

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

**RODRIGO WEIGAND DE CASTRO**

**CARACTERIZAÇÃO DE AÇAÍ OBTIDO DE FRUTOS DE *Euterpe edulis* MARTIUS  
TRATADOS TERMICAMENTE**

Florianópolis

2012

**RODRIGO WEIGAND DE CASTRO**

**CARACTERIZAÇÃO DE AÇAÍ OBTIDO DE FRUTOS DE *Euterpe edulis* MARTIUS  
TRATADOS TERMICAMENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito à obtenção do  
título de Engenheiro Agrônomo; Centro de  
Ciências Agrárias; Universidade Federal de  
Santa Catarina.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Deise Helena Baggio  
Ribeiro

Florianópolis

2012

Rodrigo Weigand de Castro

CARACTERIZAÇÃO DE AÇAI OBTIDO DE FRUTOS DE *Euterpe edulis*  
MARTIUS TRATADOS TERMICAMENTE

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado  
para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo

Florianópolis, 05 de julho de 2012.

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rosete Pescador  
Coordenadora do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Deise Helena Baggio Ribeiro  
Orientadora  
Presidente da Banca

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Carolina de Oliveira Costa  
Membro  
UFSC

---

Prof. Dr. Paul Richard Momsen Miller  
Membro  
UFSC

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos aqueles que possibilitaram a realização dessa etapa de formação acadêmica e profissional.

A minha família pelo apoio e pelas oportunidades que me ofereceram, sem dúvida, imprescindíveis para que eu estivesse sempre em condições físicas e mentais para experimentar e compreender as coisas da vida.

Aos professores, servidores e demais responsáveis por me haver oferecido inúmeras oportunidades de aprendizado nesta Universidade.

Aos meus amigos, colegas e transeuntes que estiveram presentes ao longo dessa caminhada. Tenho certeza que meu crescimento tem longas raízes em vocês.

A minha orientadora e demais avaliadores pela boa vontade e paciência, assim como pelas sugestões e críticas sem as quais esse trabalho não teria a qualidade que tem.

Aqueles que participaram na execução desse trabalho, sem vocês ele não existiria.

E agradeço por último, mas não menos importante, a mim mesmo pela coragem em sempre acreditar que tudo é possível.

## RESUMO

CASTRO, R. W. **Caracterização de açaí obtido de frutos de *Euterpe edulis* Martius tratados termicamente**. 2012. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. As palmeiras do gênero *Euterpe* têm notável importância econômica e cultural. Seu valor reside nas inúmeras formas de utilização de suas partes, dentre as quais se destacam o consumo do palmito e da polpa dos frutos na forma de bebida. Esse estudo tem por objetivo avaliar a eficiência do branqueamento dos frutos de *E. edulis* Martius na obtenção de um produto seguro microbiologicamente. Os frutos foram triados, higienizados com hipoclorito de sódio (200 mg / L / 15 min) e submetidos a três tratamentos de branqueamento (100 °C / 5 s, 80 °C / 10s e 80 °C / 30 s). Após o tratamento foi realizada a extração aquosa da polpa e congelamento. Os resultados das análises microbiológicas mostram que os açaís obtidos tiveram baixo nível de contaminação, mas que somente o tratamento 100 °C / 5 s atende aos parâmetros microbiológicos exigidos pela legislação. As análises físico-químicas mostram que o branqueamento 100 °C / 5 s foi eficiente em preservar o teor de antocianinas e aumentou em 22% a atividade antioxidante do produto, além disso, foi observada redução de 10% dos compostos fenólicos.

Palavras-chave: branqueamento; *E. edulis*; açaí; micro-organismos

*“A imaginação é mais importante que o conhecimento. O conhecimento é limitado. A imaginação envolve o mundo.”*  
Albert Einstein

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios de matéria seca, compostos fenólicos, antocianinas e atividade antioxidante de açaí de <i>E. edulis</i> e <i>E. oleracea</i> (amostras <i>in natura</i> ). .....	19
Tabela 2 - Métodos de conservação e efeitos em micro-organismos .....	20
Tabela 3 - Determinação microbiológica dos açaís obtidos de frutos de <i>E. edulis</i> tratados termicamente .....	39
Tabela 4 - Dados referentes à redução de carga microbiana em açaí segundo diversos autores.....	40
Tabela 5 - Composição físico-química dos açaís obtidos de frutos de <i>E. edulis</i> .....	43
Tabela 6 - Valores médios de antocianinas, compostos fenólicos e atividade antioxidante de açaí de <i>E. edulis</i> .....	44

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
2.1	OBJETIVO GERAL .....	10
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>11</b>
3.1	O AÇAÍ .....	11
3.1.1	<i>Aspectos etnobotânicos</i> .....	11
3.1.2	<i>Aspectos produtivos e mercadológicos</i> .....	12
3.1.3	<i>Legislação</i> .....	15
3.1.4	<i>Valor Nutricional e Funcional</i> .....	17
3.2	TRATAMENTOS PARA CONSERVAÇÃO E EFEITOS SOBRE AS PROPRIEDADES DO ALIMENTO .....	20
3.2.1	<i>Justificativa do tratamento para conservação</i> .....	20
3.2.1.1	Congelamento.....	22
3.2.1.2	Fervura.....	22
3.2.1.3	Branqueamento .....	24
3.2.1.4	Pasteurização .....	25
3.2.1.5	Ultra Alta Temperatura (UHT).....	26
3.2.1.6	Alta Pressão .....	27
3.2.1.7	Desidratação .....	29
3.2.1.8	Campo elétrico pulsado .....	31
3.3	MATERIAL E MÉTODOS .....	33
3.3.1	<i>Material e tratamentos</i> .....	33
3.3.2	<i>Análises</i> .....	35
3.3.2.1	Análises microbiológicas .....	35
3.3.2.2	Análises físico-químicas .....	36
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>39</b>
4.1	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS .....	39
4.2	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	43
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>48</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As palmeiras (família botânica Arecaceae) ocupam uma posição de destaque no conjunto de recursos naturais utilizados pelo ser humano ao longo de sua evolução. Na América do Sul, o reconhecimento da importância desta família vegetal remonta a época pré-cabraliana quando os povos indígenas denominavam o atual território brasileiro de “Pindorama”, que significa “terra/lugar das palmeiras”.

Dentro das palmeiras de notável importância econômica e cultural estão aquelas pertencentes ao gênero *Euterpe*. As espécies *Euterpe oleracea* Martius, *Euterpe precatoria* Martius e *Euterpe edulis* Martius são as de maior importância e distribuição pelo território brasileiro. Seu valor reside no grande aproveitamento da planta, sendo que se pode citar a utilização dos frutos para extração da polpa e produção de uma bebida denominada açaí e do caroço para geração de calor, o corte do ápice do estipe de onde se extrai o palmito, a utilização das folhas na alimentação de animais, dentre muitos outros usos.

A extração aquosa da polpa dos frutos resulta em uma bebida denominada vinho de açaí ou simplesmente açaí, sendo componente importante da dieta alimentar na região Norte do Brasil. O consumo nacional extra-amazônico de açaí começou a crescer de forma considerável a partir dos anos 90 quando a classe média a alta da região Sul e Sudeste do Brasil adotou o açaí como um alimento saudável indicado para praticantes de esporte, pelo seu caráter energético e antioxidante (ROGEZ, 2000).

Em 1998 ocorre a primeira experiência acadêmica de produção de açaí a partir de frutos de *E. edulis* em Santa Catarina. Orientados por uma paraense estabelecida no estado, estudantes e pesquisadores da Universidade Federal de Santa Catarina reproduzem pela primeira vez a técnica de despolpa adotada no Norte do Brasil e passam a difundi-la (CALLEGARI, 2003).

A partir de 2003 o manejo de *E. edulis* passa a focar a produção de frutos notadamente como alternativa à exploração da espécie focada na extração do palmito. Os trabalhos desenvolvidos por Mac Fadden (2005), Silva (2005), Schultz (2008), Farias (2009), Schirmann (2009) e Borges (2010) contribuíram muito para essa nova abordagem produtiva e no alargamento do conhecimento a respeito do produto obtido dos frutos dessa espécie.

Todavia o açaí é um produto extremamente perecível, alterando rapidamente suas características físicas, químicas e sensoriais em pouco tempo, mesmo sob refrigeração. A

rápida degradação do açaí está relacionada, principalmente, à ação deteriorante dos microorganismos presentes e à atividade de enzimas, dentre as quais se destacam a peroxidase e a polifenoloxidase. Dessa forma a conservação do produto exige que sejam estabelecidos, ao longo da cadeia de transformação da matéria-prima, mecanismos de controle da degradação. Somado a isso, deve-se ter em conta a segurança microbiológica de um produto alimentar antes de consumi-lo ou comercializá-lo.

Nesse sentido os tratamentos para a conservação devem buscar eliminar os microorganismos patogênicos e deteriorantes, além de inativar as reações químicas e bioquímicas que alteram a qualidade dos alimentos. Por outro lado, alguns tratamentos podem acarretar a degradação dos componentes de interesse e modificar negativamente as características sensoriais. Alterações na concentração dos compostos fenólicos e da atividade antioxidante, além de mudança da cor do produto podem ser exemplos da ação dos tratamentos térmicos sobre a qualidade final do produto (ROSSO, 2006; DEL POZO-INSFRAN et al, 2006; NACHTIGALL et al, 2010).

Considerando o incentivo que ONGs, instituições de pesquisa e empresas têm realizado em se tratando da produção de açaí a partir de frutos do *E. edulis*, o processamento em pequenas agroindústrias pode ser considerada uma alternativa de diversificação da produção e da fonte de renda para a agricultura familiar. A padronização da produção para garantia da qualidade do açaí tem um papel fundamental nesse sentido.

Não somente em termos comerciais, mas a adoção de procedimentos que visam a qualidade na produção para autoconsumo permite que se obtenha um alimento de alto valor nutricional e funcional, além de garantir sua segurança microbiológica e favorecer sua conservação.

Nesse contexto, o presente trabalho visa estudar a eficiência de três tratamentos térmicos em frutos de *E. edulis* Martius com a finalidade de obtenção de um alimento microbiologicamente seguro e determinar os efeitos sobre alguns parâmetros físico-químicos neste alimento.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar os parâmetros microbiológicos e alguns parâmetros físico-químicos estabelecidos no padrão de identidade e qualidade da polpa de açaí (*Euterpe oleracea* Martius), bem como o teor de antocianinas, conteúdo total de compostos fenólicos e a atividade antioxidante em açaí obtido de frutos de *Euterpe edulis* Martius submetidos ao tratamento térmico.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Realizar a extração aquosa da polpa de açaí após selecionar, sanitizar e submeter os frutos a três tratamentos térmicos diferentes;
- b) Por meio de determinação da presença de *Salmonella* sp., contagem de coliformes termotolerantes e de bolores e leveduras, determinar qual tratamento térmico foi mais efetivo para a segurança do produto;
- c) No açaí que obteve o melhor desempenho nas análises microbiológicas determinar os parâmetros físico-químicos tais quais: pH, acidez total titulável, sólidos totais, teor de proteínas e cinzas.
- d) Analisar o conteúdo de compostos fenólicos, antocianinas e atividade antioxidante do açaí que obteve o melhor desempenho nas análises microbiológicas.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 O AÇAÍ

##### 3.1.1 Aspectos etnobotânicos

Calzavara (1972) indica que “açai” é uma denominação vulgar para diversas espécies botânicas do gênero *Euterpe* distribuídas pelo território brasileiro das quais se é possível extrair o “vinho de açai”. Considera ainda que dentro deste gênero as espécies *Euterpe oleracea* Martius, *Euterpe precatoria* Martius e *Euterpe edulis* Martius são as de maior importância econômica e cultural.

Botanicamente todas as três espécies pertencem à família Aracaceae (Palmae) e ao gênero *Euterpe*. Este último engloba palmeiras de estipe solitário ou múltiplo, de 3 a 25 metros de comprimento e 4 a 23 cm de diâmetro. As flores são unissexuadas e estão dispostas em tríades, com uma flor feminina central e duas flores masculinas laterais em inflorescências formadas por um pedúnculo e uma ráquis floral com muitas ráquias simples (REITZ, 1974).

Os frutos são sésseis, drupáceos, esféricos, de cor quase preta ou violáceo-púrpura quando maduros, salvo uma variedade albina de *E. oleracea* que tem os frutos verdes quando maduros (CALZAVARA, 1972). Cada fruto apresenta mesocarpo carnoso muito fino sendo que a parte interna é fibrosa e está soldada ao endocarpo lenhoso (REITZ et al, 1978; ROGEZ, 2000). A estrutura lenhosa do endocarpo juntamente com a semente é denominada de pirênio, que popularmente é chamada de semente, caroço ou coquinho (FAVRETO, 2010).

A espécie *Euterpe oleracea* Martius ocorre em uma área desde o Estado do Maranhão ao Equador, indo ao norte até a Venezuela. Na porção brasileira é conhecido por açazeiro, açai do Pará, açai do Baixo Amazonas (CALZAVARA, 1972) e no Maranhão é também chamado de juçara ou jiçara por influência das tribos Tupi na região (RODRIGUES, 1986). É uma planta abundante no estuário amazônico, em ecossistemas de várzea, sob influência das marés e inundações. Diferentemente das duas outras espécies citadas *E. oleracea* é uma palmeira cespitosa, dando origem a várias estipes por touceira, podendo chegar a mais de 25 estipes (HENDERSON, 2000).

*Euterpe precatoria* Martius é popularmente conhecido como açai de terra firme, açai solitário, açai mole, açai do Amazonas, Palma do Rosário na Bolívia e YuYu Chonta no Peru. É

uma palmeira monocaule, ou seja, de única estipe, e ocorre no Alto Amazonas, desde a Bolívia à Guatemala (CALZAVARA, 1972; HENDERSON, 2000; LORENZI et al 2006).

