrias de polpas de frutas pelo fato de reduzir a deterioração, aumentar a estabilidade de armazenamento em condições ambientais, minimizar os requisitos de embalagem e peso de transporte, e concentrar princípios da matéria-prima, além de resultar em um produto de alto valor agregado. Ainda, por ser um processo alternativo para conservação de polpas de frutas, a desidratação abre novas possibilidades para seus usos em diferentes formulações de alimentos (GOMES FIGUEIRÊDO; QUEIROZ, 2004; RIGHETTO; NETTO, 2005).

Moraga et al. (2011) apontam para o interesse constante das indústrias em oferecer aos consumidores produtos que estimulem o consumo de frutas que sejam adaptadas tanto para as necessidades de segurança, quanto para os requisitos de qualidade sensorial e nutricional. Para alguns consumidores, comer frutas apresenta uma série de obstáculos, pois se deterioram rapidamente e algumas vezes não são simples de preparar (corte, descasque e retirada de sementes) antes de comer. Portanto, os alimentos desidratados são vantajosos perante aos frescos nestes aspectos, pois podem ser consumidos como um lanche ou usado como

ingrediente na formulação de outros produtos. Em alguns casos, a desidratação apresenta a vantagem adicional de colocar ao alcance do consumidor uma maior variedade de produtos alimentícios que podem ser disponibilizados fora da safra (PARK; BROD; BIN, 2002).

Os métodos de secagem mais aplicáveis aos alimentos incluem liofilização, vácuo, concentração osmótica, em estufa, cama fluidizada, leito de jorro, aquecimento ôhmico, microondas e atomização (GEORGE; CENKOWSKI; MUIR, 2004).

A escolha dos métodos de desidratação depende de fatores como o tipo de produto, disponibilidade do secador, custo da desidratação e qualidade final do produto seco. Possui como parâmetros críticos o consumo de energia e a qualidade final do alimento (SAGAR; SURESH KUMAR, 2010). Além disso, há os parâmetros de qualidade associados aos produtos alimentares secos, tão importantes quanto os últimos, que incluem a cor, o apelo visual, a forma do produto, o sabor, a carga microbiana, a retenção de nutrientes, a porosidade, a densidade, a textura, as propriedades de rehidratação, a atividade de água (aw); se é livre de pragas, insetos ou outros contaminantes e conservantes e, por último, ausência de manchas e odores indesejáveis (RATTI, 2005).

Diante dos fatos relatados, e por se tratar de um produto perecível que é pouco adequado ao armazenamento e ao transporte em condições sem refrigeração, a extração da água contida na polpa de juçara é indicada para melhor conservação das suas características físico-químicas, nutricionais e sensoriais.

5.1.1 Atomização

A técnica de atomização, também chamada de aspersão ou microencapsulação de alimentos, tem a função de proteger o material encapsulado de fatores que possam vir a causar sua deterioração, como o oxigênio, a luz e a umidade. Favorece o aumento da vida-útil, a manutenção do sabor, do aroma e da cor, diminui a volatilidade, a higroscopicidade e a reatividade, além de aumentar a estabilidade do produto em condições adversas e proteger contra perdas nutricionais (RÉ, 1998; TONON; BRABET; HUBINGER, 2010).

Seu objetivo global é conseguir a remoção mais rápida do líquido de um alimento, com um impacto negativo mínimo sobre o produto, sem danificar o meio envolvido, aos menores custos capitais e operacionais (HALL, 1996). Conforme Soares et al. (2005),

produtos secos por aspersão são valorizados devido à sua elevada estabilidade química e microbiológica, associados à maior facilidade de transporte e de armazenamento.

Gava (1978) descreveu os atomizadores como equipamentos nos quais a secagem se faz por pulverização em processo contínuo e nos quais um líquido ou pasta é transformado em produto seco, caracterizando-se pelo tempo de secagem relativamente mais curto que nos outros secadores.

De maneira resumida, o processo de secagem por atomização de alimentos consta de três etapas: inicia-se com a dispersão do fluido em gotículas com o objetivo de produzir grande área superficial; na segunda etapa ocorre o contato destas com uma corrente de ar aquecido, havendo transferência de calor; por fim, em consequência do aquecimento, o solvente é evaporado, ocasião em que as partículas sólidas são formadas, então o produto seco é transportado por uma outra corrente de ar, sendo posteriormente coletado (OLIVEIRA; PETROVICK, 2010).

Em suma, de acordo com Oliveira e Petrovick (2010), são algumas vantagens do processo: controle da uniformidade e do tamanho das partículas do produto pela manipulação das variáveis do processo; processo contínuo, podendo ser alteradas as condições de operação sem necessidade de interrupção; rapidez e rendimento, pois a evaporação do fluido ocorre em segundos; baixa agressividade ao produto, o que o faz apropriado para produtos termossensíveis devido ao curto tempo de contato com a fonte de calor; as partículas resultantes apresentam forma esférica uniforme e uma rápida dissolução, devido à grande área específica. Quanto às desvantagens são levantadas: equipamento de grandes dimensões, necessitando de muito espaço para instalação; e custo inicial alto de investimento e instalações.

As características finais do produto em pó obtido em um processo de secagem por atomização dependem de algumas variáveis do processo tais como características do líquido atomizado (viscosidade, tamanho de partículas, taxa de fluxo), tipo e mecanismo de funcionamento do atomizador e das características do ar de secagem. A otimização do processo é importante para se obter produtos com melhor qualidade sensorial, nutricional e melhor rendimento no processo (TONON; BRABE; THUBINGER, 2008).

Sucos de frutas obtidos por atomização podem ter problemas em suas propriedades como higroscopicidade, viscosidade e solubilidade, devido à presença de açúcares de baixo peso molecular e de ácidos que possuem baixa temperatura de transição vítrea (BHANDARI, 1993). Estes componentes podem ficar presos na parede da câmara do atomizador durante a

secagem, acarretando em um baixo rendimento operacional. Aos produtos destinados a esse processo, podem ser adicionados agentes carreadores como maltodextrinas e goma arábica. Estes compostos possuem alto peso molecular e têm a função de aumentar a temperatura de transição vítrea do alimento fluido, visando evitar problemas operacionais, bem como impedir as transformações estruturais como colapso e cristalização durante o processamento e armazenamento do produto em pó (TONON; BRABET; HUBINGER, 2010).

Entretanto, Tonon, Brabet e Hubinger (2008) ao estudarem a concentração de maltodextrina no rendimento da atomização de polpa de açaí, não obtiveram resultados satisfatórios. A maltodextrina adicionada ao produto exibiu efeito negativo no rendimento do processo, provavelmente devido à viscosidade da mistura. O aumento da viscosidade pode causar acréscimo de sólidos que se aderem na parede da câmara, causando o baixo rendimento. Portanto, a adição de agentes carreadores pode não ser indicada para a polpa de juçara, por se tratar de produto muito semelhante ao açaí.

Oliveira et al. (2007) avaliaram a influência de diferentes concentrações de maltodextrina sobre as características sensoriais de sucos de maracujá e de abacaxi em pó reconstituídos. Verificaram que a adição de 10% de maltodextrina foi adequada para a obtenção de suco de abacaxi de boa qualidade, mas para o de maracujá o resultado não foi adequado.

Mais uma vez, ao serem estudadas diferentes concentrações de maltodextrina em produto em pó de amora-preta através da atomização, os autores Fazaeli et al. (2012) e Ferrari, Ribeiro e Aguirre (2012), em trabalhos distintos, perceberam que maiores concentrações de agente carreador provocaram efeito de diluição dos pigmentos antociânicos presentes na amostra, havendo perda de nutrientes e da cor do produto.

Outro fator de influência no processo de atomização é a temperatura do ar de entrada, que é determinante na qualidade do produto obtido. O aumento na temperatura do material de entrada facilita o processo de secagem, pois normalmente reduz a tensão superficial e a viscosidade, facilitando a formação de gotículas (SOARES, 2002). A umidade do produto final de secagem é determinada pela temperatura de saída, que por sua vez é dependente da temperatura de entrada. A temperatura do produto aspergido estará aproximadamente 20°C abaixo da temperatura de saída (DE CAMPOS, 1996; AULTON, 2002).

Com o propósito de desenvolver suco em pó de melão cantaloupe e avaliar suas propriedades nutricionais e físico-químicas, Solval et al. (2012) concluíram que o produto

pode ser produzido utilizando maltodextrina como agente carreador, e que o pó produzido na temperatura de entrada 170°C apresentou teor superior de β -caroteno.

Vardin e Yasar (2012) verificaram, ao estudar a tecnologia de atomização em suco de romã concentrado, que a temperatura de entrada do fluido no atomizador é a responsável pelas alterações físico-químicas do pó resultante. Os dados obtidos indicaram que o aumento da temperatura do ar de admissão aumenta o tempo de solubilidade e perda de antocianinas, e diminui a densidade e teor de umidade do pó.

Em suco de maracujá desidratado por atomização e acondicionado em embalagens laminadas, do ponto de vista físico, o período seguro para seu armazenamento foi de 120 dias a 30°C e de 60 dias a 40°C, sendo que em ambas os produtos se mantiveram microbiologicamente estáveis (ENDO et al., 2007).

A maioria dos medicamentos fitoterápicos registrados no Brasil apresenta-se sob a forma farmacêutica sólida, utilizando extratos secos como principal matéria prima ativa. A técnica de secagem por aspersão (ou atomização) tem sido amplamente aplicada na obtenção de extratos secos com melhores características tecnológicas e maior concentração de constituintes com atividade biológica (OLIVEIRA; PETROVICK, 2010).

5.1.2 Liofilização

A liofilização, ou criodesidratação, é um dos melhores métodos de remoção de água que resulta em um produto final de alta qualidade. Em breve definição, o processo é a sublimação do gelo contido no alimento congelado, em que a água passa do estado sólido ao estado gasoso em condições de pressão e temperatura adequadas na câmara do liofilizador. Devido à temperatura muito baixa, toda a atividade de deterioração e microbiológica são interrompidas, proporcionando melhor qualidade ao produto final (SAGAR; SURESH KUMAR, 2010). Como não há a utilização do calor durante o processo, as características nutricionais, físico-químicas e sensoriais do produto final são muito similares as do alimento fresco.

Por trabalhar com baixas temperaturas e, geralmente sob vácuo, esse processo é recomendado para materiais termossensíveis como os biológicos (fungos, enzimas, tecidos), os farmacêuticos (antibióticos, vacinas, soros) e alimentos (sucos, carnes, frutas e hortaliças),

gerando produtos de qualidade superior quando comparados ao obtidos em outras técnicas de secagem (MARQUES, 2008).

A alta qualidade, redução de peso e rehidratação instantânea são as principais vantagens de alimentos liofilizados, enquanto que os secos por ar quente são texturalmente duros, exigem longo tempo de embebição ou cosimento e possuem má aparência. Porém, a liofilização é cara comparada a outros métodos de secagem, devido ao longo período de secagem e custo elevado do equipamento (PHANINDRA KUMAR et al., 2001).

A secagem com ar quente geralmente destrói a estrutura celular e, assim, a desidratação demora mais tempo, enquanto que, devido ao estado sólido da água durante o processo de liofilização, ocorre proteção da estrutura principal da célula e da forma dos produtos mantendo-as quase intactas e com elevada porosidade (SAGUY; MARABI; WALLACH, 2004).

A liofilização é restrita principalmente às indústrias porque requer pessoas qualificadas e custos mais altos de investimentos. Em contraste, a secagem por convecção de ar quente exige pequenos investimentos, sendo indicada para pequenos produtores e pequenas indústrias (RATTI, 2001).

A desvantagem do processo, de acordo com Pereda et al. (2005b), é a velocidade lenta de desidratação, bem como dos custos elevados do equipamento e da operação. Conforme Sablani (2006), outro senão da liofilização é o fato dos alimentos secos por sublimação serem mais susceptíveis à oxidação lipídica que os produtos desidratados com ar aquecido, em virtude da alta porosidade dos primeiros. Outrossim, por serem mais porosos, nos liofilizados há a facilidade de transferência do oxigênio que promove a rápida oxidação dos pigmentos.

Marques, Ferreira e Freire (2007) observaram que, a capacidade de rehidratação da acerola em pó foi maior por causa das amostras não terem sofrido ruptura celular no congelamento rápido, preservando os lipídeos e pigmentos do contato com o oxigênio e, conseqüentemente, da oxidação..

Krokida, Maroulis e Saravacos (2001) estudaram a qualidade de maçã, batata, banana e cenoura desidratadas por diferentes métodos, sendo eles: convecção (ar quente), vácuo, microondas, liofilização e concentração osmótica. Verificou-se que o ar, o vácuo e o microondas causaram escurecimento extensivo nos vegetais secos, enquanto que a liofilização preservou a cor original dos produtos, resultando em alimento com melhores características.

Ao desidratarem polpa de mangaba em liofilizador, Santos et al. (2012) verificaram que o processo provocou diminuição significativa no teor de umidade, entretanto, o teor de cinzas, pH e sólidos solúveis não foram alterados. Pesquisas em sapoti liofilizado atestam que o pó deste fruto é fonte de minerais, destacando-se os elementos potássio, sódio e fósforo; além de apresentar boas características físicas de cor e de fluidez (OLIVEIRA; AFONSO; COSTA, 2011).

Singh et al. (2006) observaram que a desidratação em baixa temperatura provocou danos mínimos em hortaliças folhosas durante a secagem, e assim manteve mais nutrientes que os produtos desidratados em outros secadores.

Menezes, Torres e Srur (2008) avaliaram polpa de açaí liofilizada; as determinações analíticas mostraram que esse produto na forma de pó é um alimento altamente calórico ($489,39 \text{ kcal } 100 \text{ g}^{-1}$), o teor de carboidratos totais foi de 42,53% e o de proteínas foi de 8,13 g por 100 g de açaí liofilizado, segundo os autores, esse processo pode ser considerado como uma excelente alternativa de conservação, devido à presença de importantes componentes nutricionais encontrados no produto final.

Em goiaba desidratada pelos métodos de secagem com ar quente e liofilização, foi verificado que a amostra liofilizada apresentou conteúdo residual de vitamina C e exibiu atividade antioxidante *in vitro* maior que a amostra seca por ar quente. A umidade do produto liofilizado foi de 2,75%, enquanto que o outro apresentou 5,37%. A análise sensorial mostrou características semelhantes entre ambos, sendo satisfatoriamente aceitos pelos consumidores como produtos com valor agregado (OSORIO; CARRIAZO, 2011).

5.1.3 Atividade de água (aw)

Quase todos os processos de deterioração que ocorrem nos alimentos são influenciados pela mobilidade e concentração de água (LE PAGE; MIRADE; DAUDIN, 2010), de modo que é necessário o controle da umidade e da atividade de água nos alimentos. O principal propósito da desidratação é aumentar a estabilidade dos mesmos através da diminuição da atividade de água, promovendo, assim, a inibição do crescimento microbiano e da atividade enzimática (FELLOWS, 1990).

O teor de água disponível para o crescimento microbiano é importante no estudo de vida útil de alimentos desidratados. O termo atividade de água indica a intensidade das forças

que unem a água com outros componentes não aquosos e, conseqüentemente, a água disponível para o crescimento de microrganismos que os possibilitem realizar diferentes reações químicas e bioquímicas (PEREDA, 2005a).

A atividade de água de um produto está diretamente relacionada com o crescimento e a atividade metabólica dos microrganismos e com as reações hidrolíticas. Graças a esse conceito, é possível calcular o processo de conservação e desidratação, além de planejar produtos mais estáveis. Alta a_w indica mais água livre disponível para as reações bioquímicas e microbiológicas e, desta maneira, vida útil mais curta do produto (PEREDA, 2005a).

Alimentos secos são considerados seguros com relação aos riscos microbianos, porque existe uma atividade de água crítica abaixo da qual não há como os microrganismos crescerem. As bactérias patogênicas não crescem abaixo de 0,85-0,86 a_w , enquanto que leveduras e bolores são mais tolerantes a a_w menor que 0,80. Normalmente nenhum crescimento ocorre abaixo de 0,62 a_w (SABLANI, 2006). É importante ressaltar que a diminuição da a_w inibe o crescimento microbiano, mas não resulta em um produto estéril, sendo que esporos de microrganismos podem ser problemáticos em produtos rehidratados (SAGAR; SURESH KUMAR, 2010).

A velocidade das reações químicas, enzimáticas e não enzimáticas, também é dependente da atividade água do produto. Em a_w diminuta, a velocidade das reações fica mais lenta, e em valores entre 0,2 e 0,3 a_w cessa completamente. Ocorre exceção para a oxidação lipídica, em que a velocidade de reação é mínima nesses valores, mas aumenta quando a a_w diminui mais ainda. Portanto, há máxima estabilidade dos alimentos quando a a_w está naquela faixa de valores (PEREDA, 2005a).

5.1.4 Embalagens

Produtos submetidos à secagem, embora se beneficiem do retardo no crescimento de microrganismos e da elevação do tempo de conservação, necessitam nas fases de transporte e armazenamento, de embalagens adequadas que mantenham as características do produto obtidas na secagem (EVANGELISTA, 1992). A polpa de juçara contém alta concentração de compostos fenólicos, principalmente de pigmentos antociânicos, e sua susceptibilidade à degradação depende, dentre outros fatores, do tempo e condições de armazenamento (luz e oxigênio), podendo ser afetada pelo tipo de embalagem utilizada.

Em produtos alimentícios armazenados, o tipo de embalagem empregada influencia as reações metabólicas, diminuem o seu ritmo por meio da modificação do microclima criado em seu interior, constituindo-se em uma barreira que impede ou dificulta o contato entre o ambiente externo e o produto (GARCIA; PADULA; SARANTÓPOULOS, 1989).

Devido ao baixo custo e aplicação diversificada, muitas opções de embalagens plásticas flexíveis, semirrígidas e rígidas estão disponíveis no mercado, com diferentes características de barreira. Os principais plásticos usados são o polipropileno, poliestireno, cloreto de polivinila, polietileno tereftalado, polietileno de alta densidade e o polietileno de baixa densidade. O polietileno tem baixa permeabilidade à água, excelente características de isolamento elétrico, resistente a ácidos, álcalis e solventes orgânicos, facilidade de soldagem, e grande resistência à tração, também, dentre os plásticos mais utilizados é o de menor custo, que o torna aplicável a um elevado número de opções de embalagens (CABRAL et al., 1980; EVANGELISTA, 1992; PIERGIOVANNI, 1998).

Os laminados são embalagens compostas em que são sobrepostos filmes plásticos, de alumínio, papel ou papelão e outro filme plástico, os quais têm sido mais efetivos em relação as de polietileno no prolongamento da vida útil de sucos desidratados, devido à maior proteção contra a oxidação e absorção de umidade (BOBBIO; BOBBIO, 1992, ENDO et al., 2007).

Ao ser estudado o teor de ácido ascórbico de polpa de umbu em pó produzida pela técnica “foam mat” durante armazenamento de 60 dias em embalagens de polietileno e polietileno laminadas em condições ambientais, Galdino et al. (2003) observaram que na embalagem laminada os valores ficaram inalterados; enquanto que na outra houve diminuição do teor do composto a partir do 10º dia de armazenamento.

Pena, Mendonça e Almeida (2010) estabeleceram que, para o acondicionamento e armazenamento adequado de açaí em pó, o produto deve ser armazenado em embalagens com baixa permeabilidade ao vapor de água e impermeáveis ao ar e à luz para preservar as antocianinas. Recomenda-se, também, a utilização de embalagens com barreira metálica e embalagem a vácuo ou em atmosfera de Nitrogênio.

De acordo com Aguirre e Gasparino Filho (2000), polpa de acerola liofilizada acondicionada em embalagem aluminizada e estocada sob condições ambientais apresentou boa estabilidade quanto à cor e ao teor de vitamina C, após seis meses as perdas verificadas para ambas características foram da ordem de 10%.

5.2 Objetivos

Este trabalho objetivou avaliar a conservação e a qualidade físico-química e sensorial de polpa de juçara desidratada pelos processos de atomização e liofilização, em embalagens de polietileno e polietileno revestido com camada de alumínio.

5.3 Materiais e Métodos

As etapas de coleta, transporte, despolpa dos frutos e embalagem da polpa de juçara seguiram o mesmo modelo descrito no Capítulo “Composição físico-química, mineral e lipídica da polpa de juçara” (vide item 2.3). A polpa de juçara embalada em bolsas de polietileno foi mantida sob congelamento (-18°C) até o momento dos processos de atomização e liofilização.

O processo de desidratação por atomização da polpa de juçara foi realizado na empresa Guapirama Agroindústria Ltda (Guapirama, PR). Foram transportados até a empresa vinte litros de polpa congelada (20 unidades de amostras embaladas em bolsas de polietileno com capacidade de 1 L) acondicionada em caixas de poliestireno expandido em veículo particular, tendo a viagem totalizado cinco horas. A desidratação foi realizada em atomizador com corrente de ar quente na entrada 215°C e na saída 81°C . O produto desidratado, embalado em bolsa de polietileno transparente com 1,6 kg de pó e mantido em temperatura ambiente, foi enviado para o Laboratório de Frutas e Hortaliças (ESALQ/USP), através dos Correios.

