

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**Estudo da Pasteurização em Trocador de Calor Tubular do Refresco de Juçara (*Euterpe edulis* Martius)**

Arthur Izé Jardim

**Porto Alegre**

**2015**

Arthur Izé Jardim

**Estudo da Pasteurização em Trocador de Calor Tubular do Refresco de Juçara (*Euterpe edulis* Martius)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito parcial para  
obtenção do título de Engenheiro de Alimentos

Orientador: Dr. Caciano Pelayo Zapata Noreña

**Porto Alegre**

**2015**

Trabalho de Conclusão de Curso

**Estudo da Pasteurização em Trocador de Calor Tubular do Refresco de Juçara (*Euterpe edulis* Martius)**

Arthur Izé Jardim

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Dr. Caciano Pelayo Zapata Noreña  
ICTA/UFRGS

---

Dra. Elizangela Gonçalves De Oliveira  
ICTA/UFRGS

---

MSc. Luiza Siede Kuck  
ICTA/UFRGS

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, João Carlos e Gladis, por todas as referências morais, o apoio às minhas iniciativas e a liberdade de escolha que me proporcionam desde sempre.

Aos meus irmãos Gabriel e João Pedro, e ao meu primo Klaudius Brentano Jr., por me ensinarem a encarar a vida com simplicidade, sensibilidade e sabedoria, valores tão escassos e valiosos nas relações pessoais em tempos atuais.

À família Izé e à família Jardim (em especial à minha vó, Sila da Silva Jardim) por todos os momentos de convivência que certamente contribuíram na formação do meu caráter.

Aos colegas de UFRGS Josué Schneider, Lucas Fallavena, Laura Brait, Vinícius Rios, Alexandre Martins e Mariana Dutra, pela amizade, companheirismo, cumplicidade e predisposição à discussão de temas de importância essencial à sociedade da qual fazemos parte. É de pessoas como vocês, cidadãos e futuros profissionais conscientes, que o nosso país necessita para construir um futuro com mais igualdade, honestidade e respeito mútuo.

A todo o corpo técnico-administrativo e técnico-científico do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos (ICTA-UFRGS) pelo trabalho sério e contínuo que permite o funcionamento de toda a estrutura da qual nós, alunos deste instituto, somos beneficiários. Em especial à Ana Raísa Paiva e demais técnicos do SEMAP-ICTA, pelo auxílio e atenção dispensados ao longo do período de execução dos ensaios abordados neste trabalho.

Aos pós-graduandos do laboratório 116 do ICTA, pelo auxílio e atenção dedicados durante a realização das análises do trabalho neste local, em especial à Luiza Kuck.

À Stela Meira por todos os ensinamentos na área científica, pela confiança na delegação de responsabilidades e experiência transmitida durante o período que fui seu bolsista de Iniciação Científica. Esta convivência não só contribuiu para minha formação acadêmica, mas também profissional e pessoal.

Ao professor orientador Caciano Noreña, pela dedicação e ótima qualidade de ensino teórico e prático proporcionado. Os valores éticos e morais por ele transmitidos ao longo de todo o período

da graduação constituem um diferencial na formação daqueles Engenheiros de Alimentos egressos da UFRGS dispostos a aprendê-los.

Aos demais professores do curso de Engenharia de Alimentos da UFRGS, em especial aos professores Plinho Hertz, Vitor Manfroi, Roberta Thys, Adriano Brandelli, Alessandro Rios, José Maria Wiest e Eduardo Tondo.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, não apenas pelo ensino de qualidade proporcionado nas mais diversas áreas, mas também pelo investimento em estruturas de apoio, incentivo e facilitação de acesso à cultura para seus alunos e comunidade em geral, e esforço em promover um ambiente acadêmico rico e diverso.

*“Al fin y al cabo, somos lo que  
hacemos para cambiar lo que somos”*

Eduardo Galeano

## RESUMO

A polpa do fruto da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius) é rica em antocianinas, substâncias termolábeis de alto poder antioxidante e preventivas de doenças degenerativas. O objetivo principal deste trabalho foi avaliar a influência dos parâmetros tempo e temperatura da pasteurização em trocador de calor tubular sobre características físico-químicas do refresco de juçara. Foram determinados os sólidos totais, os sólidos solúveis, o pH e a cor, assim como o conteúdo de antocianinas monoméricas e de polifenóis no refresco antes e após pasteurização. O refresco foi elaborado a partir de frutos *in natura* em despolpadeira vertical, armazenado congelado a -17 °C, até a realização dos experimentos. O produto foi descongelado e submetido aos tratamentos térmicos em trocador de calor tubular, com parâmetros que correspondem ao tubo de retenção de 103 °C durante 26 s e a 112 °C durante 17 s. Os resultados indicaram que não houve diferença significativa de sólidos totais, sólidos solúveis e pH entre o refresco não pasteurizado e o pasteurizado. Entretanto, houve diferença significativa nos parâmetros colorimétricos  $a^*$  e  $b^*$  entre todas as amostras, e apenas entre amostras antes e depois da pasteurização para  $L^*$ , indicando alterações nos cromóforos das antocianinas. Também houve diferença significativa na concentração de antocianinas monoméricas e de compostos fenólicos totais entre todas as amostras, decorrentes tanto do tratamento térmico quanto da possível atividade enzimática residual. O tratamento de pasteurização que promoveu as menores alterações no produto foi aquele conduzido a 112 °C.

Palavras-chave: Juçara. Antocianinas. Pasteurização. Trocador de calor tubular.

## ABSTRACT

The fruits from juçara palm tree (*Euterpe edulis* Martius) are rich in anthocyanins, which are thermolabile substances of high antioxidant capacity as well as heart disease preventives. The main objective of this study was to evaluate the influence of two pasteurization treatments over some physicochemical characteristics of juçara refreshment. To do so, the total solids content, the soluble solids content, the pH and the color, as well as the monomeric anthocyanin concentration and the phenolics concentration on raw and pasteurized juçara refreshments were quantified. The juçara refreshment was made from fresh raw juçara fruits in vertical depulper, with subsequent storing at -17 °C until the performance of the experiments. Then the product was defrosted in order to perform the pasteurization process in tubular heat exchanger. The two treatment conditions were equivalent of 103 °C during 26 s and 112 °C during 17 s, both in the holding tube. There was no significant difference of total solid content, total soluble solids content and pH between the raw and the pasteurized refreshments. There was significant difference for the colorimetric values  $a^*$  and  $b^*$  of each one of the refresh sample, which indicates changes in the anthocyanin chromophores. In addition, there was significant difference in monomeric anthocyanin and phenolics concentration between the raw and the pasteurized refreshments, as a result of both the pasteurization and the possible residual enzymatic activity. The pasteurization treatment that caused the least changes was the one at 112 °C.

Keywords: Juçara. Anthocyanins. Pasteurization. Tubular heat exchanger.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - a: <i>Euterpe edulis</i> ; b: Infrutescência; c: Detalhe dos frutos na infrutescência.....	16
Figura 2 - Estrutura e radicais substituintes de diferentes antocianidinas.....	18
Figura 3 - Reações de equilíbrio de estruturas químicas do cátion flavílio sob variação do pH...	21
Figura 4 - Reações de equilíbrio entre as formas das antocianinas sob efeito do calor .....	22
Figura 5 - Frutos in natura após lavagem e seleção.....	32
Figura 6 - Despoldadeira Vertical (a); Adição de água com proveta (b); Refresco obtido (c) .....	33
Figura 7 - Refresco embalado e disposto em congelador.....	33
Figura 8 – Chiller (a); Trocador de calor (b).....	34
Figura 9 - Conjunto de tubos utilizados no tratamento térmico .....	34
Figura 10 - Fluxograma de Operações de Processamento.....	35
Figura 11 – Diagrama de fluxo no trocador de calor.....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros de pasteurização aplicados no tubo de retenção.....	37
Tabela 2 - Valores das características físico-químicas no refresco de juçara não-pasteurizado ...	42
Tabela 3 - Valores das características físico-químicas no refresco de juçara antes e após a pasteurização .....	45
Tabela 4 – Perda percentual de compostos fenólicos e antocianinas pela pasteurização.....	48

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS .....	15
2.1	OBJETIVO GERAL.....	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1	A PALMEIRA JUÇARA ( <i>Euterpe edulis</i> Martius).....	16
3.2	OS COMPOSTOS FENÓLICOS E AS ANTOCIANINAS.....	17
3.2.1.	Estabilidade das antocianinas e fatores de degradação .....	19
3.3	PROCESSAMENTO DO AÇAÍ JUÇARA.....	23
3.3.1.	Degradação do açaí.....	24
3.3.2.	Tratamento térmico.....	25
3.4	COR.....	29
4	MATERIAIS E MÉTODOS .....	32
4.1	MATERIAIS .....	32
4.2	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	35
4.3	MÉTODOS DE ANÁLISE .....	38
4.2.1.	Antocianinas Monoméricas Totais.....	38
4.2.2.	Compostos Fenólicos .....	38
4.2.3.	Sólidos Totais.....	39
4.2.4.	Sólidos Solúveis.....	39
4.2.5.	pH.....	40
4.2.6.	Cor.....	40
4.4	EQUAÇÕES E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	40
5	RESULTADOS.....	42
5.1	CARACTERIZAÇÃO DO REFRESCO .....	42
5.2	TRATAMENTO TÉRMICO DO REFRESCO.....	43
5.3	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO REFRESCO PASTEURIZADO .....	45
5.4	ANTOCIANINAS E POLIFENÓIS .....	47
5.5	COMPARAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS DE PASTEURIZAÇÃO .....	48
6	CONCLUSÕES .....	50

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
---------------------------------	----

## 1 INTRODUÇÃO

A palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius) ocorre naturalmente na Mata Atlântica brasileira, estando presente desde o Rio Grande do Sul até o Rio Grande do Norte (PEDROSA-MACEDO, 1971). Ela é pertencente à família *Arecaceae*, mesma do açaizeiro (*Euterpe oleraceae*), que ocorre naturalmente na Floresta Amazônica (PEDROSA-MACEDO, 1971). Diversos produtos podem ser elaborados a partir dos frutos da palmeira juçara, sendo a bebida denominada “açai juçara” ou “juçai” obtida a partir da extração aquosa da polpa, o mais popular deles. A bebida de juçara é muito semelhante à de “açai”, obtida a partir dos frutos do açaizeiro, a qual é o segundo produto mais consumido na região do estuário amazônico (ROGEZ, 2000).

A partir dos anos 90 o consumo de açai de *Euterpe edulis* expandiu-se para outras regiões brasileiras, sendo demandado de forma crescente pela classe média da região Sul e Sudeste pelo apelo de saudabilidade atrelado a seu conteúdo nutricional rico em antocianinas, flavonoides com elevada atividade antioxidante (ROGEZ, 2000). As primeiras experiências de produção de bebida a partir dos frutos de juçara ocorreram no final da mesma década, utilizando técnica de despulpamento similar à empregada para produção de açai (CALLEGARI, 2003 *apud* CASTRO, 2012).

A exploração comercial do palmito da juçara, o qual implica na morte da planta, a põe em risco de extinção devido ao extrativismo indiscriminado. A exploração comercial dos frutos da juçara, cuja extração não afeta a planta, pode ser considerado uma importante alternativa sustentável, pois viabiliza sua sobrevivência. Esta atividade constitui uma estratégia relevante para a conservação da espécie das florestas nativas nas quais ela está presente. Além disso, a mesma tem importância socioeconômica e na segurança alimentar das comunidades tradicionais que vivem na Mata Atlântica.

O consumo de alimentos contendo compostos fenólicos, em especial os flavonoides, tem efeitos benéficos à saúde, pois sua atividade antioxidante ajuda a prevenir diversos tipos de doenças (KUSKOSKI et al., 2004). A franca expansão do processamento de frutas a nível mundial é atribuída a diversos fatores, dentre os quais pode-se citar a preocupação dos consumidores com a saúde e a busca por alimentos naturais contendo pouco ou nenhum aditivo químico (FARAONI, 2006).

Quando submetidos ao processamento, a estrutura original dos vegetais é alterada, ocasionando reações enzimáticas que rapidamente geram compostos de coloração escura, promovendo alterações indesejáveis nas características de qualidade do produto (ALMEIDA, 1991 apud SILVA, 2012). O açaí de juçara é um produto altamente suscetível à degradação microbiana e à ação enzimática (MELO, BARBOSA e ALVES, 1988). Por isso, faz-se necessário seu processamento para diminuição ou eliminação de fatores de degradação, garantindo assim a segurança sanitária e sensorial do produto e, conseqüentemente, seu valor de mercado.

A ação das enzimas e dos microrganismos em alimentos pode ser inibida por diferentes métodos físicos, destacando-se nestes o processamento térmico (MARTINEZ e WHITAKER, 1995). O branqueamento dos frutos e a pasteurização, em determinados binômios tempo/temperatura, são tratamentos térmicos capazes de melhorar a conservação do açaí, diminuindo a carga microbiana, inativando enzimas e preservando as antocianinas ali presentes (ROGEZ, 2000).

Por outro lado, o processamento da polpa de juçara por meio da aplicação de calor pode afetar a concentração de compostos de interesse nutricional e sensorial presentes no produto. O principal deles, as antocianinas, têm sua estabilidade fortemente afetada pelo calor, sendo que quanto maior for a temperatura e a duração do aquecimento maior a degradação destes compostos (PATRAS et al., 2010). Tais compostos apresentam atividade antioxidante (PATRAS et al., 2010), o que confere aos frutos da juçara importante apelo de saudabilidade.