*Euterpe edulis* Martius é conhecido popularmente por içara, jiçara, juçara, palmitero-doce, palmitero do sul, palmitero, ripa, ripeira, ensavora, dentre outras denominações. Sua distribuição se estende desde o Estado da Bahia até o Rio Grande do Sul por quase toda a zona da mata pluvial atlântica, atingindo até 700 metros de altitude (Reis et al, 2000). Era uma das espécies mais abundantes e comuns de toda a Floresta Ombrófila Densa do Estado de Santa Catarina, sendo, não raro, a espécie dominante e mais abundante do segundo extrato arbóreo desta floresta (REITZ, 1974) e de extrema importância ecológica na cadeia alimentar do ecossistema florestal (REIS e KAGEYAMA, 2000; MANTOVANI e MORELLATO, 2000; SILVA, 2011). Atualmente, devido à exploração intensiva, sua ocorrência natural foi severamente reduzida ao ponto de compor a lista de espécies brasileiras em extinção (BRASIL, 2008).

Dá-se grande importância às espécies descritas acima graças às inúmeras possibilidades de uso de suas partes. São registrados os usos das folhas para cobertura de casas, extração de fibras e celulose, ração animal, adubo e proteção de plantações; do palmito para alimentação humana e animal; dos frutos como alimento, adubo, curtimento de couro, produção de álcool e fins medicinais; das inflorescências para confecção de vassouras e na proteção de plantações; da estipe para construções, obtenção de celulose, isolamento elétrico e como lenha; das raízes como vermífugo; e da planta em si para paisagismo (CALZAVARA, 1972; JARDIM e ANDERSON, 1987).

Dentre essas possibilidades os usos que mais se destacam são os consumos do palmito e dos frutos, estes últimos na forma de uma bebida denominada “vinho de açai” ou simplesmente açai. Há indícios indicando que o consumo de ambos precedia a chegada dos europeus ao continente americano constituindo uma parte importante da alimentação dos povos então estabelecidos (CALZAVARA, 1972; CANTO, 2001).

### **3.1.2 Aspectos produtivos e mercadológicos**

Visando atender uma demanda cada vez maior por frutos e palmito, pesquisadores como Calzavara (1972) e Jardim e Anderson (1987) desenvolvem na década de 70 estudos sobre produtividade e manejo de populações nativas e cultivadas, principalmente de *E.*

*oleracea*. Na década de 90, quando foi atingido o ápice das exportações de palmito, a produção de frutos experimentou crescimentos anuais significativos, principalmente em função do aumento dos preços pagos pelas agroindústrias (NOGUEIRA et al, 2005).

Na região Sul-Sudeste brasileira é a partir de 2003 que o manejo de *E. edulis* passa a focar a produção de frutos notadamente como alternativa à exploração da espécie para extração do palmito. As pesquisas desenvolvidas por Mac Fadden (2005) e Silva (2005) contribuíram muito para essa nova abordagem produtiva (FARIAS, 2009).

O estímulo na oferta de frutos demanda maior capacidade de processamento dos frutos para elaboração do açaí, uma vez que os mesmos não são consumidos *in natura*. A obtenção do açaí depende do amolecimento da fina camada de polpa dos frutos para posterior despulpamento. Este último é realizado de maneira manual com peneiras, em geral para autoconsumo, ou mediante despulpadeira, quando a finalidade é comercial (ROGEZ, 2000; MAC FADDEN, 2005).

As etapas do processamento dos frutos após colheita são: separação de materiais estranhos; seleção dos frutos sadios e maduros; higienização; repouso em água morna (aproximadamente 40°C) durante 30 minutos, para o amolecimento da polpa e casca; e despulpamento. A etapa seguinte ao despulpamento depende da finalidade do produto, podendo ser consumido imediatamente ou passar ainda por outros processos para conservação e posterior comercialização (ROGEZ, 2000; MAC FADDEN, 2005; SCHULTZ, 2008)

Conforme Nogueira et al (2006) o uso de despulpadeiras pode ser classificado em tradicional ou semi-industrial e em industrial. O primeiro, típico para pequena escala, é realizado em máquinas verticais, compostas por um cilindro de aço inoxidável largo na parte superior e afinado na inferior. Dentro do cilindro um eixo com batedores provoca o atrito entre os frutos e os batedores e entre os próprios frutos através do movimento circular. Esse eixo é ligado na parte superior por polias e uma correia a um motor elétrico que movimenta o conjunto. Os frutos são despejados na parte superior do cilindro e batidos com adição progressiva de água. Uma emulsão se forma e o açaí desce por gravidade passando por uma peneira para então ser coletado na saída do funil (ROGEZ, 2000).

O despulpamento industrial conta com despulpadeiras horizontais, compostas por um cilindro de aço inoxidável na posição horizontal e sistema de saída para circuito fechado.

O fruto entra por uma abertura cônica que conduz ao interior do cilindro no qual batedores e raspadores executam o despulpamento como no modelo vertical

Os modelos verticais existentes atualmente no mercado têm capacidade de processar 24 a 48 kg de fruto/hora. Já as máquinas horizontais têm capacidade de 300 a 6.000 kg/hora.

Em processos industriais o açaí que sai da despulpadeira entra imediatamente em um circuito fechado até ser envasado. Como recorrente em indústrias de processamento de frutas, o açaí é conduzido a um tanque pulmão, ou homogeneizador, e em seguida ao pasteurizador. Após a pasteurização é envasado e imediatamente congelado em túneis de congelamento ou em câmara fria. O tratamento e congelamento imediato visam reduzir as perdas nutricionais em função da atividade de enzimas e de micro-organismos. Sem contar a importância no atendimento aos quesitos sanitários exigidos aos produtos alimentares (CARNEIRO, 2000; ALEXANDRE et al, 2004; HOMMA et al, 2006).

A busca pela padronização e qualidade do produto tem origem no aumento do consumo do açaí em grandes centros urbanos nacionais e internacionais. O açaí que antes figurava ser somente um dos itens na segurança alimentar da população da região Norte do Brasil ultimamente tem sido apresentado na forma de produto industrializado para exportação (PAGLIARUSSI, 2010).

Segundo Homma et al (2006) em 2000 o açaí passou a ser comercializado nos mercados italianos e norte-americanos. Dados dos autores indicam que esse mercado cresceu 20% ao ano até 2006, com o açaí sendo comercializado congelado em tonéis. Essa oportunidade fez com que grandes indústrias se estabelecessem na região amazônica como, por exemplo, a empresa SAMBAZON com capacidade produtiva, na época, de 25 toneladas de açaí/dia.

São estimadas somente no Estado do Pará cerca de 38 indústrias que processam açaí PAGLIARUSSI (2010). Em Santa Catarina existe desde 2004 uma agroindústria que processa açaí de frutos de *E. edulis*. Contudo, para atender a demanda de produtos, compra açaí congelado de *E. oleracea* proveniente do Pará (SCHULTZ, 2008)

Pagliarussi (2010) estima que o consumo de açaí aumentou 26% ao ano desde 2001. O consumo estimado para 2009 foi de 390.700 toneladas, o qual 76% ocorre no Estado do Pará, 21% em outras regiões do Brasil e 3% no exterior.

### 3.1.3 Legislação

Existe uma demanda pela padronização do produto, principalmente influenciada pela internacionalização do açaí. Foi instituída uma Instrução Normativa para fixação do Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) para o Açaí - Instrução Normativa nº1 de 07/01/2000 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000). Na referida Instrução, “polpa de fruta” é definida como o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtido de frutos polposos, através de processo tecnológico adequado, com um teor mínimo de sólidos totais específico para cada classificação da polpa de fruta, proveniente da parte comestível do fruto.

A polpa de açaí e o açaí são nesse regulamento definidos como “os produtos extraídos da parte comestível do fruto do açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) após amolecimento, através de processos tecnológicos adequados”.

Como transcrito acima, nota-se que este regulamento foi estabelecido para a espécie *E. oleracea*, sendo que os mesmos produtos podem ser obtidos igualmente a partir de *E. precatoria* (ROGEZ, 2000) e de *E. edulis* (MAC FADDEN, 2005).

Alguns esforços vêm sendo realizados no intuito de regularizar a produção a partir de *E. edulis*, seja pela inserção da espécie no padrão de identidade e qualidade (PIQ) existente ou através da elaboração de um documento próprio. Este último tem sido defendido pela rede de articulação socioeconômica denominada “Rede Juçara”, como uma estratégia de marketing ao diferenciar os produtos e evitar a concorrência com a indústria estabelecida na região amazônica.

Esse produto é classificado de acordo com a porcentagem de adição ou não de água, a saber:

- polpa de açaí: o produto extraído sem adição de água, por meio mecânico e sem filtração, apresentando entre 40% a 60% de sólidos totais;
- açaí grosso ou especial (tipo A): a polpa extraída com adição de água e filtração, apresentando acima de 14% de sólidos totais;
- açaí médio ou regular (tipo B): a polpa extraída com adição de água e filtração, apresentando entre 11 a 14% de sólidos totais;
- açaí fino ou popular (tipo C): a polpa extraída com adição de água e filtração, apresentando entre 8% e 11% de sólidos totais (BRASIL, 2000).

Segundo Oliveira et al (2000) não existe equipamento eficiente para obtenção da polpa de açaí sem adição de água, inviabilizando assim sua produção e oferta no mercado. Desta forma, o único produto oferecido atualmente é basicamente açaí, em suas três diferentes classes de porcentagem de sólidos totais.

Ademais no referido regulamento, são fixadas algumas características físicas e químicas, a saber:

- pH: 4,00 - 6,20;
- acidez total expressa em ácido cítrico (g / 100 g): 0,27 (fino) - 0,40 (médio) - 0,45 (grosso);
- lipídios totais: 20,0 - 60,0 g / 100 g de matéria seca;
- proteínas: Mín. 6,0 g / 100 g de matéria seca;
- açúcares totais: Máx. 40,0 g / 100 g de matéria seca.

E sensoriais:

- aspectos físicos: a emulsão deve ficar estável mesmo se for aquecida a 80°C;
- cor: roxo violáceo;
- sabor: não adocicado e não azedo;
- cheiro: característico.

Os parâmetros microbiológicos correspondem ao padrão estabelecido para polpas de frutas em geral, como segue abaixo:

- soma de bolores e leveduras: máximo  $5 \times 10^3$  UFC/g para polpa *in natura*, congelada ou não, e  $2 \times 10^3$  UFC/g para polpa conservada quimicamente e/ou que sofreu tratamento térmico;
- coliformes termotolerantes:  $< 1 / g$ ;
- *Salmonella sp.*: ausente em 25 g.

Estudos de vários autores indicam que o açaí que era comercializado na cidade de Belém/PA apresentava uma alta carga microbiana e que a contaminação ocorria no pós colheita (OLIVEIRA et al, 1988; VELOSO e SANTOS, 1994; ROGÉZ, 2000). Nestes estudos, o açaí apresentou contagem de bactérias entre  $10^5$  e  $10^9$  UFC / g de açaí; bolores e leveduras entre  $10^4$  e  $10^8$  UFC / g de açaí; coliformes totais entre 1.100 e 2.400 NMP / g de açaí. Foram

encontradas amostras positivas para *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella spp.*, agregando ao problema da deterioração do produto, o risco à saúde pública.

#### 3.1.4 Valor Nutricional e Funcional

O açaí ficou popularizado nas regiões extra-amazônicas pelo seu valor nutricional. Os dois principais atrativos foram e continuam sendo o teor lipídico e o teor de compostos fenólicos, não obstante apresentar teor de proteínas, fibras alimentares e macro e micro nutrientes também importantes. Pode ser considerado um dos alimentos mais completos nutricionalmente (ROGEZ, 2000).

Várias pesquisas têm caracterizado o açaí obtido de *E. oleracea* quanto à sua composição nutricional. Os principais constituintes da matéria seca são lipídeos (50%), fibras alimentares (25%) e proteínas (10%), em valores médios. É um alimento pouco ácido e de baixo valor glicêmico, com teores de açúcares assimiláveis (glicose, frutose e sacarose) entre 2,96% a 3,55% da matéria seca (ROGEZ, 2000; ALEXANDRE et al, 2004).

Como mencionado anteriormente, a popularidade do açaí é proporcional ao seu percentual lipídico. Os lipídeos fornecem de 70% a 90% das calorias contidas nesta bebida (ROGEZ, 2000). Significa que o consumo de 200 mL de açaí com 15% de matéria seca, açaí grosso, fornece 11 g de lipídeos ou 101 kcal.

Não somente o valor de lipídeos totais, mas o perfil de ácidos graxos é igualmente atrativo. A fração lipídica do açaí é composta por 73,9% de ácidos graxos insaturados, dentre eles, ácido oléico (56,2%), ácido linoléico (11,5%) e linolênico (0,8%). Os ácidos graxos saturados principais são ácido palmítico (24,1%) e o ácido esteárico (1,6%), totalizando cerca de 27,5% de ácidos graxos saturados (ROGEZ, 2000; NASCIMENTO et al, 2008; SCHIRMANN, 2009).

Schirmann (2009) obteve valores superiores de ácidos graxos insaturados para *E. edulis* (72,2%) em relação aos resultados obtidos para *E. oleracea* (68,16% e 67,5%), por Nascimento et al, (2008) e Rogez (2000), respectivamente. Dentre os ácidos graxos insaturados encontrados, a autora destaca o ácido graxo oléico e o linoléico. Em termos nutricionais o açaí de *E. edulis* pode ser considerado uma excelente fonte de ácido graxo poliinsaturado (n-6 - ácido linoléico), essencial na dieta humana.

Além disso, o açaí possui quantidades elevadas (45 mg / 100 g MS) de vitamina E (tocoferóis), com valores máximos de 78% do total de esteróis encontrados no açaí (ROGEZ, 2000).

Silva et al (2004) comparando a composição mineral de açaí de *E. oleracea* e *E. edulis* concluíram que ambos têm elementos minerais em quantidades muito próximas, salvo o potássio, ferro e zinco, maiores no açaí de *E. edulis*.

O conteúdo de compostos fenólicos e a atividade antioxidante são outros dois aspectos muito valorizados. Em razão deles, o açaí tem sido considerado um alimento funcional relacionado com a prevenção de várias doenças degenerativas (ROGEZ, 2000; SCHAUSS et al, 2006; SCHULTZ, 2008; ROSSO et al, 2008).