A liofilização da polpa de juçara foi realizada na empresa Liotécnica – Tecnologia em Alimentos, situada na cidade de Embu (SP). Vinte e cinco litros de polpa de juçara congelada (25 unidades de amostras embaladas em bolsas de polietileno com capacidade de 1 L) foram acondicionados em caixas de poliestireno expandido e transportados até a empresa em veículo particular, tendo a viagem de Piracicaba a Embu totalizado duas horas. O produto desidratado, embalado a vácuo em embalagem laminada que continha 2,4 kg de pó e mantido em temperatura ambiente, foi enviado para o Laboratório de Frutas e Hortaliças (ESALQ/USP), por meio dos Correios.

Para a realização do experimento, as amostras desidratadas por atomização e liofilização foram retiradas dos invólucros iniciais e acondicionadas em embalagens de polietileno (24 x 18 x 0,20) e polietileno revestido com camada de alumínio (23 x 17 x 0,15), que foram cedidas pela empresa Embaquim Ind. e Com. Ltda (São Paulo, SP). Nestas embalagens foram colocados aproximadamente 25 g de produto desidratado, termo seladas em equipamento Mack Solda (Bauru, SP, Brasil) e armazenadas ao abrigo da luz em temperatura ambiente. Para o controle da umidade relativa (UR%) e da temperatura (T°C) do ambiente durante o período de armazenamento da polpa de juçara desidratada utilizou-se termo-higrômetro TFA (Alemanha), sendo a UR% e a T°C da polpa atomizada 48,63% e 27°C, e da polpa liofilizada 53,4% e 27°C (Figura 1).

Figura 1 - Umidade relativa (%) e temperatura de armazenamento (°C) durante o período de armazenamento das amostras de polpa de juçara Atomizadas e Liofilizadas

As avaliações físico-químicas e sensoriais das amostras desidratadas foram realizadas nos períodos 1, 30, 60, 90 e 120 dias de armazenamento (Figura 2).

Figura 2 - Fluxograma do processamento dos frutos, atomização e liofilização, e acondicionamento da polpa de juçara em pó

5.3.1 Análises de qualidade da polpa de juçara atomizada e liofilizada

5.3.1.1 Análises microbiológicas

Foram realizadas as avaliações microbiológicas exigidas pela RDC n°12 da ANVISA (BRASIL, 2001) para polpa de frutas concentradas ou não, com ou sem tratamento térmico, refrigeradas ou congeladas.

i Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes

Os coliformes totais e termotolerantes foram determinados pelo método do NMP, através da técnica dos Tubos Múltiplos de acordo com Downes e Ito (2001) (vide item 3.4.1.1).

ii Pesquisa da presença de Salmonella spp

Para a detecção de *Salmonella* spp, foi utilizado o kit “1-2 test”, fabricado pela Bio Control/USA, método oficial aprovado pela Association of Official Analytical Chemists Internacional (AOAC, 2000) (vide item 3.4.1.1).

5.3.1.2 Análises físico-químicas

As avaliações físico-químicas foram realizadas em triplicata de amostras, e com réplica de cada avaliação para cada amostra, desta maneira assegura-se resultados confiáveis.

i Umidade (%)

Utilizou-se o método gravimétrico 925.45B (44.1.03) da AOAC (2005), a partir do qual determinou-se a perda de massa do produto desidratado, submetido a aquecimento a 105°C em estufa com circulação de ar (FANEM, São Paulo/SP) até massa constante. Os resultados foram expressos em porcentagem de umidade na massa seca.

ii Atividade de água (aw)

Determinada em equipamento Aqualab 4TE - Water Activity Meter da marca Decagon Devices (Pullman, WA, Estados Unidos da América).

iii Ganho de umidade (%)

Foram colocados 5 g de produto desidratado nas embalagens, cujas massas eram conhecidas, e foram termo seladas e pesadas em balança analítica. Identificou-se cada uma, e em todos os períodos de avaliação aferiu-se o peso de todas elas. O ganho de umidade foi calculado com base nos valores iniciais de cada tipo de embalagem, e expressos em porcentagem com relação ao período anterior.

iv Cor instrumental

Os valores Luminosidade (L^*), ângulo de cor Hue (tonalidade da cor em graus), e Cromaticidade (saturação da cor) foram medidos utilizando-se o colorímetro Chroma Meter CR-400 de 8 mm de diâmetro e iluminante padrão CIE C, da marca Konica Minolta Sensing (Tokio, Japão). O aparelho foi previamente calibrado em superfície branca de acordo com a Comissão Internacional de Iluminação (CIE 1976 L^* , a^* , b^* – CIELAB) utilizando o iluminante padrão CIE C (KONICA MINOLTA, 1998).

v Antocianinas totais

Para a realização da análise de antocianinas totais, as amostras desidratadas de polpa de juçara foram reconstituídas na proporção 1:9, ou seja, uma parte de pó para nove partes de água destilada, e homogeneizadas. A partir destas, o composto foi determinado pela técnica de diferença de pH, de acordo com o método nº 2005.02 da AOAC (2005) (vide item 2.3.7). Os resultados são dados em mg de equivalente cianidina 3-glicosídeo 100 g^{-1} de polpa de juçara desidratada.

vi Compostos fenólicos totais

Avaliados com base nas amostras reconstituídas (vide item v), e quantificadas através do método desenvolvido por Singleton e Rossi (1965), com resultados finais expressos em mg de ácido gálico 100 g^{-1} de polpa de juçara desidratada (vide item 2.3.8).

5.3.1.3 Análise sensorial - teste de aceitação com escala hedônica

A análise sensorial das polpas desidratadas por atomização e liofilização foi desenvolvida no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, da ESALQ/USP. Para a sua realização, o produto desidratado foi reconstituído na proporção 1:9, ou seja, uma parte de pó para nove partes de água mineral, e homogeneizado em liquidificador doméstico Walita (Brasil). Ao produto reconstituído adicionou-se 10% em peso de banana nanica e mais 10% em peso de açúcar refinado.

Utilizou-se o teste de aceitação com escala hedônica estruturada mista de sete pontos, de acordo com Meilgaard, Civille e Carr (1991), e foi realizado nas condições descritas no experimento anterior (vide item 4.3.1.3).

As sessões de análise sensorial foram realizadas separadamente para cada tipo de amostra desidratada, isto é, as amostras preparadas a partir das polpas de juçara desidratadas por atomização e por liofilização não foram servidas em conjunto, recebendo cada provador duas amostras. As avaliações foram executadas nos períodos 1, 30 e 60 dias de armazenamento.

5.3.2 Análise estatística dos resultados

O delineamento experimental empregado foi o fatorial. Relacionaram-se dois tratamentos de polpa de juçara (atomizada e liofilizada). Dois tipos de embalagens (polietileno e polietileno revestido com camada de alumínio) e cinco períodos de armazenamento (1, 30, 60, 90, 120 dias) com triplicata de amostras para as avaliações físico-químicas e três períodos de armazenamento (1, 30, 60 dias) para as avaliações sensoriais.

Os resultados referentes às análises físico-químicas e sensoriais da polpa de juçara foram avaliados através do programa Statistical Analysis System modelo 9.2 (SAS, 2005) e submetidos à análise de variância (ANOVA) para o teste F. O desvio padrão das médias foi calculado e a diferença estatística das médias, ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$), foi determinada pelo teste de Tukey.

5.4 Resultados e Discussão

5.4.1 Qualidade microbiológica

As amostras de polpa de juçara congeladas encontraram-se dentro dos padrões legais vigentes pela RDC nº12 da ANVISA (BRASIL, 2001) com relação aos coliformes termotolerantes e *Salmonella* spp, indicando, portanto, que o produto apresentou condições sanitárias satisfatórias.

5.4.2 Qualidade físico-química

5.4.2.1 Teor de umidade

A polpa de juçara atomizada e embalada em bolsa com camada de alumínio (AA) apresentou aumento da umidade, correspondente a 36,8% até o 60º dia de armazenamento, e diminuição nos próximos períodos, com menor valor no último dia de avaliação. A outra amostra atomizada (AP) teve cinética parecida com a AA, exibindo aumento até os 90 dias, sem diferença estatística ($p < 0,05$) até este período, e decréscimo da umidade aos 120 dias (Tabela 1). O fato da umidade das amostras ter aumentado até o 60º dia pode estar relacionado com o também acréscimo da umidade relativa do meio em que elas estavam guardadas durante este intervalo de tempo (Figura 1, vide ítem 5.3).

Tabela 1 – Teor de umidade (%) de polpas de juçara desidratadas por atomização e liofilização, em dois tipos de embalagens e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, $n=3$)

Tratamentos	Períodos (dias)				
	1	30	60	90	120
AA	3,15 $\pm$ 0,020 Bb	3,87 $\pm$ 0,036 ABa	4,31 $\pm$ 0,010 Ab	4,01 $\pm$ 0,004 ABb	2,33 $\pm$ 0,188 Cb
AP	3,21 $\pm$ 0,003 Bb	4,68 $\pm$ 0,287 Aa	4,65 $\pm$ 0,082 Ab	4,55 $\pm$ 0,206 Ab	2,66 $\pm$ 0,042 Bb
LA	0,69 $\pm$ 0,296 Ca	1,39 $\pm$ 0,451 Cb	4,25 $\pm$ 0,644 Ab	3,70 $\pm$ 0,751 ABb	2,82 $\pm$ 0,584 Ba
LP	0,50 $\pm$ 0,053 Ca	1,46 $\pm$ 0,316 Cb	6,04 $\pm$ 0,541 Aa	6,00 $\pm$ 0,175 Aa	4,24 $\pm$ 0,279 Ba
CV	9,87%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; AA=polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno revestida com alumínio; AP=polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno; LA=polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno revestida com alumínio; LP=polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno.

Nota: 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.

Pelo mesmo motivo citado anteriormente, houve aumento da umidade nas amostras liofilizadas até o 90º dia de armazenamento e decréscimo dos valores, como ocorrido nas atomizadas, no último período. Verificou-se nos liofilizados armazenados em bolsa com camada de alumínio (LA) valores de umidade 81,4% menores que os embalados em bolsa de polietileno (LP) no primeiro período, sendo que a taxa de aumento da amostra LA entre os dias 1 e 30 foi de duas vezes. O produto LP, em relação ao LA, mostrou proporção menor de

aumento da umidade até o segundo período de análises, no entanto, a partir do 60º dia de armazenamento houve acréscimo de 313% nos números (Tabela 1).

Entre os períodos avaliados vê-se que, na maioria, houve diferença estatística entre os dois processos de desidratação ($p < 0,05$), onde os atomizados mantiveram-se iguais entre si, ocorrendo o mesmo entre os liofilizados (Tabela 1). Não foi observada, em nenhum tratamento, a formação de aglomerados nos produtos até o final do experimento. Com base nesses dados foi possível observar que os pós liofilizados em bolsa com camada de alumínio apresentaram menor teor de umidade durante o armazenamento, e que o produto contido na embalagem de polietileno, nos dois processos, foi o que adquiriu mais água.

Resultado semelhante ao encontrado em polpa de juçara desidratada por atomização e liofilização foi obtido por Endo et al. (2007). Estes autores avaliaram suco de maracujá desidratado por atomização, embalado em bolsa de polipropileno biorientado metalizado e armazenado durante 180 dias a 30°C. Verificaram que até 120 dias houve acentuada absorção de água pelo produto (121,3%) seguido de decréscimo aos 180 dias. Aos 60 dias de armazenamento a umidade do maracujá em pó (4,00%) estava próxima à atingida em polpa de juçara atomizada em embalagem laminada (4,31%). Os pesquisadores afirmam que o aumento da umidade pode ser devido à falha de selagem das embalagens laminadas, que embora a sua permeabilidade seja baixa e recomendada pela literatura para uso em alimentos desidratados, sua soldagem é difícil e pode comprometer a hermeticidade da embalagem, permitindo alguma absorção de água durante o armazenamento.

Açaí em pó obtido pelo processo de atomização foi estudado pelos autores Silva, Silva e Pena (2008) e Pena, Mendonça e Almeida (2010) que avaliaram o teor de umidade dos produtos. Os valores encontrados em polpa de juçara atomizada estão abaixo do obtido pelo primeiro autor (5,04%) e acima do verificado pelo segundo (3,1%), estas diferenças podem ter relação com a temperatura do ar de entrada utilizada em cada experimento, pois é sabido que quanto maior é a temperatura de secagem, menor é a umidade final do pó. Em altas temperaturas a força motriz para evaporação de água é maior, fazendo com que os pós tenham menor teor de umidade (TONON; BRABET; HUBINGER, 2008). Entretanto, Tonon, Brabet e Hubinger (2009) observaram em polpa de açaí atomizada com 20% de maltodextrina, 0,66% de umidade no produto em pó quando a temperatura do ar de entrada foi de 202°C, menor que a utilizada na polpa de juçara (215°C).

Em açaí liofilizado e acondicionado em bolsa de polietileno revestida com folha de alumínio Menezes, Torres e Srur (2008) obtiveram 4,92% de umidade do pó, valor acima dos

encontrados em polpa de juçara liofilizada. Umidade superior à da polpa de juçara liofilizada foi vista por Menezes et al. (2009), que ao avaliarem polpa de acerola verde liofilizada acondicionada em bolsa de polietileno de baixa densidade em temperatura ambiente durante 180 dias mostrou umidade inicial de 10,67%, exibindo variações no teor de umidade nos períodos avaliados, havendo aumento significativo ao final do tempo de armazenamento.

Oliveira, Afonso e Costa (2011) apuraram umidade de 12,3% em pó de sapoti liofilizado, sendo tal valor mais de vinte vezes maior que os encontrados em polpa de juçara liofilizada no primeiro período de avaliação. Resultados mais próximos aos da juçara desidratada foram obtidos por Corrêa et al. (2011), que ao avaliarem marolo desidratado através de liofilização e secagem convectiva de ar, verificaram que o pó liofilizado apresentou 3,6% de umidade, e o outro 4,2%, não havendo diferença estatística ($p < 0,05$) entre eles. Mais um trabalho apresentou dado de umidade que concorda com o da juçara liofilizada, em que polpa de graviola liofilizada continha 2,1% de água (CAVALCANTI MATA, 2005).

5.4.2.2 Atividade de água (a_w)

Todas as amostras desidratadas exibiram aumento da atividade de água (a_w) com o decorrer do período de armazenamento, contudo, tal efeito foi diferente em cada tratamento. Entretanto, analisando-se os dados da Tabela 4, observa-se que o melhor tratamento em relação à a_w , foi o liofilizado armazenado em embalagem de alumínio, pois foi o que obteve a menor cinética de absorção de água durante o período armazenado.

Analizando-se o tempo total transcorrido (120 dias), o acréscimo da a_w foi de 20,0% no pó atomizado embalado em bolsa com alumínio e de 36,6% no embalado em bolsa de polietileno. Fazendo-se a mesma relação para o produto liofilizado, viu-se que a a_w do acondicionado em bolsa com alumínio aumentou em 257,3% e do outro em 276,5%. Verifica-se, portanto, que a polpa de juçara liofilizada é altamente higroscópica quando comparada ao pó atomizado e que, além disso, conforme visto na análise de umidade (%), a embalagem de polietileno foi menos efetiva contra a aquisição de água pelas amostras (Tabela 2).

Entre os períodos de avaliação, a cinética dos tratamentos foi semelhante à da discutida na análise de umidade (%). Entre o primeiro dia e o 30º, as amostras atomizadas elevaram sua a_w em uma vez, enquanto que as liofilizadas dobraram tal valor. Excetuando-se o primeiro período, em que houve diferença estatística entre os processos de desidratação e semelhança entre os tipos de embalagem ($p < 0,05$), nos demais o maior valor da a_w foi

evidenciado pela amostra liofilizada em embalagem de polietileno (LP), ultrapassando o nível de segurança de crescimento microbiano (0,6) no último período de armazenamento. Os demais valores encontrados de a_w nas amostras de polpa de juçara desidratada estavam dentro do intervalo de segurança alimentar (Tabela 2).

Tabela 2 – Atividade de água de polpas de juçara desidratadas por atomização e liofilização, em dois tipos de embalagens e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=3)

Tratamentos	Períodos (dias)				
	1	30	60	90	120
AA	0,374 $\pm$ 0,000 Ba	0,394 $\pm$ 0,004 ABb	0,405 $\pm$ 0,005 ABb	0,419 $\pm$ 0,006 ABbc	0,451 $\pm$ 0,004 Ac
AP	0,374 $\pm$ 0,001 Ca	0,413 $\pm$ 0,001 BCb	0,442 $\pm$ 0,002 Bb	0,460 $\pm$ 0,011 ABb	0,511 $\pm$ 0,004 Ab
LA	0,157 $\pm$ 0,012 Cb	0,332 $\pm$ 0,011 Bc	0,389 $\pm$ 0,011 Bb	0,375 $\pm$ 0,041 Bc	0,561 $\pm$ 0,067 ABa
LP	0,162 $\pm$ 0,018 Db	0,475 $\pm$ 0,013 Ca	0,514 $\pm$ 0,009 BCa	0,554 $\pm$ 0,005 ABa	0,610 $\pm$ 0,008 Aa
CV	4,62%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; AA=polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno revestida com alumínio; AP= polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno; LA= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno revestida com alumínio; LP= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno.

Nota: 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.

Resultado parecido com o observado em polpa de juçara desidrata foi obtido por Lisbôa, Figueirêdo e Queiroz (2012) ao estudarem polpa de figo-da-índia em pó obtido pelo processo “foam-mat” que apresentou aumento da aw ao longo do período de armazenamento (100 dias).

Em suco de acerola verde adicionado de maltodextrina e submetido à atomização, Righetto e Netto (2005) verificaram que a aw inicial das amostras variou entre 0,199 e 0,292, que são valores abaixo dos obtidos em polpa de juçara. Os autores observaram viscosidade em pós com aw a 0,43 e aglutinação a 0,5, além disso, liquefação foi encontrada em amostras armazenadas em umidade relativa maior que 75%. Tais efeitos não foram observados em polpa de juçara atomizada, os quais podem ter sido decorrentes da utilização de temperatura de entrada (120°C) menor que a da juçara (215°C), acarretando em pó altamente higroscópico, e também pelo fato de não terem sido acrescentados agentes carreadores à juçara.

Vardin e Yasar (2012) obtiveram em suco de romã atomizado aw variando entre 0,10 e 0,18, que são números quase três vezes menores aos vistos no primeiro período em polpa de juçara atomizada. Os autores indicam que a temperatura do ar de entrada foi o fator mais importante que afetou a aw, a deixando com valores ínfimos. Dados parecidos a estes, que oscilaram entre 0,15 e 0,19 foram encontrados por Solval et al. (2012) em suco de melão cantaloupe atomizado.

Marolo liofilizado apresentou, na publicação de Corrêa et al. (2011) aw 0,163, valor que está próximo ao do obtido em polpa de juçara liofilizada no primeiro período de avaliação. Ao avaliarem técnicas de desidratação em *cranberries*, Beaudry et al. (2004) verificaram que a liofilização proporcionou aw inferior a 0,7, não havendo diferença significativa com relação aos demais processos estudados, como a secagem a vácuo, e ar quente seguida de microondas.

5.4.2.3 Ganho de umidade

Na avaliação de ganho de umidade durante o armazenamento do produto desidratado e embalado observou-se um acréscimo desse valor em relação aos tratamentos, se iniciando com os atomizados e, a seguir, com as amostras liofilizadas, sendo que a liofilizada embalada em bolsa de polietileno foi a que mais ganhou peso. Estes resultados concordam com os discutidos nas avaliações de umidade (%) e atividade de água (Tabela 3).

Tabela 3 – Ganho de umidade (%), a cada intervalo, em polpas de juçara desidratadas por atomização e liofilização, em dois tipos de embalagens e armazenadas por diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=3)

Tratamentos	Períodos (dias)				
	1	30	60	90	120
AA	0,00 $\pm$ 0,000 Aa	0,293 $\pm$ 0,006 Ab	0,241 $\pm$ 0,022 Ab	0,399 $\pm$ 0,033 Aa	0,292 $\pm$ 0,028 Aa
AP	0,00 $\pm$ 0,000 Aa	0,564 $\pm$ 0,042 Aab	0,447 $\pm$ 0,014 Ab	0,593 $\pm$ 0,038 Aa	0,108 $\pm$ 0,007 Aa
LA	0,00 $\pm$ 0,000 Aa	1,118 $\pm$ 0,276 Aa	0,797 $\pm$ 0,047 Ab	0,548 $\pm$ 0,021 Aa	0,567 $\pm$ 0,014 Aa
LP	0,00 $\pm$ 0,000 Ca	1,620 $\pm$ 0,971 ABa	2,403 $\pm$ 1,310 Aa	0,418 $\pm$ 0,034 Ca	0,673 $\pm$ 0,029 BCa
CV	66,95%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; AA=polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno revestida com alumínio; AP= polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno; LA= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno revestida com alumínio; LP= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno.

Nota: 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 diferença estatística ($p < 0,05$) entre os períodos de armazenamento para a amostra atomizada em embalagem de alumínio (AA), que acumulou acréscimo de 1,22% no peso da amostra do início ao fim do experimento. O mesmo ocorreu para o produto atomizado na embalagem de polietileno, no entanto, o valor total do aumento foi maior que o da amostra anterior (1,71%) e evidenciou, também, maior taxa de elevação dos valores entre os dias 30 e 90 de armazenamento. As amostras liofilizadas apresentaram maiores taxas de ganho de umidade que, no total, foi de 3,03% para o pó acondicionado em bolsa com camada de alumínio (LA) e de 5,11% para o pó em bolsa de polietileno (LP) (Figura 3). A primeira (LA) não demonstrou variação estatística entre os períodos de armazenamento, fato ocorrido de forma contrária na outra (LP), em que foi observada diferença significativa entre os períodos 1 e 30 dias, e 30 e 60 dias (Tabela 3).