Neste contexto, faz-se necessária a elaboração de estudos sobre o processamento térmico de produtos de frutos de juçara, com o intuito de identificar técnicas e parâmetros de aplicação de calor que resultem na garantia da segurança sanitária e sensorial do produto e, ao mesmo tempo, preservem ao máximo os nutrientes e compostos bioativos presentes no produto.

O presente trabalho visa avaliar tratamentos de pasteurização do refresco de juçara em trocador de calor tubular, quantificando as alterações provocadas sobre as características físico-químicas, em especial a concentração de antocianinas, principais responsáveis pelo apelo saudável do produto em razão da atividade antioxidante que apresentam. Assim, espera-se que os resultados deste trabalho sejam viáveis técnica e economicamente a indústrias e cooperativas agroindustriais processadoras de frutos de juçara.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar o efeito da pasteurização em trocador de calor tubular sobre características físico-químicas do refresco de juçara.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

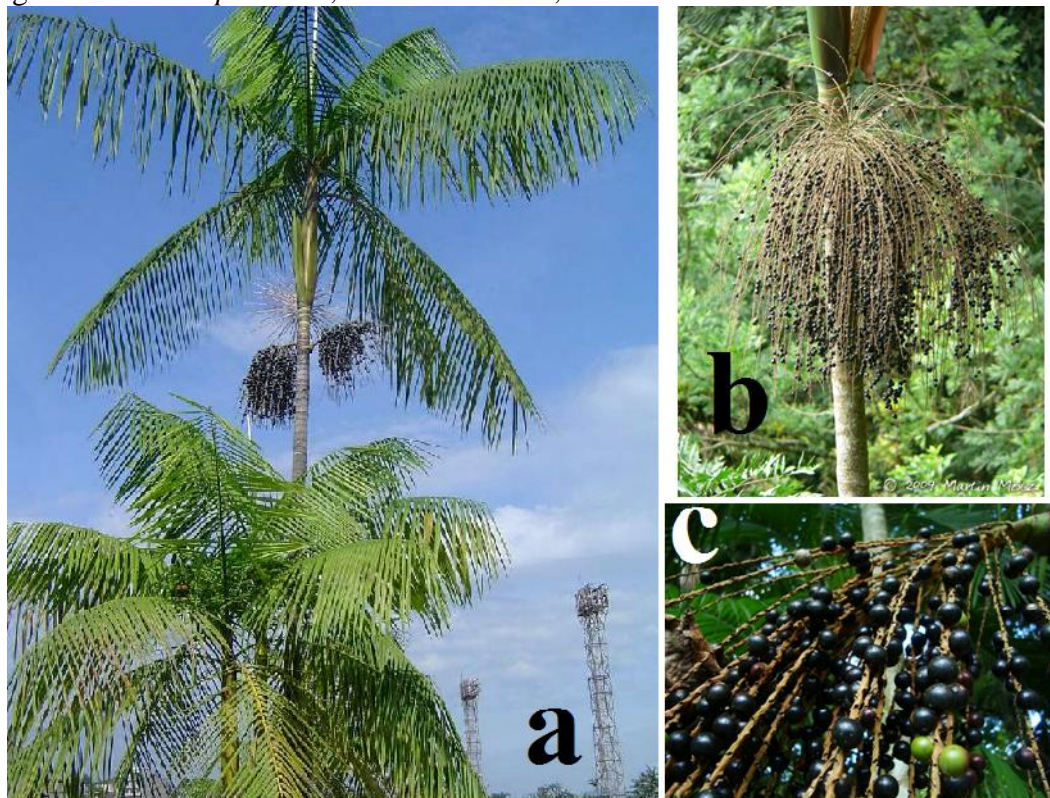
- Elaborar o refresco de juçara através de despulpamento dos frutos *in natura*;
- Avaliar a influência da pasteurização realizada em trocador de calor tubular sobre a cor, o pH, as concentrações de sólidos solúveis e de sólidos totais, o teor de polifenóis totais e as antocianinas monoméricas totais no refresco de juçara.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 A PALMEIRA JUÇARA (*Euterpe edulis* Martius)

A juçara (*Euterpe edulis* Mart.) é uma palmeira pertencente à família *Arecaceae* e ao gênero *Euterpe*, que ocorre naturalmente na mata pluvial da Costa Atlântica, estando distribuída numa área que compreende desde o estado do Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul (PEDROSA-MACEDO, 1971). A planta apresenta perfilhamento único (CORSO, 2003), e quando adulta atinge de 10 a 20 m de altura e 8 a 15 cm de diâmetro à altura do peito (DAP) (CONTE, 2004) (Figura 1).

Figura 1 - a: *Euterpe edulis*; b: Infrutescência; c: Detalhe dos frutos na infrutescência



Fonte: adaptado de Molz (2009)

A frutificação da palmeira ocorre de maneira abundante entre os meses de março e junho (LORENZI, 2003 apud CERISOLA, 2007). Seu fruto tem formato esférico de 1 cm de diâmetro em média, composto por uma semente dura envolta em uma fina camada de polpa roxa-escura (BRITO, 2007). Sua composição rica em carboidratos (31% de água, 21,5% de carboidratos, 6% de lipídios e 6% de proteínas) faz dele um fruto altamente energético (GALETTI, 1999). No



entanto, estes não são comercializados na forma *in natura* por conterem uma pequena proporção de polpa, que representa apenas 15% da massa do fruto (ROGEZ, 2000).

Dentre as muitas formas de exploração comercial da planta destacam-se a extração do palmito (meristema apical da planta) e a produção de bebida a partir dos frutos, denominada comumente “açai” (CALZAVARA, 1972; BRITO, 2007), definido pela Instrução Normativa nº 9 de 19 de junho de 2013 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000) como o produto extraído da parte comestível do açazeiro após amolecimento através de processos tecnológicos adequados. Por se tratar de uma palmeira uniucaule, ou seja, não produzir perfilhos, a extração do palmito implica na morte da planta (SILVA, BARRETO E SERODIO, 2004). Assim, a produção de alimentos a partir dos frutos da juçara constitui uma atividade comercial sustentável, permitindo a exploração da planta sem riscos de extinção da espécie.

### 3.2 OS COMPOSTOS FENÓLICOS E AS ANTOCIANINAS

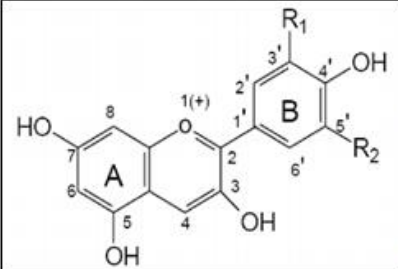
Os compostos fenólicos são uma classe de compostos químicos bastante heterogêneos, formadas por um anel aromático ligado a um ou mais substituintes hidroxila, podendo apresentar diversas estruturas. Existem aproximadamente 10.000 compostos distintos, tendo estes solubilidades variadas: há os hidrossolúveis, os solúveis apenas em solventes orgânicos e os longos polímeros insolúveis (SHAHIDI e NACZK, 1995; TAIZ e ZEIGER, 2004). Os compostos fenólicos ocorrem naturalmente como produto do metabolismo secundário de diversas plantas (SELLAPAN et al., 2002; PETERSON e DWYER, 1998), exercendo funções essenciais no crescimento, na reprodução e no sistema imunológico das mesmas (SIMÕES et al., 2000). Eles podem ser divididos basicamente em dois grupos: os flavonoides – mais numerosos e de maior importância – e os não-flavonoides (BURNS et al., 2001; FENNEMA, DAMODARAN E PARKIN, 2010).

Dentre os flavonoides pode-se citar as antocianinas, as flavonas, os flavonóis e as isoflavonas como grupo principais (TAIZ e ZEIGER, 2004). Flavonoides mais importantes e abundantes na natureza, as antocianinas são pigmentos largamente presentes em alimentos vegetais – predominantemente em frutas – responsáveis por conferir cores que vão do vermelho ao azul, passando pelo púrpura, o violeta, o magenta e o laranja (FENNEMA, DAMODARAN E PARKIN, 2010; GARZÓN, 2008). Por conta dessa capacidade, a presença de antocianinas é

fundamental para que a planta atraia polinizadores e dispersores de sementes (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Formadas por dois anéis aromáticos A e B unidos por uma cadeia de três carbonos, as antocianinas são pigmentos glicosilados de antocianidinas (ou agliconas) (GARZÓN, 2008). Os principais açúcares que podem compor as antocianinas são: glicose, galactose, ramnose, arabinose, rutinose, sambubiose, latirose e sofrorse. Há seis antocianidinas conhecidas, dependendo da estrutura do anel fenólico B (Figura 2) (TIMBERLAKE, 1980).

Figura 2 - Estrutura e radicais substituintes de diferentes antocianidinas

	Substituição		$\lambda_{max}$
	R1	R2	espectro visível
Pelargonidina	H	H	494 (laranja)
Cianidina	OH	H	506 (laranja-vermelho)
Delfinidina	OH	OH	508 (azul-vermelho)
Peonidina	OCH3	H	506 (laranja-vermelho)
Petunidina	OCH3	OH	508 (azul-vermelho)
Malvidina	OCH3	OCH3	510 (azul-vermelho)

Fonte: LEE, DURST e WROLSTAD, 2001

Geralmente a ocorrência de antocianinas em alimentos se dá através de uma mistura complexa destas espécies (PETERSON e DWYER, 1998), com prevalências variadas em função da espécie vegetal em questão (PIETTA e SIMONETTI, 1999). Segundo Bobbio e Bobbio (1992), as antocianinas mais comuns são: a pelargonidina-3-glicosídeo, encontrada no morango, na amora-vermelha e na bananeira, a cianidina-3-glicosídeo, presente na jabuticaba, no figo, na cereja, na uva, a delfinidina-3-glicosídeo, presente na berinjela, na romã e no maracujá, a malvidina-3-glicosídeo, encontrada na uva e no feijão, a peonidina-3-glicosídeo, componente da uva e da cereja, e a petunidina-3-glicosídeo, encontrada em frutas diversas e na flor conhecida como petúnia.

Estudos evidenciam que alimentos com elevado teor de polifenóis apresentam atividade antioxidante alta (ANDRES-LACUEVA, 2005; SELLAPAN, 2002). Seu potencial antioxidante é dependente da quantidade e do arranjo estrutural de seus grupos hidroxila, assim como da presença de substituintes doadores e receptores de elétrons no anel aromático (BORS et al., 1990; RICE-EVANS et al., 1995 apud MILLER e RICE-EVANS, 1997). Dessa forma, os

polifenóis podem agir como agentes redutores, doadores de hidrogênio, neutralizadores de oxigênio singlete e como quelantes metálicos (RICE-EVANS, MILLER e PAGANGA, 1996).

Os compostos fenólicos são capazes de reforçar os mecanismos de defesa antioxidantes de células e tecidos humanos, atuando sobre o desequilíbrio entre pró-oxidantes e antioxidantes, interferindo no *stress* oxidativo (PIETTA e SIMONETTI, 1999). Tendo em vista que estes compostos não são sintetizados pelo corpo humano, sua obtenção está condicionada ao consumo de alimentos nos quais eles estejam presentes. Neste sentido, os flavonoides podem ser empregados tanto através de ingestão direta quanto como aditivo neutralizador de compostos oxidantes presentes na dieta (DIPLOCK, 1998). Como aditivo, além de conferir cor as antocianinas são capazes de prevenir a auto-oxidação e a peroxidação de lipídeos presentes na matriz alimentar, apresentando ação antioxidante superior a aditivos comumente utilizados, como o butilato hidroxí anisol (BHA), o butilato hidroxí tolueno (BHT) e o alfa-tocoferol (vitamina E) (NARAYAN et al., 1999).

A estrutura química das antocianinas é capaz de doar hidrogênios ou elétrons a radicais livres, ou então capturá-los e deslocá-los através de sua estrutura aromática. Estas propriedades estão na origem da capacidade antioxidante apresentada pelas antocianinas (KUSKOSKI et al., 2004). Conseqüentemente, o consumo de alimentos contendo este grupo de flavonoides está associado a diversos benefícios para a saúde humana, como a redução do risco de doenças coronárias (SUMNER, 2005; GARZÓN, 2008), certos tipos de câncer (MILLER e RICE-EVANS, 1997), prevenção da obesidade (JAYAPRAKASAM, 2006) e melhoria do desempenho cognitivo e da memória (ANDRES-LACUEVA, 2005; GARZÓN, 2008).

A cor forte roxo avermelhada dos frutos da juçara é dada à presença de antocianinas (DA SILVA, 2013), cujas espécies prevalentes são a cianidina-3-glicosídeo e a cianidina-3-rutinosídeo, e em menor grau cianidina-3,5-diglicosídeo, peonidina-3-glicosídeo e peonidina-3-rutinosídeo (BRITO et al., 2007; HARBORNE, SAITO e DETONIT, 1994 e BICUDO, RIBANI e BETA, 2014).