Compostos fenólicos possuem importantes funções biológicas, podendo ser considerados promotores da saúde humana. É reconhecida a associação entre a ingestão de frutas e vegetais e a diminuição do risco de desenvolvimento de diversas desordens crônico-degenerativas, sendo atribuído o efeito à atividade antioxidante dos compostos presentes nas frutas (ROSSO, 2006). Biologicamente compostos antioxidantes desempenham papel desejável na inibição e redução de lesões celulares causadas pelos radicais livres, produzidos pelo metabolismo fisiológico normal (FERREIRA e MATSUBARA, 1997).

Os pigmentos naturais, tais como antocianinas e carotenóides, conferem cor aos alimentos, contribuindo para o seu aspecto visual, atributo este de fundamental importância na aceitação e escolha de um alimento por seus consumidores. As antocianinas têm grande aplicação como corante natural na indústria alimentícia (ROGEZ, 2000; ROSSO, 2006).

As antocianinas se encontram largamente distribuídos na natureza e são responsáveis pela maioria das cores azuis, violeta, e todas as tonalidades de vermelho em plantas (MALACRIDA e MOTTA, 2006). Iaderoza et al (1992) apud Borges (2010) trabalhando com *E. oleracea* e *E. edulis* identificou a cianidina-3-glucosídeo e cianidina-3-rutinosídeo como as principais antocianinas de ambas as espécies.

Diversas pesquisas quantificam os compostos fenólicos e antocianinas do açaí, todavia, os resultados são muito variáveis devido à variância intrínseca entre as amostras, ou ainda em função das metodologias empregadas e das análises serem feitas a partir dos frutos ou a partir do extrato de açaí (SCHULZ, 2008; BORGES et al, 2011). Acrescenta-se a esses fatores a variação própria na concentração das antocianinas nos frutos conforme o estágio de maturação dos mesmos (ROGEZ, 2000).

Schultz (2008) compara o teor de compostos fenólicos, antocianinas e atividade antioxidante de açaí de *E. edulis* e *E. oleracea*, e conclui que o açaí de *E. edulis* apresenta maior teor de compostos fenólicos, antocianinas e maior atividade antioxidante (TEAC) do que o açaí de *E. oleracea*. Como mostra a Tabela 1, em termos de mg / g de MS, o açaí de *E. edulis* apresentou 81% mais compostos fenólicos e 353% mais antocianinas do que o açaí de *E. oleracea*, corroborando com os resultados de laderoza et al (1992) apud Borges (2010).

Tabela 1 - Valores médios de matéria seca, compostos fenólicos, antocianinas e atividade antioxidante de açaí de *E. edulis* e *E. oleracea* (amostras *in natura*).

Espécie	MS (%)	Compostos fenólicos (mg / 100 g)	Compostos fenólicos (mg / g MS)	Antocianinas (mg / 100 g)	Antocianinas (mg / g MS)	TEAC $\mu\text{mol/g}$
<i>E. edulis</i>	10,1	398,6 <sup>a</sup>	40,2 <sup>a</sup>	58,5 <sup>a</sup>	5,3 <sup>a</sup>	13,6 <sup>a</sup>
<i>E. oleracea</i>	12,0	267,3 <sup>b</sup>	22,2 <sup>b</sup>	18,4 <sup>a</sup>	1,5 <sup>b</sup>	9,2 <sup>b</sup>

MS: matéria seca

TEAC: atividade antioxidante equivalente ao Trolox

Fonte: Schultz (2008)

Kuskoski et al (2006) encontrou na matéria fresca de açaí de *E. oleracea* 136,8 mg / 100 g de compostos fenólicos; 22,8 mg / 100 g de antocianinas; e 6,9  $\mu\text{mol / g}$  de TEAC. Os dados de Schultz (2008) indicam que o açaí de *E. edulis* apresenta maiores quantidades de antocianinas do que todas as polpas de frutas estudadas por estes autores, dentre as quais estão a amora (41,8 mg / 100 g) e a uva (30,9 mg / 100 g).

O açaí é um produto altamente perecível, alterando rapidamente suas características físicas, químicas e sensoriais dentro de doze horas, mesmo sob refrigeração. Além da oxidação das antocianinas e dos lipídeos, a elevada carga microbiana tem expressiva participação na rápida degradação e perda de qualidade do açaí (ROGEZ, 2000; ALEXANDRE et al, 2004).

Tendo em vista o valor nutricional e sua alta perecibilidade faz-se imprescindível a pesquisa e implementação de tecnologias que aumentem o tempo de prateleira do açaí, no entanto, buscando preservar ao máximo sua qualidade durante o processo.

## 3.2 TRATAMENTOS PARA CONSERVAÇÃO E EFEITOS SOBRE AS PROPRIEDADES DO ALIMENTO

### 3.2.1 Justificativa do tratamento para conservação

De acordo com Vitali e Quast (2002) o tempo de prateleira de um alimento é o tempo em que ele pode ser conservado em determinadas condições de temperatura, umidade relativa, luz, etc., sofrendo pequenas, mas bem estabelecidas, alterações que são consideradas aceitáveis pelo fabricante, pelo consumidor e pela legislação alimentar vigente.

Segundo Padula (2002) a não aceitabilidade de um produto pode estar relacionada com diversos aspectos, a saber: a presença de micro-organismos patogênicos e deteriorantes, alterações na aparência, cor, odor, sabor e textura do alimento, perda do valor nutricional e contaminação de metais ou monômeros provenientes da embalagem.

A segurança microbiológica é um dos fatores mais importantes que, por si só, justificam o uso de técnicas de tratamento para preservação dos alimentos. A Tabela 2 mostra os principais métodos de conservação que podem causar a destruição dos micro-organismos ou somente a redução ou inibição do crescimento (FORSYTHE, 2002).

Tabela 2 - Métodos de conservação e efeitos em micro-organismos

<b>Efeito em micro-organismos</b>	<b>Fatores conservantes</b>	<b>Exemplos</b>
Redução ou inibição do crescimento	Baixa temperatura	Congelamento
	Baixa atividade de água	Desidratação
	Níveis baixos de oxigênio	Embalagem a vácuo
	Aumento do CO <sub>2</sub>	Embalagem com atmosfera modificada
	Acidificação	Redução do pH com ácido cítrico
	Fermentação alcoólica	Vinificação
	Utilização de conservantes	Conservantes inorgânicos (sulfitos) ou orgânicos (sorbato)
Inativação	Aquecimento	Pasteurização
	Irradiação	Radiação ionizante (raios gama)
	Pressurização	Ultra-alta pressão
	Campo elétrico	Emissão de pulso elétrico

Fonte: Forsythe (2002)

A estabilidade efetiva somente será alcançada se as reações bioquímicas e químicas que alteram a qualidade dos alimentos também estiverem ausentes ao término do processamento. Dentre as reações bioquímicas, as reações enzimáticas são as que mais preocupam, uma vez que as enzimas presentes nos alimentos rapidamente catalisam reações de escurecimento, oxidação, hidrólise, polimerização de compostos, tornando o produto impróprio e inaceitável ao consumidor (LOPES, 2005).

Os fatores de maior influência no estabelecimento do tempo de prateleira de um produto alimentar são a temperatura, o oxigênio e a luz. A manipulação e controle desses fatores começam desde a obtenção da matéria-prima, passando pelas várias fases de processamento e durante a estocagem do produto final (TEIXEIRA NETO et al, 2004).

As técnicas baseadas no controle da temperatura são as mais simples e corriqueiras. O processamento com emprego do calor é o método mais comum para aumentar a vida de prateleira dos produtos, contudo, uma série de mudanças indesejáveis pode ocorrer nos alimentos tratados pelo calor, como a alteração no *flavor*, na cor e na textura (BUTZ e TAUSCHER, 2002).

Vários fatores do processamento de alimentos podem levar à degradação de compostos instáveis, como as vitaminas e os pigmentos. A exemplo das antocianinas presentes no açaí, os principais fatores que influenciam sua estabilidade são: a própria estrutura química, o pH, a temperatura, a luz, a presença de oxigênio, a degradação enzimática e as interações entre os componentes dos alimentos, tais como ácido ascórbico, íons metálicos, açúcares e copigmentos (ROSSO, 2006; DEL POZO-INSFRAN et al, 2006; NACHTIGALL et al, 2010).

Mudanças nos hábitos dos consumidores, que buscam, cada vez mais, alimentos nutritivos e próximos do alimento fresco, têm obrigado as indústrias a buscarem novas formas de tecnologia que preservem mais o alimento, como os tratamentos que não utilizam altas temperaturas e aqueles que utilizam controle de umidade (CORREIA et al, 2008).

### 3.2.1.1 Congelamento

O congelamento é um dos processos mais comuns para a preservação das propriedades químicas, nutricionais e sensoriais; no entanto, apresenta custos de produção, transporte e armazenamento relativamente elevados (LOPES, 2005).

No processo de congelamento as polpas de frutos são submetidas a uma etapa primeira de resfriamento seguida pelo congelamento em si. O resfriamento industrial é executado por trocadores de calor de placas ou superfície raspada, e a temperatura final do produto deverá estar entre -2 e 0 °C. Um resfriamento rápido é determinante, pois permite a conservação da qualidade nutricional e sensorial do produto. Uma vez resfriado, a polpa é levada à câmara de congelamento rápido a -40 °C (CORREIA, 2008).

Diversos autores mencionam que a conservação através de congelamento não garante a estabilidade nutricional e organoléptica, em especial dos pigmentos, se a polpa produzida não foi submetida a nenhum outro tratamento que inative a ação enzimática (ROGEZ, 2000; ALEXANDRE et al, 2004; LOPES, 2005; SCHULTZ, 2008).

O congelamento é uma técnica de conservação que quando utilizada após o branqueamento provoca efeito letal em algumas espécies de micro-organismos e redução gradual de outras durante o armazenamento a baixas temperaturas. O efeito letal nos micro-organismos ocorre devido a desidratação, aumento da viscosidade, concentração de eletrólitos, perda de gases citoplasmáticos (O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>), alteração do pH e por fim desnaturação de proteínas (FRANCO & LANDGRAF, 2008).

Rogez (2000), em estudo com açaí congelado em processo caseiro (freezer doméstico a -20 °C), observou uma queda do número de bactérias, bolores e leveduras em uma e meia a duas ordens logarítmicas. Observou igualmente uma redução da atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase. Contudo ocorreu uma perda de 5 a 60% no teor de antocianinas, pois mesmo sob congelamento, as enzimas peroxidase e polifenoloxidase mantêm uma atividade residual de 60 a 90%, denotando que as reações de oxidação continuam ocorrendo no açaí congelado.

### 3.2.1.2 Fervura

O emprego de altas temperaturas na conservação de alimentos está fundamentado nos efeitos deletérios que o calor exerce sobre os micro-organismos. A fervura de polpa de

frutas é uma tecnologia pouco usada no processamento industrial de derivados de frutas, todavia pode ser vista como uma fácil e econômica alternativa na produção para autoconsumo (PEREDA et al, 2005).

Quando se aumenta a temperatura a partir da máxima de crescimento de um determinado micro-organismo ocorre a desnaturação das proteínas e inativação enzimática. No entanto a ação letal do calor não permite que se chegue ao zero absoluto de micro-organismos. Assim, são esperados dois resultados: redução da contagem microbiológica com destruição de patógenos (pasteurização) e a esterilização comercial pela destruição total dos micro-organismos, com tolerância de um esporo viável por 10.000 a 100.000 unidades do alimento (PEREDA et al, 2005).

Sousa et al (2006) avaliaram o efeito da fervura em amostras de suco de açaí proveniente de três feiras em Manaus/AM. As amostras foram acondicionadas em uma panela e submetidas à fervura por um minuto, dois minutos e cinco minutos. Em seguida foram congeladas e armazenadas à temperatura de -18 °C por 120 dias. Os resultados das contagens microbiológicas demonstraram que o tempo empregado foi suficiente para eliminar os contaminantes. A avaliação sensorial demonstrou que a fervura por um minuto não modificou as características de cor, sabor e aroma do suco.

Contudo, no mesmo estudo, após um minuto de fervura foram observados efeitos negativos como a separação dos lipídios, revelando-se por meio de uma coloração esverdeada formada na superfície do suco, e presença de sabor amargo e adstringente, além da perda do aroma característico. Para todos os tratamentos foi observado aumento no teor de acidez (SOUSA et al, 2006).

Acredita-se, porém, que apesar dos autores não avaliarem o efeito da fervura nos constituintes nutricionais do açaí é provável que haja perdas significativas, principalmente dos antioxidantes, uma vez que o aumento da temperatura exerce papel importantíssimo na desestabilização e degradação das antocianinas (CAVALCANTI et al, 2011). Por comparação, Malacrida e Motta (2005) constataram a destruição de 50% das antocianinas durante o processamento de compota de morango a 100 °C.

### 3.2.1.3 Branqueamento

O branqueamento tem uma variedade de funções, sendo uma das principais a de inativar enzimas em hortaliças e em algumas frutas antes de efetuar processamentos posteriores. O branqueamento também é utilizado na redução da contaminação microbiológica na superfície dos alimentos (FELLOWS, 2006).

Como indica Rogez (2000), o branqueamento é um tratamento adequado para conservação dos pigmentos presentes nos frutos de *E. oleracea*. Além disso, a fina espessura da polpa desses frutos permite que o tratamento seja curto e a energia acumulada pelos frutos pode ser aproveitada ao permitir que a temperatura da água de amolecimento seja ligeiramente reduzida (ROGEZ, 2000).

O processo de branqueamento envolve duas etapas: aquecimento e resfriamento do alimento. Os dois métodos comerciais mais comuns de branqueamento envolvem a passagem do alimento através de uma atmosfera de vapor saturado ou em um banho de água quente. Em ambos os métodos é realizado o resfriamento por corrente de ar fria ou por jato de água fria (FELLOWS, 2006).

Rogez (2000) estudando o branqueamento dos frutos de *E. oleracea* observou que a temperatura tem impacto significativo sobre a carga bacteriana e sobre a enzima peroxidase e que o tempo de duração do tratamento tem maior impacto sobre os bolores e leveduras, tanto quanto sobre a enzima polifenoloxidase. Em branqueamento a 80 °C por 10 segundos, esse autor observou uma redução de 50% da contaminação bacteriana e de uma ordem logarítima para bolores e leveduras. Entretanto as atividades residuais da peroxidase e da polifenoloxidase eram superiores a 50%. Nesse estudo foi também observada uma baixa perda de antocianinas em função do aumento da temperatura, sugerindo que tais pigmentos não são muito sensíveis à temperatura, e que a duração do tratamento tem um impacto positivo muito importante na retenção das antocianinas.