Legenda: AA=polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno revestida com alumínio; AP= polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno; LA= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno revestida com alumínio; LP= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno.

Figura 3 - Ganho de umidade acumulado (%) de polpas de juçara desidratadas por atomização e liofilização, em dois tipos de embalagens e armazenadas por diferentes períodos

No primeiro período de avaliação os tratamentos não diferiram entre si ($p < 0,05$), o produto AA apresentou menor valor de ganho de umidade no período subsequente, e no dia 60 de armazenamento a amostra LP foi a que exibiu maior taxa de ganho de umidade. Nos períodos seguintes todos os tratamentos estavam em igual patamar (Tabela 3).

De acordo com Pereira (2006), a adsorção de água nos alimentos desidratados é causada principalmente pela própria natureza química dos componentes orgânicos do produto, tais como açúcares, a existência de forças inter-moleculares, da capacidade de grupos hidroxilas para formar ligações com moléculas de água e do tipo de processo usado na desidratação.

Gomes, Figueirêdo e Queiroz (2004) também observaram acréscimo da umidade de polpa de acerola desidratada por atomização, embalada em bolsa de polietileno e armazenada durante 60 dias em temperatura ambiente. O produto alcançou ganho de umidade de 51,31% ao final do período com relação ao início. Tal fato é previsível quando a embalagem utilizada não é impermeável ao vapor d'água e a amostra apresenta comportamento higroscópico.

Da mesma forma, Silva et al. (2005) observaram a eficiência da embalagem laminada na manutenção da umidade de umbu-cajá desidratado pelo método camada de espuma ("foam-mat") nela acondicionado. As amostras foram conservadas nos níveis iniciais até 40 dias de armazenamento. Já o produto embalado em bolsa de polietileno apresentou aumento de seu peso (aquisição de água do ambiente) a partir de 10 dias de armazenamento.

Aumento no teor de água em amostras desidratadas, igualmente ao ocorrido para a polpa de juçara, foi verificado por Arlindo, Queiroz e Figueiredo (2007) em estudo com pimentão em pó produzido em estufa (70°C) e armazenado em embalagem de polietileno em temperatura ambiente por 80 dias. Constatou-se que os pós sofreram aumento de 47,02% na quantidade de água no final do período de armazenamento em relação ao período inicial.

Resultados que corroboram os obtidos neste experimento, são os dos pesquisadores Ramos et al. (2008), que avaliaram o efeito do tipo de embalagem e do tempo de armazenamento na qualidade físico-química de abacaxi desidratado a 60°C em estufa, sendo notada umidade crescente no produto acondicionado em filmes de polietileno ao longo de 75 dias de controle.

5.4.2.4 Cor instrumental (Luminosidade, Ângulo de cor Hue e Cromaticidade)

A cor de um produto alimentício é uma das características mais importantes para sua aceitação, pois o consumidor estabelece uma associação entre as modificações significativas da cor com os indícios de alterações químicas, físicas ou microbiológicas que podem estar ocorrendo, com consequentes efeitos sobre as qualidades sensoriais (FIGUEIRÊDO QUEIROZ; MARTUCCI, 2005).

A Luminosidade (L^*) de um produto indica que quanto maior for seu valor, mais claro este é. O atributo L^* nas amostras atomizadas variou estatisticamente ($p < 0,05$) apenas no pó embalado em bolsa de polietileno (AP), onde seu valor diminuiu no 120º dia de armazenamento, o que indica escurecimento do produto. A polpa de juçara liofilizada embalada em bolsa com camada de alumínio (LA), igualmente ao visto na amostra atomizada na mesma embalagem, não sofreu alteração da luminosidade com o passar do tempo. Já o pó liofilizado acondicionado na outra embalagem demonstrou alteração estatística ($p < 0,05$), em que o atributo de cor L^* nos dias 1 e 30 possuía os menores valores, e diferindo-se dos demais períodos (Tabela 4). Tais acontecimentos podem ser justificados pelo fato da embalagem com camada de alumínio barrar a incidência de luz nas amostras, evitando, assim, a degradação dos pigmentos e a oxidação de alguns compostos presentes no produto.

Tabela 4 – Cor instrumental através dos valores Luminosidade (L*), ângulo de cor Hue (tonalidade da cor em graus), e Cromaticidade (saturação da cor) de polpas de juçara desidratadas por atomização e liofilização, em dois tipos de embalagens e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=6)

LUMINOSIDADE (L*)					
Períodos (dias)					
Tratamentos	1	30	60	90	120
AA	13,48 $\pm$ 0,93 Aa	13,34 $\pm$ 1,80 Aa	14,34 $\pm$ 0,83 Aa	15,24 $\pm$ 0,88 Aa	10,91 $\pm$ 0,54 Aab
AP	13,13 $\pm$ 0,37 Aa	13,88 $\pm$ 1,09 Aa	14,91 $\pm$ 0,89 Aa	14,23 $\pm$ 0,07 Aa	7,75 $\pm$ 0,56 Bb
LA	10,06 $\pm$ 1,10 Aa	13,14 $\pm$ 0,52 Aa	13,11 $\pm$ 0,80 Aa	14,16 $\pm$ 0,53 Aa	15,10 $\pm$ 1,40 Aa
LP	8,61 $\pm$ 0,45 Ba	7,72 $\pm$ 0,69 Bb	14,94 $\pm$ 0,62 Aa	14,68 $\pm$ 0,69 Aa	15,69 $\pm$ 0,75 Aa
CV	12,67%				
ÂNGULO DE COR HUE (graus)					
Períodos (dias)					
Tratamentos	1	30	60	90	120
AA	24,47 $\pm$ 0,88 Aa	24,51 $\pm$ 0,39 Aa	25,86 $\pm$ 0,38 Aa	25,55 $\pm$ 0,98 Ab	28,12 $\pm$ 1,68 Aa
AP	23,25 $\pm$ 0,57 Ba	23,78 $\pm$ 0,98 ABa	25,28 $\pm$ 0,56 ABa	25,77 $\pm$ 1,04 ABb	28,08 $\pm$ 1,70 Aa
LA	27,13 $\pm$ 0,83 Ba	24,09 $\pm$ 0,20 Ba	24,05 $\pm$ 0,98 Ba	29,87 $\pm$ 0,44 Aab	29,75 $\pm$ 0,58 Aa
LP	26,19 $\pm$ 0,20 BCa	28,24 $\pm$ 0,16 ABa	23,34 $\pm$ 0,49 Ca	31,32 $\pm$ 1,09 Aa	32,00 $\pm$ 0,18 Aa
CV	5,69%				

(Continua)

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; AA=polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno revestida com alumínio; AP= polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno; LA= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno revestida com alumínio; LP= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno.

Nota: 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.

Tabela 4 – Cor instrumental através dos valores Luminosidade (L^*), ângulo de cor Hue (tonalidade da cor em graus), e Cromaticidade (saturação da cor) de polpas de juçara desidratadas por atomização e liofilização, em dois tipos de embalagens e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, $n=6$)

(Conclusão)

CROMATICIDADE (Croma)					
Períodos (dias)					
Tratamentos	1	30	60	90	120
AA	11,66 $\pm$ 0,79 Aa	12,58 $\pm$ 0,94 Aa	11,90 $\pm$ 0,77 Aa	12,56 $\pm$ 0,84 Aa	9,82 $\pm$ 0,76 Ab
AP	12,30 $\pm$ 0,42 ABa	12,40 $\pm$ 0,79 Aab	12,29 $\pm$ 0,16 ABa	12,66 $\pm$ 0,60 Aa	8,89 $\pm$ 0,47 Bb
LA	10,01 $\pm$ 1,16 Ba	11,93 $\pm$ 0,12 ABab	14,37 $\pm$ 1,18 Aa	13,64 $\pm$ 0,66 Aa	14,86 $\pm$ 0,22 Aa
LP	9,58 $\pm$ 1,40 Ba	9,10 $\pm$ 0,47 Bb	14,31 $\pm$ 0,99 Aa	14,74 $\pm$ 0,42 Aa	14,58 $\pm$ 0,23 Aa
CV	9,16%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; AA=polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno revestida com alumínio; AP= polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno; LA= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno revestida com alumínio; LP= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno.

Nota: 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.

Entre os períodos avaliados, foram percebidas diferenças estatísticas dos tratamentos entre os dias 30 e 120, em que no primeiro a amostra LP apresentava o menor valor de L^* e no outro, tal feito foi conferido à amostra AP. Verificou-se, ainda, que a Luminosidade da polpa de juçara atomizada foi maior (mais clara) que a da liofilizada, embora não tenham sido estatisticamente diferentes na maioria dos períodos; acontecimento que pode ter sido decorrente da oxidação dos pigmentos antociânicos (Tabela 4).

Além desse, existem outros fatores que podem influenciar o escurecimento de produtos desidratados, como as reações não enzimáticas (Maillard, caramelização e oxidação de ácidos orgânicos), atividade de água alta, temperatura de armazenamento, pH e a composição química do alimento. A taxa de escurecimento aumenta consideravelmente quando o teor de água do produto é maior que 4 a 5% e sob temperatura de estocagem acima de 38°C (SALUNKHE; BOLIN; REDDY, 1991; FELLOWS, 2006).

Ao avaliarem a Luminosidade de polpa de acerola atomizada ao longo de 30 dias de armazenamento, Figueirêdo, Queiroz e Martucci (2005) perceberam diminuição dos seus valores na amostra armazenada a 25°C, que se mostrou como o atributo de cor mais sensível às condições de armazenagem. Desobry, Netto e Labuza (1997) afirmam que em produtos atomizados a diminuição da cor se deve à produção de menores partículas e maior entrada de oxigênio durante o processo, com consequente oxidação dos pigmentos.

Na análise de cor de marolo desidratado, foi verificado por Corrêa et al. (2011) pouco escurecimento nas amostras atomizadas, ao passo que as liofilizadas apresentaram coloração mais clara em comparação com o fruto fresco. Observaram também, que a Luminosidade, Cromaticidade e ângulo Hue do marolo atomizado indicaram cor mais escura quando comparado ao liofilizado; feito contrário ao visto em polpa de juçara.

Jangam et al. (2008) descobriram que o pó de sapotá liofilizado a partir de sua polpa tem coloração mais clara que a polpa *in natura*. Analogamente, Solval et al. (2012) observaram que suco de cantaloupe atomizado era mais claro (maior valor de L^*) que o seu suco *in natura*.

Polpa de umbu-cajá seca em estufa e acondicionada em bolsa laminada não mostrou alteração do valor L^* ao longo do período de armazenamento, sendo que na acondicionada em polietileno ocorreu decréscimo desse valor a partir de 40 dias (SILVA et al., 2005). Tais resultados concordam com os verificados em polpa de juçara desidratada.

Gomes, Figueirêdo e Queiroz (2004), verificaram que a Luminosidade em polpa de acerola desidratada em secador do tipo leito de jorro e embalada em bolsa de polietileno apresentou diferença estatística ($p < 0,01$) entre os tempos de armazenamento. O produto teve sua luminosidade diminuída ao longo do período (60 dias), totalizando 18,84% de decréscimo ao final do experimento.

Com relação ao parâmetro ângulo de cor Hue, apenas não foi observada variação estatística na amostra atomizada e embalada em bolsa com camada de alumínio (AA). A polpa atomizada acondicionada em polietileno (AP) teve °Hue aumentado durante o armazenamento, atingindo valores constantes a partir do dia 30. As polpas de juçara liofilizadas também tiveram °Hue alterado durante o período de 120 dias. A amostra embalada na bolsa laminada (LA) apresentou estabilidade do referido parâmetro até o 60º dia de avaliação, sendo os dois últimos períodos estatisticamente iguais entre si ($p < 0,05$), que possuíam valores superiores. O último produto, LP, mostrou menor valor de Hue no 60º dia, seguido de acréscimo nos períodos posteriores (Tabela 4).

Analisando-se os tratamentos durante o armazenamento, não foi possível perceber variação estatística entre eles, com exceção do 4º período (90 dias) em que a amostra LP apresentou maior ângulo de cor hue. As polpas liofilizadas, comparadas às atomizadas, apresentavam valores mais elevados de Hue, durante o armazenamento. Como na maior parte dos períodos avaliados não ocorreu diferença estatística entre os tipos de embalagens testadas, pode-se dizer que a alteração do Hue não foi influenciada por elas (Tabela 4).

A cromaticidade (croma) das amostras, isto é, o grau de saturação da cor, foi estável na polpa de juçara acondicionada em embalagem com camada de alumínio (AA) durante os 120 dias avaliados, ao contrário das demais que apresentaram diferenças estatísticas entre os períodos ($p < 0,05$). A outra polpa atomizada mostrou croma constante até o 90º dia de avaliação e declínio no último, indicando diminuição da saturação da cor. As amostras liofilizadas, de forma oposta ao ocorrido nas anteriores, apresentaram aumento da saturação da cor durante o armazenamento. Ambos produtos liofilizados tiveram croma variando nesse período, a amostra embalada em bolsa com camada de alumínio (LA) exibiu acréscimo do valor no 30º dia, o qual manteve-se constante até o final. O mesmo produto acondicionado em polietileno (LP) teve cinética semelhante ao LA, porém a elevação do croma foi observada aos 60 dias de armazenamento (Tabela 4).

Entre os tratamentos e períodos de amostragem, não houve alterações estatísticas ($p < 0,05$) nos valores de croma nos dias 1, 60 e 90 de armazenamento. No dia 30 a amostra AA possuía o maior grau de saturação, e a LP o menor, sendo as demais iguais entre si; no último período as polpas atomizadas não diferiam estatisticamente entre si, tendo o mesmo ocorrido para as liofilizadas. Tal resultado não indicou, mais uma vez, nenhuma influência das embalagens nas alterações de cor da polpa de juçara desidratada, sendo este feito provavelmente conferido à desigual absorção de água pelas amostras (Tabela 4).

Algumas reações de oxidação podem contribuir para o decréscimo do brilho de um produto desidratado. A polimerização de compostos fenólicos também é um fator que promove o escurecimento, e em consequência a diminuição no valor da coordenada L^* (RAMOS et al., 2008).

Resumindo, no final do período de armazenamento, observou-se maior luminosidade nas amostras liofilizadas, bem como no ângulo de cor hue, indicando maior degradação dos pigmentos antociânicos, ou até mesmo algum processo de oxidação, pois esse aumento do $^{\circ}\text{Hue}$ indicou alteração do roxo para o vermelho. Fato interessante observado foi o aumento da cromaticidade pois, embora houvesse ligeira alteração de cor, essa permaneceu mais vívida ou pura, talvez melhorando a qualidade visual do produto.

5.4.2.5 Antocianinas totais

O teor de antocianinas totais não variou ($p < 0,05$) com relação aos tratamentos e períodos durante o armazenamento, revelando que tanto o tipo de embalagem empregada quanto os dois processos de desidratação não exerceram ação sobre os pigmentos presentes na polpa de juçara. Entretanto, observou-se maior conservação para esse pigmento no tratamento LA no final do período de armazenamento. Analisando-se as médias dos números para as polpas atomizadas (227,58 mg eq. cianidina 3-glicosídeo 100 g^{-1} pó) e liofilizadas (230,88 mg eq. cianidina 3-glicosídeo 100 g^{-1} pó) percebe-se que a liofilização degradou um pouco menos as antocianinas presentes no produto (Tabela 5).

Ao realizar a correspondência desses valores com os obtidos para antocianinas totais na polpa de juçara *in natura* (66,70 mg eq. cianidina 3-glicosídeo 100 g^{-1} polpa), discutidos no capítulo de caracterização físico-química do produto (vide item 2.4.3), nota-se que os

teores daquele pigmento nas polpas reconstituídas (1 grama de pó em 10 mL de água) era de aproximadamente 34% do valor da *in natura*, evidenciando degradação do composto pelos processos.

Tabela 5 – Antocianinas totais (mg eq. cianidina 3-glicosídeo 100 g⁻¹) de polpas de juçara desidratadas por atomização e liofilização, em dois tipos de embalagens e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=6)

Tratamentos	Períodos (dias)				
	1	30	60	90	120
AA	175,20 $\pm$ 7,61	234,90 $\pm$ 21,28	234,34 $\pm$ 12,78	234,90 $\pm$ 9,64	235,87 $\pm$ 1,91
AP	194,13 $\pm$ 5,46	246,04 $\pm$ 2,06	247,98 $\pm$ 11,07	224,60 $\pm$ 3,98	247,84 $\pm$ 5,10
LA	244,22 $\pm$ 13,46	237,33 $\pm$ 71,41	201,85 $\pm$ 39,85	236,15 $\pm$ 14,28	283,40 $\pm$ 31,10
LP	237,61 $\pm$ 10,63	220,49 $\pm$ 18,52	227,39 $\pm$ 18,20	213,81 $\pm$ 6,20	206,51 $\pm$ 35,65
CV	11,94%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; AA=polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno revestida com alumínio; AP= polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno; LA= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno revestida com alumínio; LP= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno.

Em açaí em pó obtido pelo processo de atomização, Pena, Mendonça e Almeida (2010) observaram teores de antocianinas quatro vezes maior (958 mg antocianinas totais 100 g⁻¹ polpa) ao visto na polpa de juçara atomizada. A retenção de antocianinas em polpa de açaí atomizada pelos pesquisadores Tonon, Brabet e Hubinger (2009) foi mais elevada que a observada em polpa de juçara, sendo de 77, 21% à temperatura de entrada 202°C. A causa da maior degradação deste pigmento em polpa de juçara atomizada pode ser devido à temperatura de entrada do ar de secagem superior (215°C), pois as antocianinas são sensíveis ao calor.

A elevação do ar de entrada na secagem de polpa de romã por atomização também provocou redução no teor de antocianinas no produto (VARDIN; YASAR, 2012).

Tonon, Brabet e Hubinger (2010) indica outras possíveis causas para a deterioração das antocianinas em produtos submetidos à atomização e armazenamento prolongado. A porosidade é uma propriedade importante nesses alimentos, pois o material é suscetível à oxidação; o maior número de espaços entre as partículas implica em maior quantidade de oxigênio disponível para reações de degradação, levando a uma perda mais rápida dos compostos a serem protegidos. Além disso, uma maior absorção de água durante o armazenamento também pode ser responsável pela maior taxa de degradação, porque o maior teor de água provoca maior mobilidade molecular.

5.4.2.6 Compostos fenólicos totais

A cinética das amostras desidratadas para a avaliação de compostos fenólicos totais foi parecida com a observada na de antocianinas totais. Não houve variação estatisticamente significativa ($p < 0,05$) nos tratamentos entre os períodos avaliados, possuindo, todos eles, valores constantes durante os 120 dias de experimento. Com base nos períodos de armazenamento, percebeu-se que as polpas de juçara atomizadas eram iguais entre si, tendo o mesmo ocorrido entre as amostras liofilizadas. Ambos processos de desidratação não se diferiram estatisticamente nos dias 60 e 120 (Tabela 6). Estes dados revelaram que o tipo de embalagem utilizada exerceu pouca influência nos teores de compostos fenólicos, ainda, observando-se os valores, as amostras liofilizadas apresentaram teores superiores de compostos fenólicos em todos os períodos.

Tabela 6 – Compostos fenólicos totais (mg ácido gálico 100 g⁻¹) de polpas de juçara desidratadas por atomização e liofilização, em dois tipos de embalagens e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=6)

Tratamentos	Períodos (dias)				
	1	30	60	90	120
AA	0,035 $\pm$ 0,001 Ab	0,050 $\pm$ 0,002 Aab	0,049 $\pm$ 0,001 Aa	0,037 $\pm$ 0,002 Ab	0,050 $\pm$ 0,001 Aa
AP	0,036 $\pm$ 0,000 Ab	0,046 $\pm$ 0,002 Ab	0,051 $\pm$ 0,001 Aa	0,039 $\pm$ 0,001 Ab	0,050 $\pm$ 0,002 Aa
LA	0,058 $\pm$ 0,001 Aa	0,064 $\pm$ 0,006 Aa	0,059 $\pm$ 0,001 Aa	0,056 $\pm$ 0,003 Aa	0,052 $\pm$ 0,004 Aa
LP	0,054 $\pm$ 0,004 Aa	0,055 $\pm$ 0,020 Aab	0,054 $\pm$ 0,001 Aa	0,056 $\pm$ 0,003 Aa	0,057 $\pm$ 0,004 Aa
CV	10,11%				

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; AA=polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno revestida com alumínio; AP= polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno; LA= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno revestida com alumínio; LP= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno.

Nota: 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 compostos fenólicos encontrados em polpa de juçara desidratada são baixos quando comparados aos obtidos nos demais experimentos (irradiação e pasteurização) realizados com aquela matéria-prima. Conforme Prakash, Jha e Data (2004) o processo de remoção de água auxilia na extensão da vida de prateleira do produto, no entanto, pode afetar a presença e estabilidade de compostos bioativos, tais como ácido ascórbico, polifenóis, carotenóides, entre outros, devido à sua sensibilidade ao calor.

Yang e Atallah (1985) ao examinarem quatro diferentes métodos de secagem em mirtilos, verificaram que a retenção de Vitamina C foi maior nos frutos liofilizados, em comparação às amostras secas em ar forçado, forno a vácuo, microondas e por convecção. Além disso, viu-se que as liofilizadas tiveram maior retenção de teor de sólidos solúveis e possuíam coloração mais escura e mais vermelhas.