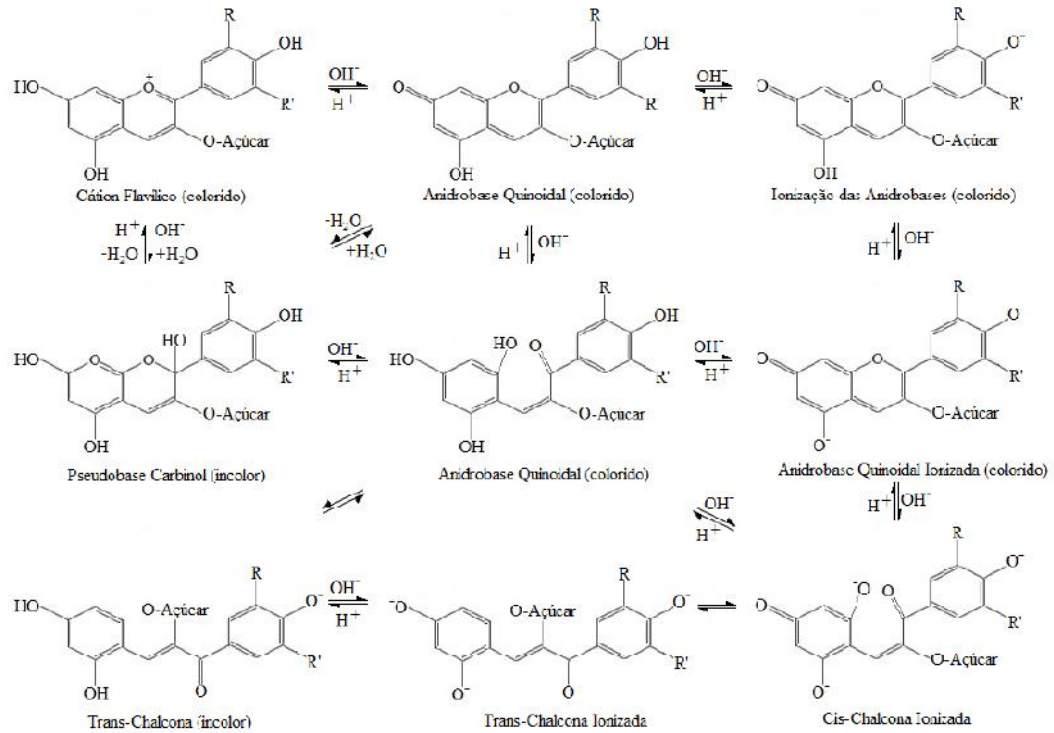
### 3.2.1. Estabilidade das antocianinas e fatores de degradação

As antocianinas são relativamente instáveis, e a maior estabilidade ocorre em condições ácidas. Tanto o tom do pigmento como sua estabilidade e solubilidade são impactados fortemente

pelos substituintes na aglicona (FENNEMA, DAMODARAN e PARKIN, 2010; TIMBERLAKE, 1980), tendendo a ser mais intensa a coloração azul e vermelha quanto maior for o número de grupos hidroxilas e metoxilas na molécula, respectivamente (LÓPEZ et al., 2000 apud FERREIRA, 2013). Ainda, Bridle e Timberlake (1997) descobriram que a presença de um ou mais grupos acila na antocianina inibe a hidrólise do cátion flavílio, de maneira a formar base carbinol – que apresenta cor – ao invés da base quinoidal – incolor. Ainda, a estabilidade de certas antocianinas em pH 4,0 pode ser aumentada por copigmentação, ou seja, pela presença de outros compostos fenólicos, entre eles os flavonoides, notadamente flavonóis, auronas e flavonas em solução (TIMBERLAKE, 1980).

A estabilidade das antocianinas depende principalmente da temperatura, do pH, da luz e do oxigênio, mas também, em menor grau, de sua estrutura química, concentração, tipo de solvente, e da presença de enzimas degradantes e substâncias capazes de reagir reversível ou irreversivelmente com esses flavonoides, entre outras (NACHTIGALL, 2010 e FENNEMA, DAMODARAN E PARKIN, 2010). Algumas estruturas possíveis decorrentes da variação do pH são apresentadas na Figura 3.

Figura 3 - Reações de equilíbrio de estruturas químicas do cátion flavílio sob variação do pH



Fonte: BROUILLARD, 1982

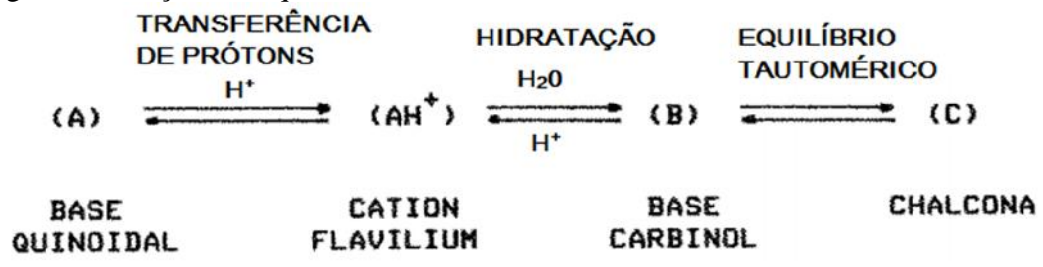
As mudanças de pH são as principais responsáveis pelas mudanças de cor e estabilidade química de soluções contendo antocianinas. Em pH 1,0 elas mostram sua força corante mais intensa, quando as moléculas estão principalmente em sua forma não-ionizada. Em pH igual ou menor a 3,0 têm cor laranja ou vermelha e estão sob a forma de cátion flavílio. À medida que o pH se eleva, reações de hidratação do cátion flavílio e reações de transferência de prótons relacionadas aos grupos hidroxila da aglicona competem cinética e termodinamicamente; enquanto a primeira gera uma pseudobase carbinol incolor (chalcona), a segunda gera bases quinoidais. Em pH 4,5 as antocianinas são quase incolores (ligeiramente azuladas). Entre pH 6,0 e 7,0 podem ocorrer desprotonações, gerando ânions quinoidais estáveis de cor púrpura (Figura 3) (BROUILLARD, 1988 apud FOSSEN, CABRITA e ANDERSEN, 1998; FENNEMA, DAMODARAN e PARKIN, 2010).

A estabilidade das antocianinas é fortemente afetada pela ação do calor, tendo este efeito maior intensidade quanto maior for a temperatura e a duração do aquecimento (PATRAS et al., 2010). Segundo Stringheta (1991), a degradação destes compostos aumenta com o aumento do

pH da solução. Efeito contrário é observado para o grau de acilação – quanto maior for este, mais resistente a molécula será à degradação térmica (LOPES et al., 2007). Outro fator impactante na estabilidade das antocianinas ao calor é a copigmentação: em estudo conduzido por Dyrby, Westergaard e Stapelfeldt (2001), as antocianinas presentes em repolho roxo apresentaram resistência térmica superior a outras espécies vegetais por conta da proteção do cátion flavílio através de copigmentação.

Ao estudar a cinética das reações durante o aquecimento de soluções de antocianinas, Brouillard (1982) verificou que havia um deslocamento do equilíbrio para a formação de chalcona (C), resultando num decréscimo nas formas coloridas da base quinoidal (A) e íon flavílio (AH<sup>+</sup>). Com o resfriamento e acidificação, as formas (A) e (B) eram rapidamente transformadas na forma catiônica (AH<sup>+</sup>), mas, a mudança da forma chalcona (C) para (B) era mais lenta que a reação inversa. Como o cátion flavílio (AH<sup>+</sup>) tem sido utilizado para quantificar as antocianinas, Brouillard (1982) sugeriu que se os tempos entre o aquecimento da solução e as análises quantitativas não forem suficientemente longos, os resultados dos estudos dos efeitos de temperatura podem ser incorretos, uma vez que parte da chalcona (C) poderia não ter sido ainda transformada em cátion (AH<sup>+</sup>) (Figura 4) (BROUILLARD, 1987 apud STRINGHETA 1991).

Figura 4 - Reações de equilíbrio entre as formas das antocianinas sob efeito do calor



Fonte: BROUILLARD, 1987 apud STRINGHETA 1991

A exposição à luz é outro fator capaz de degradar antocianinas. Giusti e Wrolstad (2003), Kearsley e Rodriguez apud Cavalcanti et al. (2011) e Maier et al. (2009) detectaram menor degradação destes compostos quando armazenados ao abrigo da luz. Além disso, em estudo sobre a estabilidade de antocianinas empregadas como corante em cerejas enlatadas, a concentração de antocianinas apresentou influência sobre a velocidade de degradação dos pigmentos, sendo o tempo de meia-vida superior em soluções mais concentradas (GIUSTI e WROLSTAD, 2003).

A presença de oxigênio no meio também é um fator significativo na degradação de antocianinas, mesmo na ausência de luz, em todos os valores de pH, pois atua amplificando o impacto de outros processos degradativos (NEBESKY et al., 1949 apud CAVALCANTI et al., 2011). Em estudo sobre o pigmento do suco de framboesa, Daravingas e Cain (1968) afirmaram que o segundo fator de degradação de antocianinas mais importante, após o pH, é a presença do oxigênio molecular.

A degradação atrelada à presença oxigênio ocorre através de um mecanismo de oxidação direta ou indireta (JACKMAN e SMITH, 1992), pela ação de enzimas oxidativas presentes no meio (JACKMAN, YADA e TUNG, 1987). A oxidação direta da base carbinol pode gerar precipitados, promovendo turbidez em sucos de frutas (JACKMAN e SMITH, 1992).

Quanto às enzimas degradantes de antocianinas, foram identificados dois grupos que, em conjunto, são conhecidos como antocianases: as glicosidases e as polifenoloxidasas. As glicosidases, como seu nome indica, hidrolisam as ligações glicosídicas, gerando o açúcar ou açúcares e a aglicona (FENNEMA, DAMODARAN e PARKIN, 2010), enquanto que as polifenoloxidasas atuam oxidando ácido clorogênico, gerando *o*-quinonas, que reagem com as antocianinas para formar compostos escuros (KADER et al., 1999).

### 3.3 PROCESSAMENTO DO AÇAÍ JUÇARA

Após a colheita, os frutos são retirados das inflorescências e mergulhados em solução clorada (200 ppm) durante 15 min, com vistas à eliminação de parte da população de microrganismos ali presentes. Em seguida são lavados em água corrente para retirada do cloro residual e então imersos em água para que ocorra sua absorção (SILVA, 2012). Esta última etapa consiste em mergulhar os frutos em água entre 25 e 60 °C durante alguns min para provocar a absorção de água e conseqüentemente o amolecimento, visando facilitar o despulpamento (ROGEZ, 2000).

A obtenção de polpa do açaí é feita através de despulpamento mecânico, seguido de pasteurização e posterior congelamento, a fim de aumentar a vida útil do produto e garantir sua segurança (SCHULTZ, 2008). O produto denominado “polpa” é obtido pelo despulpamento dos frutos sem adição de água (BRASIL, 2000). No entanto, este produto que atenda a legislação de denominação de polpa, ainda não é encontrado no mercado pois os equipamentos atualmente disponíveis não são capazes de extrair a polpa do fruto sem que seja adicionada água durante esta

operação (OLIVEIRA, 2000 apud SCHULTZ, 2008). A despulpadeira comumente utilizada é composta por um cilindro metálico oco disposto na posição vertical, provido de uma peneira com furos de aproximadamente 0,6 milímetros de diâmetro na base. No interior do cilindro um eixo de secção quadrada e aletas horizontais provoca o movimento circular da massa de frutos esféricos, gerando atrito entre os mesmos, resultando no desprendimento da polpa. Após certo tempo de processo a água é adicionada progressivamente e o produto que passa pela peneira é coletado por um furo na base do equipamento (ROGEZ, 2000).

### 3.3.1. Degradação do açaí

A ação microbiana, enzimática e química fazem do açaí um produto altamente perecível, provocando alterações de cor e sabor após 12 horas de sua extração, mesmo quando conservado em geladeira (MELO, BARBOSA e ALVES, 1988). Por isso, o estudo de métodos de processamento e conservação é de fundamental importância para a preservação das principais características do produto.

Quando os tecidos vegetais são danificados através de ação mecânica, ocorre a liberação celular de enzimas oxidativas que, frequentemente acompanhados de mudanças indesejáveis nas características sensoriais do produto, resultam na diminuição de sua vida útil e do seu valor de mercado (ALMEIDA, 1991 apud SILVA, 2012). No entanto, estas reações enzimáticas em alimentos podem ser inibidas por diferentes métodos físicos ou químicos, destacando-se nestes o processamento térmico, a limitação do contato com o oxigênio e a adição de moléculas redutoras – a forma mais efetiva de controle de escurecimento enzimático (MARTINEZ e WHITAKER, 1995).

Além da degradação enzimática, o açaí também está sujeito à ação de microrganismos, cuja proliferação pode tornar o produto impróprio ao consumo humano. Por se tratar de um alimento de baixa acidez – apresenta pH médio superior a 4,5 – e de alta atividade de água, o açaí representa um meio favorável ao desenvolvimento de inúmeras espécies de microrganismos. No Brasil não há legislação específica para o açaí proveniente da palmeira juçara (*Euterpe edulis*). Por esta razão os trabalhos científicos disponíveis sobre este produto fazem referência aos parâmetros presentes nas legislações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento que abordam o açaí proveniente da palmeira *Euterpe oleraceae*.



Segundo Melo, Barbosa e Alves (1988), métodos de conservação do açaí empregando sorbato de potássio, éster dietilpirocabônico e ácido sórbico, assim como o tratamento térmico, ocasionaram alterações das características organolépticas e coagulação de proteínas no produto final. Por esta razão existe a necessidade de estudar os parâmetros dos processamentos aos quais o produto é submetido, visando a minimização da ação de fatores degradantes microbiológicos e físico-químicos e, ao mesmo tempo, a maximização da conservação de características sensoriais e nutricionais do alimento.

### 3.3.2. Tratamento térmico

Muitos alimentos que contém antocianinas são processados termicamente antes de consumidos, e este processo pode influenciar fortemente o teor destes compostos no produto final (GIUSTI e WROLSTAD, 2003). As antocianinas, assim como outros compostos fenólicos, são rapidamente oxidadas e, portanto, suscetíveis a reações de degradação não apenas durante a extração do tecido vegetal, mas também durante as operações unitárias de processamento e durante o armazenamento de alimentos (SKREDE, WROLSTAD e DURST, 2000; FENNEMA, DAMODARAN e PARKIN, 2010).