Os principais efeitos nos alimentos são as perdas de vitaminas e componentes hidrossolúveis por lixiviação e amolecimento e destruição de tecidos vegetais com alteração na textura. Apesar de causar algumas perdas de nutrientes e na qualidade sensorial, o branqueamento é um tratamento menos severo que a esterilização por calor ou ultra alta temperatura (FELLOWS, 2006).

#### 3.2.1.4 Pasteurização

A pasteurização é um tratamento térmico brando com temperaturas abaixo de 100 °C que quando aplicado às polpas de frutas tem como principais objetivos a destruição de micro-organismos patogênicos e redução dos deteriorantes. A microflora de produtos ácidos é relativamente restrita, apresentando micro-organismos de menor resistência térmica. A pasteurização é amplamente associada com outros métodos de preservação, tais como: refrigeração, congelamento, concentração, embalagens herméticas e conservantes químicos (LOPES, 2005).

A pasteurização pode ser feita em tacho encamisado, em pasteurizador tubular ou em trocadores de calor. No caso de produtos pouco viscosos e com baixos teores de polpa, é usual utilizar pasteurizador de placas. A maioria das frutas é ácida, permitindo que o tratamento térmico seja brando, a temperaturas inferiores que 100 °C (ROSENTHAL et al, 2003).

A combinação ideal de temperatura e tempo durante o processamento térmico tem por objetivo reduzir a carga microbiana e preservar as características físicas, químicas, nutricionais e sensoriais da fruta original (ROSENTHAL et al, 2003). Por exemplo, o processamento de leite a 63 °C por 30 minutos (temperatura baixa e tempo longo - LTLT) causa maiores mudanças no sabor e perda maior de vitaminas do que o tratamento a 72 °C por 15 segundos (temperatura elevada e tempo curto - HTST) (FELLOWS, 2006).

Sousa et al (2006) testaram a pasteurização caseira de açaí comercializado nas feiras de Manaus/AM e avaliaram o efeito na contagem microbiológica e nas características sensoriais e físico-químicas do açaí. As amostras foram condicionadas em sacos de polietileno e imersas em água a 90 °C por 10 minutos, em seguida foram congelados e armazenados à -18 °C. Os resultados demonstraram a eficácia do tratamento térmico pela ausência de micro-organismos, mesmo após 120 dias de armazenamento sob congelamento.

Rogez (2000) testou a pasteurização do tipo HTST em açaí. Em açaí acidificado, pH de 3,75, e pasteurizado em temperatura de 82,5 °C / 60 s, obteve-se a eliminação dos bolores e leveduras, redução de 77% da contaminação bacteriana, inativação enzimática e preservação das antocianinas. Na pasteurização sem acidificação, a redução da contaminação microbiana foi igualmente significativa, porém a inativação enzimática e a preservação das antocianinas não foram tão eficientes.

A degradação de antocianinas é o efeito mais comum em tratamentos térmicos. Em experimento de pasteurização de açaí de *E. oleracea*, foi constatado uma degradação de 5 a 30% no teor de antocianinas, mesmo quando combinada com a acidificação do açaí. Segundo este autor, a perda de antocianinas em açaí durante um período de até 60 dias de congelamento situam-se entre 5 a 60% (ROGEZ, 2000).

Schutz (2008) estudando o efeito da pasteurização de açaí de *E. edulis* em escala industrial obteve resultados contrários à Rogez (2000). Os resultados indicavam que o açaí pasteurizado apresentava teor maior de antocianinas que a amostra *in natura*. O autor conclui que apesar de causar uma redução no teor de antocianinas, a pasteurização garante maior estabilidade ao produto, pois elimina a oxidação enzimática que gera uma perda de maior grandeza que o processamento per si.

O trabalho de Freitas et al (2006a) vem de encontro com a conclusão de Schultz (2008) uma vez que a degradação de antocianinas presentes em suco tropical de acerola foi inexistente após pasteurização e envase à quente.

Freitas et al (2006b) registraram alterações negativas em pasteurização a 90 °C por 60 s de suco tropical de acerola. Além de alterações físico-químicas, o tratamento térmico causou alterações significativas no sabor do suco.

O tratamento térmico pode ser realizado em temperaturas mais brandas e tempos mais curtos se associados a outros métodos como, redução de pH, redução da atividade de água pela adição de sacarose e uso de conservantes. O emprego da tecnologia de obstáculos em açaí foi testada por Carneiro (2000) e Alexandre et al (2004) indicando ser viável e com boa aceitação em análise sensorial

#### 3.2.1.5 Ultra Alta Temperatura (UHT)

O tratamento por ultra alta temperatura, também denominado esterilização, é o processo pelo qual o alimento é submetido a temperaturas superiores a 100 °C (135 - 150 °C), por um curto tempo, porém suficiente para destruir micro-organismos e enzimas. O resultado é um produto comercialmente estéril.

Comumente associada ao resfriamento rápido e envase asséptico, alguns autores afirmam que a esterilização proporciona inúmeras vantagens quando comparada aos

métodos convencionais, tais como: retenção da cor, aroma e sabor, redução da perda de nutrientes e manutenção da consistência do produto (SOLER; RADOMILLE; TOCCHINI, 1991).

Entretanto Rocha (2004), ao revisar vários estudos de tratamento térmico de leite, verificou que o leite pasteurizado apresenta menores perdas de nutrientes quando comparado ao leite esterilizado (UHT). Em estudo sobre o efeito da esterilização e alteração do sabor do leite foi constatado que leites processados a 138 °C / 2 s apresentam alteração muito mais nítida no sabor que em leites pasteurizados (AIRES, 2007).

Abreu et al (2005) identificaram alterações sensoriais muito negativas em água-de-coco esterilizada. Dentre as características são mencionados o aroma e sabor de ferrugem, de pútrido, de coco passado e gosto ácido, reduzindo drasticamente a aceitação junto aos provadores e, por extensão, aos consumidores.

Segundo Pallet et al (2005) as alterações percebidas em teste de aceitabilidade estão muito provavelmente associadas à degradação dos compostos termossensíveis que conferem a qualidade sensorial e a nutricional das frutas. Por essa razão têm surgido outras tecnologias que não utilizam o calor, como a alta pressão, a liofilização e o campo elétrico pulsado, descritas nos itens seguintes.

Por alguns anos vem sendo ofertado no mercado internacional e, recentemente no nacional, suco de açaí em embalagem *tetra brik*, em processamento UHT. Todavia, não existem estudos, ou se existem são pesquisas restritas, que demonstrem os efeitos dessa tecnologia nos componentes do açaí.

#### 3.2.1.6 Alta Pressão

Segundo CAMPOS et al (2003), o método de Ultra Alta Pressão (UAP), consiste em submeter o produto à alta pressão dentro de um tanque pressurizado, utilizando um meio que transfere a pressão ao produto, em geral água potável ou óleo. Uma característica única deste tipo de tratamento é que a pressão é transmitida uniforme e rapidamente através de todo o alimento.

O tratamento de Homogeneização a Alta Pressão (HAP) trata-se de um processo contínuo, que bombeia o produto através de dois intensificadores de pressão, fazendo-o fluir através de uma válvula de homogeneização. Isto produz uma velocidade muito elevada através de um orifício e a expansão resultante é a responsável pela ruptura de células de

micro-organismos, causando mínimas alterações nas células do alimento (CAMPOS et al, 2003)

Normalmente, a inativação enzimática requer o uso de pressões mais elevadas do que a inativação microbiana. As membranas biológicas têm sido identificadas como as mais afetadas pela pressão. As membranas são compostas por uma camada de fosfolípidios envolvidos por proteínas funcionais que (entre outras funções) exercem papel importante no transporte de íons e outras substâncias para as células (SAN MARTÍN et al, 2002).

As vantagens do uso de alta pressão são a possibilidade de obtenção de produtos com características muito similares ao alimento *in natura*, homogeneidade do tratamento (mesma pressão em qualquer ponto do produto), efeito deletério em micro-organismos, tempo de processamento reduzido e sem efeitos negativos sobre vitaminas e compostos voláteis. Todavia, o investimento em equipamentos é ainda elevado o qual limita a tecnologia à produtos de alto valor agregado (TORREZAN, 2003; FELLOWS, 2006).

Polydera et al (2003) compararam a vida de prateleira e as perdas de vitamina C de sucos de laranja submetidos à alta pressão (500 MPa, 35 °C / 5 min) e à pasteurização convencional utilizada pela indústria (80 °C / 30 s). Os resultados mostraram que o tratamento UAP foi mais efetivo na conservação do ácido ascórbico e no aumento da vida de prateleira. A avaliação sensorial também foi mais favorável em termos da manutenção das características originais do produto. Não foi relatado crescimento microbiano em nenhuma das amostras submetidas aos tratamentos testados.

Sancho et al (1999) compararam o efeito da alta pressão (400 MPa / 30 min), pasteurização (72 °C / 20 s) e esterilização (120 °C / 2 min), nos teores de vitamina C em *coulis* de morango. Foi observada uma alta retenção (88,62%) de vitamina C, quando utilizada UAP, o mesmo sendo observado na pasteurização (91,52%). Já na esterilização, as perdas foram significativas, apresentando uma retenção da ordem de 67,1%.

Em experimento com água de coco, a HAP a 250 MPa foi eficaz na eliminação dos micro-organismos presentes contudo não causou inativação satisfatória nas enzimas peroxidase e polifenoloxidase do produto. De maneira geral, a peroxidase apresenta maior resistência a tratamento com pressão do que a polifenoloxidase (DOSUALDO, 2007).

A peroxidase (POD) é uma das enzimas de origem vegetal mais resistente ao processamento térmico e à pressão. Para vagens, um tratamento de 900 MPa por 10 min à temperatura ambiente causou uma redução de 88% na atividade da POD (HENDRICKX et al,

1998). À temperatura ambiente, a atividade da POD de laranja diminui continuamente até 400 MPa / 15 min atingindo no máximo 50% de inativação. Tratamentos à alta pressão a 32-60°C aumentaram a atividade de POD no suco de laranja (CANO et al, 1997).

A polifenoloxidase (PFO) é mais sensível à pressão. As PFO de damasco, morango e uva podem ser inativadas por pressões próximas a 100, 400 e 600 MPa, respectivamente. Tem sido relatado que a inativação induzida pela pressão ocorre mais rapidamente em pH baixo (HENDRICKX et al, 1998).

O processamento de alta pressão desempenhou efeitos diferentes sobre a atividade das enzimas POD e PFO em trabalho com açaí. A POD teve, de uma maneira geral, sua atividade aumentada, chegando a uma ativação máxima de 32,98%, quando tratada a 500 MPa, a 25 °C, por 5 minutos. A PFO também teve sua atividade estimulada quando as polpas foram submetidas a 500 MPa, 25 °C, por 5 ou 15 minutos, mas, em geral, processos a 35 °C, juntamente com a pressão, reduziram sua atividade em até 53,25%. Os resultados não permitiram chegar a uma condição ótima única onde se pudesse obter a máxima inativação de ambas as enzimas do açaí (MENEZES et al, 2008a).

Conforme Pedras (2007) existem muitas informações divergentes a respeito dos possíveis efeitos negativos do uso da alta pressão em componentes nutricionais de alimentos. Anema et al (2005), em trabalho com leite, relata a cristalização de gordura, assim como a desnaturação de proteínas do soro, o aumento da exposição de grupos hidrofóbicos das proteínas e alteração do equilíbrio mineral.

### 3.2.1.7 Desidratação

A qualidade dos alimentos desidratados depende, em parte, das mudanças que ocorrem durante o processamento e armazenagem. Algumas destas mudanças envolvem modificações na estrutura física, outras mudanças são também devido a reações químicas (MELONI, 2002).

Algumas vantagens são mencionadas ao se utilizar o processo de secagem em alimentos, a saber: a facilidade na conservação do produto; estabilidade dos componentes aromáticos à temperatura ambiente por longos períodos de tempo; proteção contra degradação enzimática e oxidativa; redução do seu peso; economia de energia por não

necessitar de refrigeração e a disponibilidade do produto durante qualquer época do ano (PARK, 2001).

Atualmente é possível encontrar empresas que vêm produzindo cápsulas de extrato de açaí, comercializadas com apelo funcional, devido principalmente à sua elevada capacidade antioxidante e composição lipídica. As cápsulas geralmente contêm açaí desidratado 4 : 1 e são vendidas com a alegação de apresentar 4 vezes a potência da fruta *in natura*.

Dentre os processos de desidratação, a secagem convectiva, em geral em estufas, é um processo conhecido e barato, mas pouco recomendando se o objetivo for conservar as características do alimento como *in natura* e com grande fluxo de produto. Nesse processo o alimento sofre grandes perdas de qualidade tais como a cor, sabor e textura, tendo muitas vezes uma reidratação deficiente. A contração de volume e endurecimento (formação da casca na superfície) do produto são também considerados problemas de grande importância (MELONI, 2002).

A secagem por atomização, nebulização ou *spray drying*, teve seus primeiros passos na metade do século XVIII. Porém, o início de sua utilização em escala industrial data da década de 20. Os primeiros produtos de que se tem notícia como obtidos em larga escala por *spray drying* foram o leite e o sabão em pó. A partir de então, seu uso disseminou-se pela indústria de processos em geral, sendo hoje, especialmente aplicado para a secagem de produtos alimentícios e farmacêuticos (TONON, 2009).

A secagem por atomização é um processo contínuo, onde um líquido ou pasta é transformado em um produto seco, na forma de pó, caracterizando-se por um tempo de secagem relativamente curto. O processo consiste basicamente na atomização do líquido em um compartimento que recebe um fluxo de ar quente, de modo que a rápida evaporação da água permite manter baixa a temperatura das partículas. Desta forma, esta técnica permite a secagem de produtos sensíveis ao calor (alimentícios, biológicos e farmacêuticos), sem afetar demasiadamente sua qualidade (RÉ, 1998).