Com o objetivo de se avaliar a influência do tipo de embalagem sobre o armazenamento em temperatura ambiente de polpa de umbu-cajá desidratada pelo método camada de espuma, Silva et al. (2005) notaram que as amostras acondicionadas tanto na embalagem de polietileno quanto na laminada apresentaram reduções acentuadas entre o tempo zero e 10 dias iniciais de armazenamento, totalizando decréscimo de 25,5% na laminada e de 25,9% na outra. Entretanto, em todo o período de amostragem não houve diferença estatística entre os dois tipos de embalagem.

Resultado semelhante ao anterior foi obtido por Ramos et al. (2008), em que o teor de carotenóides de abacaxi desidratado em estufa a 60°C diminuiu ao longo do tempo de armazenamento. As maiores perdas foram verificadas nas amostras embaladas em polietileno transparente.

5.4.3 Qualidade sensorial

5.4.3.1 Caracterização da equipe sensorial

A equipe sensorial, em todos os períodos e em ambos testes, foi composta majoritariamente por mulheres, que representaram mais de 60% dos participantes (Figura 4). Nas sessões com a polpa atomizada a faixa etária da maior parte dos participantes no primeiro período foi de 15 a 20 anos, e nos demais a maioria apresentou idade entre 21 e 25 anos. No teste com o produto liofilizado, em todos os períodos, jovens entre 21 e 25 anos foram os que mais compareceram às sessões, sendo que aos 30 dias as faixas etárias 21 a 25 e 26 a 30 anos

apresentaram mesma percentagem de provadores (Figura 5). A maior parte dos voluntários conheciam o produto polpa de juçara, apresentando índices acima de 65% nos dois testes, decorrente da ampla divulgação do estudo no campus “Luiz de Queiroz” (Figura 6). Foi verificado também que mais da metade dos provadores eram consumidores de polpa de açaí, portanto, familiarizados com seu sabor (Figura 7).

Figura 4 - Percentagem de voluntários do sexo feminino e masculino que participaram das sessões de avaliação sensorial de suco a partir de polpa de juçara desidratada por atomização (A) e liofilização (B)

Figura 5 – Percentagem da faixa etária dos voluntários que participaram das sessões de avaliação sensorial de polpa de juçara desidratada por atomização (A) e liofilização (B)

Figura 6 – Percentagem dos voluntários que conheciam ou não o produto polpa de juçara nas sessões de avaliação sensorial de polpa de juçara desidratada por atomização (A) e liofilização (B)

Figura 7 – Frequência de consumo da polpa de açaí pelos voluntários nas sessões de avaliação sensorial de polpa de juçara desidratada por atomização (A) e liofilização (B)

5.4.3.2 Avaliação dos resultados

O sabor dos sucos reconstituídos a partir das amostras desidratadas não foi alterado com o decorrer do período de armazenamento, não havendo diferença estatística entre eles ($p < 0,05$). Apesar disto, as notas para as amostras atomizadas decresceram até os 60 dias, sendo classificadas como “Nem gostei, nem desgostei”. A cinética dos sucos feitos com polpa de juçara liofilizada e embalados nas duas embalagens foi a mesma, apresentando maior valor no 30º dia, e classificados entre “Gostei ligeiramente” e “Gostei moderadamente”, pois a média das notas nas duas amostras foi de 5,5. Entre os períodos avaliados, apenas no primeiro todas as amostras encontravam-se em igual patamar ($p < 0,05$), havendo diferença estatística

nos seguintes entre os pós atomizados e os liofilizados, sendo os últimos mais bem aceitos pelos provadores (Tabela 7).

Tabela 7 – Teste de aceitação com escala hedônica (7 = gostei muito; 1 = desgostei muito) para o atributo sabor de polpas de juçara desidratadas por atomização e liofilização, em dois tipos de embalagens e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=50)

Tratamentos	Períodos (dias)		
	1	30	60
AA	4,91 $\pm$ 1,83 Aa	3,81 $\pm$ 2,20 Ab	3,68 $\pm$ 1,97 Ab
AP	4,93 $\pm$ 1,66 Aa	4,19 $\pm$ 1,91 Ab	3,74 $\pm$ 1,82 Ab
LA	5,54 $\pm$ 1,34 Aa	5,80 $\pm$ 1,25 Aa	5,35 $\pm$ 1,28 Aa
LP	5,51 $\pm$ 1,44 Aa	5,86 $\pm$ 1,16 Aa	5,35 $\pm$ 1,45 Aa
CV	30,21%		

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; AA=polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno revestida com alumínio; AP= polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno; LA= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno revestida com alumínio; LP= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno. Nota: 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 avaliarem as características sensoriais de suco de maracujá em pó obtido por atomização e reconstituído com base no teor de sólidos do suco original, Oliveira et al. (2007) verificaram que o produto não perdeu o sabor característico da fruta por causa do processo de desidratação, ocorrendo também melhoria da cor.

Cavalcanti Mata (2005) realizaram teste sensorial entre suco de graviola preparado com o pó liofilizado e com a polpa *in natura* do fruto. Verificaram que os valores atribuídos pelos provadores estavam próximos aos dos valores do produto *in natura*, para o atributo sabor as notas não foram alteradas; para os atributos cor, aparência e aroma o suco reconstituído com o pó liofilizado apresentou notas menores.

Igualmente ao observado no atributo sabor, o aroma das amostras não foi modificado durante o período de armazenamento. Ao se observar as notas atribuídas pelos provadores, percebeu-se que houve maior aceitação dos sucos feitos com polpa liofilizada, classificados entre “Gostei ligeiramente” e “Gostei moderadamente”; já os sucos provenientes de pós atomizados foram ordenados entre “Nem gostei, nem desgostei” e “Gostei ligeiramente”. Nos períodos avaliados não houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos na primeira e última sessão, no entanto, aos 30 dias de armazenamento os produtos com base em pós

lioofilizados mostraram maiores notas (Tabela 8). Tais dados indicam que não há influência do tipo de embalagem no sabor e aroma dos sucos a base de pós de polpa de juçara.

Tabela 8 – Teste de aceitação com escala hedônica (7 = gostei muito; 1 = desgostei muito) para o atributo aroma de polpas de juçara desidratadas por atomização e liofilização, em dois tipos de embalagens e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=50)

Tratamentos	Períodos (dias)		
	1	30	60
AA	4,80 $\pm$ 1,34 Aa	4,48 $\pm$ 1,60 Ab	4,26 $\pm$ 1,19 Aa
AP	4,73 $\pm$ 1,44 Aa	4,90 $\pm$ 1,45 Ab	4,26 $\pm$ 1,37 Aa
LA	5,34 $\pm$ 1,26 Aa	5,78 $\pm$ 1,11 Aa	5,06 $\pm$ 1,23 Aa
LP	5,23 $\pm$ 1,33 Aa	5,70 $\pm$ 1,11 Aa	5,40 $\pm$ 1,28 Aa
CV	25,18%		

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coefficiente de variação; AA=polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno revestida com alumínio; AP= polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno; LA= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno revestida com alumínio; LP= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno. Nota: 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 textura dos produtos também não variou entre as sessões de avaliação sensorial, com exceção da amostra atomizada em embalagem de polietileno que apresentou alteração na última ao apresentar decréscimo em 1,5 vezes nas notas iniciais. Novamente os sucos com base nas amostras liofilizadas apresentaram valores mais elevados que foram classificados como “Gostei ligeiramente”. Na primeira sessão todas as amostras estavam em igual patamar, nas demais as amostras atomizadas e liofilizadas apresentaram diferença entre si ($p<0,05$), as diferentes embalagens utilizadas exibiram desempenho igual (Tabela 9).

Tabela 9 – Teste de aceitação com escala hedônica (7 = gostei muito; 1 = desgostei muito) para o atributo Textura de polpas de juçara desidratadas por atomização e liofilização, em dois tipos de embalagens e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=50)

Tratamentos	Períodos (dias)		
	1	30	60
AA	4,58 $\pm$ 1,50 Aa	3,62 $\pm$ 1,75 Ab	3,21 $\pm$ 1,87 Abc
AP	4,47 $\pm$ 1,58 Aa	3,81 $\pm$ 1,69 ABb	2,95 $\pm$ 1,47 Bc
LA	4,80 $\pm$ 1,62 Aa	5,26 $\pm$ 1,51 Aa	4,40 $\pm$ 1,61 Aab
LP	4,57 $\pm$ 1,48 Aa	5,54 $\pm$ 1,42 Aa	4,69 $\pm$ 1,50 Aa
CV	34,26%		

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; AA=polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno revestida com alumínio; AP= polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno; LA= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno revestida com alumínio; LP= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno. Nota: 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 alteração das notas para o atributo cor dos sucos de amostras atomizadas, apresentando diminuição dos valores aos 30 dias de armazenamento, não sendo bem aceitos pelos provadores. Os produtos provenientes de polpa de juçara liofilizada mostraram desempenho contrário às atomizadas não havendo variação entre as sessões, e as notas foram mais elevadas em todos os períodos, sendo classificados como “Gostei moderadamente”. No primeiro dia de avaliação sensorial a cor de todas as amostras não se distinguiram, já nos consecutivos houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre os processos de desidratação (Tabela 10).

Tabela 10 – Teste de aceitação com escala hedônica (7 = gostei muito; 1 = desgostei muito) para o atributo Cor de polpas de juçara desidratadas por atomização e liofilização, em dois tipos de embalagens e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=50)

Tratamentos	Períodos (dias)		
	1	30	60
AA	5,38 $\pm$ 1,25 Aa	3,62 $\pm$ 1,69 Bb	3,53 $\pm$ 1,50 Bb
AP	5,20 $\pm$ 1,39 Aa	3,71 $\pm$ 1,65 Bb	3,53 $\pm$ 1,78 Bb
LA	5,51 $\pm$ 1,42 Aa	6,04 $\pm$ 1,09 Aa	5,81 $\pm$ 1,08 Aa
LP	5,46 $\pm$ 1,24 Aa	6,12 $\pm$ 1,12 Aa	5,69 $\pm$ 1,24 Aa
CV	24,79%		

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coefficiente de variação; AA=polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno revestida com alumínio; AP= polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno; LA= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno revestida com alumínio; LP= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno. Nota: 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 avaliação da aparência dos diferentes produtos não evidenciou alterações durante o armazenamento para os pós liofilizados, que foram classificados entre as categorias “Gostei ligeiramente” e “Gostei moderadamente”. O produto feito a partir do pó atomizado acondicionado em embalagem de polietileno também não apresentou variação das notas, o qual foi classificado como “Nem gostei, nem desgostei”. A única amostra que apresentou variação naquele atributo foi a atomizada em embalagem laminada com decréscimo das notas na última sessão. Da mesma forma ocorrida para os outros atributos, na primeira sessão todas as amostras posicionaram-se em igual patamar, nos períodos subsecutivos houve distinção entre os pós obtidos por atomização e liofilização, porém, a amostra liofilizada em embalagem laminada foi a mais bem aceita (Tabela 11).

Chopda e Barret (2001) avaliaram bebidas reconstituídas de goiaba em pó obtidas por liofilização, atomização e secagem em túnel, e não observaram diferença significativa para aparência em relação ao produto pasteurizado.

Tabela 11 – Teste de aceitação com escala hedônica (7 = gostei muito; 1 = desgostei muito) para o atributo Aparência de polpas de juçara desidratadas por atomização e liofilização, em dois tipos de embalagens e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=50)

Tratamentos	Períodos (dias)		
	1	30	60
AA	4,98 $\pm$ 1,39 Aa	3,43 $\pm$ 1,89 ABb	3,95 $\pm$ 1,58 Bb
AP	4,63 $\pm$ 1,56 Aa	3,62 $\pm$ 1,83 Ab	3,79 $\pm$ 1,36 Ab
LA	5,43 $\pm$ 1,27 Aa	5,94 $\pm$ 1,10 Aa	5,50 $\pm$ 1,25 Aa
LP	5,29 $\pm$ 1,32 Aa	5,86 $\pm$ 1,20 Aa	5,44 $\pm$ 1,22 Aa
CV	26,88%		

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; AA=polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno revestida com alumínio; AP= polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno; LA= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno revestida com alumínio; LP= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno. Nota: 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 atributo impressão global dos sucos feitos a partir das amostras desidratadas exibiu comportamento idêntico ao do atributo aparência. As amostras liofilizadas foram as mais bem aceitas com notas médias entre as categorias “Gostei ligeiramente” e “Gostei moderadamente”. As atomizadas apresentaram decréscimo das notas com o passar do tempo, havendo diferença estatística ($p<0,05$) a partir do 30º dia. Entre períodos somente foi verificada diferença estatística entre atomizados e liofilizados a partir da segunda sessão, não havendo diferença entre os tipos de embalagens (Tabela 12).

Tabela 12 – Teste de aceitação com escala hedônica (7 = gostei muito; 1 = desgostei muito) para o atributo Impressão Global de polpas de juçara desidratadas por atomização e liofilização, em dois tipos de embalagens e armazenadas em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=50)

Tratamentos	Períodos (dias)		
	1	30	60
AA	4,98 $\pm$ 1,50 Aa	3,76 $\pm$ 1,84 Bb	3,74 $\pm$ 1,45 Bb
AP	4,96 $\pm$ 1,43 Aa	4,09 $\pm$ 1,48 ABb	3,53 $\pm$ 1,43 Bb
LA	5,37 $\pm$ 1,26 Aa	5,83 $\pm$ 1,17 Aa	5,16 $\pm$ 1,15 Aa
LP	5,31 $\pm$ 1,16 Aa	5,84 $\pm$ 1,09 Aa	5,44 $\pm$ 1,03 Aa
CV	25,61%		

Legenda: DP=Desvio Padrão das médias; n=número de repetições utilizadas; CV=Coeficiente de variação; AA=polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno revestida com alumínio; AP= polpa de juçara desidratada por atomização em embalagem de polietileno; LA= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno revestida com alumínio; LP= polpa de juçara liofilizada em embalagem de polietileno. Nota: 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 termos relacionados às impressões sensoriais de cada provador referente aos sucos reconstituídos com os pós atomizados e liofilizados, em todas as sessões, foram levantados e agrupados. Para os sucos reconstituídos a partir de pó atomizado os mais citados no parâmetro “Mais gostei” tinham relação com sabor adocicado e sabor e aroma parecido com o do açaí; para o parâmetro “Menos gostei” foram relatadas impressões como sabor desagradável, textura e sabor aguados, textura arenosa, aparência, cor marrom e aroma de queimado. A textura com grânulos é devido à baixa solubilidade da juçara atomizada em água, e a cor marrom e aroma de queimado podem ser justificados pelo processo de desidratação que utiliza calor, conferindo tais características ao produto final (Tabela 13).

Com relação ao produto feito com a polpa de juçara liofilizada, os termos mais citados na pergunta “Mais gostei” foram sabor doce, cor roxa, aroma parecido com açaí. Já para a pergunta “Menos gostei” foram levantados como desagradável a textura arenosa, sabor fraco, textura aguada, sabor residual e adstringente (Tabela 13).

Alguns relatos sobre sabor e aroma estranhos nos dois tipos de produtos podem estar relacionados ao desenvolvimento de ranço. Conforme Sagar e Suresh Kumar (2010), alimentos gordurosos são propensos a desenvolver o ranço em teores de umidade muito baixos. A oxidação lipídica é responsável por ele, desenvolvimento de “off flavours”, e à perda de vitaminas e pigmentos lipossolúveis em muitos alimentos, especialmente nos desidratados.

Tabela 13 - Avaliação geral das amostras de polpas de juçara desidratadas por atomização e liofilização, em dois tipos de embalagens e armazenadas em diferentes períodos (“mais gostei” e “menos gostei”)

ATOMIZAÇÃO		
Atributos	Mais gostei	Menos gostei
Sabor	Sabor, atrativo, doce, parecido com açaí, natural, banana	Sabor desagradável, fraco, amargo, ácido, não característico, “terra”
Aroma	Aroma parecido com açaí	Aroma, queimado, fraco
Cor	Cor	Cor, clara, marrom
Textura	Textura leve	Textura aguada, granulosa
Aparência	Aparência	Aparência oleosa
LIOFILIZAÇÃO		
Atributos	Mais gostei	Menos gostei
Sabor	Sabor, doce, forte, banana, canela, açaí	Sabor amargo, fraco, ruim, azedo, adstringente, residual, cozido/queimado
Aroma	Aroma, parecido com o do fruto <i>in natura</i>	Aroma fermentado
Cor	Cor intensa	Cor marrom
Textura	Textura suave, macia	Textura arenosa, aguada
Aparência	Aparência de açaí	-

Vê-se que, a partir da análise dos termos levantados, o suco produzido à partir da polpa de juçara liofilizada apresentou maior número de termos na pergunta “Mais gostei”, demonstrando, mais uma vez, a sua aceitação pelos provadores. A textura arenosa ou aguada, citada nos dois tipos de produtos, pode ser evitada com a adição de ingredientes que conferem corpo à formulação do suco, ou então os pós podem ser utilizados na forma de misturas para bolos, biscoitos entre outros alimentos.

5.5 Conclusões

Os resultados obtidos na avaliação físico-química de polpa de juçara desidratada indicaram que tanto o processo de atomização quanto o de liofilização conferiram ao produto qualidade satisfatória e conservação durante 120 dias em temperatura ambiente ao abrigo da luz. Para os dois produtos, a embalagem de polietileno revestida com camada de alumínio foi a mais adequada para seu armazenamento, pois os manteve estáveis em virtude da menor aquisição de umidade, e da prevenção de oxidação dos pigmentos e alterações na cor dos produtos. Sensorialmente, na forma de suco reconstituído e adicionado de banana nanica e

açúcar, a polpa de juçara liofilizada foi a mais bem aceita. Todavia, não se descarta a possibilidade de utilização da polpa desidratada por atomização, pois além de ser produzida por um processo mais barato que o de liofilização, a polpa foi também aceita sensorialmente, salientando que ambas podem ser inseridas em diferentes preparos, como sucos, doces, bolos, entre outros.

Referências

AGUIRRE, J. M.; GASPARINO FILHO, J. Diagnóstico sobre a industrialização de produtos de origem vegetal desidratados. **Informativo Centro de Tecnologia de Hortifrúti**colas, Campinas, v. 6, n. 1, p. 2-3, 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 17. ed. Arlington, 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 18. ed. Gaithersburg, 2005.

ARLINDO, D. M.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. Armazenamento de pimentão em pó em embalagem de polietileno. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 9, p. 111-118, 2007.

AULTON, M. E. **Pharmaceutics**: The science of dosage form design. 2. ed. Edinburg: Churchill Livingstone, 2002. p. 388-390.

BEAUDRY, C.; RAGHAVAN, G. S. V.; RATTI, C.; RENNIE, T. J. Effect of four drying methods on the quality of osmotically dehydrated cranberries. **Drying Technology**, Monticello, v. 22, n. 3, p. 541-539, 2004.

BEZYMA, L. A.; KUTOVOY, V. A. Vacuum drying and hybrid technologies. **Stewart Postharvest Review**, Redhill, Surrey, UK, v. 4, p. 6-13, 2005.

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

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Resolução RDC nº 12, 2 de janeiro de 2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jan. 2001.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1992. 223 p.

CABRAL, A. C. D.; ORTIZ, S. A.; MADI, L. F. C.; SOLER, R. M.; GAZETA, E. F. Embalagem das frutas tropicais e seus produtos. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Aspectos tecnológicos das frutas tropicais seus produtos**. Campinas: ITAL, 1980. p. 199-296. (Série Frutas Tropicais).

CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; ALSEMO, G. C. S.; RODRIGUES, E.; GUEDES, M. A.; CAVALCANTI, A. S. R. R. M.; OLIVEIRA, C. C. A. Obtenção de graviola em pó pelo processo de liofilização, **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 7, n. esp. 2, p. 165-172, 2005.

CHOPDA, C. A.; BARRET, D. M. Optimization of guava juice and powder production. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 25, n. 6, p. 411-430, 2001.

CORRÊA, S. C.; CLERICI, M. T. P. S.; GARCIA, J. S.; FERREIRA, E. B.; EBERLIN, M. N.; AZEVEDO, L. Evaluation of dehydrated marolo (*Annona crassiflora*) flour and carpels by freeze-drying and convective hot-air drying. **Food Research International**, Essex, v. 44, p. 2385-2390, 2011.

DE CAMPOS, A. M. **Desenvolvimento de extratos secos nebulizados de *Ilex paraguariensis* St. Hill. Aquifoliaceae (erva-mate)**. 1996. 149 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

DESOBRY, S. A.; NETTO, F. M.; LABUZA, T. P. Comparison of spray-drying, drum-drying and freeze-drying for β -carotene encapsulation and preservation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 62, n. 6, p. 1158-1162, 1997.

DOWNES, F.P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington, DC: APHA, 2001. 676 p.

ENDO, E.; BORGES, S. V.; DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P.; AMORIM, E. Avaliação da vida de prateleira do suco de maracujá desidratado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 382-386, 2007.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1992. 652 p.

FAZAELI, M.; EMAM-DJOMEH, Z.; KALBASI-ASHTARI, A.; OMID, M. Effect of process conditions and carrier concentration for improving drying yield and other quality attributes of spray dried black mulberry (*Morus nigra*) juice. **International Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 8, n. 1, Art. 8, 2012.

FELLOWS, P. J. Dehydration. In: _____. **Food processing technology**. London: Ellis Howood, 1990. cap. 14, p. 281-313.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M. Secagem por atomização de polpa de amora preta usando maltodextrina como agente carreador. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 157-165, 2012.

FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; MARTUCCI, E. T. Alterações de cor da acerola em pó sob condições controladas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 49-57, 2005.

GALDINO, P. O.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SILVA, R. N. G. Avaliação da estabilidade da polpa de umbu em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 73-80, 2003.

GARCIA, E. E. C.; PADULA, M.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. **Embalagens plásticas: propriedades de barreira**. Campinas: ITAL, 1989. 44 p.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. 1. ed. São Paulo: Nobel, 1978. 284 p.

GEORGE, S. D.; CENKOWSKI, S.; MUIR, W. E. A review of drying technologies for the preservation of nutritional compounds in waxy skinned fruit. In: NORTH CENTRAL ASAE/CSAE CONFERENCE, 2004, Winnipeg. **Technical abstracts...** Winnipeg, MB, 2004. p. 24-25.

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

HALL, C. W. Expanding opportunities in drying research and development. **Drying Technology**, Monticello, v. 14, p. 1419-1427, 1996.

JANGAM, S. V.; JOSHI, V. S.; MUJUMDAR, A. S.; THORAT, B. N. Studies on dehydration of sapota (*Achras zapota*). **Drying Technology**, Monticello, v. 26, p. 369-377, 2008.

KONICA MINOLTA. **Comunicação precisa da cor: controle de qualidade da percepção à instrumentação**. Ramsey: Konica Minolta, 1998.

KROKIDA, M. K.; MAROULIS, Z. B.; SARAVACOS, G. D. The effect of method of drying on colour of dehydrated product. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 36, p. 53-59, 2001.

LE PAGE, J. F.; MIRADE, P. S.; DAUDIN, J. D. Development of a device and method for the time-course estimation of low water fluxes and mean surface water activity of food products during ripening and storage. **Food Research International**, Essex, v. 43, p. 1180-1186, 2010.

LISBÔA, C. G. C.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento de figo da índia em pó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.2, p.216-221, 2012.

MARQUES, L. G. **Liofilização de frutas tropicais**. 2008. 293 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

MARQUES, L. G.; FERREIRA, M. C.; FREIRE, J. T. Freeze-drying of acerola (*Malpighia glabra* L.). **Chemical Engineering and Processing**, Lausanne, v. 46, p. 451-457, 2007.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 1991. 354 p.

- MELLONI, P. L. S. **Produção de frutas desidratadas**. Viçosa: CPT, 2003. 42 p.
- MENEZES, E. M. S.; TORRES, A. T.; SRUR, A. U. Valor nutricional da polpa de açaí (*Euterpe oleracea* Mart) liofilizada. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 2, p. 311-316, 2008.
- MENEZES, A. R. V.; SILVA JÚNIOR, A.; CRUZ, H. L. L.; ARAÚJO, D. R.; SAMPAIO, D. D. Estudo comparativo do pó da acerola verde (*Malpighia emarginata* D.C) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2009.
- MORAGA, G.; TALENS, P.; MORAGA, M. J.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Implication of water activity and glass transition on the mechanical and optical properties of freeze-dried apple and banana slices. **Journal of Food Engineering**, London, v. 106, p. 212-219, 2011.
- OLIVEIRA, A. R. G.; BORGES, S. V.; FARIA, R. K.; ENDO, E.; GREGÓRIO, S. R. Influência das condições de secagem por atomização sobre as características sensoriais de suco de maracujá (*Passiflora edulis*) e abacaxi (*Ananas comosus*) desidratados. **Revista Ciências Agrônômicas**, Fortaleza, v. 38, n. 3, p. 251-256, 2007.
- OLIVEIRA, O. W.; PETROVICK, P. R. Secagem por aspersão (spray-drying) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, João Pessoa, v. 20, n. 4, p. 641-650, 2010.
- OLIVEIRA, V. S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 342-348, 2011.
- OSORIO, C.; CARRIAZO, J. G. Thermal and structural study of guava (*Psidium guajava* L.) powders obtained by two dehydration methods. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 636-640, 2011.
- PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Drying of pear 'd'Anjou' with and without osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, London, v. 56, p. 97-103, 2002.
- PENA, R. S.; MENDONÇA, N. B.; ALMEIDA, M. D. C. Comportamento higroscópico do açaí em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 153-161, 2010.
- PEREDA, J. A. O. Conservação pelo calor. In:_____. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, 2005a. cap. 2, p. 25-31.
- PEREDA, J. A. O. Conservação de alimentos com base na modificação do pH, da atmosfera e da atividade de água. Evaporação e desidratação. In:_____. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, 2005b. cap. 11, p. 219-247.
- PEREIRA, I. E.; QUEIROZ, A. J. M. Q.; FIGUEIRÊDO, R. M. F Características físico-químicas do tomate em pó durante o armazenamento. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, João Pessoa, v. 6, n. 1, p. 83-90, 2006.

PHANINDRA KUMAR, H. S.; RADHAKRISHNA, K.; NAGARAJU, P. K.; VIJAYA RAO, D. Effect of combination drying on the physico-chemical characteristics of carrot and pumpkin. **Journal of Food Processing Preservation**, Westport, v. 25, p. 447-460, 2001.

PIERGIOVANNI, L. Materiais de embalagem e tecnologias de envase. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M.N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. p. 219-278.

PRAKASH, S.; JHA, S. K.; DATA, N. Performance evaluation of blanched carrots dried by three different driers. **Journal of Food Engineering**, London, v. 62, p. 305-313, 2004.

RAMOS, A. M.; QUINTERO, A. C. F.; FARAONI, A. S.; SOARES, N. F. F.; PEREIRA, J. A. M. Efeito do tipo de embalagem e do tempo de armazenamento nas qualidades físico-químicas e microbiológicas de abacaxi desidratado. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 3, p. 259-269, 2008.

RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review. **Journal of Food Engineering**, London, v. 49, p. 311-319, 2001.

RATTI, C. Freeze drying of plant products: where we are and where we are heading to. **Stewart Postharvest Review**, Redhill, Surrey, UK, v. 4, p. 5-12, 2005.

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

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

SABLANI, S. S. Drying of fruits and vegetables: retention of nutritional/functional quality. **Drying Technology**, Monticello, v. 24, p. 428-432, 2006.

SAGAR, V. R.; SURESH KUMAR, P. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 47, n. 1, p. 15-26, 2010.

SAGUY, I. S.; MARABI, A.; WALLACH, R. Water imbibition in dry porous foods. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING & FOOD, 9., 2004, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier, 2004. p. 147-152.

SALUNKE, D. K.; BOLIN, H. R.; REDDY, N. R. Dehydration. In: _____. **Storage, processing and nutritional quality of fruits and vegetables**. 2. ed. v. 2. Processed fruits and vegetables. Boca Raton: CRC Press, 1991. p. 49-98.

SANTOS, J. T. S.; COSTA, F. S. C.; SOARES, D. S. C.; CAMPOS, A. F. P.; CARNELOSSI, M. A. G.; NUNES, T. P.; JUNIOR, A. M. O. Avaliação de mangaba liofilizada através de parâmetros físico-químicos. **Scientia Plena**, São Cristovão, v.8, n.3, 2012. Disponível em: <http://www.scientiaplena.org.br/ojs/index.php/sp/article/viewFile/909/468>.

SILVA, A. E.; SILVA, L. H. M.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico do açaí e cupuaçu em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 895-901, 2008.

SILVA, R. N. G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; GALDINO, P. O. Armazenamento de umbu-cajá em pó. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1179-1184, 2005.

SINGH, U.; SAGAR, V. R.; BEHERA, T. K.; KUMAR, P. S. Effect of drying conditions on the quality of dehydrated selected vegetables. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 43, p. 579-582, 2006.

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

SOARES, L. A. L. **Obtenção de comprimidos contendo alto teor de produto seco por aspersão de *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek – Celastraceae.** Desenvolvimento tecnológico de produtos intermediários e final. 2002. 285 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

SOARES, L. A. L.; GONZÁLEZ ORTEGA, G.; PETROVICK, P. R.; SCHMIDT, P.C. Dry granulation and compression of spray-dried plant extracts. **AAPS Journal**, Arlington, v. 6, p. 359-366, 2005.

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

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS/QC software**: usage and reference (version 9.2). Cary, NC, 2005. 1CDROM.

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

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

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

VARDIN, H.; YASAR, M. Optimisation of pomegranate (*Punica granatum* L.) juice spray-drying as affected by temperature and maltodextrin content. **International Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 41, p. 167-176, 2012.

YANG, C. S. T.; ATALLAH, W. A. Effect of four drying methods on the quality of intermediate moisture lowbush blueberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 50, p. 1233-1237, 1985.

6 ANÁLISE SENSORIAL DESCRITIVA QUANTITATIVA DE POLPA DE JUÇARA CONGELADA E PASTEURIZADA PÓS-EMBALAGEM

Resumo

Objetivou-se expor o processo de formação de equipe sensorial treinada para a avaliação de polpa de juçara, e apresentar a execução da metodologia Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) do produto não pasteurizado congelado e pasteurizado pós-embalagem. A pasteurização pós-embalagem foi realizada através da imersão das bolsas contendo 200 mL de polpa de juçara em tanque de aço inoxidável com água aquecida a 80°C durante 5 minutos. Foram então resfriadas e armazenadas sob refrigeração e congelamento. As sessões de avaliação sensorial foram realizadas nos períodos 1, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias de armazenamento. Para a realização da ADQ foram recrutados 21 candidatos através da ficha de recrutamento, dos quais 20 foram aprovados no teste de reconhecimento de gostos básicos. Após esse teste, os provadores realizaram a prova de sensibilidade para o gosto, através do teste triangular, sendo aprovados 10 provadores que seguiram para a etapa de levantamento dos termos descritores para polpa de juçara. Diante de um consenso com a equipe, foram agrupados os atributos aparência (aerado, heterogêneo, cor roxa, cor marrom, oleosa, cremosa), aroma (doce, fermentado), sabor (adstringente, amargo, doce) e textura (oleosa, consistente), e estabeleceu-se o material de referência. A partir destes termos e dos materiais de referencia, realizou-se o treinamento dos provadores com três diferentes amostras de polpa de juçara, que foram analisadas através da ficha de avaliação em três repetições do teste. Os indivíduos que apresentaram bom poder discriminativo dos atributos, boa repetitividade nos julgamentos e consenso com os demais membros, foram selecionados para a equipe definitiva. Com base nesses critérios, foram selecionados sete provadores para fazer parte da equipe final para avaliação de polpa de juçara. A análise final das polpas congeladas e pasteurizadas foi realizada em todos os períodos de armazenamento e revelou que a polpa pasteurizada congelada foi a que apresentou melhores características sensoriais, sendo descrita como aerada, pouco heterogênea, sabor pouco amargo e pouco adstringente.

Palavras-chave: ADQ. Correlação. Análise de componentes principais. Perfil sensorial.

Abstract

This paper aimed to expose the formation process of trained sensory panel for evaluation of juçara pulp and the implementation of the methodology Quantitative Descriptive Analysis (QDA) of product unpasteurized frozen and pasteurized after packaging. The post-packaging pasteurization was performed by immersing the bags containing 200 mL of juçara pulp in stainless steel tank with water heated at 80°C for 5 minutes. They were then cooled and stored under refrigeration and freezing. The sensory evaluation sessions were recorded at 1, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days of storage. To perform the QDA 21 candidates were recruited through the file of recruitment, of which 20 were approved in the recognition test of basic tastes. After this test, the panelists performed the test sensitivity to taste, a triangular test, of which 10 panelists were approved who followed to step surveying of descriptors for juçara pulp. Facing a consensus with the team, have been grouped attributes of appearance (aerated, heterogeneous, purple, brown, oily, creamy), aroma (sweet fermented), flavor (astringent, bitter, sweet) and texture (oily, consistent), and established the reference material. Based on these terms and reference materials, was conducted the training of panelists with three different juçara pulp samples, which were analyzed through the evaluation form in three sessions. The individuals who showed good discriminative power of attributes, good repeatability trials and consensus with other members, were selected for the final team. Based on these criteria, seven panelists were selected to join the team for the final evaluation of juçara pulp. The final analysis of the frozen and pasteurized pulps was performed in all storage periods and revealed that the frozen pasteurized pulp showed the best sensory characteristics, being described as aerated, slightly heterogeneous, taste slightly bitter and slightly astringent.

Keywords: QDA. Correlation. Principal component analysis. Sensory profile.

6.1 Introdução

A análise sensorial é definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993) como a disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e materiais como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição. Nenhum instrumento ou combinação de instrumentos pode substituir os sentidos humanos, nem representar a sensação de prazer, palatabilidade ou aceitabilidade de um alimento ou bebida (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999).

O homem tem a habilidade natural de comparar, diferenciar e quantificar os atributos sensoriais e a análise sensorial utiliza-se dessa habilidade para avaliar alimentos e bebidas, empregando a metodologia apropriada aos objetivos do estudo e ao tratamento estatístico dos dados obtidos (FERREIRA et al., 2000). No setor de alimentos, esse método é de grande importância por avaliar a aceitabilidade mercadológica e a qualidade do produto, sendo parte inerente ao plano de controle de qualidade de uma indústria (VIEIRA, 2011).

Para que um alimento seja bem aceito pelo consumidor, as características que determinam sua qualidade devem ser satisfeitas. Tais características estão relacionadas ao conjunto dos atributos referentes à aparência, sabor, aroma, textura e valor nutritivo, o qual está relacionado com os atributos físicos e químicos dos produtos. A avaliação destas características é feita através do emprego de métodos de análise sensorial, os quais se constituem em importantes ferramentas no desenvolvimento de produtos alimentícios e dependem do julgamento humano por meio dos órgãos dos sentidos, tais como a impressão ao observá-los ou ao degustá-los (CANEPPELE et al., 2000).

O estímulo aos órgãos humanos é medido por processos físicos e químicos e as sensações por efeitos psicológicos. As sensações produzidas podem dimensionar a intensidade, extensão, duração, qualidade, gosto ou desgosto em relação ao produto avaliado (ZENEBO; PASCUT; TIGLEA, 2008).

A análise sensorial descritiva é a mais sofisticada das metodologias disponíveis para o profissional sensorial, quando comparado com os métodos de discriminação e aceitação. Os resultados de um teste de análise descritiva oferecem uma descrição sensorial completa do produto testado, isto é, a base para o mapeamento das similaridades e disparidade de diferentes amostras do produto. Os resultados permitem relacionar um ingrediente específico ou variáveis do processo de produção, aos atributos sensoriais de um alimento (STONE; SIDEL, 2004).

Conforme Meilgaard, Civille e Carr (1999) e Stone e Sidel (2004), as etapas relacionadas com a aplicação da ADQ compreendem em sequência: pré-seleção ou recrutamento de provadores; seleção dos candidatos; desenvolvimento da terminologia descritiva (atributos); treinamento dos provadores selecionados; avaliação da equipe ou validação; seleção dos provadores; avaliação sensorial do produto e interpretação dos resultados, que acontecem em várias sessões com a presença de um líder e os futuros provadores que irão compor a equipe treinada.

Os aspectos qualitativos do produto combinam-se para defini-lo, estes incluem todos os atributos de aparência, aroma, sabor, textura, ou propriedades de som de um produto, que o diferenciam de outros. Portanto, em uma ADQ os provadores devem aprender a diferenciar os aspectos quantitativos ou de intensidade de uma amostra e definir em que grau cada nota característica ou qualitativa está presente nela. Dois produtos podem conter os mesmos descritores qualitativos, mas podem diferir, de forma marcante, na intensidade de cada um; portanto, resultando em bem diferentes e distintos perfis sensoriais (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2006).

Para a aplicação desse teste sensorial são selecionados provadores com sensibilidade suficiente para perceber pequenas diferenças entre produtos similares, como também aqueles com facilidade para memorizar e descrever características. Os provadores, depois de selecionados, são treinados para percepção e reconhecimento das características sensoriais individuais de um produto e o grau de sua intensidade. Com treinamento apropriado, devem alcançar concordância com os outros membros da equipe, para a obtenção de respostas analisadas estatisticamente (ELLENDERSEN; WOSIACKI, 2010).

Segundo Stone e Sidel (1998) as vantagens da ADQ sobre os outros métodos de avaliação são a confiança no julgamento de uma equipe composta de dez a doze provadores treinados, ao invés de grupos especializados; o desenvolvimento de uma linguagem descritiva objetiva, mais próxima à linguagem do consumidor; o desenvolvimento consensual da terminologia descritiva a ser utilizada, o que implica em maior concordância de julgamentos entre provadores; e o uso de repetições e análise estatística dos resultados (ABNT, 1998).

São escassos os estudos sobre avaliação sensorial de polpa de açaí, tampouco na da juçara, ainda mais quando nela é aplicada tecnologia como a pasteurização. Tal processo, que conserva os alimentos por inativação enzimática e destruição dos microrganismos termossensíveis, altera as características sensoriais originais do produto, sendo necessário o levantamento e avaliação destas para melhor adequação do processo. Além disso, visto a crescente demanda da polpa de juçara nos Estados da Região Sudeste do Brasil, e da

diversidade da população que irá consumi-lo, torna-se importante estudar as características sensoriais daquele produto.

Futuramente os testes sensoriais de polpas de juçara podem ser incluídos entre os de garantia de qualidade do produto, por ser uma medida multidimensional integrada capaz de detectar, de forma rápida, particularidades sensoriais que não podem ser detectadas por outros procedimentos analíticos e ainda ser capaz de avaliar se um produto é bem aceito ou não (MUÑOZ; CIVILLE; CARR, 1992).

6.2 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivos expor o processo de formação de equipe sensorial treinada para a avaliação de polpa de juçara, e apresentar a execução da metodologia Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) do produto não pasteurizado congelado e pasteurizado pós-embalagem, visando obter o perfil sensorial de cada um.

6.3 Materiais e Métodos

As etapas de coleta, transporte e despolpa dos frutos seguiram o modelo descrito no Capítulo “Composição físico-química, mineral e lipídica da polpa de juçara” (vide item 2.3). Uma parte da polpa de juçara foi acondicionada em bolsas de polietileno transparente com capacidade para 100 mL e congelada a -18°C em câmara de congelamento, estas amostras constituíram um dos tratamentos do experimento. A outra parte foi acondicionada em embalagens laminadas multicamadas (100 mL), compostas por PET 15μ – Politereftalato de Etila (poliester), OPA 15μ – Poliamida biorientada (nylon) e CPP 70μ – (ou PP Cast) Polipropileno.

O processo de pasteurização pós-embalagem foi realizado através da imersão das bolsas em tanque de aço inoxidável (Mecamau “São José” Ltda., Espírito Santo do Pinhal, SP, Brasil) com água aquecida, e mantidas por 5 minutos após a temperatura interna ter atingido 80°C . O resfriamento do produto foi realizado em bacias com água e gelo, até a temperatura interna atingir valores abaixo de 30°C . Após esse processo seguiu-se o armazenamento das mesmas a 6°C e a -18°C , representando outros dois tratamentos.

O controle da temperatura de pasteurização foi realizado com o auxílio de equipamento Termopar (marca Novus – My PC lab; tipo T, Classe 1) acrescido de quatro sensores conectados via cabo USB a um computador e, através do programa do equipamento,

registrou-se a temperatura interna das bolsas e da água a cada 30 segundos. Dois sensores foram inseridos nas bolsas que continham o produto e os demais na água durante todo o processo de pasteurização e resfriamento.

Foram, então, construídas curvas com os dados de temperaturas aferidos pelos sensores a cada 30 segundos até 5 minutos (tempo de pasteurização da polpa), momento no qual o tanque apresentava-se com aproximadamente 80°C. Após este período iniciou-se o processo de resfriamento, ocorrendo decréscimo da temperatura até 25°C (Figuras 1 e 2).

Figura 1 - Temperatura da água durante o aquecimento e o resfriamento da polpa de juçara embalada

Figura 2 - Temperatura da polpa de juçara durante seu aquecimento e resfriamento

As sessões de avaliação sensorial das amostras foram realizadas nos períodos 1, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias de armazenamento (Figura 3). Análises microbiológicas foram realizadas no produto após a despolpa para assegurar seu consumo.

Figura 3 - Fluxograma do processamento dos frutos e pasteurização pós-embalagem da polpa de juçara

6.3.1 Análises Microbiológicas

Foram realizadas as avaliações microbiológicas exigidas pela RDC n°12 da ANVISA (BRASIL, 2001) para polpa de frutas concentradas ou não, com ou sem tratamento térmico, refrigeradas ou congeladas.

i Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes

Os coliformes totais e termotolerantes foram determinados pelo método do NMP, através da técnica dos Tubos Múltiplos de acordo com Downes e Ito (2001) (vide item 3.4.1.1).

ii Pesquisa da presença de Salmonella spp

Para a detecção de *Salmonella* spp, foi utilizado o kit “1-2 test”, fabricado pela Bio Control/USA, método oficial aprovado pela Association of Official Analytical Chemists Internacional (AOAC, 2000) (vide item 3.4.1.1).

6.3.2 Análise Sensorial - Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

O projeto de pesquisa foi enviado para avaliação pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), sendo aceito pela comissão, com protocolo número 98 (Figura 4).

O método empregado para a avaliação sensorial foi uma adaptação da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) desenvolvida por Stone (1992), o qual foi dividido em várias etapas. O teste foi realizado nos laboratórios de Análise Sensorial do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, da ESALQ/USP (Piracicaba, SP, Brasil).