Operações unitárias que utilizam calor para a garantia da segurança sanitária são práticas comuns nas indústrias de alimentos. Tais métodos de processamento consistem basicamente no aquecimento de um fluido por combustão ou energia elétrica, e posterior transferência do calor para o produto através de mecanismos condutivos ou convectivos (PEREIRA e VICENTE, 2010).

Os tratamentos térmicos aplicados a fim de reduzir a população microbiana em alimentos podem ser classificados em dois tipos: esterilização e pasteurização. Em qualquer um dos casos o objetivo é o mesmo – tornar o alimento isento de microrganismos capazes de pôr em risco a saúde do consumidor ou de causar deterioração durante o armazenamento e distribuição. Assim, o modo de ação consiste no tratamento térmico do alimento com respeito a espécies microbianas específicas. A pasteurização é o termo mais comumente aplicado para tratamentos relativamente brandos aplicados àqueles alimentos que, em decorrência de sua própria natureza, não permitem o desenvolvimento de microrganismos resistentes ao calor, ou que posteriormente são submetidos

a métodos de conservação que previnem a proliferação significativa destes microrganismos, como o congelamento, a concentração ou a desidratação (STUMBO, 1973).

O congelamento do açaí de *Euterpe oleraceae* a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  é capaz de provocar queda do número de bactérias, bolores e leveduras de uma e meia a duas ordens logarítmicas. Além disso, o congelamento causa redução da atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase, mantendo, porém, atividades residuais (ROGEZ, 2000). Assim, a pasteurização seguida de congelamento constituiria um dos métodos mais utilizados na indústria processadoras de açaí para sua conservação.

Enzimas endógenas das frutas causam a destruição de pigmentos durante o processamento de sucos (PATRAS et al., 2010). Segundo Vámos-Vigyázó (1981) apud Santos (2009), exposições curtas a temperaturas na faixa de  $70$  a  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  são, na maioria dos casos, suficientes para a destruição parcial ou total da sua função catalítica das enzimas.

Devido a sua alta reatividade, as antocianinas são degradadas rapidamente, formando compostos incolores ou de cor marrom indesejável (KIRCA, ÖZKAN e CEMEROGLU, 2007). A velocidade de degradação das antocianinas é significativamente influenciada pela temperatura do processamento (STRINGHETA, 1991). Wrolstad et al. (1970) apud Stringheta (1991) observaram que a cinética de degradação térmica da cianidina-3-glicosídeo, antocianina preponderante na juçara, segue uma cinética de 1ª ordem. Em armazenamento a temperaturas negativas a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , foi observada uma perda entre 5 e 60% do conteúdo de antocianinas em diferentes tipos de açaís de *Euterpe oleraceae* (ROGEZ, 2000).

Sadilova et al. (2006) relatou que a metoxilação da fração acila melhora a integridade estrutural frente ao calor. As taxas de degradação de antocianinas devido ao aquecimento aumentaram com o aumento do teor de sólidos (NIELSEN, MARCY e SADLER, 1993).

Os métodos de conservação mais comumente aplicados a sucos e produtos à base de frutas são a adição de substâncias químicas, o congelamento ou os tratamentos térmicos brandos como a pasteurização, em função da baixa resistência térmica dos microrganismos capazes de se desenvolver nesses produtos (UBOLDI EIROA, 1989).

A pasteurização rápida é um método que provoca mudanças mínimas no valor nutricional e nas características sensoriais dos alimentos, sendo amplamente aplicada em sucos e polpas de frutas visando a inativação de enzimas e a destruição de microrganismos (BARCELOS e FERRUA, 2003; CORRÊA NETO, 1998).

A escolha dos parâmetros tempo e temperatura do tratamento são condicionados à carga de contaminação e às condições de transferência de calor através do alimento. A intensidade de um tratamento térmico é determinada em função da enzima ou microrganismo mais termorresistente presente no mesmo (FARAONI, 2006). A resistência térmica de um nutriente ou microrganismo cuja degradação corresponda à cinética de primeira ordem pode ser representada pelo valor  $D$  (tempo de redução decimal). Este valor representa o tempo necessário para a destruição de uma ordem logarítmica, ou seja, a redução de 90% de uma população de microrganismos ou da concentração de um nutriente, quando expostos a uma certa temperatura fixa. O valor  $D$  é definido com respeito a uma temperatura de referência para um nutriente ou microrganismo específico, tanto porque a constante cinética da reação varia em função da temperatura, quanto porque as características do microrganismo ou nutriente têm influência sobre sua resistência ao calor. Segundo Stumbo (1973), a relação entre o tempo de tratamento e a degradação de microrganismos e alguns nutrientes respeita a Equação 1:

$$t = D \times \log a - \log b \quad (1)$$

Onde:

$t$  = tempo de exposição à temperatura de referência;

$D$  = tempo de redução decimal à temperatura de referência;

$a$  = população ou concentração inicial;

$b$  = população ou concentração final.

Considerando que a resistência térmica de uma espécie microbiana ou nutriente, que obedeçam à reação de primeira ordem, é maior ou menor em função da temperatura, naturalmente a velocidade de degradação destes varia também com a temperatura. Assim, a relação entre o valor  $D$  e a variação de temperatura de referência respeita igualmente uma relação, expressa pelo valor  $z$ . Este é definido como a variação de temperatura necessária para

fazer variar o valor  $D$  em uma unidade logarítmica. Este valor é atribuído a faixas de temperaturas específicas na qual estão compreendidas as temperaturas inicial e final da variação (STUMBO, 1973) (Equação 2).

$$\log D_2 - \log D_1 = \frac{1}{z} T_1 - T_2 \quad (2)$$

Onde:

$D_1$  = Tempo de redução decimal referente à temperatura  $T_1$ ;

$D_2$  = Tempo de redução decimal referente à temperatura  $T_2$ ;

$T_1$  = Temperatura de referência 1;

$T_2$  = Temperatura de referência 2;

As relações acima citadas tornam possível a comparação de diferentes tratamentos térmicos com respeito a suas capacidades de reduzir uma população bacteriana ou concentração de moléculas de nutrientes em um alimento.

Dentro desta lógica, os tratamentos térmicos de pasteurização podem ser classificados como HTST ou LTLT. O tipo HTST – sigla em inglês para Temperatura Alta e Curto Tempo – emprega temperaturas altas e tempos curtos, enquanto que o tipo LTLT – sigla em inglês para Temperatura Baixa e Tempo Longo – emprega baixas temperaturas por períodos de tempo longo (TONDO e BARTZ, 2001).

A inativação da peroxidase pode servir como parâmetro para obtenção de produtos seguros quanto ao aspecto microbiológico, uma vez que a resistência térmica de lactobacilos, fungos filamentosos e leveduras é menor que a das enzimas como a peroxidase, de elevada termossensibilidade, e a polifenoloxidase (BARCELOS e FERRUA, 2003; FARAONI, 2006; KOBLITZ, 2008 apud SILVA, 2012).

De um modo geral, um aquecimento a 80 °C por 10 a 20 min ou a 100 °C por 2 a 5 min, é suficiente para a inativação das enzimas. No entanto, deve-se sempre ter em mente que tudo depende da fruta considerada (MATHEW e PARPIA, 1971 apud SILVA; NOGUEIRA, 1982). Silva e Nogueira (1983), em estudo sobre diferentes frutas, observou que a polifenoloxidase

apresenta, em geral, maior resistência à inativação pelo calor que a peroxidase. Esta última é inativada muito rapidamente a 76 °C e pH 4,5 ou mais baixo, não ocorrendo recuperação apreciável da sua atividade nessas condições (SILVA, 1981).

Em estudo realizado por Rogez (2000) sobre diferentes tratamentos térmicos em açai da palmeira *Euterpe oleraceae*, observou-se que o branqueamento realizado a 80 °C por 10s é suficiente para o atingimento de padrões sanitários, desde que aliados a procedimentos pós-colheita que evitem a contaminação dos frutos.

Considerando que as relações descritas nesta seção são regidas basicamente por taxas de reação, os valores calculados são amplamente influenciados por uma grande quantidade de fatores, sobretudo em sistemas complexos, como sistemas e produtos alimentícios. Mudanças nos mecanismos de reação podem ocorrer quando considerados grandes intervalos de temperatura (VILLOTA e HAWKES, 2007).

Por conta da alta complexidade dos sistemas alimentares, é possível que, quando vários mecanismos de deterioração operam simultaneamente, o efeito da temperatura altere as taxas de um destes, causando então a inibição ou catálise de outros mecanismos. A altas temperaturas podem ocorrer reações irreversíveis, como a desnaturação protéica, modificando a reatividade do sistema (VILLOTA e HAWKES, 2007).

Os tipos mais comuns de trocadores de calor utilizados na indústria de alimentos são o de placas e o tubular. No caso do tubular, o alimento líquido a ser aquecido ou resfriado é bombeado através do espaço interno do tubo de menor diâmetro e o fluido de aquecimento ou resfriamento é bombeado no espaço anelar formado entre os tubos. O fluxo dos fluidos dentro do trocador pode ser tanto concorrente quanto contracorrente (SINGH, 2007).

### 3.4 COR

A cor é uma característica que tem papel fundamental na percepção da qualidade de um alimento, visto que a avaliação visual é a primeira feita pelo consumidor sobre o produto. A cor tem, portanto, contribuição decisiva na aceitação sensorial e consequente escolha do produto (LIMA et al., 2007).

Todas as cores podem ser especificadas em termos da contribuição proporcional dos componentes vermelho, verde e azul do espectro visível que as compõem. A combinação das três cores primárias, representadas pelos símbolos R (red, vermelho), G (green, verde) e B (blue, azul) resulta, portanto, na cor da amostra que pode ser caracterizada objetivamente e expressa por meio de valores numéricos e por diferentes sistemas de medida (FRANCIS e CLYDESDALE, 1975 apud LIMA et al., 2007).

Em 1931, a Associação Internacional da Cor (CIE) desenvolveu um sistema para especificação de sinais de cor, expressando-os numericamente por um sistema de ordens de cores. Assim a cor pode ser quantificada e expressa de maneira objetiva e precisa. Pelo princípio da síntese de cores aditivas, todas as tonalidades partem da combinação das cores primárias (o vermelho, o verde e o azul) (BERTOLINI, 2010).

Neste modelo, é determinado um espaço de cor tridimensional onde o eixo  $a^*$  e o eixo  $b^*$  - denominadas coordenadas de cromaticidade - formam um plano ortogonal ao eixo  $L^*$  - denominado coordenada de luminosidade. Desta forma,  $L^*$  varia de totalmente preta (0) a totalmente branca (100),  $a^*$  varia do verde (-60) para o vermelho (+60), e  $b^*$  do amarelo (+60) para o azul (-60) (LEÃO, 2005).

A representação das cores através de valores pode ser feita com a ajuda de aparelhos e funções matemáticas específicas para o cálculo de cores e suas diferenças (SCHANDA, 2007 apud CIPRIANO, 2011). Um dos métodos mais utilizados para o cálculo de diferenças é o  $E$ , que usa os valores numéricos do modelo CIE LAB, conforme a Equação 4.

$$\Delta E^* = \Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} \quad (3)$$

Os instrumentos para medir o estímulo utilizam uma luz de valor espectral conhecido e sensores para medir a luz refletida ou transmitida. Os sensores são simplesmente contadores de fótons com filtros de valor espectral conhecido, uma vez que não podem determinar o comprimento de onda dos fótons que estão sendo medidos. Três tipos de instrumentos podem ser utilizados para medir cor, nomeadamente densitômetros, colorímetros e espectrofotômetros, sendo a diferença entre eles a quantidade de filtros que utilizam e a sensibilidade dos sensores (LEÃO, 2005).

Segundo o mesmo autor, o colorímetro utiliza o princípio de separação das componentes RGB (sigla em inglês para Vermelho, Verde e Azul) da luz com ajuda de filtros que imitam a resposta dos cones do sistema visual humano e produz resultado numérico em um dos modelos de cores CIE (LEÃO, 2005).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAIS

Para o presente experimento foi elaborado refresco de juçara a partir de frutos *in natura*. Os frutos utilizados no experimento foram adquiridos junto a um produtor do município de Dom Pedro de Alcântara, RS, que expõe em uma feira de produtos orgânicos de Porto Alegre. Segundo o mesmo, as palmeiras que deram origem aos frutos são cultivadas em sua propriedade em sistema de consórcio com bananeiras, tendo aqueles sido colhidos quando ainda nos cachos na planta, com posterior debulhamento e seleção para retirada de corpos estranhos. A massa de frutos totalizou 14,983 quilogramas (Figura 5). A água utilizada foi proveniente da rede pública de abastecimento.

Figura 5 - Frutos in natura após lavagem e seleção



A despoldadeira utilizada era do tipo vertical e de fabricação artesanal, sem marca definida (Figura 6). O tratamento térmico foi realizado em trocador de calor tubular de escala laboratorial, modelo FT74XTS, marca Armfield (Figura 8b) complementado pelo conjunto de tubos FT74-20-MkIII (Figura 9). O meio de resfriamento (água) foi fornecido por chiller também de escala laboratorial, modelo FT63, marca rmfield (Figura 8a). O congelador utilizado (Figura 7), marca Eifel, foi feito sob medida para o laboratório.