Devido à sua versatilidade e ao pequeno tempo de residência dos produtos na câmara de secagem, o *spray dryer* tornou-se o principal equipamento para a secagem de materiais que apresentam sensibilidade ao calor, como alimentos e produtos biológicos, tais como extratos e produtos oriundos de plantas, corantes, microorganismos, produtos com

leveduras, enzimas e proteínas. Outro campo onde a secagem por atomização também tem adquirido destaque é na microencapsulação de ingredientes e alimentos (TONON, 2009).

Tonon (2009) estudando a secagem de suco de açaí microencapsulado por *spray drying* conclui que a retenção de antocianinas é inversamente proporcional à temperatura do processo e à concentração de agente carreador utilizado. O melhor resultado foi atingido com a temperatura de 140 °C e com goma arábica como agente carreador. No entanto, a adição de maltodextrina 10% foi o melhor tratamento em relação, não somente à boa retenção de antocianinas (85,84%), quanto aos outros aspectos desejados, tais quais estabilidade durante armazenamento, solubilidade do pó em água, baixa viscosidade, ausência de sabor e principalmente seu baixo custo.

A liofilização, ou *freeze drying*, é o método baseado na desidratação por sublimação da água de um produto congelado. Além da redução da atividade de água e o emprego de baixas temperaturas, o estado sólido da água durante o processo de liofilização protege a estrutura e forma do produto com produto final de mais alta qualidade quando comparado com outros métodos de secagem de alimentos (RATTI, 2001).

Menezes et al (2008b) analisaram o valor nutricional de açaí (*E. oleracea*) liofilizado e observaram que os nutrientes não são alterados pela liofilização. Entretanto apesar do teor de lipídeos totais (40,75%) estar próximo a valores obtidos por outros autores como Rogez (2000) - 48%, Nascimento et al (2008) - 42,61% e Schirmann (2009) - 39,7%, o teor do ácido graxo linoléico é muito inferior. Foi encontrado no açaí liofilizado cerca de 10 vezes menos ácido linoléico (0,92%) que os autores mencionados (11,5%, 7,28% e 10,5%, respectivamente).

#### 3.2.1.8 Campo elétrico pulsado

A exposição a um campo elétrico pulsado é um método não térmico de preservação de alimentos, que visa à inativação dos micro-organismos e enzimas, sem perda significativa do sabor, aroma, nutrientes e cor dos produtos (FELLOWS, 2006).

Este método envolve a aplicação de alta voltagem em alimentos situados entre dois eletrodos. Assim, a corrente elétrica de alta voltagem é descarregada, provocando um fluxo elétrico através dos alimentos líquidos. O tempo de descarga elétrica varia na casa dos microsegundos, fazendo com que o aquecimento que poderia ser provocado pela corrente

seja insignificante. Quando comparado com o processo térmico convencional, o campo elétrico pulsado possui a vantagem de diminuir a desnaturação protéica, além de preservar as porcentagens de vitaminas presentes (HEINZ et al, 2002).

Segundo Jaeger et al (2010) essa tecnologia tem demonstrado resultados muito positivos em eliminar a carga microbiológica em sucos de frutas. Em estudo realizado pelos autores, o campo elétrico pulsado ocasiona baixa alteração na cor e evita o escurecimento não-enzimático de frutas e legumes.

Yeom et al (2000) utilizaram este método em suco de laranja com contaminação inicial de bolores e leveduras de  $10^7$  UFC / mL. Estes pesquisadores concluíram que processamento estudado se mostrou efetivo no controle microbiológico e enzimático no suco analisado. O tratamento de 35 hv/cm por 59  $\mu$ s, foi capaz de reduzir a população de micro-organismos, dentre estes bolores e leveduras, em sete ciclos logarítmicos e inativar a enzima pectinametilesterase em 90%, o suco ainda mostrou extensa vida de prateleira, temperatura de 37 °C, durante 112 dias, comprovando a eficiência do método.

Apesar de ainda não haver trabalhos publicados que analisem o uso do campo elétrico pulsado em açaí, é provável que dentro de pouco tempo essa tecnologia ganhe maior atenção, tendo em vista seus benefícios, como citados.

### 3.3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.3.1 Material e tratamentos

Para fins do presente trabalho foram coletados 20 kg de frutos de *E. edulis*, no município de Santo Amaro da Imperatriz, no estado de Santa Catarina. Os cachos foram depositados em lona plástica durante o transporte. Em seguida foram triados e reservados em caixas plásticas arejadas para em seguida serem estudados. A triagem consistiu na seleção e descarte de partículas estranhas, sujidades, material lenhoso, como partes da estrutura do cacho, além de insetos, frutos verdes e frutos doentes. Tolerou-se no máximo 10% de frutos levemente doentes ou injuriados, ou seja, com aproximadamente 20% da superfície do fruto apresentando halos amarelados, pintas secas escuras ou avermelhadas e injúrias.

Em menos de 24 horas após a coleta, os frutos foram conduzidos ao Centro de Ciências Agrárias - UFSC em Florianópolis/SC. Foram separadas quatro alíquotas de 2 kg de frutos e alojadas em recipientes plásticos vazados com capacidade para 4 kg de frutos. Cada alíquota foi submetida ao tratamento químico com solução do agente sanitizante hipoclorito de sódio a 200 mg / L por 15 minutos.

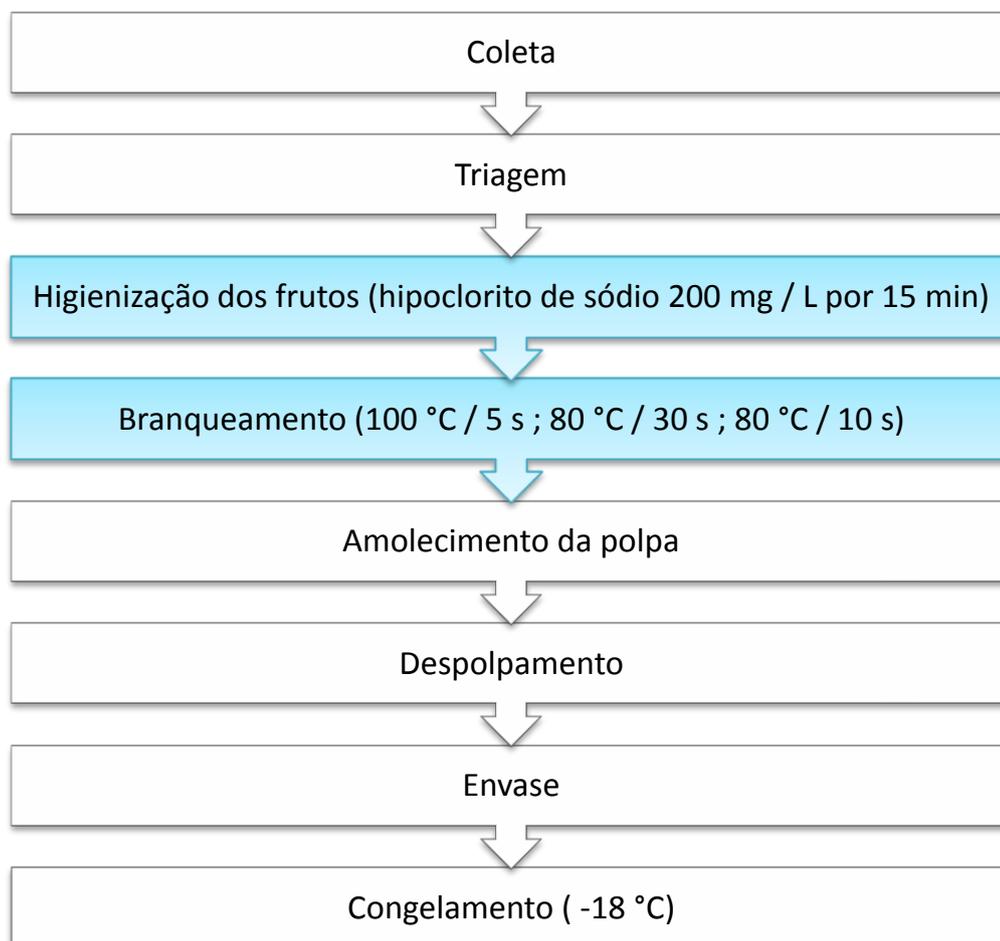
Logo após serem higienizados, os frutos foram submetidos aos diferentes tratamentos de branqueamento. Foram avaliadas três combinações de temperatura/tempo, resultando nos seguintes tratamentos: 80 °C por 10 segundos; 80 °C por 30 segundos e 100 °C por 5 segundos. Para os dois tratamentos de 80°C os frutos foram totalmente mergulhados em equipamento de banho-maria com regulação automática de temperatura (precisão de  $\pm 1$  °C). O tratamento de 100 °C foi realizado mergulhando totalmente os frutos em panela contendo 20 litros de água fervente. O tempo dos tratamentos foi regulado por cronômetro auxiliar. Logo após o aquecimento os frutos foram resfriados em recipiente contendo água e gelo a fim de promover o choque térmico. A fração controle não passou pelo aquecimento, tampouco pelo resfriamento.

Os frutos branqueados e o controle foram mantidos em recipientes plásticos fechados contendo água mineral e estes mergulhados em banho-maria, sem contato com a água, a 40 °C por 30 minutos, para amolecimento do pericarpo e do mesocarpo. Passado o tempo indicado, os frutos e a água foram transferidos para despoldadeira vertical para extração do açaí.

O açaí foi coletado e fracionado em sacos de polietileno em duas porções contendo 100 mL de açaí para análises microbiológicas e o restante separado para as análises físico-químicas. As amostras foram congeladas imediatamente em câmara fria a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  e permaneceram congeladas até o momento das análises. As análises microbiológicas iniciaram-se após dois dias e as análises físico-químicas após sete dias.

Na Figura 1 está ilustrado o fluxograma de obtenção das amostras com destaque para os dois tratamentos realizados, higienização com sanitizante e diferentes combinações de temperatura/tempo de branqueamento.

Figura 1 - Fluxograma de obtenção das amostras



Fonte: o próprio autor

### 3.3.2 Análises

#### 3.3.2.1 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas segundo as metodologias propostas por Silva et al (2010).

Bolores e leveduras: baseia-se no plaqueamento em superfície para estimular o crescimento de bolores e leveduras pelo aumento da exposição ao oxigênio. Uma porção de 25 mL da amostra de açaí foi diluída em 225 mL de água peptonada (0,1%) sendo homogeneizada em seguida. Foram preparadas diluições em série a partir de 1 mL da diluição anterior, até a diluição  $10^{-3}$ . A partir de cada diluição foi retirada uma alíquota de 0,1 mL sendo inoculada em placa de Petri contendo o meio de cultura Batata Dextrose Agar (PDA) e incubada a temperatura de 25 °C por 7 dias. O resultado foi expresso em UFC / g.

Coliformes totais e termotolerantes: a metodologia permite estimar a quantidade de coliformes observando turvamento e produção de gás em meios contendo lactose. A partir das mesmas diluições ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ) preparadas para bolores e leveduras foram transferidas 3 alíquotas de 1 mL para tubos contendo 10 mL de Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) e incubados a 35 °C por 48 h. De cada tubo que apresentou turvação e produção de gás, foi retirada uma alçada e inoculada em tubos contendo caldo Verde Brilhante (VB) e caldo *E. coli* (EC). A observação do crescimento com produção de gás no VB, após 24 - 48 h de incubação a 35 °C é considerada confirmatória da presença de coliformes totais. Crescimento com produção de gás nos tubos EC, após 24 h de incubação a 45,5 °C é considerada confirmatória para a presença de termotolerantes. Com o auxílio de uma tabela própria do método a determinação do número mais provável (NMP) foi obtida em função do número de tubos com turvação e produção de gás.

*Salmonella sp.*: a metodologia adotada permite detectar a presença de *Salmonella sp* em uma amostra, inibindo a flora acompanhante e estimulando o desenvolvimento da *Salmonella sp*. A análise consistiu nas seguintes etapas: pré-enriquecimento, enriquecimento seletivo, plaqueamento seletivo diferencial e identificação bioquímica. Dessa forma, no pré-enriquecimento a solução que continha 25 g da amostra de açaí diluída em 225 mL de água peptonada tamponada foi incubada a 37 °C por 18 h para recuperação das células injuriadas. As duas etapas seguintes visam a inibição da microbiota acompanhante e elevação preferencial do número de células de *Salmonella sp*. Assim, de cada amostra pré-

enriquecida foi transferido 1 mL para tubos contendo 10 mL de caldo Tetrionato Muller Kauffmann Novobiocina (TTB), incubados a 37 °C por 24 horas, e 0,1 mL para tubos contendo 10 mL de caldo Rappaport Vassiliadis (RV), incubados a 41,5 °C em banho-maria por 24h. Em seguida foram plaqueados em ágar xilose lisina desoxicolato (XLD) e incubados a 35 - 37 °C por 24 h. Quando são observadas colônias típicas, deve-se proceder ao isolamento das mesmas e realizar os testes bioquímicos: descarboxilação da lisina (LIA), utilização aeróbia e anaeróbica de açúcares (TSI), utilização da uréia como fonte de energia, fermentação de ducitol, malonato e lactose e produção de triptofanase.

### 3.3.2.2 Análises físico-químicas

Teor de Umidade (Sólidos Totais): baseado na determinação da perda de peso do produto submetido a aquecimento em estufa a 105 °C até peso constante, segundo método nº 925.09 (AOAC, 2005).

pH: medido em potenciômetro de mesa marca Tecnopon, modelo MPA-210, calibrado com soluções tampão de pH 4 e 7 (AOAC, 2005).

Teor de Proteína: o teor de proteína bruta é resultado do produto entre a determinação da quantidade de nitrogênio total (g) na amostra pelo fator de conversão 6,25. A obtenção da quantidade de nitrogênio baseia-se em três etapas: digestão com ácido sulfúrico; destilação do sulfato de amônio formado; e titulação do borato de amônio formado com ácido clorídrico, conforme método de Kjeldahl - nº 920.87 (AOAC, 2005)

Resido Mineral Fixo (Cinzas): fundamenta-se na determinação do resíduo fixo após incineração da amostra em forno mufla a temperatura de 530 °C, conforme método nº 923.03 (AOAC, 2005).

Acidez Total Titulável: adaptado do método nº 942.15 da AOAC (1997), por titulação com NaOH 0,1 N, até atingir pH 8.