Figura 4 - Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa – ESALQ/USP

6.3.2.1. Recrutamento de provadores

Foram recrutados, através de questionário, provadores entre funcionários e alunos do Departamento Agroindústria, Alimentos e Nutrição (ESALQ/USP), os quais deveriam gostar ou fazer uso do produto juçara ou do similar açaí, ter interesse pela pesquisa, e disponibilidade de tempo para as sessões sensoriais (Figura 5).

RECRUTAMENTO DE PROVADORES					
Estamos convidando você a participar do treinamento para Análise Sensorial de Polpa de Juçara pelo Método da “Análise Descritiva Quantitativa”, o qual você deve identificar e quantificar seus diferentes atributos sensoriais. Serão realizados vários testes, sendo necessária a presença do provador quando solicitado. Se você deseja fazer parte dessa equipe, por favor, preencha este formulário. Contamos com você para a formação desta nova equipe de provadores.					
Nome: _____					
Faixa etária:	15-20	21-30	31-40	41-50	51-60
Sexo:	Feminino	Masculino			
Fumante:	Sim	Não			
Toma cafezinho varias vezes ao dia:	Sim	Não			
E-mail:	_____				
Telefone para contato:	_____				
Data:	_____				
1. Horários disponíveis					
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Manhã 8 -12 h					
Tarde 14 -18 h					
2. Você tem o hábito de consumir polpa de juçara ou o seu similar açaí?					
3. Hábitos alimentares					
Com que frequência você consome o seu similar açaí?					
1 vez por semana _____					
2 a 4 vezes por semana _____					
Diariamente _____					
Outros _____					

Figura 5 - Modelo de ficha de recrutamento de provadores

6.3.2.2 Seleção de provadores

Para a seleção de provadores foi realizado o teste de reconhecimento de gostos básicos, em que cada um recebeu, simultaneamente, cinco amostras de 25 mL de solução em copos plásticos codificados com números de dígitos aleatórios. Para essa fase foram utilizadas soluções quimicamente puras dos gostos básicos: doce (sacarose a 2%), ácido (ácido cítrico a

0,07%), salgado (cloreto de sódio a 0,2%), amargo (cafeína a 0,07%) e neutro (água potável), conforme Stone et al. (1998). O teste foi realizado em cabines individuais, e foi orientado para cada provador tomar água entre uma amostra e outra, e colocar na ficha de avaliação o gosto básico correspondente a cada uma (Figura 6). Foram escolhidos para a próxima etapa da seleção os candidatos que obtiveram 100% de acerto no teste de gostos básicos.

Nome: _____		Data: _____	
<p>Instruções: Por favor, prove as amostras, identificando os gostos básicos (ácido, amargo, doce e salgado). Enxague a boca com água após cada avaliação.</p>			
N° Amostra		Gosto	
_____		_____	
_____		_____	
_____		_____	
_____		_____	
_____		_____	

Figura 6 - Modelo de ficha do teste de reconhecimento de gostos básicos

Na segunda etapa da seleção de provadores empregou-se o teste de sensibilidade para o gosto, fazendo-se uso do teste triangular, onde o provador recebeu três amostras de soluções de sacarose, nas mesmas condições do teste de gostos básicos, e lhes foi informado que duas entre elas são iguais. Foi solicitado que as amostras fossem provadas da esquerda para a direita e que identificasse a que era diferente (Figura 7). Este teste não requer que seja apontado em que atributo as amostras diferem, apenas se identifica a diferente (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999). O teste foi repetido sete vezes para cada provador e, a partir das respostas, foram construídos gráficos de aceitação ou de rejeição dos provadores, mediante análise sequencial, de acordo com Amerine et al. (1965). As amostras utilizadas para o teste triangular eram soluções com diferentes concentrações de sacarose (2% e 4%).

Nome: _____ Data: _____ Por favor, prove as amostras codificadas da esquerda para a direita. Duas amostras são iguais e uma é diferente. Identifique com um círculo qual amostra é a diferente. _____ _____ _____ Comentários: _____

Figura 7 - Modelo de ficha do teste triangular

6.3.2.3 Levantamento e agrupamento de atributos

Para a etapa de levantamento de atributos, aos provadores selecionados foram oferecidas duas amostras distintas de polpa de juçara: polpa de juçara congelada e homogeneizada, e polpa de juçara atomizada acrescida de 90% de água e 10% de açúcar refinado. O teste foi conduzido nas mesmas condições dos testes anteriores, então os voluntários foram convidados a descreverem as sensações percebidas quanto à aparência, aroma, sabor e textura das amostras na ficha de levantamento de atributos, através do Método de Rede (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2006) (Figura 8).

Nome: _____ Data: _____ Descreva todas as características que você observar nas amostras de juçara para cada atributo abaixo: Aparência Aroma Sabor Textura
--

Figura 8 - Ficha de levantamento de atributos

Após a etapa de levantamento de atributos, as sensações descritas pelos provadores foram reunidas pelo analista sensorial, com o objetivo de agrupar os termos semelhantes e que melhor descrevessem as amostras de polpa de juçara, bem como seus significados para posterior preparo das amostras de referência, os discrepantes foram eliminados (DAMÁSIO, 1990). Tais termos e seus significados foram utilizados na etapa de treinamento dos provadores.

Posteriormente à reunião de definição da terminologia descritiva quantitativa de polpa de juçara, foi elaborada a ficha de avaliação a ser utilizada na aplicação da análise sensorial no produto, empregando-se uma escala não estruturada de 10 cm, variando de pouco (nota 1) a muito (nota 9).

6.3.2.4 Treinamento dos provadores

O treinamento foi realizado com três diferentes amostras de polpa de juçara: polpa homogeneizada, polpa acrescida de 10% de açúcar refinado (p/v) e polpa atomizada reidratada com 90% de água potável. Os materiais de referência e parâmetros definidos na reunião ficaram à disposição dos provadores para consulta (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999).

Além disso, durante as sessões de treinamento, amostras referência de polpa de juçara foram mostradas à equipe a fim de apresentar as noções qualitativas e quantitativas dos descritores avaliados. Solicitou-se aos provadores a avaliar a intensidade de cada atributo das três amostras de polpa de juçara utilizando a ficha de avaliação previamente desenvolvida pela equipe sensorial. A ficha de definições e do material de referencia, bem como os próprios materiais, que representavam cada uma foram colocados à disposição dos provadores durante as sessões.

Esse treinamento foi realizado, em diversas sessões, até que a equipe estivesse apta a realizar os testes e que suas respostas fossem dignas de confiança (MORAES, 1993).

6.3.2.5 Avaliação do desempenho dos provadores

Com o objetivo de se verificar se a equipe sensorial treinada estava produzindo resultados estatisticamente válidos, as três amostras de polpa de juçara, referentes aos tratamentos definidos no experimento, foram analisadas através da ficha de avaliação em cada

sessão sensorial e em três repetições do teste, sem que os provadores soubessem que se tratava de repetições das amostras. As mesmas foram servidas em copos plásticos codificados com números de três dígitos, em temperatura de refrigeração, sendo solicitado a cada provador que tomasse água entre elas.

Os resultados individuais de cada provador e de cada atributo foram submetidos à análise estatística de variância (ANOVA) com duas fontes de variação, amostra e repetição. Provadores que apresentaram bom poder discriminativo dos atributos ($pF_{\text{amostras}} \leq 0,3$), boa repetitividade nos julgamentos ($pF_{\text{repetições}} \geq 0,05$) e consenso com os demais membros foram selecionados para a equipe definitiva (DAMÁSIO; COSTELL, 1991).

Em casos em que provadores tenham apresentado dificuldade de avaliação de um determinado atributo, esse provador era treinado mais uma vez. Após o novo treino, novos testes em cabines foram realizados nesse indivíduo para se checar se o problema foi eliminado (DAMÁSIO; SILVA, 1996).

A partir dos dados coletados dos provadores selecionados para a avaliação descritiva quantitativa das amostras, pôde-se traçar o perfil da equipe treinada.

6.3.2.6 Avaliação descritiva quantitativa das amostras

Nesta etapa, as amostras dos três tratamentos de polpa de juçara e períodos de avaliação foram servidas aos provadores treinados, os quais deveriam colocar na ficha de atributos suas sensações sensoriais. Os testes foram conduzidos em cabines individuais com luz branca. As amostras foram servidas em temperatura de refrigeração, sem adição de quaisquer ingredientes, em copos plásticos com capacidade para 50 mL, e codificados com números de três dígitos.

6.3.3 Análise estatística

O delineamento experimental empregado foi inteiramente ao acaso. Relacionaram-se três tratamentos de polpa de juçara (pasteurizada congelada, pasteurizada refrigerada e não pasteurizada congelada) e sete períodos de armazenamento (1, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias), com sete repetições, que constituíam os provadores treinados.

Os resultados referentes às análises sensoriais da polpa de juçara foram avaliados através do programa Statistical Analysis System modelo 9.2 (SAS, 2005) e submetidos à

análise de variância (ANOVA) para o teste F. A diferença estatística das médias, ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$), foi determinada pelo teste de Tukey.

A análise de correlação dos dados sensoriais foi realizada através do programa estatístico PC-ORD (McCUNE; MEFFORD, 1999).

O conjunto de dados também foi submetido aos tratamentos matemáticos e estatísticos multivariados. Dentre os principais programas, foram selecionados para esta pesquisa: Autoescalamento e Análises de Componentes Principais tipo -R e Representação gráfica (VARVAR) (SOUNIS, 1975; HARPER; KOWALSKI, 1979; SCARMINIO, 1989).

6.4. Resultados e Discussão

6.4.1 Qualidade microbiológica

As amostras de polpa de juçara congeladas encontraram-se dentro dos padrões legais vigentes pela RDC nº12 da ANVISA (BRASIL, 2001) com relação aos patógenos coliformes termotolerantes e *Salmonella* spp, indicando, portanto, que o produto apresentava condições sanitárias satisfatórias no momento da análise sensorial.

6.4.2 Qualidade sensorial

6.4.2.1 Recrutamento de provadores

Como parte da primeira etapa de realização da Análise Descritiva Quantitativa de polpa de juçara, foram recrutados 21 candidatos através da ficha de recrutamento (Figura 5, vide item 6.3.2.1).

Todos eles foram previamente selecionados e convocados para as próximas etapas do treinamento com base na sua disponibilidade, interesse, poder discriminativo, habilidade para verbalizar as sensações, capacidade de trabalhar em grupo e ausência de aversão ao produto, de acordo com as respostas verificadas no questionário.

6.4.2.2 Seleção dos provadores

Dos vinte e um provadores pré-selecionados, vinte foram aprovados no teste de reconhecimento de gostos básicos (vide item 6.3.2.2), o qual teve como critério de aprovação 100% de acertos.

Após esse teste, os provadores selecionados seguiram para a prova de sensibilidade para o gosto, em que foi utilizado o teste triangular (análise sequencial) através do uso de amostras com diferentes teores de sacarose (concentração de 2% e 4% de açúcar). O método foi aplicado sete vezes para cada provador, nas mesmas condições descritas para o teste de reconhecimento dos gostos básicos, a fim de se construir o gráfico referente ao teste sequencial triangular (Figura 9), obtendo-se as retas de aceitação (A) e rejeição (R) referentes a cada um dos provadores.

Figura 9 - Teste sequencial triangular na seleção de provadores com $p_0 = 1/3$, $p_1 = 2/3$, $\alpha = 0,05$ e $\beta = 0,10$

Os provadores foram selecionados em função de suas habilidades em discriminar as duas amostras e com a repetição dos resultados, sendo aprovados os indivíduos em que as suas respostas localizaram-se na zona de aceitação do gráfico de Análise Sequencial (Figura 9). Foram aprovados 16 provadores para a etapa seguinte, levantamento dos termos descritores, dos quais seis indivíduos, ao longo das sessões de seleção de provadores, desistiram de participar da avaliação sensorial de polpa de juçara ao alegarem problemas

pessoais. Portanto, dos 16 provadores selecionados após o teste de seleção, somente 10 seguiram para a etapa de treinamento com base nos atributos definidos e descritos no item 6.4.2.3.

6.4.2.3 Levantamento e agrupamento de atributos

Diante de um consenso com a equipe, realizou-se o agrupamento dos atributos semelhantes. Desse agrupamento resultaram os atributos a serem avaliados nas amostras de polpa de juçara, sendo seis atributos para aparência (aerado, heterogêneo, cor roxa, cor marrom, oleosa, cremosa), dois para aroma (doce, fermentado), três para sabor (adstringente, amargo, doce) e dois para textura (oleosa, consistente); e estabeleceu-se o material de referência (Tabela 1).

Após o agrupamento dos atributos foi determinado com a equipe o material de referência com as definições dos atributos escolhidos para treinamento dos provadores (Figura 10). Para a avaliação das amostras de polpa de juçara foi construída a ficha das escalas de intensidade determinadas para cada atributo levantado (Figura 11).

Tabela 1 - Agrupamento dos termos sensoriais obtidos nas fichas dos provadores, com indicação do número de vezes (N) em que cada atributo foi citado

Atributos	Termos	N
Aparência aerada	Aerada	4
Aparência heterogênea	Com grânulos	2
	Heterogênea	3
	Homogênea	1
	Lisa	1
Aparência cor roxa	Cor roxa	9
Aparência cor marrom	Cor marrom	1
	Opaca	1
	Escura	1
Aparência oleosa	Oleosa	2
Aparência cremosa	Cremosa	1
Aroma fermentado	Alcoólico	2
	Fermentado	1
	Azeitonas	1
	Vinagre	1
Aroma doce	Adocicado	2
Sabor adstringente	Adstringente	2
Sabor amargo	Amargo	8
	Azedo	2
Sabor doce	Pouco doce	2
	Nada doce	1
Textura oleosa	Lisa	1
	Pouco oleosa	5
	Pouco viscoso	2
Textura consistente	Consistente	3

APARÊNCIA

Aerado: polpa de juçara recém-batida no liquidificador, com bolhas

Muito: polpa batida durante 2 minutos no liquidificador, com muitas bolhas de ar.

Pouco: polpa sem bater no liquidificador; sem bolhas de ar.

Heterogêneo: polpa de juçara não uniforme (cor, bolhas, grânulos, gotículas de óleo, manchas)

Muito: polpa de juçara acrescida de pó de café.

Pouco: polpa de juçara filtrada.

Cor rosa: polpa de juçara em condições ideais de consumo (não oxidada)

Muito: polpa de juçara acrescida de solução a 5% de ácido cítrico e congelada.

Pouco: polpa de juçara armazenada em temperatura ambiente durante 24 h e exposta à ação do oxigênio.

Cor marrom: polpa de juçara armazenada em temperatura ambiente e exposta à ação de oxigênio

Muito: polpa de juçara armazenada em temperatura ambiente durante 24 h e exposta à ação do oxigênio.

Pouco: polpa de juçara acrescida de solução a 5% de ácido cítrico e congelada.

Oleosa: polpa de juçara com gotículas de óleo

Muito: polpa de juçara acrescida de gotas de óleo.

Pouco: polpa de juçara acrescida de 50% de água.

Cremoso: aparência de consistência viscosa, encorpada

Muito: polpa de juçara acrescida de farinha de milho.

Pouco: polpa de juçara acrescida de 50% água.

AROMA

Doce: aroma de açúcares presentes na polpa de juçara ou acrescentados a ela

Muito: polpa de juçara com adição de 50% de açúcar.

Pouco: polpa de juçara acrescida de 50% de água.

Fermentado: polpa de juçara armazenada durante período e temperatura que possibilitem a fermentação

Muito: polpa de juçara acrescida de fermento biológico.

Pouco: polpa de juçara acrescida de 50% de água.

SABOR

Adstringente: polpa de juçara com sabor que permite a contração da língua

Muito: polpa de juçara acrescida de solução de tanino a 0,5%

Pouco: polpa de juçara acrescida de 50% de água

Amargo: polpa de juçara com sabor desagradável e azedo

Muito: polpa de juçara acrescida de solução de cafeína 0,1%.

Pouco: polpa de juçara acrescida de 50% de água

Doce: polpa de juçara com sabor de mel ou de açúcar

Muito: polpa de juçara acrescida de 20% de sacarose

Pouco: polpa de juçara acrescida de 50% de água

TEXTURA

Oleosa: polpa de juçara com sensação de óleo na boca

Muito: polpa de juçara acrescida de 5% de óleo de soja.

Pouco: polpa de juçara acrescida de 50% de água

Consistente: encorpado, de difícil escoamento

Muito: polpa de juçara acrescida de farinha de milho.

Pouco: polpa de juçara pura.

Figura 10 - Definição e material de referência para cada atributo levantado pelos provadores

Nome: _____	Data: _____
Idade: _____	
<p>Por favor avalie cada um dos atributos abaixo indicando com um traço vertical o ponto da escala que melhor quantifique a intensidade de cada atributo.</p>	
APARÊNCIA	
<u>AERADO</u>	
Amostra	pouco muito
_____	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border-left: 1px solid black; width: 10%; height: 20px;"></div> <div style="flex-grow: 1; border-bottom: 1px solid black; position: relative;"> <div style="position: absolute; left: 0; top: -5px; bottom: -5px; width: 2px;"></div> <div style="position: absolute; right: 0; top: -5px; bottom: -5px; width: 2px;"></div> </div> </div>
_____	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border-left: 1px solid black; width: 10%; height: 20px;"></div> <div style="flex-grow: 1; border-bottom: 1px solid black; position: relative;"> <div style="position: absolute; left: 0; top: -5px; bottom: -5px; width: 2px;"></div> <div style="position: absolute; right: 0; top: -5px; bottom: -5px; width: 2px;"></div> </div> </div>
_____	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border-left: 1px solid black; width: 10%; height: 20px;"></div> <div style="flex-grow: 1; border-bottom: 1px solid black; position: relative;"> <div style="position: absolute; left: 0; top: -5px; bottom: -5px; width: 2px;"></div> <div style="position: absolute; right: 0; top: -5px; bottom: -5px; width: 2px;"></div> </div> </div>
<u>HETEROGÊNEO</u>	
Amostra	pouco muito
_____	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border-left: 1px solid black; width: 10%; height: 20px;"></div> <div style="flex-grow: 1; border-bottom: 1px solid black; position: relative;"> <div style="position: absolute; left: 0; top: -5px; bottom: -5px; width: 2px;"></div> <div style="position: absolute; right: 0; top: -5px; bottom: -5px; width: 2px;"></div> </div> </div>
_____	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border-left: 1px solid black; width: 10%; height: 20px;"></div> <div style="flex-grow: 1; border-bottom: 1px solid black; position: relative;"> <div style="position: absolute; left: 0; top: -5px; bottom: -5px; width: 2px;"></div> <div style="position: absolute; right: 0; top: -5px; bottom: -5px; width: 2px;"></div> </div> </div>
_____	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border-left: 1px solid black; width: 10%; height: 20px;"></div> <div style="flex-grow: 1; border-bottom: 1px solid black; position: relative;"> <div style="position: absolute; left: 0; top: -5px; bottom: -5px; width: 2px;"></div> <div style="position: absolute; right: 0; top: -5px; bottom: -5px; width: 2px;"></div> </div> </div>
<u>COR ROXA</u>	
Amostra	pouco muito
_____	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border-left: 1px solid black; width: 10%; height: 20px;"></div> <div style="flex-grow: 1; border-bottom: 1px solid black; position: relative;"> <div style="position: absolute; left: 0; top: -5px; bottom: -5px; width: 2px;"></div> <div style="position: absolute; right: 0; top: -5px; bottom: -5px; width: 2px;"></div> </div> </div>
_____	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border-left: 1px solid black; width: 10%; height: 20px;"></div> <div style="flex-grow: 1; border-bottom: 1px solid black; position: relative;"> <div style="position: absolute; left: 0; top: -5px; bottom: -5px; width: 2px;"></div> <div style="position: absolute; right: 0; top: -5px; bottom: -5px; width: 2px;"></div> </div> </div>
_____	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border-left: 1px solid black; width: 10%; height: 20px;"></div> <div style="flex-grow: 1; border-bottom: 1px solid black; position: relative;"> <div style="position: absolute; left: 0; top: -5px; bottom: -5px; width: 2px;"></div> <div style="position: absolute; right: 0; top: -5px; bottom: -5px; width: 2px;"></div> </div> </div>

Figura 11 - Ficha utilizada na análise final com as escalas de intensidade para cada atributo
(continua)

(continuação)

<u>FERMENTADO</u>		
Amostra	pouco	muito
_____	-----	
_____	-----	
_____	-----	
SABOR		
<u>ADSTRINGENTE</u>		
Amostra	pouco	muito
_____	-----	
_____	-----	
_____	-----	
<u>AMARGO</u>		
Amostra	pouco	muito
_____	-----	
_____	-----	
_____	-----	

Figura 11 - Ficha utilizada na análise final com as escalas de intensidade para cada atributo

(continua)

(conclusão)

DOCE

Amostra	pouco		mu

TEXTURA

OLEOSA

Amostra	pouco		mu

CONSISTENTE

Amostra	pouco		mu

Figura 11 - Ficha utilizada na análise final com as escalas de intensidade para cada atributo

6.4.2.4 Treinamento e avaliação do desempenho dos provadores

Nessa etapa, através de um consenso entre os provadores e o líder da equipe, foi excluído o atributo “aroma doce” inicialmente proposto pela equipe na elaboração dos termos descritivos.