Figura 6 - Despolpadeira Vertical (a); Adição de água com proveta (b); Refresco obtido (c)



Figura 7 - Refresco embalado e disposto em congelador



Figura 8 – Chiller (a); Trocador de calor (b)



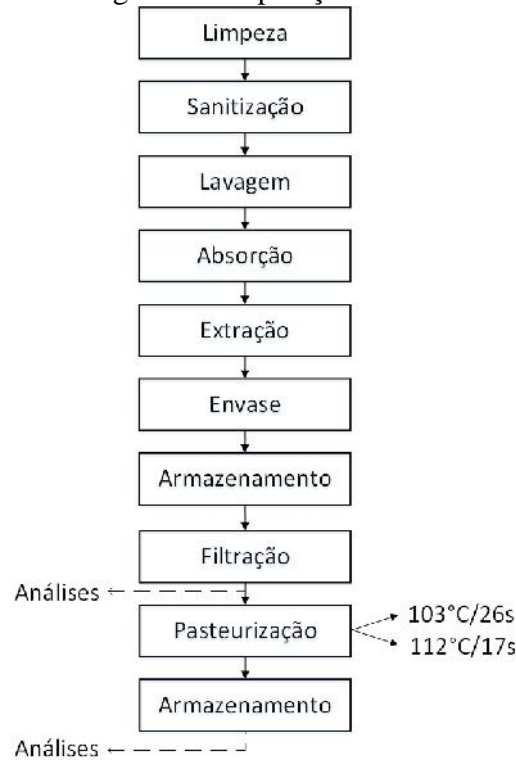
Figura 9 - Conjunto de tubos utilizados no tratamento térmico



## 4.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O fluxograma de operações de processamento encontram-se na Figura 10.

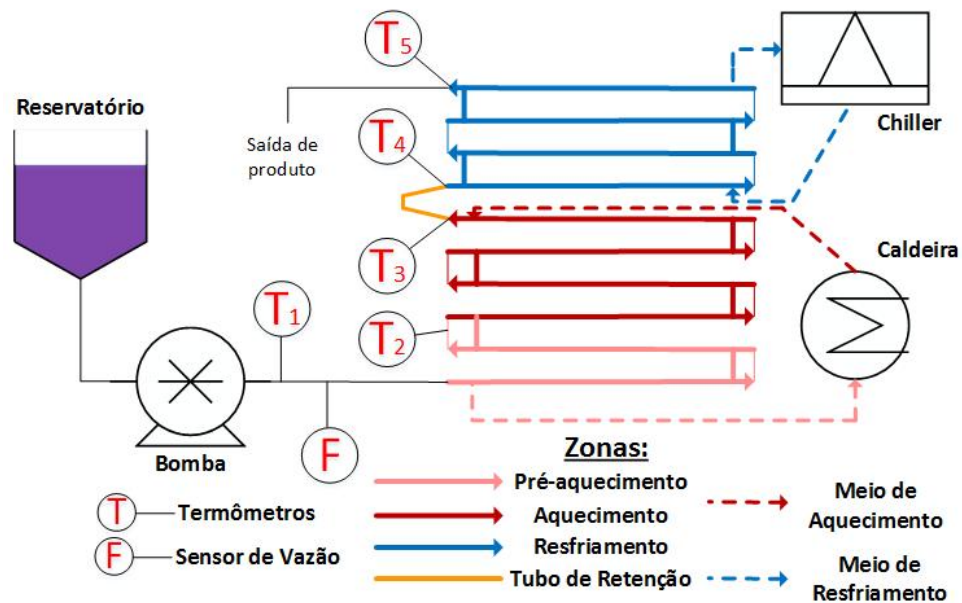
Figura 10 - Fluxograma de Operações de Processamento



Após recepção, os frutos foram lavados manualmente em água corrente, submersos em solução contendo 200 ppm de cloro ativo durante 15 min, enxaguados e estocados sob refrigeração a 4 °C. Posteriormente, foi realizado o processamento dos mesmos, que consistiu em provocar a absorção de água por imersão durante 2 horas em água inicialmente aquecida a 60 °C, visando o amolecimento da polpa e posterior facilitação de sua extração. A seguir foi realizado o despulpamento, durante o qual foram adicionados aproximadamente 2 litros de água para cada 5 kg de fruta, a fim de viabilizar a extração da polpa, visto sua umidade insuficiente para provocar o escoamento do produto (Figura 6). O produto obtido foi acondicionado em 6 sacos de polietileno de 1 litro cada, selados termicamente e armazenados em congelador a -18 °C. Após cinco semanas de armazenamento, o produto foi descongelado a 4 °C durante 48 horas, filtrado em tecido de algodão, para retirada de partículas sólidas de fibra por conta do risco de obstrução dos tubos do trocador de calor, e pasteurizado.

O percurso por onde escoo o produto possui 10 segmentos de tubos concêntricos de 40 centímetros de comprimento cada, além de um tubo de retenção de 80 centímetros, montado a partir de um tubo rígido e outro flexível. Do total de 480 centímetros de percurso, 80 centímetros fazem parte da região de pré-aquecimento, 240 centímetros estão na região de aquecimento (incluindo o tubo de retenção) e outros 160 centímetros na região de resfriamento da amostra. Quanto aos instrumentos, foram posicionados um termômetro e um medidor de vazão na entrada do conjunto de tubos, um segundo termômetro após a zona de pré-aquecimento, um terceiro na entrada do tubo de retenção e outro na saída do mesmo, e um quinto termômetro após a zona de resfriamento, a partir de onde foram coletadas as amostras. As conexões entre os tubos foram organizadas de maneira a fazer os meios de aquecimento e resfriamento escoarem em sentido contrário ao fluxo da amostra dentro do conjunto. A Figura 11 mostra um diagrama explicativo da disposição dos tubos no trocador:

Figura 11 – Diagrama de fluxo no trocador de calor



O produto foi submetido a dois tratamentos térmicos, caracterizados por parâmetros do binômio temperatura e tempo de residência no tubo de retenção (Tabela 1).

Tabela 1 - Parâmetros de pasteurização aplicados no tubo de retenção

<b>Temperatura ( °C)</b>	<b>Tempo (segundos)</b>
<b>103</b>	<b>26</b>
<b>112</b>	<b>17</b>

As temperaturas dos tratamentos de pasteurização foram definidas de forma a serem maiores do que aquelas necessárias para a inativação das enzimas mais resistentes ao calor presentes no produto, ou seja, peroxidase e polifenoloxidasas, considerando a recomendação de Rogez (2000), que indica que para o açaí (*Euterpe oleraceae*) é necessário o tratamento de 80 °C por 10 segundos. Logo após o tratamento térmico as amostras foram embaladas em sacos de polietileno e novamente congeladas em freezer a -18 °C.

### 4.3 MÉTODOS DE ANÁLISE

#### 4.2.1. Antocianinas Monoméricas Totais

A concentração de antocianinas nas amostras foi quantificado através da determinação de antocianinas monoméricas totais nos comprimentos de onda de 520 e 700 nm (LEE, DURST e WROLSTAD, 2005).

O conteúdo de antocianinas foi calculado utilizando a massa molecular e a absorvidade molar (LEE, DURST e WROLSTAD, 2005) da antocianina cianidina-3-glicosídeo através das Equações 5 e 6. Os resultados são expressos diretamente em miligramas de cianidina-3-glicosídeo por litro de solução.

As amostras foram previamente filtradas em papel-filtro Whatman n°1 a fim de diminuir a quantidade de partículas sólidas em suspensão, visando minimizar uma possível interferência destes quando da leitura por parte do equipamento.

Inicialmente foram testadas diferentes diluições de amostra em solução-tampão, a fim de definir uma proporção cujos valores de absorbância a 520 nm estejam dentro do intervalo linear de absorbância do equipamento. Uma vez encontrada a proporção adequada, aplicou-se a mesma a todas as amostras em relação às soluções-tampão. Foi utilizada água destilada como branco.

A absorbância de cada sistema foi lida em triplicata em espectrofotômetro da marca Thermoscientific, modelo Genesys 10S UV-Vis. As leituras foram realizadas em intervalo de 20 min entre a diluição das amostras em solução-tampão.

#### 4.2.2. Compostos Fenólicos

A determinação do conteúdo de compostos fenólicos das amostras foi determinado por método espectrofotométrico com o reagente de Folin-Ciocalteu de acordo com metodologia proposta por Rossi e Singleton (1965). A leitura da absorbância das amostras pós-reação foi feita a 765 nanômetros e expressos em miligramas de equivalentes de ácido gálico por 100 gramas de amostra líquida. Esse resultado foi obtido através da comparação da absorbância obtida na amostra com uma curva padrão de ácido gálico previamente realizada.

Uma alíquota de 1 ml de amostra diluída em água destilada na razão 1:200 foi adicionada a um tubo de ensaio contendo 10 ml de água destilada. Foi utilizada água destilada como branco. Em seguida foi adicionado 0,5 ml do reagente Folin-Ciocalteu e, após 3 min, 1,5 ml de solução carbonato de sódio 20%. Após duas horas de repouso ao abrigo da luz efetuou-se a leitura da absorbância a 765nm de cada amostra e o resultado foi comparado à curva padrão de ácido gálico para obtenção do conteúdo de compostos fenólicos. A análise de cada amostra foi efetuada em triplicata.

#### 4.2.3. Sólidos Totais

O teor de sólidos totais das amostras pré e pós-tratamento térmico foi obtido através da análise gravimétrica do resíduo seco, proposta pelo método AOAC de número 964.22 (2000). Para tanto, aproximadamente 10 gramas de amostra foram transferidos em cápsulas previamente secadas, pesadas e ambientadas à temperatura ambiente em dessecador, e o sistema colocado em estufa a 105 °C. O sistema foi periodicamente retirado, ambientado em dessecador à temperatura ambiente e o pesado utilizando a mesma balança que realizou a pesagem da amostra inicial, até que a massa entre duas pesagens sucessivas fosse constante. De posse das massas inicial e final dos sistemas compostos por cápsula e amostra, procedeu-se ao cálculo de acordo com a Equação 7. As análises foram feitas em triplicata, ou seja, foram realizadas três aferições em cada amostra.

#### 4.2.4. Sólidos Solúveis

O teor de sólidos solúveis presente nas amostras foi determinado através do índice de refração da amostra segundo o Instituto Adolfo Lutz (1985), equivalente ao método AOAC de número 932.12 (1997), com ajuda de um refratômetro Abbé analógico de marca não-identificada. O equipamento foi previamente calibrado com água e então a amostra foi depositada sobre o prisma e lida através da lente ocular. A fronteira entre a região clara e a região escura foi ajustada para se localizar no centro do visor, quando então foi registrada a marca do indicador correspondente na escala. A temperatura ambiente exibida no termômetro do equipamento também foi registrada.

De posse destes dados, corrigiu-se o índice de refração aferido através da Equação 8. Conhecendo o índice de refração a 20 °C confrontou-se este valor em uma tabela °Brix *versus*

índice de refração. Logo, o valor resultante dessa tabela é a concentração de sólidos solúveis da solução analisada. As medições foram realizadas em triplicata.

#### 4.2.5. pH

O pH foi analisado por método eletrométrico segundo método AOAC de número 981.12 (1997), com ajuda de um pHmetro digital de bancada, marca Quimis, modelo Q400M1. Para tanto a sonda do equipamento foi calibrada com soluções-tampão de pH 4,01 e 6,86, e posteriormente imersa diretamente em um béquer contendo amostra. Com isso, foi registrado o valor exibido pelo visor do equipamento. As análises de cada amostra foram realizadas em triplicata.

#### 4.2.6. Cor

A cor das amostras foi medida por método instrumental, utilizando colorímetro digital, marca Konica Minolta, modelo CR-400. Primeiramente o equipamento foi calibrado de acordo com as instruções do fabricante e então montado no suporte específico para aferição de amostras líquidas. A amostra foi então colocada em uma cubeta – fornecida pelo fabricante – apropriada para a análise de líquidos e o botão de disparo de feixe luminoso disparado. Os valores exibidos no visor do equipamento foram registrados.

O sistema de leitura utilizado foi o CIELAB, representado pelos seguintes parâmetros: coordenada  $L^*$  (luminosidade), coordenada de cromaticidade  $a^*$  ( $-a$  verde,  $+a$  vermelho) e a coordenada de cromaticidade  $b^*$  ( $-b$  azul,  $+b$  amarelo). A leitura das amostras foi feita em cubeta de vidro com 1 cm de caminho óptico. Para cada amostra foram feitas três medições, configurando uma triplicata. A diferença total de cor ( $E^*$ ) foi calculada a partir da Equação 4.

#### 4.4 EQUAÇÕES E ANÁLISE ESTATÍSTICA

$$CA = \frac{A \times PM \times FD \times 10^3}{\varepsilon \times l} \quad (4)$$

$$A = A_{520nm} - A_{700nm} \text{ pH } 1,0 - A_{520nm} - A_{700nm} \text{ pH } 4,5 \quad (5)$$

Onde



$CA$  = Concentração de antocianinas [mg cianidina-3-glicosídeo/L];

$A$  = Diferença de absorvância em pH 1,0 e 4,5;

$PM$  = Massa molecular da cianidina-3-glicosídeo [449,2 g/mol];

$FD$  = Fator de diluição da amostra em relação à solução-tampão [150];  
= Absorvidade molar da cianidina-3-glicosídeo [26900 L/mol.cm];

$l$  = Profundidade da cubeta contenedora da amostra [1 cm];

$$ST = \frac{100 \times N}{A} \quad (6)$$

Onde

$ST$  = Sólidos Totais [g/100g de amostra];

$N$  = Massa de resíduo seco [g];

$A$  = Massa de amostra [g].

$$n_{20^{\circ}C} = n_T + (T - 20) \times 0,00045 \quad (7)$$

Onde

$n(20^{\circ}C)$  = Índice de refração da amostra a  $20^{\circ}C$

$n(T)$  = Índice de refração da amostra a temperatura ambiente

$T$  = Temperatura ambiente

A análise estatística dos dados foi feita através da aplicação da análise de variância e o teste Tukey a fim de detectar diferenças significativas entre as médias. Foi utilizado para tanto o pacote de ferramentas de análise de dados do software Microsoft Excel® 2010. Todas as análises de variância tiveram nível de significância de 5%.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO DO REFRESCO

O produto após extração foi denominado de refresco de juçara. Isto é devido à Instrução Normativa nº9 de 19 de junho de 2013 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que classifica como refresco de juçara o produto com concentração mínima de sólidos totais equivalente à presença de 4 ml de polpa juçara por 100 ml de produto.