Conteúdo Total de Antocianinas: foi realizada seguindo-se o método da diferença de absorvância em pH 1 e pH 4,5 (GIUSTI e WROLSTAD, 2001).

Primeiramente foi preparada em triplicata uma solução com metanol / 1,5 N HCl e 2,5 g da amostra, conforme Borges et al (2011). A solução foi submetida à homogeneização em aparelho de ultrassom por 30 minutos e posterior centrifugação a 4000 rpm por 10 minutos.

O sobrenadante do extrato metanólico foi diluído em água desionizada para que a amostra diluída atingisse em espectrofotômetro uma absorvância entre 0,100 e 0,999 no comprimento de onda de 520 nanômetros. Para uma alíquota de 0,2 mL de amostra diluída foram adicionados 1,8 mL da solução de cloreto de potássio em tubos de ensaio, homogeneizado e armazenado por 10 minutos em ausência de luz, sendo realizado procedimento equivalente com solução de acetato de sódio. A absorvância foi medida no comprimento de onda de máxima absorção e em 700 nm, e o branco feito com água desionizada. Os resultados foram obtidos expressos em equivalentes a cianidina-3-glicosídeo (mg de cia-3-gli / 100 g de amostra).

Atividade antioxidante - DPPH: desenvolvido por Brand-Willams et al (1995), o método DPPH tem como base a reação do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) com antioxidantes e conseqüente redução da absorvância do radical no comprimento de onda de 515 nm.

O extrato bruto utilizado na determinação da atividade antioxidante foi obtido utilizando metanol a 50% e acetona a 70% conforme Comunicado Técnico 127 (RUFINO et al, 2007). Para tanto foram pesados 5 g da amostra e adicionados 10 mL de metanol 50%. A solução foi homogeneizada em ultrassom por 30 minutos e centrifugada a 4.000 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico. A acetona 70% foi acrescentada ao resíduo da primeira extração e procedeu-se o mesmo processo. Aos sobrenadantes foi adicionada água desionizada até obter a diluição desejada. Esse extrato foi usado na avaliação do teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

A determinação da atividade antioxidante é realizada pela diferença da leitura da absorvância antes e depois da reação do radical DPPH com um antioxidante. Para tanto foram transferidos 3,9 ml do radical para um frasco de leitura e realizada a leitura no comprimento de onda de 515 nm. Logo em seguida foi adicionado 0,1 mL do extrato de cada amostra, e conservado em local escuro, a temperatura ambiente, por 30 minutos. A medida de absorvância foi novamente realizada. A concentração de DPPH no meio de reação foi calculada conforme a curva de calibração obtida por regressão linear ( $y = 14,089x + 10,858$ ). Os resultados foram expressos em atividade antioxidante equivalente ao Trolox ( $\mu\text{mol}$  de Trolox / 100g de amostra).

Compostos fenólicos totais: o conteúdo de compostos fenólicos foi determinado em espectrofotômetro de acordo com o método de Folin-Ciocalteu (ROSSI e SINGLETON, 1965) com a leitura da absorvância em 764 nm.

Uma alíquota de 0,1 mL da amostra diluída foi misturada com 0,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu e 1,5 mL de carbonato de sódio a 20 % em balão volumétrico de 10 mL, completando o volume com água deionizada. A concentração do conteúdo de fenólicos totais foi medida após 2 horas de repouso da mistura e seu valor calculado pela comparação com a curva padrão de ácido gálico ( $y = 0,0012x - 0,0318$ ). Os resultados foram expressos em equivalente de ácido gálico (mg de EAG / 100 g de amostra).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Após o processo de sanitização dos frutos e da realização dos diferentes tratamentos térmicos em estudo, foi realizada a extração e congelamento das amostras. Em seguida, foram realizadas as análises microbiológicas, os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Determinação microbiológica de açaís obtidos de frutos de *E. edulis* tratados termicamente

Tratamento	Repetição	<i>Salmonella spp</i>	Coliformes Totais (NMP . g <sup>-1</sup> )	Coliformes termotolerantes (NMP . g <sup>-1</sup> )	Bolores e Leveduras (UFC . g <sup>-1</sup> )
Controle	1	Ausente	16	< 3	2,3 x 10 <sup>3</sup>
	2	Ausente	16	< 3	3,1 x 10 <sup>3</sup>
100 °C / 5 s	1	Ausente	< 3	< 3	5,0 x 10 <sup>1</sup>
	2	Ausente	< 3	< 3	< 1 x 10 <sup>1</sup>
80 °C / 30 s	1	Ausente	11	< 3	6,0 x 10 <sup>2</sup>
	2	Ausente	3,6	< 3	5,5 x 10 <sup>2</sup>
80 °C / 10 s	1	Ausente	3	3	1,5 x 10 <sup>2</sup>
	2	Ausente	< 3	< 3	5,7 x 10 <sup>3</sup>
Legislação (BRASIL, 2000)		Ausente	< 3	< 3	2,0 x 10 <sup>3</sup>

Fonte: o próprio autor

Em nenhuma das amostras analisadas foi detectada a presença de *Salmonella sp*, no entanto, foi observado que somente no tratamento a 100 °C por cinco segundos a contagem microbiana estava dentro do padrão exigido pela Instrução Normativa n° 1 de 07/01/2000 do MAPA (BRASIL, 2000). Esse resultado indica a viabilidade do uso deste tratamento no controle microbiológico do açaí e que ele proporciona um produto adequado para o consumo humano conforme padrões legais vigentes.

Como pode ser observado na Tabela 3, o tratamento de 80 °C por 10 segundos foi o único que apresentou resultados positivos para coliformes termotolerantes, além da contagem de bolores e leveduras superior ao controle, em discordância com os valores

obtidos por Rogez (2000) que obteve a redução de uma ordem logaritma utilizando o mesmo tratamento térmico.

No presente estudo, foi observada redução superior a 81% para coliformes totais e superior a 99% para bolores e leveduras no tratamento a 100 °C por 5 segundos. Enquanto o tratamento a 80 °C por 30 segundos obteve resultados muito parecidos com aqueles obtidos por Rogez (2000) trabalhando com branqueamento de frutos a 80 °C por 10 segundos.

No que diz respeito à eficiência em reduzir a contaminação microbiológica tais resultados foram similares ou até superiores que aqueles obtidos em trabalhos realizados aplicando o tratamento térmico ou não térmico diretamente no produto final, ou seja, no açaí (SOUSA et al, 2006; ALEXANDRE et al, 2004; ROSENTHAL et al, 2006; ROGEZ, 2000), os dados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Dados referentes à redução de carga microbiana em açaí segundo diversos autores

<b>Autor(es)</b>	<b>Tratamento</b>	<b>Coliformes Totais (NMP/ g)</b>	<b>Bolores e Leveduras (UFC / g)</b>
Rogez (2000)	Branqueamento dos frutos (80 °C / 10 s)	Redução de 50% (1)	Redução de (x 10 <sup>1</sup> )
Rogez (2000)	Pasteurização (82,5 °C / 1 min, pH 3,75)	Redução de 77% (1)	< 1 x 10 <sup>1</sup>
Alexandre et al (2004)	Pasteurização (82 °C / 1 min)	< 3	< 1 x 10 <sup>1</sup>
Sousa et al (2006)	Pasteurização (90 °C / 5 min)	< 3	< 1 x 10 <sup>1</sup>
Sousa et al (2006)	Fervura (100 °C / 1 min)	< 3	< 1 x 10 <sup>1</sup>
Rosenthal et al (2006)	APH (300 MPa / 25 °C / 5 min)	< 3	1,1 x 10 <sup>1</sup>

(1) redução em relação à contaminação inicial de bactérias mesófilas

Fonte: o próprio autor

Nos resultados obtidos, observamos que, para todos os critérios, a contaminação microbiológica inicial, indicada pelo tratamento controle, foi baixa se comparado com o trabalho de Sousa et al (2006) com açaí coletado em feiras na cidade de Manaus/AM. Estes

autores encontraram valores de  $> 78,3$  NMP / ml para coliformes totais,  $> 57,0$  NMP/ ml para coliformes termotolerantes e  $4,2 \times 10^4$  UFC / ml para bolores e leveduras.

O mesmo pode ser observado em relação a outros autores como Rogez (2000) e Veloso e Santos (1994) que encontraram não somente alta carga microbiana inicial, mas resultados positivos para *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella sp.* em açaís comercializados em feiras na cidade Belém/PA.

Conforme Rogez (2000), a maior parte da contaminação presente no açaí ocorre após a colheita dos frutos. Esse autor verificou que em açaís preparados a partir de frutos frescos, colhidos com o máximo de cuidados para evitar contaminações, transportados em sacos estéreis e processados em despoldadeira desinfetada, as bactérias foram em média 44 vezes menos numerosas do que nos açaís coletados no mercado público de Belém. Os bolores e leveduras foram, em média, oito vezes menos concentrados e não foram detectados coliformes termotolerantes. No entanto, apesar de reduzida, a contaminação natural dos cachos não permitia que o açaí produzido estivesse abaixo do limite microbiológico exigido pela legislação.

Nesse sentido, os dados aqui apresentados demonstram que os procedimentos pós-colheita, descritos no item Material e Métodos, ocasionaram baixa contaminação dos frutos. Também contribuíram para isso, o cuidado com a higiene pessoal e dos instrumentos durante o manuseio e acondicionamento dos frutos, a integridade, seleção e sanitização dos frutos têm grande importância no controle da contaminação, com especial destaque à sanitização com agente químico, neste caso, o hipoclorito de sódio.

É sabido que o hipoclorito de sódio tem grande poder bactericida e fungicida sendo inclusive recomendado na desinfecção de frutas e hortaliças para consumo *in natura*, conforme normas técnicas do *Codex Alimentarius* publicadas pela OMS, legitimadas pela Portaria nº 1428, de 26 de novembro de 1993 (BRASIL, 1993) e Resolução nº 12, de 2 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001) do Ministério da Saúde. O uso de hipoclorito na concentração entre 120 a 200 mg / L de cloro ativo, com tempo de contato entre 10 a 30 minutos pode eliminar até 94,5% das bactérias contaminantes em higienização de verduras (LEITÃO, 1981 apud SILVA JÚNIOR, 2010).

Não há estudos que avaliem a eficácia do uso de outros produtos na higienização de frutos de açaí em comparação com ao hipoclorito de sódio. O ácido acético ou vinagre, ácido peracético, ozônio, radiação, superóxidos, óxido nitroso e luz ultravioleta são alguns dos

agentes de maior destaque atualmente (SREBERNICH, 2007; ARTÉS et al, 2009; NASCIMENTO e SILVA, 2010).

Deve-se levar em consideração que a microbiota encontrada após os tratamentos é essencialmente composta por bolores e leveduras e, que tais micro-organismos têm o seu crescimento favorecido em condições ácidas. Assim o uso de produtos saneantes a base de ácidos orgânicos poderia ter um efeito inverso ao desejado se o pH não for mantido inferior a 4. Esse efeito negativo pode ser ainda maior se for realizada acidificação do açaí após despulpamento.

Se por um lado é expressivo o efeito da sanitização na descontaminação dos frutos, o cuidado com a integridade e a seleção dos frutos também têm efeitos importantes no controle da contaminação. A integridade está relacionada à técnica de colheita e debulha, assim como às condições de transporte dos frutos. As injúrias não somente podem permitir o acesso direto de micro-organismos aos substratos do fruto e do oxigênio aos componentes oxidáveis, como aceleram as perdas de água e estimulam a respiração dos frutos (ROGEZ, 2000). Por sua vez, a seleção tem como um dos objetivos evitar a dispersão da microbiota estabelecida em frutos doentes para aqueles sadios ou com pequena injúrias e para o produto final durante o processamento.

Não obstante o bom resultado do tratamento acima citado, o tempo de prateleira estará condicionado ao desenvolvimento de micro-organismos resistentes ao branqueamento e posterior congelamento (ROGEZ, 2000). Portanto, considerando que o atual tratamento não esteriliza o produto, é recomendado o acompanhamento do desenvolvimento da microbiota ao longo do tempo nas condições de armazenamento do produto.

Em função de ter sido o único tratamento abaixo do limite estipulado pela legislação, as amostras obtidas do branqueamento 100 °C / 5 s e do tratamento controle foram conduzidas para o Laboratório de Química dos Alimentos/CCA no qual foram realizadas determinações do teor de antocianinas, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante além de análises físico-químicas.

## 4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises foram realizadas em triplicatas para o tratamento escolhido e o controle, salvo para quantificação do teor de proteínas que foi realizado em duplicata. Os resultados das análises do pH, acidez titulável, teor de proteína e cinzas estão ilustrados na Tabela 5. Foi aplicado o teste-*t* e as médias comparadas com nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ).

Tabela 5 - Composição físico-química dos açaís obtidos de frutos de *E. edulis*

Tratamento	Sólidos Totais (% MS)	pH	Acidez Titulável	Proteínas (% MS)	Cinzas (% MS)
Controle	5,14 <sup>a</sup> ± 0,41	5,13 <sup>a</sup> ± 0,05	0,14 <sup>b</sup> ± 0,05	8,44 <sup>a</sup> ± 0,12	4,95 <sup>a</sup> ± 0,28
100 °C / 5 s	6,92 <sup>a</sup> ± 1,44	5,02 <sup>b</sup> ± 0,02	0,17 <sup>a</sup> ± 0,05	7,95 <sup>a</sup> ± 0,12	3,24 <sup>b</sup> ± 0,44

Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste-*t* a 5% de significância

Acidez Titulável (mg de ácido cítrico / 100 g de matéria seca)

% MS: percentagem da matéria seca

Fonte: o próprio autor

Como mostra a Tabela 5, estatisticamente os teores médios de umidade e os teores médios de proteína total não diferiram entre os tratamentos. Isso indica que o tratamento empregado não afetou tais características. O pH, a acidez titulável e o resíduo mineral fixo da amostra tratada deferiram significativamente das médias do controle.

Se o açaí fosse avaliado em relação aos parâmetros físico-químicos estabelecidos na Instrução Normativa nº 01 de 2000 do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2000), o valor médio dos sólidos totais para ambos os tratamentos ficou abaixo do valor mínimo de 8% de sólidos totais. Por consequência, não é possível avaliar a acidez titulável em relação aos valores estabelecidos na referida legislação, uma vez que a mesma estabelece um valor em relação à classificação da bebida em açaí fino, médio e grosso. Para todos os outros parâmetros os valores encontrados estão dentro da faixa estabelecida pela legislação.