Após três sessões de treinamento, e com base nos critérios de exclusão de provadores definidos por Damásio e Costell (1991), detalhados no item 6.3.2.5, foram selecionados sete provadores para fazer parte da equipe final para avaliação de polpa de juçara, os quais apresentaram pelo menos 80% dos valores dentro dos padrões (Tabelas 2 e 3) e resultados em consenso com a equipe (Tabela 4). A equipe sensorial final foi composta por pessoas do sexo feminino (100%) com idade entre 20 e 25 anos.

Tabela 2 – Valores de $pF_{amostras}$ para cada provador por atributo, avaliados em escala não estruturada de dez centímetros

Atributos	Provadores									
	1	2*	3*	4*	5	6	7	8	9	10
Aparência										
Aerada	0,12	0,44	0,64	0,87	0,06	0,28	0,98	0,86	0,44	0,47
Heterogênea	0,06	0,21	0,02	0,76	0,00	0,72	0,09	0,00	0,07	0,13
Cor roxa	0,28	0,22	0,38	0,36	0,00	0,00	0,04	0,03	0,16	0,07
Cor marrom	0,17	0,22	0,44	0,08	0,03	0,00	0,00	0,05	0,14	0,02
Oleosa	0,06	1,00	0,44	0,07	0,18	0,26	0,14	0,03	0,00	0,18
Cremosa	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05
Aroma										
Fermentado	0,53	0,44	0,22	0,44	0,20	0,39	0,34	0,11	0,21	0,60
Sabor										
Adstringente	0,24	0,40	0,44	0,37	0,00	0,01	0,01	0,49	0,10	0,00
Amargo	0,49	0,45	0,10	0,16	0,06	0,02	0,07	0,21	0,09	0,00
Doce	0,78	0,05	0,77	0,83	0,00	0,02	0,01	0,00	0,66	0,00
Textura										
Oleosa	0,59	0,53	0,53	0,44	0,41	0,02	0,06	0,25	0,44	0,04
Consistente	0,01	0,44	0,00	0,15	0,00	0,25	0,02	0,23	0,00	0,00

Legenda: * = Provador excluído

Nota: números em **negrito itálico** sinalizam valores de $pF_{amostras} > 0,30$

Tabela 3 – Valores de $pF_{\text{repetições}}$ para cada provador por atributo, avaliados em escala não estruturada de dez centímetros

Atributos	Provadores									
	1	2*	3*	4*	5	6	7	8	9	10
Aparência										
Aerada	0,12	0,13	0,06	0,38	0,49	0,17	0,00	0,37	0,00	0,00
Heterogênea	0,05	0,81	0,44	0,61	0,16	0,25	0,21	0,09	0,03	0,88
Cor roxa	0,22	0,23	0,04	0,50	0,53	0,28	0,37	0,44	0,44	0,93
Cor marrom	0,46	0,32	0,03	0,00	0,63	0,37	0,17	0,88	0,35	0,76
Oleosa	0,24	0,44	0,13	0,09	0,29	0,48	0,00	0,60	0,00	0,20
Cremosa	0,79	0,39	0,15	0,44	0,33	0,07	0,15	0,40	0,18	0,91
Aroma										
Fermentado	0,00	0,00	0,44	0,11	0,43	0,13	0,11	0,00	0,11	0,09
Sabor										
Adstringente	0,33	0,00	0,00	0,01	0,62	0,12	0,75	0,12	0,11	0,80
Amargo	0,29	0,44	0,21	0,42	0,20	0,53	0,00	0,16	0,95	0,44
Doce	0,03	0,44	0,00	0,00	0,51	0,26	0,89	0,22	0,00	0,22
Textura										
Oleosa	0,56	0,31	0,42	0,44	0,29	0,00	0,26	0,19	0,00	0,96
Consistente	0,53	0,00	0,13	0,49	0,32	0,96	0,94	0,34	0,26	0,82

Legenda: * = Provador excluído

Nota: números em **negrito itálico** sinalizam valores de $pF_{\text{repetições}} < 0,05$

Tabela 4 – Médias das três repetições para cada provador e amostra, avaliados em escala não estruturada de dez centímetros

		Provadores										Média equipe
Atributos	Amostras	1	2*	3*	4*	5	6	7	8	9	10	
Aparência												
Aerada	A	1,10	1,53	0,33	0,33	1,63	2,33	0,93	4,77	0,27	5,20	1,84
	B	1,73	2,47	0,20	0,53	1,33	2,03	0,90	3,17	0,33	5,40	1,81
	C	0,23	0,13	0,27	0,33	0,30	0,10	0,90	2,90	0,33	5,00	1,05
Heterogênea	A	2,03	3,33	0,17	0,50	1,37	4,77	3,60	0,60	1,23	3,10	2,07
	B	2,20	5,27	0,20	0,77	0,80	5,97	2,93	0,57	1,10	2,47	2,23
	C	3,80	7,53	5,37	0,53	6,47	4,87	6,93	8,57	2,23	6,63	5,29
Cor roxa	A	3,17	5,07	1,43	0,93	6,47	4,93	4,27	5,20	1,53	5,07	3,81
	B	3,83	5,20	1,17	0,17	7,90	7,00	5,10	7,83	1,97	5,93	4,61
	C	0,73	0,70	0,53	0,23	0,93	0,53	1,33	0,20	0,60	2,10	0,79
Cor marrom	A	4,03	3,00	3,17	1,40	3,43	1,77	2,50	2,47	4,40	3,20	2,94
	B	3,20	2,63	3,47	2,50	0,97	0,70	3,17	0,57	2,53	3,23	2,30
	C	6,43	7,90	4,67	3,23	7,57	7,50	6,10	7,53	5,97	6,83	6,37
Oleosa	A	1,20	0,13	0,20	0,60	3,57	3,73	1,83	2,63	1,50	4,43	1,98
	B	2,57	0,13	0,10	2,27	4,90	6,17	1,20	4,63	0,30	4,33	2,66
	C	0,37	0,13	0,17	0,77	2,00	3,27	1,43	0,17	0,43	2,00	1,07
Cremosa	A	6,73	8,07	7,07	5,10	7,07	5,63	6,03	7,97	5,50	5,20	6,44
	B	6,50	5,20	6,23	4,37	6,13	6,73	6,50	6,73	3,50	6,00	5,79
	C	0,23	0,40	0,13	0,23	0,47	0,30	0,47	0,10	0,10	1,77	0,42

(continua)

Legenda: * = Provador excluído; A = polpa de juçara homogeneizada; B = polpa de juçara acrescida de 10% de açúcar refinado (v/p); polpa de juçara atomizada reidratada com 90% de água potável (v/v).

Nota: números em **negrito itálico** sinalizam valores fora de consenso com a média da equipe.

Tabela 4 – Médias das três repetições para cada provador e amostra, avaliados em escala não estruturada de dez centímetros.

(conclusão)

Provedores												
Atributos	Amostras	1	2*	3*	4*	5	6	7	8	9	10	Média equipe
Aroma												
Fermentado	A	2,37	2,57	0,10	0,47	0,27	0,97	0,47	4,23	2,37	3,50	1,73
	B	2,13	2,47	0,10	0,50	0,47	1,67	0,77	5,20	1,37	4,93	1,96
	C	2,77	2,83	0,23	0,10	2,00	1,77	0,60	5,40	1,47	4,73	2,19
Sabor												
Adstringente	A	1,43	2,87	0,27	0,50	7,50	2,17	6,73	0,27	1,40	6,67	2,98
	B	1,83	2,90	0,43	0,43	6,57	1,23	5,30	2,43	0,67	3,50	2,53
	C	3,13	2,57	0,33	0,23	1,23	0,10	1,77	2,73	0,67	1,97	1,47
Amargo	A	1,23	1,93	3,63	2,13	4,63	4,40	3,60	3,63	3,43	6,93	3,56
	B	1,10	0,17	1,27	0,13	3,80	2,07	2,77	2,07	1,70	3,23	1,83
	C	0,40	0,20	0,73	0,10	1,70	0,60	3,07	0,10	1,03	2,13	1,01
Doce	A	3,60	3,63	4,60	4,63	2,53	2,67	2,67	1,97	5,13	2,17	3,36
	B	3,73	8,03	4,73	4,13	7,33	5,80	6,20	6,93	4,87	4,50	5,63
	C	3,83	8,57	4,10	3,93	8,27	7,23	7,43	8,50	4,53	6,83	6,32
Textura												
Oleosa	A	1,67	0,37	0,57	0,10	5,27	2,30	4,53	2,97	0,50	5,47	2,37
	B	2,47	0,67	0,97	0,13	5,50	1,07	5,63	3,20	0,63	5,03	2,53
	C	2,70	0,37	0,53	0,10	3,30	1,57	1,60	0,50	0,43	2,10	1,32
Consistente	A	6,23	3,07	4,83	3,73	6,53	2,97	5,20	7,23	7,10	4,63	5,15
	B	6,40	2,97	4,90	3,43	5,83	5,33	5,97	7,20	5,50	6,67	5,42
	C	0,17	3,00	0,17	0,10	0,50	1,50	0,90	3,07	0,10	1,63	1,11

Legenda: * = Provedor excluído; A = polpa de juçara homogeneizada; B = polpa de juçara acrescida de 10% de açúcar refinado (v/p); polpa de juçara atomizada reidratada com 90% de água potável (v/v).

Nota: números em **negrito itálico** sinalizam valores fora de consenso com a média da equipe.

6.4.2.5 Avaliação descritiva quantitativa das amostras

A análise descritiva quantitativa das amostras de polpa de juçara foi realizada para os tratamentos definidos no experimento: polpa pasteurizada e refrigerada (6°C), polpa pasteurizada e congelada (-18°C) e polpa não pasteurizada congelada (-18°C).

A avaliação sensorial referente aos atributos de sabor e de textura da polpa pasteurizada sob armazenamento refrigerado foram realizadas apenas nos dias 1 e 15 após processamento, pois após estes períodos as amostras apresentavam-se visualmente degradadas.

O atributo aparência aerada nas polpas de juçara pasteurizadas refrigeradas e congeladas, foi equivalente durante o período de armazenamento, possuindo valor médio de 3,11 para as primeiras e 3,86 para as segundas. Entre os tratamentos houve diferença estatística ($p < 0,05$) no 75º dia de armazenamento, no qual o produto pasteurizado e refrigerado apresentou pouca aparência aerada, o que pode ser devido à falha no momento da homogeneização dessa amostra em liquidificador. A polpa não pasteurizada congelada, embora não tenha havido diferença estatística ($p < 0,05$) até o dia 60, exibiu maior aparência aerada quando comparada às demais, com valor médio de 5,33 (Tabela 5).

Não houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre tratamentos e períodos de armazenamento com relação à aparência cor roxa das amostras, tendo os provadores estabelecido para elas cor pouco roxa, pois o valor médio obtido no atributo foi de 2,61. Ainda, observou-se que a cor roxa das amostras não variou com o decorrer do período de armazenamento (Tabela 5).

No entanto, no atributo cor marrom foi verificado acréscimo nesse tom durante o período de armazenamento na amostra não pasteurizada congelada, havendo diferença estatística entre eles ($p < 0,05$). As polpas pasteurizadas mantiveram a cor marrom inicial durante o armazenamento, não sendo observada diferença estatística entre os períodos e também entre as amostras refrigeradas e congeladas. Observou-se diferença estatística entre a amostra não pasteurizada congelada e as pasteurizadas somente aos 45 dias, mesmo assim as amostras pasteurizadas mostraram cor próxima do muito marrom em todos os períodos avaliados (Tabela 5). Este fato pode ser decorrente da degradação dos pigmentos antocianicos presentes na polpa de juçara promovidos pelo processo de pasteurização.

Tabela 5 - Atributos relacionados à aparência de polpas de juçara, congelada, pasteurizada pós-embalagem armazenada sob-refrigeração e congelamento, em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=7)

Tratamentos	Períodos (dias)						
	1	15	30	45	60	75	90
AERADA							
C	5,28 $\pm$ 3,01 Aa	4,57 $\pm$ 2,31 ABa	5,08 $\pm$ 1,66 ABa	4,03 $\pm$ 2,70 ABa	5,91 $\pm$ 1,69 ABa	7,13 $\pm$ 1,69 ABa	2,77 $\pm$ 1,99 Ba
PR	2,64 $\pm$ 1,04 Aa	3,11 $\pm$ 1,83 Aa	2,57 $\pm$ 0,83 Aa	3,36 $\pm$ 1,60 Aa	4,99 $\pm$ 1,61 Aa	2,34 $\pm$ 1,31 Ab	2,74 $\pm$ 1,76 Aa
PC	2,53 $\pm$ 1,40 Aa	4,45 $\pm$ 1,77 Aa	3,17 $\pm$ 1,24 Aa	3,26 $\pm$ 1,32 Aa	3,46 $\pm$ 2,14 Aa	4,73 $\pm$ 1,54 Aab	5,41 $\pm$ 1,82 Aa
CV	49,62%						
COR ROXA							
C	5,37 $\pm$ 2,62	5,27 $\pm$ 2,69	5,06 $\pm$ 2,06	5,60 $\pm$ 1,18	3,58 $\pm$ 2,18	1,80 $\pm$ 1,40	2,70 $\pm$ 2,60
PR	2,38 $\pm$ 1,18	2,71 $\pm$ 1,51	3,63 $\pm$ 2,05	2,38 $\pm$ 1,42	2,66 $\pm$ 2,34	2,83 $\pm$ 2,71	2,20 $\pm$ 1,88
PC	2,38 $\pm$ 1,39	2,61 $\pm$ 1,45	3,24 $\pm$ 1,77	2,24 $\pm$ 1,39	2,56 $\pm$ 2,24	2,57 $\pm$ 2,20	2,13 $\pm$ 1,80
CV	62,80%						
COR MARROM							
C	4,64 $\pm$ 2,54 BCa	4,40 $\pm$ 2,36 Ca	5,57 $\pm$ 1,07 ABCa	3,23 $\pm$ 1,79 Cb	5,57 $\pm$ 2,03 ABCa	8,46 $\pm$ 1,65 Aa	8,13 $\pm$ 2,03 ABa
PR	7,50 $\pm$ 1,89 Aa	6,86 $\pm$ 2,60 Aa	7,43 $\pm$ 1,30 Aa	7,21 $\pm$ 1,12 Aa	7,33 $\pm$ 2,00 Aa	6,41 $\pm$ 2,28 Aa	8,53 $\pm$ 1,27 Aa
PC	7,84 $\pm$ 1,46 Aa	6,66 $\pm$ 2,73 Aa	7,30 $\pm$ 1,15 Aa	7,31 $\pm$ 1,13 Aa	7,09 $\pm$ 2,10 Aa	6,78 $\pm$ 2,19 Aa	8,75 $\pm$ 1,12 Aa
CV	27,56%						
OLEOSA							
C	4,00 $\pm$ 2,64	3,93 $\pm$ 2,50	4,21 $\pm$ 2,63	4,29 $\pm$ 2,19	4,07 $\pm$ 2,35	5,88 $\pm$ 1,79	5,93 $\pm$ 2,54
PR	5,27 $\pm$ 3,07	5,10 $\pm$ 2,36	3,74 $\pm$ 2,32	4,96 $\pm$ 2,01	4,54 $\pm$ 2,91	4,31 $\pm$ 2,78	5,38 $\pm$ 2,36
PC	5,16 $\pm$ 2,75	4,43 $\pm$ 1,88	5,28 $\pm$ 1,70	4,91 $\pm$ 2,18	4,91 $\pm$ 2,36	4,67 $\pm$ 2,79	5,73 $\pm$ 1,54
CV	49,98%						

(continua)

Legenda: DP = Desvio Padrão das médias; n = número de repetições utilizadas; CV = Coeficiente de variação; C = polpa de juçara não pasteurizada e armazenada sob congelamento; PR = polpa de juçara pasteurizada pós-embalagem e armazenada sob refrigeração; PC = polpa de juçara pasteurizada pós-embalagem e armazenada sob congelamento.

Nota: 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.

Tabela 5 - Atributos relacionados à aparência de polpas de juçara, congelada, pasteurizada pós-embalagem armazenada sob-refrigeração e congelamento, em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=7).

(conclusão)

	Períodos (dias)						
Tratamentos	1	15	30	45	60	75	90
CREMOSA							
C	7,56±0,88 Aa	5,50±1,98 ABa	6,49±1,32 ABa	4,57±1,88 ABa	6,64±2,35 ABa	3,91±2,16 Ba	6,00±1,41 ABa
PR	6,61±1,90 Aa	5,73±2,80 Aa	6,78±0,98 Aa	5,61±1,10 Aa	5,90±1,85 Aa	6,43±1,33 Aa	6,24±1,12 Aa
PC	6,34±2,33 Aa	5,94±1,95 Aa	6,76±0,53 Aa	5,06±1,81 Aa	6,29±1,03 Aa	5,96±1,29 Aa	6,37±1,29 Aa
CV	27,88%						
HETEROGÊNEA							
C	3,81±1,60	3,89±1,60	3,34±2,38	3,54±2,14	3,93±2,53	5,74±2,65	4,11±1,54
PR	3,23±1,64	4,23±2,35	2,57±1,14	3,19±1,23	3,67±2,04	3,79±2,47	4,17±2,47
PC	3,36±2,12	4,57±1,81	2,88±1,26	3,51±1,45	3,56±2,10	3,50±1,75	4,76±2,64
CV	53,10%						

Legenda: DP = Desvio Padrão das médias; n = número de repetições utilizadas; CV = Coeficiente de variação; C = polpa de juçara não pasteurizada e armazenada sob congelamento; PR = polpa de juçara pasteurizada pós-embalagem e armazenada sob refrigeração; PC = polpa de juçara pasteurizada pós-embalagem e armazenada sob congelamento.

Nota: 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.

Pelos resultados obtidos, os atributos que mais se destacaram foram o roxo e o marrom, com a cor roxa mantendo-se entre as notas 5,0 e 6,0 até os 45 dias de armazenamento para a amostra congelada e a cor marrom com notas menores, entre 4,0 e 5,0 durante esse mesmo período. Tal fato indica o congelamento como sendo o melhor processo do ponto de vista de qualidade, pois quanto mais roxa for a polpa de juçara, mais ela se aproxima de um produto fresco, garantindo boa qualidade. A pasteurização, independente da temperatura de armazenamento, recebeu sempre notas mais baixas, confirmando a degradação do pigmento, o que resultou em um produto final de menor qualidade.

A aparência oleosa não variou entre as amostras e períodos avaliados ($p < 0,05$), sendo atribuído a elas valor médio de 3,75, estando próximo do nível intermediário de oleosidade no produto. O mesmo ocorreu para a aparência cremosa das polpas de juçara, as quais foram posicionadas, em média, na escala não estruturada no ponto 6,14 o qual está próximo do ponto “muito cremoso” (Tabela 5).

No atributo aparência cremosa, a polpa pasteurizada resultou em produto de melhor qualidade e homogeneidade do começo ao fim do experimento. Tal fato pode ser decorrente da degradação das enzimas pectinase e pectinametilesterase, responsáveis pela quebra do ácido poligalacturônico, componente que oferece equilíbrio estrutural em produtos de origem vegetal, confirmado pelo atributo de textura consistente (Tabela 5).

Ainda, a aparência heterogênea das polpas foi semelhante entre elas durante o armazenamento, não havendo, também, variação dos valores nos períodos avaliados. O valor médio atribuído para as amostras foi de 3,77, o qual está próximo do nível mediano deste atributo (Tabela 5).

O atributo aroma fermentado não apresentou diferença estatística entre os tratamentos e os períodos de armazenamento ($p < 0,05$). Tal atributo atingiu média de 4,0 pontos, o que caracterizou a polpa de juçara em um nível médio de aroma fermentado, indicando também que a pasteurização não afetou o aroma do produto (Tabela 6).

Tabela 6 – Aroma fermentado de polpas de juçara, congelada, pasteurizada pós-embalagem armazenada sob refrigeração e congelamento, em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=7)

Tratamentos	Períodos (dias)						
	1	15	30	45	60	75	90
C	4,33 $\pm$ 2,67	3,16 $\pm$ 2,59	2,37 $\pm$ 1,68	3,58 $\pm$ 2,40	2,96 $\pm$ 2,14	4,38 $\pm$ 2,69	3,86 $\pm$ 1,41
PR	3,19 $\pm$ 1,13	3,14 $\pm$ 1,15	4,56 $\pm$ 2,38	4,42 $\pm$ 2,42	3,13 $\pm$ 1,65	5,30 $\pm$ 2,07	6,13 $\pm$ 1,50
PC	4,23 $\pm$ 2,89	3,77 $\pm$ 2,27	4,46 $\pm$ 2,19	3,86 $\pm$ 2,18	3,27 $\pm$ 1,62	4,51 $\pm$ 2,50	5,33 $\pm$ 3,28
CV	55,21 %						

Legenda: DP = Desvio Padrão das médias; n = número de repetições utilizadas; CV = Coeficiente de variação; C = polpa de juçara não pasteurizada e armazenada sob congelamento; PR = polpa de juçara pasteurizada pós-embalagem e armazenada sob refrigeração; PC = polpa de juçara pasteurizada pós-embalagem e armazenada sob congelamento.

Da mesma forma que o aroma, os atributos relacionados com o sabor não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos e os períodos de armazenamento ($p < 0,05$), não evidenciando efeito do tratamento térmico nestes parâmetros sensoriais em polpa de juçara (Tabela 7).