O rendimento do fruto no refresco foi de 1,34%. Tal resultado foi calculado a partir do volume de polpa dos frutos obtidos e a massa inicial destes *in natura*. As características físico-químicas deste se encontram na Tabela 2.

Quanto aos sólidos solúveis, sua concentração foi de 6,3 °Brix. Apesar das frutas utilizadas no experimento se encontrarem em seu estado ótimo de maturação, estas apresentam um teor de açúcares baixo se comparado aos de outras frutas, como manga (19,3°Brix) (FARAONI, 2006), porém semelhante à acerola (6,3°Brix) (MAIA et al., 2007) e superior à polpa de juçara (3,1°Brix) (SILVA, 2012) e à polpa de açaí (3,55°Brix) (CIPRIANO, 2011).

Quanto ao pH obtido (4,68), este é similar ao encontrado por Silva (2012) em polpa de juçara (4,53).

Quanto à cor, esta se encontra no quarto quadrante do espaço CIELAB, que corresponde a uma cor entre o vermelho e o azul, próxima ao tom púrpura característico dos frutos da juçara.

Tabela 2 - Valores das características físico-químicas no refresco de juçara não-pasteurizado

<b>Característica (unidade)</b>	<b>Valor</b>
ST (%)	$3,1 \pm 8,7 \times 10^{-8}$
SST (°Brix)	$6,3 \pm 0$
pH	$4,68 \pm 0,0046$
Antocianinas (mg cid-3-gli/l)	$2021 \pm 1018,5$
Fenólicos (mg eq. ác. gálico/l)	$6988 \pm 352,1$
<i>L</i> *	$19,33 \pm 3,3 \times 10^{-5}$
<i>a</i> *	$0,78 \pm 0,0009$
<i>b</i> *	$-0,11 \pm 3,3 \times 10^{-5}$

Quanto ao teor de antocianinas (2021 mg de cianidina-3-glicosídeo por litro) este foi maior que os valores reportados por Schultz (2008) e Silva (2012) de 585,5 e 316,7 mg de cianidina-3-glicosídeo por litro de polpa de juçara *in natura*, respectivamente. A variabilidade destes resultados pode ser explicada por diferenças de ponto de maturação no momento da colheita, fatores fenotípicos da planta e fatores climáticos do local de cultivo, influenciando a síntese destes pigmentos nos frutos (ROGEZ, 2000). Também contribuem para isto as condições do processo de obtenção da amostra.

Considerando a ausência de filtração no processamento das polpas estudadas por estes autores, a diferença entre tais valores poderia ser ainda maior caso o processo de elaboração do refresco não incluísse a filtração, pois esta etapa pode causar perdas de 15 (BROWNMILLER, HOWARD e PRIOR, 2008) a 55% (LEE, DURST e WROLSTAD, 2002) da concentração original de antocianinas em suco de mirtilo filtrado em filtro-prensa.

Quanto à concentração de compostos fenólicos (699 mg de equivalentes de ácido gálico por 100 gramas), esta foi similar às encontradas também por Schultz (2008) e Silva (2012) de 398,6 e 707 mg de equivalentes de ácido gálico por 100 gramas de polpa de juçara, respectivamente.

## 5.2 TRATAMENTO TÉRMICO DO REFRESCO

Apesar de o refresco apresentar pH superior a 4,5, classificando-o como alimento de baixa acidez, o tratamento térmico aplicado ao mesmo não foi de esterilização, pois a proposta é de não deixar o produto em meio anaeróbio, sendo executada sua pasteurização e posterior congelamento a -17 °C. Desta forma, a pasteurização aplicada com o objetivo de inativar enzimas é capaz de reduzir a carga de microrganismos de interesse (coliformes totais termotolerantes, bolores, leveduras e Salmonella) a níveis seguros, visto as elevadas resistências térmicas das enzimas quando comparadas às destes microrganismos (TONDO e BARTZ, 2001; ).

O tratamento térmico, no trocador de calor tubular, consistiu nas etapas de pré-aquecimento, aquecimento, tubo de retenção e posterior resfriamento. Dessa forma a morte de microrganismos e a degradação de nutrientes e enzimas pelo calor se dá nas primeiras três etapas, sendo a maior, e por isso a mais crítica, o tubo de retenção. Recomenda-se que os estudos

de inativação e degradação térmica em alimentos seja realizada nesta etapa para sistemas de processamento em fluxo contínuo (FAO, 1993). Assim, os parâmetros de tempo e temperatura aplicados ao produto durante sua passagem no tubo de retenção foram de 103 °C durante 26 segundos e 112 °C durante 17 segundos.

O tratamento térmico, ao mesmo tempo que provoca morte de microrganismos e inativação de enzimas, é capaz de degradar nutrientes como as antocianinas, o que restringe a aplicação deste tipo de processamento em alimentos ricos nestes pigmentos. Esta suscetibilidade ao calor é variável de acordo com a estrutura dos compostos antociânicos, tendo a presença de grupos acila na molécula (MONTILLA et al., 2010), assim como formas glicosiladas (HE, LV e HE, 2015), um efeito de positivo na estabilização da molécula. Por outro lado, a presença de grupos hidroxil nas moléculas das antocianinas tende a diminuir sua estabilidade, impactando negativamente a retenção de cor das mesmas (HE, LV e HE, 2015). Também os tratamentos de branqueamento e pasteurização podem causar mudanças na proporção de antocianinas aciladas, diminuindo sua estabilidade (TÜRKYLMAS, 2012).

As duas principais enzimas responsáveis pela degradação das antocianinas são a glicosidase e a polifenoloxidase, que agem rompendo ligações glicosídicas e acelerando a oxidação de hidroxilas fenólicas, respectivamente (HE, LV e HE, 2015).

Segundo Schweiggert et al. (2005), a polifenoloxidase é responsável pelo aparecimento de compostos de cor escura resultantes da polimerização oxidativa de quinonas, podendo este processo ser evitado pelo uso de tratamento térmico. Segundo Figueira et al. (2004) e Jaiswal et al. (2012), a aplicação de branqueamento com vapor a 100 °C durante 4 min é necessário para a preservação de alho, causando inativação de enzimas e consequente aumento de sua vida-de-prateleira. Kinalski e Noreña (2014) relataram que o uso de branqueamento no alho também tem efeito de redução de sua atividade antioxidante.

As enzimas peroxidase e polifenoloxidase de purê de banana em pH 4,5 foram praticamente inativadas quando submetidas a pasteurização em trocador de calor tubular a 96,4 °C durante 6 segundos (DITCHFIELD et al., 2005). Kinalski e Noreña (2014), relaram que o incremento da temperatura em branqueamento de alho foi capaz de favorecer a inativação da enzima peroxidase.

Segundo Rogez (2000), a pasteurização do tipo HTST a 82,5 °C durante 1 minuto em condições ácidas (pH 3,75) é capaz de inativar a polifenoloxidase e a peroxidase do fruto de *Euterpe oleraceae*. Este resultado sugere que as temperaturas dos tratamentos de pasteurização (20 °C maior para a mais branda) empregados no presente estudo sejam suficientes para inativar uma fração significativa das peroxidases e polifenoloxidases presentes no refresco de juçara, apesar de seu pH relativamente elevado (4,7), e portanto mais próximo do pH ótimo destas enzimas (6) (ROGEZ, 2000).

### 5.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO REFRESCO PASTEURIZADO

Os valores médios de sólidos totais, sólidos solúveis, pH, parâmetros colorimétricos, concentração de antocianinas e concentração de compostos fenólicos do refresco pasteurizado de juçara são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores das características físico-químicas no refresco de juçara antes e após a pasteurização

Características	Não-pasteurizado	Tratamentos	
		103 °C/26s	112 °C/17s
ST (%)	3,1 <sup>a</sup> ± 8,7x10 <sup>-8</sup>	3,1 <sup>a</sup> ± 5,3x10 <sup>-8</sup>	3,4 <sup>a</sup> ± 0,00001
SST (°Brix)	6,3 <sup>a</sup> ± 0	6,1 <sup>a</sup> ± 0,037	6,1 <sup>a</sup> ± 0,037
pH	4,68 <sup>a</sup> ± 0,0046	4,76 <sup>a</sup> ± 0,0003	4,76 <sup>a</sup> ± 0
Antocianinas (mg cid-3-gli/l)	2021 <sup>a</sup> ± 1018,5	1587 <sup>b</sup> ± 2089,3	1746 <sup>c</sup> ± 1311,8
Fenólicos (mg eq. ác. gálico/l)	6988 <sup>a</sup> ± 352,1	5159 <sup>b</sup> ± 92,2	6172 <sup>c</sup> ± 118,6
<i>L</i> *	19,33 <sup>a</sup> ± 0,00003	19,51 <sup>b</sup> ± 0,0002	19,50 <sup>b</sup> ± 0,00003
<i>a</i> *	0,78 <sup>a</sup> ± 0,00093	1,25 <sup>b</sup> ± 0,00123	1,16 <sup>c</sup> ± 0,00023
<i>b</i> *	-0,11 <sup>a</sup> ± 0,00003	0,14 <sup>b</sup> ± 0,001	0,08 <sup>c</sup> ± 0,0002
<i>E</i>	-	0,55	0,45

Nota: Letras iguais não tem diferenças significativas

Os teores de sólidos solúveis e totais não mudaram significativamente entre as amostras, a nível de significância de 5%. Visto que as corridas experimentais foram executadas em trocador tubular, com o correto resfriamento do produto após o aquecimento, os valores de concentração de sólidos solúveis são compatíveis com o esperado. Da mesma forma, o pH do refresco não apresentou diferenças significativas, a nível de significância de 5%.

Quanto às mudanças na cor, Mazza e Brouillard (1990) sugerem que a formação de complexos das antocianinas com outros compostos (copigmentos), chamada copigmentação molecular, é o principal mecanismo de estabilização de cor em plantas. Alguns compostos presentes na juçara, como ácidos orgânicos (benzóico, clorogênico, cafeíco, ferúlico), flavonoides (quercetina e rutina) e até as próprias antocianinas, entre outros, podem formar tais complexos, aumentando a estabilidade de cor das antocianinas presentes no refresco através de mecanismos específicos, promovendo variações nos parâmetros colorimétricos (MAZZA e BROUILLARD, 1990; BORGES, 2013).

Bakowska (2003) reportou decréscimo lento da absorvância de soluções de cianidina-3-glicosídeo com 6 tipos de polifenóis a pH 4,5 sob aquecimento a 80 °C, o que sugere que o tratamento de pasteurização empregado neste trabalho não afeta significativamente estes complexos no produto. Assim, pode-se considerar que os resultados de cor observados foram influenciados pela copigmentação.

Com respeito ao parâmetro de cor  $L^*$  no refresco pasteurizado, o maior valor de luminosidade sugere que este seja resultante do efeito hiperacrômico decorrente da copigmentação (BAKOWSKA, 2003). Uma outra explicação é a inativação parcial da polifenoloxidase, responsável pelo escurecimento enzimático, ou seja, a formação de compostos de cor escura a partir da reação de *o*-quinonas com as antocianinas (KADER et al., 1999).

Quanto ao parâmetro colorimétrico  $a^*$ , a análise comparativa de médias aponta diferença entre as amostras, denotando tendência à cor vermelha. Isto pode ter ocorrido por conta do deslocamento batocrômico causado pela copigmentação (ASEN, STEWART e NORRIS, 1972).

Em relação ao parâmetro de cor  $b^*$ , a diferença significativa obtida nas amostras pasteurizadas, sobretudo naquela executada a 103 °C, mostra tendência à cor amarela. Uma possível explicação para isto é a degradação de compostos fenólicos decorrente da pasteurização e formação de compostos castanhos e marons. Entretanto, o valores de  $E$  obtidos, indicam que no geral a cor dos refrescos pasteurizados diferiu pouco com relação aos não-pasteurizados.

#### 5.4 ANTOCIANINAS E POLIFENÓIS

Quanto às antocianinas, houve diferença significativa entre todas as amostras. Os valores médios das amostras pasteurizadas foram inferiores às da não-pasteurizada, tendo a amostra pasteurizada a 103 °C apresentado o menor valor de concentração destes compostos.

Tais valores diferem dos resultados obtidos por Silva (2012) e Schultz (2008). O primeiro encontrou concentrações praticamente idênticas para a polpa não-pasteurizada e para a polpa acondicionada em sacos de polietileno e pasteurizada a 80 °C durante 5 min em banho-maria, ambas armazenadas congeladas a -17 °C durante 15 dias. O segundo encontrou valores de concentração de antocianinas maiores na polpa pasteurizada em trocador de calor tubular e acidificada (599 mg cid-3-gli/l) quando comparada à polpa *in natura* (258 mg cid-3-gli/l).

Por outro lado, os valores obtidos no presente trabalho são compatíveis com os resultados de Rogez (2000) que, em estudo sobre a polpa dos frutos de *Euterpe oleraceae*, encontrou valores menores para a polpa acidificada a pH 3,75 e pasteurizada a 82,5 °C durante 1 minuto, quando comparada à polpa *in natura*.