Em relação ao pH constatou-se que os valores médios (Tabela 5), são próximos aos valores médios observados por Rogez (2000) de  $5,23 \pm 0,27$  e por Sousa et al (2006) de 5,37.

O conteúdo de proteína total determinado neste experimento está de acordo com o padrão legal vigente que preconiza o teor mínimo de 6% de matéria seca (BRASIL, 2000) e estão semelhantes aos valores descritos por Borges (2010), de 5,13 a 8,21% em matéria seca de frutos de *E. edulis*. Valores similares foram observados por Schauss et al (2006) e Silva et

al (2004) em açaí obtido a partir de *E. oleracea*, de 7,59% e 7,76% da matéria seca, respectivamente.

Schauss et al (2006) caracterizaram os aminoácidos do açaí e descrevem que o conteúdo de proteína total é composto por: 0,83% ácido aspártico; 0,31% treonina; 0,32% serina; 0,80% ácido glutâmico; 0,39% glicina; 0,46% alanina; 0,51% valina; 0,12% metionina; 0,38% isoleucina; 0,65% leucina; 0,29% tirosina; 0,43% fenilalanina; 0,66% lisina; 0,17% histidina; 0,42% arginina; 0,53% prolina; 0,18% cistina; 0,13% triptofano e <0,01% hidroxiprolina, indicando que o açaí possui todos os aminoácidos essenciais para uma dieta equilibrada.

O teor de cinzas do açaí obtido a partir de frutos branqueados foi de 2,88 a 3,68%, mostrou-se similar aos valores descritos por Borges (2010) que variam entre 1,55 a 3,39%. Em caracterização centesimal de açaí de *E. oleracea*, Pereira et al (2002) obteve teor de 4,19% de cinzas em relação à matéria seca.

A Tabela 6 mostra os resultados obtidos para o teor de antocianinas, compostos fenólicos e atividade antioxidante equivalente ao Trolox (TEAC). Foi aplicado o teste-t para 95% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

Tabela 6 - Valores médios de antocianinas, compostos fenólicos e atividade antioxidante de açaí de *E. edulis*

Tratamento	Antocianinas (mg de cia-3-gli / 100 g)	Compostos Fenólicos (mg de EAG / 100 g)	TEAC ( $\mu$ mol de Trolox / g)
Controle	92,58 <sup>a</sup> $\pm$ 4,06	428,58 <sup>a</sup> $\pm$ 9,46	4,32 <sup>b</sup> $\pm$ 0,41
100 °C / 5s	95,63 <sup>a</sup> $\pm$ 3,30	382,98 <sup>b</sup> $\pm$ 19,57	5,28 <sup>a</sup> $\pm$ 0,41

Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste-t a 5% de significância

TEAC: atividade antioxidante equivalente ao Trolox

Fonte: o próprio autor

Os resultados mostram que não houve diferença significativa para o teor de antocianinas entre a amostra do tratamento e do controle, houve perda significativa no teor de compostos fenólicos e aumento da atividade antioxidante.

De acordo com os resultados ocorreu um leve aumento de 3,3% no teor de antocianinas após o branqueamento dos frutos a temperatura de 100 °C por 5 segundos, Esse resultado pode estar associado à rápida destruição de micro-organismos e de enzimas

somado à remoção do oxigênio dos espaços intracelulares, principalmente na parte mais superficial do fruto. Tendo em vista que as antocianinas estão localizadas nos vacúolos das células hipodérmicas, próximas à superfície, como alegam Pompeu et al (2009), esse efeito é ainda mais importante.

Rogez (2000) observou comportamento semelhante estudando o branqueamento de frutos de *E. oleracea*. Segundo o autor, o branqueamento severo promove a retenção de pigmentos principalmente em função da duração do tratamento. No entanto, o branqueamento, nas condições realizadas pelos autores, não foi eficiente em inativar a enzima peroxidase e polifenoloxidase presentes.

Um aumento no teor de antocianinas foi observado por Schultz (2008) após pasteurização de açaí em escala de processamento industrial. Foi observado um aumento de 132% no teor de antocianinas. No mesmo estudo ocorreu a redução da atividade antioxidante em 5% e não houve diferença significativa para os compostos fenólicos. Segundo o autor, o aumento do teor de antocianinas no açaí pasteurizado pode estar associado ao processo de amostragem, amostras coletadas no fundo do tanque pulmão com maior teor de fibras, ou à degradação das antocianinas nas amostras *in natura* em decorrência da oxidação durante o armazenamento.

Na literatura pode-se encontrar grande divergência de dados no que diz respeito ao teor desses compostos. Schultz (2008), em processamento caseiro dos frutos de *E. edulis* encontrou no açaí obtido valores de antocianinas (equivantes a cianidina-3-glucosídeo) que vão, em amostras *in natura*, de 61,7 a 115,5 mg / 100 g e, em amostras pasteurizadas, de 78,6 a 231,6 mg / 100 g. O mesmo autor observou valores entre 13,2 a 34,9 mg / 100 g e 52,7 a 68,3 mg / 100 g em amostras de açaí produzido em agroindústria. Em açaí de *E. oleracea* foram observados os valores entre 18,4 a 104,0 mg / 100 g (ROGEZ, 2000; HASSIMOTTO, 2005; KUSKOSKI, 2006; ALBARICI, 2007; SCHULTZ, 2008). Assim sendo, o teor de antocianinas de  $94,11 \pm 3,79$  mg / 100 g, observados neste trabalho para o açaí proveniente de frutos submetidos ao tratamento térmico estão dentro da faixa de valores encontrados em outros trabalhos

Um efeito inverso sobre a concentração de antocianinas também foi relatado por outros autores. Em estudo da pasteurização em laboratório, em condições ideais de processamento, Rogez (2000) encontrou valores menores de antocianinas após a pasteurização do que no açaí *in natura*, sendo que a pasteurização levou a perdas de 5 a

30% no teor de antocianinas. O binômio 82,5 °C / 1 min e pH 3,75 ocasionou perdas menores de 15% nas antocianinas tendo sido considerado pelo autor como o mais adequado em também ter sido eficiente em inativar as enzimas peroxidase e polifenoloxidase e eliminar os micro-organismos patogênicos.

Tonon (2009) também observou redução de 23 a 14% no conteúdo de antocianinas em micro-encapsulação de suco de açaí com maltodextrina através de *spray dryer*. Para essa técnica de processamento a retenção de antocianinas é inversamente proporcional à temperatura de entrada no equipamento e à concentração de agente carreador utilizado.

Mesmo com uma redução de 11% dos compostos fenólicos totais nos dados apresentados neste trabalho pode-se considerar que o branqueamento teve um baixo efeito negativo. A oxidação dos compostos fenólicos está relacionada, dentre outros fatores, à composição em ácidos fenólicos e em flavonóides presentes e ao seu potencial redox. Alguns flavonóides apresentam atividade antioxidante superior às antocianidinas, a exemplo da quercetina que é oxidada antes (HASSIMOTTO, 2005). Em caracterização dos compostos fenólicos dos frutos de *E. edulis*, Borges (2010) observou que a quercetina representa 29% do conteúdo total, ficando apenas atrás do ácido gálico, que corresponde a 31%. Dessa forma o resultado observado pode indicar que o branqueamento não foi agressivo o suficiente para desencadear a degradação das antocianinas, somente afetando os compostos fenólicos.

Em relação aos compostos fenólicos, os valores observados de  $405,8 \pm 28,5$  mg / 100 g equivalentes ao ácido gálico estão em acordo com os resultados registrados na literatura para *E. edulis* mas acima dos valores para *E. oleracea*. Schultz (2008) encontrou para *E. edulis* valores de 480,4 a 653,3 mg / 100 g e 372,6 a 541,7 mg / 100 g em processo de extração caseiro com e sem pasteurização, respectivamente. Em açaí processado industrialmente os valores variaram pouco ficando entre 314,9 e 353,3 mg / 100 g. Como se observa dos trabalhos de Hassimotto (2005), Kuskoski (2006) e Schultz (2008) com açaí obtido de *E. oleracea* os compostos fenólicos totais variaram de 136,8 a 328,8 mg / 100 g equivalentes ao ácido gálico.

Apesar da redução dos compostos fenólicos totais, a atividade antioxidante observada no açaí obtido após branqueamento dos frutos foi 22% maior do que no controle. Apesar disso, a atividade antioxidante de  $4,8 \pm 0,6$  mg de Trolox / g, determinada nesse experimento, foi menor que aquela observada por outros autores. É relatado na literatura

valores entre 9,2 a 48,6 mg de Trolox / g (DEL POZO-INSFRAN et al, 2004;KUSKOSKI, 2006; SCHULTZ, 2008; BORGES, 2010)

Del Pozo-Insfran et al (2004), assim como Santos et al (2008), consideram que a atividade antioxidante é desempenhado majoritariamente pelas antocianinas. Todavia esses autores indicam que existe uma interação física e/ou química entre os ácidos fenólicos e as antocianinas, formando uma matriz complexa que apresenta uma atividade antioxidante dependente do resultado das interações.

Nesse sentido, pode-se dizer que com o amolecimento e rompimento dos tecidos vegetais e liberação do seu conteúdo no meio (FELLOWS, 2006) e considerando que as antocianinas estão localizadas nos vacúolos desses (POMPEU et al, 2009) o branqueamento pode ter contribuído com o aumento da solubilidade das antocianinas aumentando, por consequência, a atividade antioxidante no açaí.

Por outro lado, Melo et al (2008) consideram que a atividade antioxidante das frutas depende do teor de compostos fenólicos totais. Contudo, podem ser observadas variações quantitativas e qualitativas nesses compostos em função de fatores intrínsecos e extrínsecos, incluindo o grau de maturação dos frutos até a metodologia de quantificação.

Esta conclusão também foi mencionada por Borges et al (2011) que concluem que o solvente utilizado, o tempo de extração e a razão sólido/solvente influenciam a performance da extração e posterior determinação em espectrofotômetro. E por Rogez (2000) que menciona que o valor nutricional e o teor de antocianinas do açaí estão relacionados com o grau de maturação de frutos e o tempo entre a colheita e o processamento.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A contaminação microbiológica inicial dos açaís obtidos a partir dos frutos de *Euterpe edulis* é relativamente baixa quando comparada aos valores encontrados por outros autores. Esse resultado está relacionado ao cuidado com a higiene pessoal durante a colheita e transporte dos frutos; ao curto tempo transcorrido entre a colheita e o despulpamento; aos cuidados com a integridade dos frutos; à seleção e eliminação de frutos doentes e material contaminante; e ao processo de higienização e sanitização dos frutos através de tratamento químico.
- Conforme avaliação microbiológica o branqueamento dos frutos de *Euterpe edulis* a 100 °C por 5 segundos, associado aos cuidados tomados, demonstrou ser um procedimento satisfatório para se obter um produto microbiologicamente seguro, conforme a legislação em vigor.
- O branqueamento dos frutos a 100 °C por 5 segundos ocasionou poucas alterações nas características físico-químicas avaliadas.
- O tratamento térmico estudado gerou pouca degradação de compostos fenólicos totais. Por outro lado não teve efeito sobre o teor de antocianinas e apresentou aumento da atividade antioxidante do açaí.

### RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

No sentido de dar continuidade a esta pesquisa, recomenda-se:

- a avaliação do tempo de prateleira no intuito de acompanhar a estabilidade do produto ao longo do tempo, com especial atenção para o desenvolvimento dos micro-organismos termorresistentes e dos bolores e leveduras;
- quantificação e acompanhamento da atividade residual de enzimas como a peroxidase e polifenoloxidase;
- quantificação e caracterização do perfil dos ácidos graxos presentes no açaí.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, L. F. et al. Perfil sensorial e aceitabilidade de amostras de água de coco obtidas por diferentes processos de fabricação. **B.CEPPA**, Curitiba. v.23, n.2, p. 397-412, jul./dez. 2005.

AIRES, G. S. B. **Avaliação de diferentes tratamentos térmicos e condições de embalagem sobre a vida-de-prateleira do leite fluido com ênfase na avaliação microbiológica e no julgamento de defeitos de sabor**, Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

ALBARICI, T. R.; VALETA, A. C. ; PESSOA, J. D. C. **Efeito da temperatura nas antocianinas de açaí**. São Carlos: EMBRAPA, out. 2007. (Comunicado Técnico 86).

ALEXANDRE, D.; CUNHA, R.L.; HUBINGER, M.D. Conservação do açaí pela tecnologia de obstáculos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.1, p.114-119, mar. 2004.

ANEMA, .S, G.; LOWE, E. K.; STOCKMANN, R. Particle size changes and casein solubilisation in high pressure treated skim milk. **Food Hydrocolloids**, v.19, p.257–267, 2005.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of Analysis**. 18. ed., Washington, 2005. 1260p.

ARTÉS, F. et al. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. **Postharvest Biology and Technology**, Cartagena, vol. 51, p. 287–296, 2009.

BORGES, G. S. C. **Caracterização química e avaliação da atividade antioxidante *in vitro* de frutos de jussara (*Euterpe edulis*)**. 2010. 119f. Dissertação (mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

BORGES, G.S.P. et al. Optimization of the extraction of flavanols and anthocyanins from the fruit pulp of *Euterpe edulis* using the response surface methodology. **Food Research International**, v. 44, p. 708-715, 2011.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und. Technolie**, v.28, p.25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, da Pecuária e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e de qualidade para polpas de frutas. **Diário Oficial** [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 1428, de 26 de novembro de 1993. Aprova regulamento técnico para inspeção sanitária de alimentos. **Diário Oficial** [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 1993.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 6, de 23 de setembro de 2008. Lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção. **Diário Oficial** [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 2008.

BUTZ, P.; TAUSCHER, B. Emerging technologies: chemical aspects. **Food Research International**, v.35, p.279-284, 2002.

CALLEGARI, P. **Extração da polpa de açaí a partir dos frutos do palmitero (*Euterpe edulis Martius*) na Mata Atlântica**. 2003. 40p. Trabalho de Conclusão (Graduação em Agronomia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

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.