O sabor adstringente foi o mesmo em todas as polpas, apresentando valor médio de 5,27 que é próximo do ponto mediano da escala não estruturada (Tabela 7). Conforme discutido nos outros experimentos, a polpa de juçara contém teor de compostos fenólicos elevado, em especial antocianinas, que podem ter contribuído para este valor. A adstringência percebida pelo provador é produzida por uma variedade de estímulos oro-químicos como os polifenóis, ácidos e sais de alumínio e, na maioria das frutas, esta percepção está associada aos compostos fenólicos (LESSCHAEVE; NOBLE, 2005; JAEGER, 2006).

O atributo sabor amargo teve cinética análoga ao anterior, não havendo diferença estatística ($p < 0,05$) entre tratamentos e períodos de armazenamento das polpas de juçara (Tabela 7). As amostras apresentaram valor médio de 5,36 na escala não estruturada, evidenciando amargor intermediário, que é considerado negativo para o produto. Entretanto, a polpa de juçara deve ser consumida adicionada de ingredientes como xarope de guaraná, cereais ou frutas, que mascaram o sabor amargo do produto puro.

A polpa de juçara, pasteurizada ou não, foi caracterizada pelos provadores como sendo pouco doce, apresentando valor médio de 2,21 na escala não estruturada. Também não apresentou diferença estatística entre os períodos de armazenamento ($p < 0,05$) (Tabela 7). A doçura da polpa de juçara pode ser alterada com a adição de açúcar, xarope de guaraná, frutas ou outros ingredientes à formulação do produto final.

Tabela 7 - Atributos relacionados ao sabor de polpas de juçara, congelada, pasteurizada pós-embalagem armazenada sob refrigeração e congelamento, em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=7)

	Períodos (dias)						
Tratamentos	1	15	30	45	60	75	90
ADSTRINGENTE							
C	6,61±2,31	4,61±2,47	4,70±2,75	4,01±2,35	5,29±2,75	4,77±2,20	5,77±2,29
PR	5,66±1,64	4,84±2,37	-	-	-	-	-
PC	5,50±2,35	5,07±2,66	4,59±1,96	5,94±1,67	6,06±2,08	5,44±2,15	5,43±2,35
CV	43,53%						
AMARGO							
C	6,90±1,71	4,66±2,54	4,39±2,77	5,64±2,15	5,09±3,20	5,93±2,96	5,01±3,03
PR	4,90±1,32	4,70±2,38	-	-	-	-	-
PC	5,54±2,09	4,38±1,88	5,56±2,25	6,50±1,85	4,91±2,83	6,11±2,53	5,51±3,01
CV	45,86%						
DOCE							
C	1,47±0,64	2,20±1,19	3,93±2,76	2,87±2,52	2,63±1,56	2,41±1,62	1,59±0,96
PR	1,29±0,28	2,29±1,41	-	-	-	-	-
PC	1,43±0,45	2,31±1,69	3,49±2,51	1,81±1,16	2,21±1,83	2,11±1,29	1,39±0,35
CV	74,55%						

Legenda: DP = Desvio Padrão das médias; n = número de repetições utilizadas; CV = Coeficiente de variação; C = polpa de juçara não pasteurizada e armazenada sob congelamento; PR = polpa de juçara pasteurizada pós-embalagem e armazenada sob refrigeração; PC = polpa de juçara pasteurizada pós-embalagem e armazenada sob congelamento.

Ao analisar a textura da polpa de juçara, nota-se que o perfil oleoso não apresentou diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos e os períodos estudados; sendo que as amostras mostraram oleosidade média (4,5) na escala não estruturada (Tabela 8). Menezes (2011) obteve valores mais altos de sensação de oleosidade em polpa de açaí, e justifica tal fato pelo alimento possuir alto teor de lipídios. Esta composição reflete no aspecto sensorial, sendo considerado por alguns como característica positiva, visto que a gordura pode agregar sabor à polpa e ainda contribuir para formar a emulsão quando a polpa de açaí, ou juçara, é batida.

Com relação à textura consistente, somente a polpa de juçara congelada apresentou diferença estatística durante o período de armazenamento ($p < 0,05$), com valor inferior aos demais no quarto período de avaliação sensorial (45 dias). As outras amostras mantiveram-se constante durante o armazenamento, não havendo também variação entre os tratamentos. As polpas pasteurizadas mostraram valores maiores para este atributo, as quais estiveram no ponto médio 5,65 na escala não estruturada (Tabela 8).

Tabela 8 - Atributos relacionados à textura de polpas de juçara, congelada, pasteurizada pós-embalagem armazenada sob refrigeração e congelamento, em diferentes períodos (valores médios, $\pm$ DP, n=7)

	Períodos (días)						
Tratamentos	1	15	30	45	60	75	90
OLEOSA							
C	3,14±2,03	4,73±2,16	4,47±2,40	4,67±2,13	4,06±2,59	6,04±2,39	4,64±3,15
PR	3,70±2,83	4,86±3,12	-	-	-	-	-
PC	3,75±2,73	5,14±2,45	4,76±2,70	4,56±2,89	4,13±2,55	4,53±2,44	4,87±2,99
CV	58,12%						
CONSISTENTE							
C	5,71±1,58 ABa	4,00±2,46 ABa	6,41±1,07 Aa	3,11±1,90 Ba	5,34±2,20 ABa	4,20±2,02 ABa	5,73±1,42 Aa
PR	4,94±1,59 Aa	6,73±1,45 Aa	-	-	-	-	-
PC	5,50±1,45 Aa	5,99±1,00 Aa	6,60±0,62 Aa	4,73±1,70 Aa	5,14±1,84 Aa	5,71±1,93 Aa	5,56±1,53 Aa
CV	31,33%						

Legenda: DP = Desvio Padrão das médias; n = número de repetições utilizadas; CV = Coeficiente de variação; C = polpa de juçara não pasteurizada e armazenada sob congelamento; PR = polpa de juçara pasteurizada pós-embalagem e armazenada sob refrigeração; PC = polpa de juçara pasteurizada pós-embalagem e armazenada sob congelamento.

Nota: 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.

6.4.2.6 Perfil sensorial das amostras

Os dados gerados permitiram o desenvolvimento do perfil sensorial das amostras de polpa de juçara em seus diferentes tratamentos ao longo do período de armazenamento, que representa um modelo multidimensional das amostras (Figura 12). Cada descritor sensorial (atributo) avaliado é representado por um eixo que se inicia no centro da figura que significa o ponto zero da escala, e a intensidade média de cada descritor, para cada amostra, aumenta do centro do gráfico para a periferia. A média de cada atributo por tratamento é apresentada no eixo correspondente, onde o perfil sensorial de cada amostra é traçado pela conexão dos pontos referentes à intensidade média obtida para cada descritor (STONE et al., 1974; SANTANA et al., 2006).

Legenda: C = polpa de juçara não pasteurizada e armazenada sob congelamento; PR = polpa de juçara pasteurizada pós-embalagem e armazenada sob refrigeração; PC = polpa de juçara pasteurizada pós-embalagem e armazenada sob congelamento.

(continua)

Figura 12 - Perfil sensorial das amostras de polpa de juçara em seus diferentes tratamentos ao longo do período de armazenamento

(continuação)

(Continua)

Legenda: C = polpa de juçara não pasteurizada e armazenada sob congelamento; PR = polpa de juçara pasteurizada pós-embalagem e armazenada sob refrigeração; PC = polpa de juçara pasteurizada pós-embalagem e armazenada sob congelamento.

Figura 12 - Perfil sensorial das amostras de polpa de juçara em seus diferentes tratamentos ao longo do período de armazenamento

(conclusão)

Legenda: C = polpa de juçara não pasteurizada e armazenada sob congelamento; PR = polpa de juçara pasteurizada pós-embalagem e armazenada sob refrigeração; PC = polpa de juçara pasteurizada pós-embalagem e armazenada sob congelamento.

Figura 12 - Perfil sensorial das amostras de polpa de juçara em seus diferentes tratamentos ao longo do período de armazenamento

O perfil sensorial das amostras pasteurizadas no primeiro dia de avaliação foi o mesmo entre elas. Ambas apresentaram melhor característica sensorial para os atributos aparência aerada e aparência heterogênea, aroma doce, sabor adstringente e sabor amargo. Entretanto, a polpa congelada apresentou melhor característica sensorial para o atributo cor roxa.

A mesma cinética do primeiro dia foi observada no perfil sensorial aos 15 dias de armazenamento, em que o atributo aparência consistente mostrou aumento para as polpas pasteurizadas e redução para a congelada. Tanto no dia 30 como no dia 45 de armazenamento houve diminuição da cor roxa da polpa congelada, porém tal valor ainda é maior que os das amostras pasteurizadas. Para o aroma fermentado e sabor amargo, a amostra congelada teve a melhor característica sensorial. A partir do 60º dia de avaliação o perfil sensorial das três amostras se assemelharam e mantiveram-se constantes até o final do experimento.

6.4.2.7 Avaliação das correlações entre os atributos sensoriais

Para avaliar a interdependência entre as variáveis sensoriais, calculou-se a matriz de correlação a partir dos dados autoescalados. Foram selecionados os coeficientes de correlação com índices maiores que 0,70, considerados acentuados de acordo com SOUNIS (1975). Os coeficientes apresentados são estatisticamente significantes acima do nível de 95% de confiança.

Verificou-se correlação inversamente proporcional para o atributo aparência cor marrom com aparência cor roxa, justificada pela perda de coloração roxa durante o período de armazenamento, devido à degradação da polpa. A degradação da polpa foi evidenciada, também, através das correlações positivas entre os atributos aparência oleosa/aparência marrom e sabor amargo/sabor adstringente, que aumentaram durante o período de armazenamento (Tabela 9).

Já a textura oleosa correlacionou-se fortemente com os atributos sabor amargo e sabor adstringente e correlação fraca com o sabor doce. Tais descritores indicam perdas das características sensoriais das polpas avaliadas. Para a textura consistente, foi observada correlação forte e diretamente proporcional com sabor adstringente e sabor amargo e textura oleosa, indicando, mais uma vez, a deterioração do produto (Tabela 9).

Tabela 9 - Coeficientes de correlação para os atributos de sabor, aroma e textura da polpa de juçara submetida aos diferentes tratamentos durante períodos de armazenamento

Atributos	Coeficientes de correlação
Aparência cor marrom - Aparência cor roxa	-0,6919
Aparência oleosa – Aparência cor marrom	0,7489
Sabor amargo - Sabor adstringente	0,9644
Textura oleosa - Sabor adstringente	0,8928
Textura oleosa - Sabor amargo	0,9111
Textura Oleosa - Sabor doce	0,7300
Textura consistente - Sabor adstringente	0,8735
Textura consistente – Sabor Amargo	0,8893
Textura consistente - Textura oleosa	0,8887

6.4.2.8 Análise das componentes principais entre as amostras e os atributos sensoriais

Duas componentes principais foram extraídas do conjunto total de dados, explicando 63,26% da variância. A primeira componente principal (PC1) explicou 39,44% da variância estatística através de valores positivos para os atributos aparências cor marrom, heterogênea e cremosa, e aroma fermentado; e de valores negativos para aparências oleosa, aerada e cor roxa, sabores doce, adstringente e amargo, e texturas consistente e oleosa (Tabela 10, Figura 13).

A segunda componente principal (PC2) explicou 23,82% da variância estatística ao apresentar valores positivos para sabores doce, adstringente e amargo, texturas oleosa e consistente, aparências cor marrom, heterogênea, aerada e oleosa, e aroma fermentado; e valores negativos para aparência cremosa e cor roxa (Tabela 10, Figura 13).

Tabela 10 – Componentes principais referentes aos atributos sensoriais avaliados nas amostras de polpa de juçara submetida aos diferentes tratamentos durante períodos de armazenamento.

Atributos	PC1	PC2
Aparência aerada	-0,35475	0,00962
Aparência cor marrom	0,12226	0,30493
Aparência oleosa	-0,04226	0,19707
Aparência cor roxa	-0,18742	-0,53519
Aparência cremosa	0,06654	-0,07595
Aparência heterogênea	0,02643	0,12549
Aroma fermentado	0,24979	0,15522
Sabor adstringente	-1,14817	0,03593
Sabor amargo	-1,18320	0,03631
Sabor doce	-1,50666	0,43127
Textura oleosa	-1,21921	0,43127
Textura consistente	-1,15684	0,04653

As duas componentes principais de todas as amostras foram representadas em um gráfico, sendo possível ser divididas em três grupos principais de acordo com o tempo de armazenamento de cada uma (Figura 13). O grupo I, que contém as amostras de polpa de juçara não pasteurizada congelada por 90 dias, pasteurizada congelada durante 15-30-45-60-75 dias e a pasteurizada refrigerada por 15 dias, cujas amostras foram fortemente caracterizadas pelos atributos sabores doce, adstringente e amargo, e texturas oleosa e consistente, confirmando os resultados obtidos no Teste de Tukey e correlação (Figura 13). Tal fato pode ser devido à pasteurização, que exerce efeito sobre o sabor do alimento.

O grupo II foi representado pelas amostras pasteurizadas e armazenadas sob refrigeração e congelamento no primeiro dia de sessão sensorial e foram caracterizadas com valores positivos para os atributos de aparência oleosa e areada. Os parâmetros sensoriais aparências cor marrom, heterogênea e cremosa, e aroma fermentado exerceram pouca influência sobre as amostras desse grupo. Foi verificado, ainda, que o atributo aparência cremosa, por estar em quadrante oposto às amostras, de modo algum as caracteriza (Figura 13).

Pertenceram ao grupo III as amostras não pasteurizadas congeladas durante os períodos 1-15-30-45-60, as quais foram caracterizadas pelo atributo aparência cor roxa (Figura 13). As demais amostras não foram representadas por nenhum atributo.

Através desses resultados vê-se semelhança entre as amostras pasteurizadas, independentemente da temperatura de refrigeração e diferença destas com as amostras não pasteurizadas mantidas sob congelamento.

Legenda: PC=Componente principal; x-y=amostra-período, isto é, amostras 1, 2 e 3= polpa de juçara não pasteurizada e armazenada sob congelamento, polpa de juçara pasteurizada pós-embalagem e armazenada sob refrigeração, polpa de juçara pasteurizada pós-embalagem e armazenada sob congelamento, respectivamente; e períodos 1-15-30-45-60-75-90 dias de armazenamento.

Figura 13 – Representação gráfica dos componentes principais referentes aos atributos sensoriais avaliados nas amostras de polpa de juçara submetida aos diferentes tratamentos durante períodos de armazenamento

6.5 Conclusão

A polpa pasteurizada congelada foi a que apresentou melhores características sensoriais. Os provadores descreveram esta amostra como aerada, pouco heterogênea, sabor pouco amargo e pouco adstringente. No entanto, a coloração marrom apresentou-se mais forte quando comparada à polpa congelada, a qual, devido à cor roxa, poderia ter sido indicada como um produto de melhor qualidade.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12806**: Análise sensorial dos alimentos. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14140**: Alimentos e bebidas – análise sensorial – teste de análise descritiva quantitativa (ADQ). Rio de Janeiro, 1998.

AMERINE, M. A.; PANGBORN, R. M.; ROESSLER, E. B. Principles of sensory evaluation of food. In: _____. **Food science and technology monographs**. New York: Academic Press, 1965. p. 338-339.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**: official method 989. 17. ed. Arlington, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Resolução RDC nº 12, 2 de janeiro de 2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jan. 2001.

CANEPELE, M. A. B.; CANEPELE, C.; MUSIS, C. R. D.; SANTOS, P. Avaliação da qualidade sensorial de manga passa obtida sob diferentes formas de processamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 128-133, 2000.

DAMÁSIO, M. H. **Medidas das propriedades mecânicas e da textura de géis mistos de k-carragenato, goma garrufim e goma guar**: influência da composição e relação entre os dados instrumentais e sensoriais. 1990. 263 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

DAMÁSIO, M. H.; SILVA, M. A. A. P. **Análise sensorial descritiva**. Campinas: FEA/UNICAMP, 1996.

DAMÁSIO, M. H.; COSTELL, E. Análisis sensorial descriptivo: generación de descriptores y selección de catadores. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, Valencia, v. 31, n. 2, p. 165-178, 1991.

DOWNES, F. P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington, DC: APHA, 2001. 676 p.

ELLENDERSEN, L. S. N.; WOSIACKI, G. **Análise sensorial descritiva quantitativa**. Ponta Grossa: UEPG, 2010. 90 p.

FERREIRA, V. L. P.; ALMEIDA, T. C. A.; PETTINELLI, M. L. D. V.; SILVA, M. A. A. P.; CHAVES, J. B. BARBOSA, E. M. **Análise sensorial**: testes discriminativos e afetivos. Campinas: ITAL/SBCTA, 2000. 127 p.

HARPER, A. M.; KOWALSKI, B. L. Individualized differences scaling, the analysis of independent sets of measurements: an application in environmental analytical chemistry. **Analytical Letters**, New York, v. 12, n. 7, p. 693-7, 1979.

JAEGER, S. R. Non-sensory factors in Sensory Science Research. **Food Quality and Preference**, Amsterdam, v. 17, p. 132-144, 2006.

LESSCHAEVE, I.; NOBLE, A. C. Polyphenols: factors influencing their sensory properties and their effects on food and beverages preferences. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 81, p. 330S-335S, 2005.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3. ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 1999.

MEILGAARD, M. C.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 4. ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2006.

MENEZES, E. M. S. **Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)**: qualidade, perfil sensorial e estudos do consumidor. 2011. 209 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

MORAES, M. A. C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. 8. ed. Campinas: UNICAMP, 1993. 93 p.

MUÑOZ, A. M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation in quality control**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 240 p.

McCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD**: multivariate analysis of ecological data: version 4 for Windows. S.l.: MjM Software Design, 1999.

SANTANA, L. R. R.; SANTOS, L. C. S.; NATALICIO, M. A.; MONDRAGON-BERNAL, O. L.; ELIAS, E. M.; SILVA, C. B.; ZEPKA, L. Q.; MARTINS, I. S. L.; VERNAZA, M. G.; CASTILLO-PIZARRO, C.; BOLINI, H. M. A. Perfil sensorial de iogurte light, sabor pêssego. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 619-625, 2006.

SCARMINIO, I. S. **Desenvolvimento de um sistema Quimiométrico para microcomputadores e algumas aplicações**. 1989. Tese (Doutorado) - Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS/QC software**: usage and reference (version 6). 2. ed. Cary, NC, 1996. 1 CDROM.

SOUNIS, E. **Bioestatística**: princípios fundamentais, metodologia estatística, aplicação às ciências biológicas. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.

STONE, H.; SIDEL, J. L. Quantitative descriptive analysis: developments, applications, and the future. **Journal of Food Technology**, Chicago, v. 52, p. 48-52, 1998.

STONE, H.; SIDEL, J. L.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, R. C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, Champaign, v. 28, n. 11, p. 24-34, 1974.

STONE, H.; SIDEL, J. L.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, Champaign, v. 52, n. 2, p.48-52, 1998.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2004. 377 p. (Food Science and Technology. International Series).

STONE, H. Quantitative descriptive analysis (QDA). In: HOOTMAN, R. C. **Manual on descriptive analysis testing**. West Conshohocken: ASTM International, 1992. p. 15-21.

VIEIRA, D. **Análise sensorial descritiva quantitativa de refrigerante sabor guaraná**. 2011. 52 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Ciências dos Alimentos, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

ZENEBON, O.; PASCUOT, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

7 CONCLUSÃO GERAL

A polpa de juçara pode ser considerada fonte de minerais como Cobalto, Magnésio, Cobre, Zinco, Ferro, Manganês e Molibdênio, pois o consumo de duzentos gramas do produto supre a Ingestão Diária desses minerais em adultos. Além disso, possui quantidades elevadas de antioxidantes como as antocianinas, e de óleos de boa qualidade (palmítico, oleico e linoleico), que se consumida com frequência pode ser benéfica à saúde.

A tecnologia da radiação gama não é funcional para polpa de juçara se utilizada nas doses e temperatura de armazenamento estudadas.

A polpa de juçara acidificada e pasteurizada mantida sob congelamento foi a que exibiu melhor qualidade físico-química e sensorial com longo período de vida útil. Esse processo é indicado a pequenos produtores, visto que é um processo barato e de fácil execução, conferindo à polpa boas características para a comercialização.

Tanto a liofilização quanto a atomização se mostraram ótimas alternativas de desidratação de polpa de juçara, conferindo a ela boa qualidade físico-química e período de vida útil que permite sua comercialização em mercados distantes. Recomenda-se seu acondicionamento em embalagens laminadas, pois previnem a absorção de água e a degradação dos pigmentos antociânicos. Sensorialmente, na forma de suco reconstituído, a polpa liofilizada foi a mais bem aceita, porém não houve diferença estatística entre ela e a atomizada. A escolha do método de desidratação vai depender do poder aquisitivo do produtor, visto que a liofilização é um processo caro quando comparado à atomização.

Portanto, a escolha do método de conservação de polpa de juçara depende do objetivo de quem o produz ou comercializa. Se o produto for destinado para comercialização local, a pasteurização e acidificação do produto é o método mais indicado. Porém, se o desejo for colocá-lo no mercado de regiões distantes do local de produção, as tecnologias de desidratação são as mais convenientes.

A análise descritiva quantitativa de polpa de juçara indicou que a amostra pasteurizada pós-embalagem sob armazenamento congelado foi a obteve melhores características sensoriais, sendo descrita como aerada, pouco heterogênea, sabor pouco amargo e pouco adstringente. Como a polpa de juçara dificilmente será consumida sem a adição de ingredientes como açúcar, frutas e cereais, estas características não são consideradas deletérias.