Assim, a explicação para os valores obtidos no presente trabalho pode estar na degradação térmica das antocianinas ocorridas na pasteurização, podendo ter ocorrido a diminuição do efeito da copigmentação e a diminuição da proporção de antocianinas aciladas, e em menor grau à atividade das enzimas endógenas ao fruto, principalmente a polimerização das antocianinas e formação de compostos escuros pela polifenoloxidase que poderiam ocorrer durante o período de armazenamento e manipulação das amostras.

Quanto aos compostos fenólicos, a análise comparativa de médias aponta diferença significativa entre todas as amostras. A amostra não-pasteurizada apresentou maior concentração de compostos fenólicos, em comparação com aquelas submetidas aos tratamentos a 112 e a 103 °C. A amostra que apresentou a menor concentração de compostos fenólicos foi aquela pasteurizada a 103 °C.

A diferença entre a concentração de compostos fenólicos no refresco *in natura* e nos refrescos pasteurizados é causada provavelmente pelas mesmas razões da diferença observada sobre as antocianinas.

## 5.5 COMPARAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS DE PASTEURIZAÇÃO

A perda percentual de antocianinas no refresco pasteurizado em relação ao refresco não-pasteurizado foi de 21% para o tratamento a 103 °C e de 13% para o tratamento a 112 °C. Quanto aos compostos fenólicos, a perda foi de 25% para o tratamento a 103 °C e de 11% para o tratamento a 112 °C (Tabela 4).

Tabela 4 – Perda percentual de compostos fenólicos e antocianinas pela pasteurização

<b>Tratamento</b>	<b>Perda de compostos fenólicos</b>	<b>Perda de antocianinas</b>
<b>103 °C/26s</b>	21%	25%
<b>112 °C/17s</b>	13%	11%

Ambos os tratamentos de pasteurização causaram queda na concentração de antocianinas e de compostos fenólicos em relação ao refresco não-pasteurizado, o que pode ser explicado principalmente pela ação do calor e, em menor grau, pela atividade enzimática residual sobre as antocianinas.

Em estudo sobre sucos não-clarificados de mirtilo, Brownmiller, Howard e Prior (2008) reportaram perda de 8% de antocianinas monoméricas decorrente de branqueamento a 95 °C durante 3 min, combinada com pasteurização a 90 °C durante alguns segundos. No entanto, Skrede et al. (2000) apontaram incremento de 4% na concentração de antocianinas através da pasteurização do suco de mirtilo. Estas pequenas variações de retenção mostram que, em geral, as antocianinas apresentam boa estabilidade frente a tratamentos térmicos de pasteurização.

Segundo Brownmiller, Howard e Prior (2008), a redução no teor de antocianinas monoméricas pode ser causada pela formação de polímeros de antocianinas durante as etapas de processamento. O mesmo autor indica que tais reações podem ser operadas por enzimas endógenas ao mirtilo, como a polifenoloxidase. Nos estágios iniciais do processamento, a polifenoloxidase endógena (localizada no citoplasma) oxida polifenóis (localizados no vacúolo), gerando quinonas, que reagem com antocianinas (também localizadas no vacúolo), produzindo compostos de cor escura (KADER, NICOLAS e METCHE, 1999).

As enzimas peroxidase e polifenoloxidase são capazes de provocar a degradação das antocianinas na presença de cofatores como o ácido clorogênico (KADER et al., 1997), o qual



ocorre em juçara (BORGES, 2013). Dessa forma, sua ação tende a causar igualmente a diminuição da concentração de antocianinas monoméricas no refresco.

Por outro lado, é possível a ocorrência de um efeito de copigmentação causado por compostos no fruto da palmeira juçara, como ácidos orgânicos, flavonoides e as próprias antocianinas, de modo aumentar a estabilidade das antocianinas do refresco (MAZZA e BROUILLARD, 1990; BORGES, 2013). Dessa forma, a copigmentação pode ter contribuído para amenizar a perda decorrente dos fatores anteriormente citados.

Outra causa para a diferença pode ser a atividade enzimática residual pós-pasteurização, sendo esta mais intensa no refresco tratado a 103 °C do que naquele tratado a 112 °C. Isto porque o primeiro pode ter inativado uma fração menor de enzimas do que o segundo. Assim, apesar de uma degradação de antocianinas e compostos fenólicos mais intensa no tratamento a 112 °C, a ação das enzimas no período entre a pasteurização e as análises pode ter causado a diferença observada nos resultados da Tabela 4, ou seja, maior para o tratamento a 103 °C. Assim, durante o branqueamento a vapor em alho e yacon, por exemplo, Kinalski e Noreña (2014) e Lago e Noreña (2015), mencionam que a peroxidase e a polifenolxidase estão constituídas de uma fração termolábel e uma outra termorresistente em alho e yacon, respectivamente.

## 6 CONCLUSÕES

A pasteurização do refresco de juçara em trocador de calor tubular gerou alterações de cor e de concentração de compostos fenólicos e antocianinas.

A cor do refresco pasteurizado tendeu ao amarelo em função da degradação de compostos fenólicos e ao vermelho por conta de possíveis alterações químicas no cromóforo das antocianinas. A luminosidade aumentou possivelmente por conta da inativação de enzimas responsáveis pela formação de compostos escuros.

A perda de antocianinas no refresco pasteurizado foi de 21 e 13% nos tratamentos a 103 °C e 112 °C, respectivamente. Quanto aos compostos fenólicos, as perdas foram de 25 e 11% nos tratamentos a 103 °C e 112 °C, respectivamente. As perdas destes compostos ocorreram em grande parte por conta de degradação térmica, mas também pela atividade enzimática residual.

A fim de evitar a degradação posterior à pasteurização, deve-se aumentar a duração dos tratamentos térmicos propostos, além de um congelamento rápido e da garantia da correta conservação através da cadeia do frio.

Outra oportunidade de estudo seria o aproveitamento dos resíduos do despulpamento, como os pigmentos antociânicos e o caroço do fruto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRES-LACUEVA, Cristina et al. Anthocyanins in aged blueberry-fed rats are found centrally and may enhance memory. **Nutritional Neuroscience**. Boston, p. 111-120. abr. 2005.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. Edited by Patricia Cunniff. 17th ed., v.2., cap.37, 42 e 44, 2000.

AOAC. ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 16th ed. Washington D.C.: AOAC, 1997. v.2.

ASEN, S.; STEWART, R. N.; NORRIS, K. H. Co-pigmentation of anthocyanins in plant tissue and its effects on color. **Phytochemistry**. Londres, p. 1139-1144. mar. 1972.

BAKOWSKA, Anna; Z.KUCHARSKA, Alicja; OSZMIANSKI, Jan. The effects of heating, UV irradiation, and storage on stability of the anthocyanin – polyphenol copigment complex. **Food Chemistry**. Reading, p. 349-355. jun. 2003.

BARCELOS, M.F.P.; FERRUA, F.Q. **Frutos e hortaliças processados: métodos de conservação e efeitos no valor nutritivo**. Lavras: UFLA; FAEPE, 2003. 71 p.

BARROS, Érica Cristina Marins et al. Efeitos da pasteurização sobre características físico-químicas, microbiológicas e teor de antocianinas da polpa de juçará. **Revista Teccen**, Vassouras, v. 6, n. 1, p.01-32, mar. 2015.

BERTOLINI, Cristiano. **Sistema para medição de cores utilizando espectrofotômetro**. 2010. 95 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2010.

BICUDO, Milene Oliveira Pereira; RIBANI, Rosemary Hoffmann; BETA, Trust. Anthocyanins, Phenolic Acids and Antioxidant Properties of Juçara Fruits (*Euterpe edulis* M.) Along the On-tree Ripening Process. **Plant Foods for Human Nutrition**. Irapuato, p. 142-147. jun. 2014.

BOBBIO, Paulo A.; BOBBIO, Florinda Orsati. **Química do Processamento de Alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 1992. 143 p.

BORGES, Graciele da Silva Campelo. **Determinação de compostos bioativos e avaliação da atividade antioxidante das diferentes frações dos frutos de juçara (*Euterpe edulis* Mart.) cultivados no estado de Santa Catarina**. 2013. 165 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

BRASIL. **Ministério Da Agricultura e Do Abastecimento**. Instrução Normativa nº01 de 07/01/2000.

BRASIL. 2008. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa n. 6, de 23 de setembro de 2008.

BRASIL. Artigo 22 do Decreto N° 6.871, de 4 de junho de 2009.

BRIDLE, P.; TIMBERLAKE, C. F. Anthocyanins as natural food colors - Selected aspects. **Food Chemistry**. Reading, p. 103-109. jan. 1997.

BRITO, Edy Sousa de et al. Anthocyanins Present in Selected Tropical Fruits: Acerola, Jambolão, Jussara e Guajiru. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Munique, p. 9389-9394. dez. 2007.

BROUILLARD, R. Chemical structure of anthocyanins. In: Markakis, P. **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982. pp. 1-40

BROWNMILLER, C.; HOWARD, L. R.; PRIOR, R. L. Processing and Storage Effects on Monomeric Anthocyanins, Percent Polymeric Color, and Antioxidant Capacity of Processed Blueberry Products. **Journal of Food Science**. Corvallis, p. 72-79. jun. 2008.

BURNS, Jefferson et al. Extraction of Phenolics and Changes in Antioxidant Activity of Red Wines during Vinification. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**. Munique, p. 5797-5808. out. 2001.

CALZAVARA, B. B. **As possibilidades do açaizeiro no estuário amazônico**. Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará. Belém: Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, vol.5, p.63-92, 1972.

CASTRO, Rodrigo Weigand de. **Caracterização de açaí obtido de frutos de Euterpe edulis Martius tratados termicamente**. 2012. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

CAVALCANTI, Rodrigo N.; SANTOS, Diego T.; MEIRELES, Maria Angela A. Non-thermal stabilization of anthocyanins in model and food systems - An overview. **Food Research International**. Campinas, p. 499-509. mar. 2011.

CERISOLA, Carolina M.; ANTUNES, Alexsander Zamorano; PORT\_CARVALHO, Marcio. Consumo de frutos de Euterpe edulis Mart. (Arecaceae) por vertebrados no parque estadual Alberto Löfgren, São Paulo, Sudeste do Brasil. **If Série Registros**, São Paulo, n. 31, p.167-171, jul. 2007.

CIPRIANO, Paula de Aguiar. **Antocianinas de açaí (Euterpe oleraceae Mart.) e casca de jaboticaba (Myrciaria jaboticaba) na formulação de bebidas isotônicas**. 2011. 131 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

CISSÉ, Mady et al. Thermal Degradation Kinetics of Anthocyanins from Blood Orange, Blackberry, and Roselle Using the Arrhenius, Eyring and Ball Models. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Munique, p. 6285-6291. jul. 2009.

CONTE, Rudimar. **Estrutura genética de populações de Euterpe edulis Mart. submetidas à ação antrópica utilizando marcadores alozímicos e microssatélites**. 2004. 124 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

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

CORSO, Néder Maciel. **O agronegócio do palmito no Paraná - Situação atual e perspectiva**. 2003. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

DARAVINGAS, George; CAIN, R. F. Thermal Degradation of Black Raspberry Anthocyanin Pigments in Model Systems. **Journal of Food Science**. Corvallis, p. 138-142. mar. 1968.

DIPLOCK, A. T. et al. Functional food science and defence against reactive oxidative species. **British Journal of Nutrition**. Southampton, ago. 1998. Suplemento, Suplemento 1, p. 77-112.

DITCHFIELD, C. et al. Evaluation of the use of polyphenol oxidase and peroxidase thermal inactivation as bioindicators for acidified banana (*musa cavendishii* lamb.) puree continuous pasteurization process. In: MERCOSUR CONGRESS ON PROCESS SYSTEMS ENGINEERING, 4., 2005, Costa Verde. **Proceeding**. Costa Verde: Enpromer, 2005. p. 1 - 10. Disponível em: <<http://sites.poli.usp.br/pqi/lea/docs/enpromer2005b.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2015.

DYRBY, M.; WESTERGAARD, N.; STAPELFELDT, H. Light and heat sensitivity of red cabbage extract in soft drink model systems. **Food Chemistry**, v. 72, p. 431-437, 2001.

FAO/WHO, Codex Alimentarius, CAC/RCP 40-1993, **Code Of Hygienic Practice For Aseptically Processed And Packaged Low-Acid Foods**. Roma, 1993.

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

FENNEMA, Owen; DAMODARAN, Srnivivasan; PARKIN, Kirk. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

FIGUEIRA, Glyn Maria et al. Evaluation of desorption isotherms, drying rates and inulin concentration of chicory roots (*Cichorium intybus* L.) with and without enzymatic inactivation. **Journal of Food Engineering**. Davis, p. 273-280. ago. 2004.

FOSSEN, Torgils; CABRITA, Luis; ANDERSEN, Øyvind M.. Colour and stability of pure anthocyanins influenced by pH including the alkaline region. **Food Chemistry**. Reading, p. 435-440. dez. 1998.

GALETTI, Mauro; ZIPPARRO, Valesca B.; MORELLATO, Patrícia C.. Fruiting phenology and frugivory on the palm *Euterpe edulis* in a lowland Atlantic forest of Brazil. **Ecotropica**. Ulm, p. 115-122. ago. 1999.

- GARZÓN, Gloria Astrid. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. **Acta Biológica Colombiana**. Bogotá, p. 27-36. jul. 2008.
- GIUSTI, M. Mónica; WROLSTAD, Ronald E.. Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. **Biochemical Engineering Journal**. College Park, p. 217-225. jun. 2003.
- HARBORNE, Jeffrey B.; SAITO, Norio; DETONI, Claudia H.. Anthocyanins of *Cephaelis*, *Cynomorium*, *Euterpe*, *Lavatera* and *Pinanga*. **Biochemical Systematics and Ecology**. Surrey, p. 835-836. dez. 1994.
- HE, Xiu-li et al. Composition and color stability of anthocyanin-based extract from purple sweet potato. **Food Science And Technology**. Campinas, p. 468-473. jul. 2015.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985.
- JACKMAN, R.L.; SMITH, J.L. **Anthocyanins and betalains**. In: HENDRY, G.A.F. and HOUGHTON, J.D. *Natural Food Colorants*. London: Blackie Academic. p.183-241, 1992.
- JACKMAN, R.L.; YADA, R.Y.; TUNG, M.A., et al. Anthocyanins as food colorants. - A Review. **Journal Food Biochemistry**. v.11, p.201-247, 1987.
- JAISSWAL, Amit Kumar; GUPTA, Shilpi; ABU-GHANNAM, Nissreen. Kinetic evaluation of colour, texture, polyphenols and antioxidant capacity of Irish York cabbage after blanching treatment. **Food Chemistry**. Reading, p. 63-72. mar. 2012.
- JAYAPRAKASAM, Bolleddula et al. Amelioration of Obesity and Glucose Intolerance in High-Fat-Fed C57BL/6 Mice by Anthocyanins and Ursolic Acid in Cornelian Cherry (*Cornus mas*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Munique, p. 243-248. jan. 2006.
- KADER, Farid et al. Mechanism of Browning in Fresh Highbush Blueberry Fruit (*Vaccinium corymbosum* L). Role of Blueberry Polyphenol Oxidase, Chlorogenic Acid and Anthocyanins. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Nova Iorque, p. 31-34. maio 1997.
- KADER, Farid et al. Degradation of Cyanidin 3-Glucoside by Caffeic Acid o-Quinone. Determination of the Stoichiometry and Characterization of the Degradation Products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Munique, p. 4625-4630. nov. 1999.
- KADER, Farid; NICOLAS, Jean-pierre; METCHE, Maurice. Degradation of pelargonidin 3-glucoside in the presence of chlorogenic acid and blueberry polyphenol oxidase. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Nova Iorque, p. 517-522. mar. 1990.
- KECHINSKI, Carolina Pereira. **Estudo de diferentes formas de processamento do mirtilo visando à preservação dos compostos antocianínicos**. 2011. 292 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

- KINALSKI, Tenisa; NOREÑA, Caciano Pelayo Zapata. Effect of Blanching Treatments on Antioxidant Activity and Thiosulfinate Degradation of Garlic (*Allium sativum* L.). **Food And Bioprocess Technology**. Dublin, p. 2152-2157. jul. 2014.
- KIRCA, Aysegul; ÖZKAN, Mehmet; CEMERO LU, Bekir. Effects of temperature, solid content and pH on the stability of black carrot anthocyanins. **Food Chemistry**. Reading, p. 212-218. nov. 2007.
- KUSKOSKI, E. Marta et al. Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, p. 691-693. out. 2004.
- LAGO, Camila Carvalho; NOREÑA, Caciano Pelayo Zapata. Thermodynamic analysis of sorption isotherms of dehydrated yacon (*Smallanthus sonchifolius*) bagasse. **Food Bioscience**. Ithaca, p. 26-33. dez. 2015.
- LEÃO, Alexandre Cruz. **Gerenciamento de cores para imagens digitais**. 2005. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Artes Visuais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
- LEE, Jungmin; DURST, Robert; WROLSTAD, Ronald.. Impact of Juice Processing on Blueberry Anthocyanins and Polyphenolics: Comparison of Two Pretreatments. **Journal Of Food Science**. Corvallis, p. 1660-1667. jun. 2002.
- LEE, Jungmin; DURST, Robert; WROLSTAD, Ronald. Determination of Total Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, Beverages, Natural Colorants and Wines by the pH Differential Method: Collaborative Study. **Journal Of Aoac International**. [s.l.], p. 1269-1278. maio 2005.
- LIMA, Vera Lúcia Arroxelas de; MÉLO, Enayde de Almeida; GUERRA, Nonete Barbosa. Correlação entre o Teor de Antocianinas e Caracterização Cromática de Polpas de Diferentes Genótipos de Aceroleira. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, p. 51-55. jan. 2007.
- LOPES, Toni Jefferson et al. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 3, p.291-297, jul. 2007.
- LUZ, Taís Inácio da Ferreira. **Quantificação de antocianinas no fruto, polpa e produto processado da juçara (*Euterpe edulis Martius*)**. 2013. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2013.
- MAIA, Geraldo Arraes et al. Ciência e Tecnologia de Alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, p. 130-134. jan. 2007.
- MAIER, Thorsten et al. Process and storage stability of anthocyanins and non-anthocyanin phenolics in pectin and gelatin gels enriched with grape pomace extracts. **European Food Research and Technology**. Berlin, p. 949-960. out. 2009.
- MARTINEZ, M. Victoria; WHITAKER, John R.. The biochemistry and control of enzymatic browning. **Trends in Food Science & Technology**. Wageningen, p. 195-200. jun. 1995.

MAZZA, G.; BROUILLARD, R.. THE MECHANISM OF CO-PIGMENTATION OF ANTHOCYANINS IN AQUEOUS SOLUTIONS. **Phytochemistry**. Londres, p. 1097-1102. jul. 1990.

MELO, Célio Francisco Marques de; BARBOSA, Wilson Carvalho; ALVES, Sérgio de Mello. Obtenção de açaí desidratado. **Boletim de Pesquisa –CPATU/ Embrapa**, Belém, v. 92, p.1-13, jun. 1988.

MILLER, Nicholas; RICE-EVANS, Catherine A. The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total antioxidant activity of orange and apple fruit juices and blackcurrant drink. **Food Chemistry**. Londres, p. 331-337. nov. 1997. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814696003391>>. Acesso em: 05 dez. 2015.

MOLZ, Martin. **Euterpe edulis Martius**. Disponível em: <[http://www.ufrgs.br/fitoecologia/florars/open\\_sp.php?img=1229](http://www.ufrgs.br/fitoecologia/florars/open_sp.php?img=1229)>. Acesso em: 10 dez. 2015.

MONTILLA, Elyana Cuevas et al. Preparative Isolation of Anthocyanins from Japanese Purple Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Varieties by High-Speed Countercurrent Chromatography. **Journal of Food Agricultural Chemistry**. Munique, p. 9899-9904. ago. 2010.

NACHTIGALL, Aline Manke et al. Impacto da luz, pH, Ácido ascórbico e glicose na estabilidade de antocianinas da fonte não-usual "maria pretinha" (*Solanum americanum*, Mill.). **Boletim Ceppa**. Curitiba, p. 213-222. jul. 2010.

NARAYAN, M. S. et al. Antioxidant effect of anthocyanin in enzymatic and non-enzymatic lipid peroxidation. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fat Acids**. Mysore, p. 1-4. out. 1999.

NIELSEN, S. S.; MARCY, J. E.; SADLER, G. D. Chemistry of aseptically processed foods. In: CHAMBERS, J. V.; NELSON, P. E. (Ed.). **Principles of aseptic processing and packaging**. Washington: The Food Processors Institute, 1993. Cap. 5, p. 257.

PACKER, Lester; HIRAMATSU, Midori; YOSHIKAWA, Toshikazu (Ed.). Dietary Flavonoids and Interaction with Physiologic Antioxidants. In: PIETTA, Piergiorgio; SIMONETTI, Paolo. **Antioxidant Food Supplements in Human Health**. San Diego: Academic Press, 1999. p. 283-308. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780125435901500202>>. Acesso em: 29 ago. 2015.

PATRAS, Ankit et al. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. **Trends in Food Science & Technology**. Wageningen, p. 3-11. jan. 2010.

PEDROSA-MACEDO, J.H. Palmito: uma grande fonte de divisas. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 3, n. 1, p. 29-34, 1971.



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

PETERSON, Julia; DWYER, Johanna. Flavonoids: Dietary Occurrence and Biochemical Activity. **Nutrition Research**. Boston, p. 1995-2018. jun. 1998.

RIBEIRO, Leilson de Oliveira; MENDES, Marisa Fernandes; PEREIRA, Cristiane de Souza Siqueira. Avaliação da Composição Centesimal, Mineral e Teor de Antocianinas da Polpa de Juçará (*Euterpe edulis Martius*). **Revista Teccen**, Vassouras, v. 4, n. 2, p.5-16, set. 2011.

RICE-EVANS, Catherine et al. The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. **Free Radical Research**. Londres, p. 375-383. abr. 1995.

RICE- EVANS, Catherine A.; MILLER, Nicholas J.; PAGANGA, George. Structure - Antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology & Medicine**. Londres, p. 933-956. 1996.

ROGEZ, Hervé. **Açaí: Preparo, Composição e Melhoramento da Conservação**. Belém: Edufpa, 2000. 313 p.

SADILOVA, E.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Thermal Degradation of Acylated and Nonacylated Anthocyanins. **Journal of Food Science**. Corvallis, p. 504-512. out. 2006.

SANTOS, Izabella Rodrigues Chaves dos. **Escurecimento enzimático em frutos: polifenoloxidase de atemóia (*Annona cherimola* Mill. x *Annona squamosa* L.)**. 2009. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência dos Alimentos, Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araraquara, 2009.

SCHULTZ, Juliano. **Compostos fenólicos, antocianinas e atividade antioxidante de açaís de *Euterpe edulis Martius* e *Euterpe oleraceae Martius* submetidos a tratamentos para sua conservação**. 2008. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

SCHWEIGGERT, Ute; SCHIEBER, Andreas; CARLE, Reinhold. Inactivation of peroxidase, polyphenol oxidase, and lipoxygenase in paprika and chili powder after immediate thermal treatment of the plant material. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. Berlim, p. 403-411. dez. 2005.

SELLAPAN, Subramani; AKOH, Casimir; KREWER, Gerard. Phenolic compounds and antioxidant activity of Georgia-grown blueberries and blackberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Munique, p. 2432-2438. jul. 2002.

SHAHIDI, Fereidoon. Natural Antioxidants: An Overview. In: SHAHIDI, Fereidoon (Ed.). **Natural Antioxidants: Chemistry, Health Effects and Applications**. St. John's: Aocs Press, 1997. p. 1-12. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=9-aZzJxp8DkC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Food+Phenolics:+Sources,+Chemistry,+Effects+and+Appli>

cations&ots=xKsRjyJOYJ&sig=wCMsomlf2b1yDn1M590QB26QpBU#v=onepage&q&f=false  
>. Acesso em: 22 nov. 2015.

SILVA, E. **Estudo da atividade enzimática da polifenoloxidase e da peroxidase em algumas frutas e hortaliças *in natura* e processadas**. 1981. 108 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1981.

SILVA, E.; NOGUEIRA, J. N. **Efeito do calor na atividade de polifenoloxidase e peroxidase em algumas frutas e hortaliças**. 1982. 24 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Farmácia, Departamento de Tecnologia Rural, ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aesalq/v40n1/08.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2015.

SILVA, Guilherme Mei. **Degradação da antocianina e qualidade sensorial de polpa de juçara (*Euterpe edulis*) embalada e submetida à pasteurização**. 2012. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

SILVA, M. G. C.; BARRETO, W. S.; SERÔDIO, M. H. Caracterização química da polpa dos frutos de juçara e de açaí. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2004. 1 CD-ROM.

SILVA, Paula Porrelli Moreira da. **Conservação da Polpa de juçara (*Euterpe edulis*) submetida à radiação gama, pasteurização, liofilização e atomização**. 2013. 255 f. Tese (Doutorado) - Curso de Energia Nuclear na Agricultura e no Meio Ambiente, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

SIMÕES, C.M.O.; SHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. **Farmacognosia, da planta ao medicamento**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000. 821p.

SINGH, R. P. Heating and cooling processes for foods. In: HELDMAN, Dennis R; LUND, Daryl B. **Handbook of Food Engineering**. 2. ed. Boca Raton: Crc Press, 2007. Cap. 5. p. 398-425.

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**. Corvallis, p. 357-364. mar. 2000.

STRINGHETA, Paulo Cesar. **Identificação da estrutura e estudo da estabilidade das antocianinas extraídas da inflorescência do capim gordura (*Melinis minutiflora*)**. 1991. 138 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

STUMBO, C. R. **Thermobacteriology in Food Processing**. 2. ed. Amherst: Academic Press, 1973. 248 p. (Food Science and Technology).

SUMNER, Michael D. et al. Effects of pomegranate juice on Myocardial Perfusion in Patients with Coronary Heart Disease. **The American Journal of Cardiology**. Dallas, p. 810-814. set. 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 719 p.

TIMBERLAKE, Colin F. Anthocyanins - Occurrence, Extraction and Chemistry. **Food Chemistry**. Reading, p. 69-80. jul. 1980.

TONDO, Eduardo César; BARTZ, Sabrina. **Microbiologia e Sistemas de Gestão da Segurança de Alimentos**. Porto Alegre: Sulina, 2011. 263 p.

TURKYILMAZ, Meltem; YEMIS, Oktay; OZKAN, Mehmet. Clarification and pasteurization effects on monomeric anthocyanins and percent polymeric colour of black carrot (*Daucus carota* L.) juice. **Food Chemistry**. Reading, p. 1052-1058. set. 2012.

UBOLDIA EIROA, M. N. Microrganismos deteriorantes de sucos de frutas e medidas de controle. **Boletim do SBCTA**, v. 23, n. ¾, p. 141-160, jul./dez. 1989.

VILLOTA, Ricardo; HAWKES, James G. Reaction Kinetics in Food Systems. In: HELDMAN, Dennis R; LUND, Daryl B. **Handbook of Food Engineering**. 2. ed. Boca Raton: Crc Press, 2007. Cap. 2. p. 125-266.