CAMPOS, F. P. Utilização da tecnologia de alta pressão no processamento de alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, n.2, p. 351-357, jul/dez. 2003.

CANO, M. P.; HERNÁNDEZ, A.; ANCOS, B. High pressure and temperature effects on enzyme inactivation in strawberry and orange products. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 62, n. 1, p. 85-88, 1997.

CANTO, S. A. E. **Processo extrativista do açaí: contribuição da ergonomia com base na análise postural durante a coleta dos frutos**. 2001. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2001.

CARNEIRO, F. R. B. D. **Conservação de polpa de açaí por métodos combinados**, 2000. 135p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, 2000.

CAVALCANTI, R.N., SANTOS, D.T.; MEIRELES, M.A.A. Non-thermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems: An overview. **Food Research International**, v.44, n. 2, p.499-509, mar. 2011.

CORREIA, L. F. M.; FARAONI, A. S.; PINHEIRO SANT'ANA, H. M. Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.19, n.1, p. 83-95, jan./mar 2008.

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

DOSUALDO, G.L. **Efeito do processo de homogeneização a ultra alta pressão na redução da carga microbiana e da atividade enzimática da água de coco**. 2007. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

FARIAS, M. **Reinventando a relação humano - *Euterpe edulis***: do palmito ao açaí. 2009. 85f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

FAVRETO, R. **Aspectos etnoecológicos e ecofisiológicos de *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae)**. Tese (Doutorado em Botânica) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos**: princípios e práticas. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.

FERREIRA, A.L.A.; MATSUBARA, L.S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Revista da Associação Médica Brasil**, v. 43, n.1, p. 61-68, 1997.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança alimentar**, trad. Maria Carolina Minardi Guimarães e Cristina Leonhardt. 1.ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008. 182p.

FREITAS, C. A. S., et al. Estabilidade dos carotenóides, antocianinas e vitamina C presentes no suco tropical de acerola (*Malpighia emarginata* DC.) adoçado envasado pelos processos hot-fill e asséptico. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 30, n. 5, p.942-949, set./out., 2006a.

FREITAS, C. A. S., et al. Estabilidade do suco tropical de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) adoçado envasado pelos processos hot-fill e asséptico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.3 p. 544-549, set. 2006b.

GIUSTI, M. M.; WROSTAD, R.E. Anthocyanins: characterization and measurement with uv-visible spectroscopy. In: WROSTAD, R.E. **Current protocols in food analytical chemistry**. New York: John Wiley & Sons, p.1-13, 2001.

HASSIMOTTO, N. M. A.; **Atividade antioxidante de alimentos vegetais: estrutura e estudo de biodisponibilidade de antocianinas de amora silvestre (*Morus sp.*)**, 2005, 159f. Tese (doutorado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

HEINZ, V., et al. Preservation of liquid foods by pulsed electric fields - basic concepts for process design. **Food Science & Technology**, v.12, p.103-111, 2002.

HENDERSON, A. The genus *Euterpe* in Brazil. In: REIS, M.S.; REIS, A. (Eds.) ***Euterpe edulis* Martius – (Palmito) biologia, conservação e manejo**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, *Sellowia*, n.49-52, p.1-20, 2000.

HENDRICKX, M., et al. Effects of High pressure on enzymes related to food quality (review) Trends. **Food Science & Technology**, v. 9, n.5, p.197-203, 1998.

HOMMA, A. K. O., et al. Açaí: novos desafios e tendências. **Amazônia: Ciência & desenvolvimento**. Belém, v. 1, n. 2, p. 7-23, 2006.

JAEGER, H.; JANOSITZ, A.; KNORR, D. The Maillard reaction and its control during food processing. The potential of emerging technologies. **Pathologie Biologie**, v. 58, p. 207–213, 2010.

JARDIM, M. A. G.; ANDERSON, A. B. Manejo de populações nativas de açaizeiro no estuário amazônico. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 15, p.1-18, dez. 1987.

KUSKOSKI, E. M., et al. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, v.36, n.4, p. 1283-1287, jul-ago, 2006.

LOPES, A.S. **Pitanga e acerola: estudo de processamento, estabilidade e formulação de néctar misto**. 2005. 193p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

LORENZI, H. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo *in natura*)**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 30 p.

MAC FADDEN, J. **A produção de açaí a partir do processamento dos frutos do palmitreiro (*Euterpe edulis Martius*) na Mata Atlântica**. 2005. 100f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

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

MANTOVANI, A.; MORELLATO, L.P.C. Fenologia da floração, frutificação, mudança foliar e aspectos da biologia floral do palmitreiro. In: REIS, M. S. de. REIS, A. (Org.). ***Euterpe edulis Martius – (Palmitreiro) biologia, conservação e manejo***. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000. p.23-38.

MELO, E. A., et al. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira Ciências Farmacêuticas**, vol.44, n.2, p. 193-201. 2008.

MELONI, P.L.S. **Produção de frutas desidratadas**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2002.

MENEZES, E. M. S., et al. Efeito da alta pressão hidrostática na atividade de enzimas da polpa de açaí. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28 n.(supl.), p.14-19, dez. 2008a.

\_\_\_\_\_; TORRES, A. T.; SRUR, A. U. S. Valor nutricional da polpa de açaí (*Euterpe oleracea Mart*) liofilizada. **Acta Amazonica**, v.38, n.2, p. 311-316, 2008b.

NACHTIGALL, A. M., et al. Impacto da luz, ph, ácido ascórbico e glicose na estabilidade de antocianinas da fonte não usual “maria-pretinha” (*Solanum americanum* Mill.). **B.CEPPA**, Curitiba, v. 28, n. 2, p. 213-222, jul./dez. 2010.

NASCIMENTO, R. J. S., et al. Composição em ácidos graxos do óleo da polpa de açaí extraído com enzimas e com hexano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.2, p. 498-502, 2008.

NASCIMENTO, M. S.; SILVA, N. Tratamentos químicos na sanitização de morango (*Fragaria vesca* L). **Brazilian Journal of Food Technologic**, Campinas, v. 13, n. 1, p. 11-17, jan./mar. 2010.

NOGUEIRA, O. L.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; MULLER, A. A. **Açaí**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 137 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Sistemas de Produção, 4)

OLIVEIRA, M. de L.S.; LIMA, C.L.S. de; OLIVEIRA, R.A. Qualidade microbiológica da bebida açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) comercializada na cidade de Belém. In: VI ENCONTRO DE PROFISSIONAIS DE QUÍMICA DA AMAZÔNIA, Manaus, 1988. **Anais...Manaus**, p. 189-195, 1988.

OLIVEIRA, M S. P.; CARVALHO, J.E.U.; NASCIMENTO, W.M.O. **Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 52p. (Série frutas nativas 7).

PADULA, M. Influência da embalagem na vida-de-prateleira de alimentos. In: MOURA, S. C. S. R. de; GERMER, S. P. M. **Manual do curso reações de transformação e vida de prateleira de alimentos processados**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2002.

PAGLIARUSSI, M. S. **A cadeia produtiva agroindustrial do açaí: estudo da cadeia e proposta de um modelo matemático**. 65f. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

PALLET, D., et al. Applications des technologies membranaires aux traitements de jus de fruits brésiliens. Cahiers d'études et de recherches francophones. **Agricultures**, v. 14, n.1, p.159-163, 2005.

PARK, K.J.; YADO, M.K.M.; BROD, F.P. R. Estudo de secagem de pêra bartlett (*Pyrus* sp.) em fatias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21 n.3, set./dez., 2001.

PEDRAS, M.M. **Avaliação de propriedades físico-químicas e funcionais de leite processado por tecnologia de homogeneização a alta pressão**. 2007. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

PEREDA, J.A.O., et al. **Tecnologia de alimentos**. Trad. Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed, 2005.

PEREIRA, E. A.; QUEIROZ, A. J. DE M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Massa específica de polpa de açaí em função do teor de sólidos totais e da temperatura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.526-530, 2002.

POLYDERA, A.C.; STOFOROS, N.G.; TAOUKIS, P.S. Comparative shelf life study and vitamin C loss kinetics in pasteurized and high pressure processed reconstituted orange juice. **Journal of Food Engineering**, n.60, p.21-29, 2003.

POMPEU, D. R.; SILVA, E. M.; ROGEZ, H. Optimization of the solvent extraction of phenolic antioxidants from fruits of *Euterpe oleracea* using response surface methodology. **Bioresource Technology**, vol. 100, p. 6076–6082, 2009.

RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. **Journal of Food Engineering**, v.49, p.311-319, 2001.

REÍ, M.I. Microencapsulation by spray drying. **Drying Technology**, v.16, n.6, p.1195-1236, 1998.

REIS, A. e KAGEYAMA, P.Y.A. Dispersão de sementes do palmitheiro (*Euterpe. edulis* Martius - Palmae). In: REIS, A. e REIS, M.S. ***Euterpe edulis* Martius – Biologia, conservação e manejo sustentado**. 2000, p. 60-92.

REIS, M.S., et al. Sustained yield management of *Euterpe edulis* Martius (Palmae): a tropical palm tree from the Atlantic Tropical Forest. **Journal of Sustainable Forestry**, v.11, n. 3, p.1-17, 2000.

REITZ, R. **Palmeiras**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues. 1974.189p.

\_\_\_\_\_; KLEIN, R.M.; REIS, A. **Projeto Madeira de Santa Catarina**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1978. 320 p.

ROCHA, G. L. **Influência do tratamento térmico no valor nutricional do leite fluido**. 2004. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2004.

RODRIGUES, A. D. **Línguas Brasileiras**: para o conhecimento das línguas indígenas. Edições Loyola, 1986. 134p.

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

ROSENTHAL, A., et al. Processo de produção. In: **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial**: polpa e suco de frutas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 123 p. (Série Agronegócios).

ROSENTHAL, A., et al. Processamento de polpa de açaí por alta pressão hidrostática. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, dez. 2006. (Comunicado técnico 103).

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

ROSSO, V. V. **Composição de carotenóides e antocianinas em acerola. Estabilidade e atividade antioxidante em sistemas-modelo de extratos antociânicos de acerola e açaí.** 2006. 154 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

ROSSO, V.V., et al. Determination of anthocyanins from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) and açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Journal of Food Composition and Analysis**, v.21, n.4, p.291-299, 2008.

RUFINO, M.S.M., et al. **Metodologia Científica:** determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza: Agroindústria Tropical, jul. 2007. (Comunicado Técnico 127).

SAN MARTÍN, M. F.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; SWANSON, B. G. Food processing by high hydrostatic pressure. Critical Reviews. **Food Science and Nutrition**, v. 42, n. 6, p. 627-645, 2002.

SANCHO, F. et al. Effect of ultra-high hydrostatic pressure on hydrosoluble vitamins. **Journal of Food Engineering**, v.39, p.247-253, 1999.

SANTOS, G. M., et al. Correlação entre atividade antioxidante e compostos bioativos de polpas comerciais de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 58, p. 187-192, 2008.

SCHAUSS, A., et al. Antioxidant capacity and others bioactivities of the freeze-dried Amazonian palm berry *Euterpe oleracea* Mart. (açaí). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p.8598-8603, 2006.

SCHIRMANN, G.S. **Composição em ácidos graxos do açaí (*Euterpe edulis*) de diversas regiões de Santa Catarina**, 2009, 91f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SCHULTZ, J. **Compostos fenólicos, antocianinas e atividade antioxidante de açaí de *Euterpe edulis* Martius e *Euterpe oleracea* Martius e influência de diferentes métodos de pasteurização sobre o açaí de *Euterpe edulis*.** 2008. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

SILVA, J. L. V. F. **Análise econômica da produção e transformação em ARPP, dos frutos de *Euterpe edulis* Martius em açaí, no município de Garuva, no estado de Santa Catarina.** 2005. 65f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SILVA, M. G. C.; BARRETO, W. S.; SERÔNIO, M. H. Comparação nutricional da polpa de juçara e de açaí. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Florianópolis/SC, 22 a 26 de novembro de 2004. **Anais...CD ROOM**, Florianópolis, 2004.

SILVA, N., et al. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Varela, 2010.

SILVA JÚNIOR, E. A. **Manual de Controle Higiênico Sanitário em Serviços de Alimentação**. 1. ed., São Paulo: Varela, 2010.

SILVA, J. Z. **Fundamentos da produção e consumo de frutos em populações naturais de *Euterpe edulis Martius***. 2011. 262f. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

SOLER, M. P.; RADOMILLE, L. R.; TOCCHINI, R. P. Industrialização de frutas: processamento. **Manual Técnico n. 8**, Campinas: ITAL, 1991.

SOUSA, M. A. C., et al. Suco de açaí (*euterpe oleracea mart.*): avaliação microbiológica, tratamento térmico e vida de prateleira. **Acta Amazonica**, v. 36, n.4, p.483-496, 2006.

SREBERNICH, S. M. Utilização do dióxido de cloro e do ácido peracético como substitutos do hipoclorito de sódio na sanitização do cheiro-verde minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, vol. 27, n. 4, p. 744-750, out./dez. 2007.

TEIXEIRA NETO, R. O.; VITALI, A. A.; MOURA, S. C. S. R. Introdução à cinética de reação em alimentos. In: MOURA, S. C. S. R.; GERMER, S. P. M. (ed.) **Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados**. 3. ed. Campinas: ITAL. p. 63-83, 2004. (Manual Técnico 6)

TORREZAN, R. Uso da Tecnologia de Alta Pressão para Inativação de Microrganismos em Produtos Cárneos. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos. **CEPPA**, Curitiba, v. 21, n. 2, jan./jun. 2003.

TONON, R. V. **Secagem por atomização do suco de açaí: influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto**. 2009. 212f. Tese (doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

VELOSO, S.S.C.; SANTOS, M.L.S. **Aspectos microbiológicos da bebida Açaí (*Euterpe oleracea Mart.*) consumida na cidade de Belém**. 1994, 71 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Belém, 1994.

VITALI, A. A.; QUAST, D. G. Vida-de-prateleira de alimentos. In: MOURA, S. C. S. R. de; GERMER, S. P. M. **Manual do curso reações de transformação e vida de prateleira de alimentos processados**. Campinas: ITAL, 2002.

YEOM, H.W., et al. Effects of pulsed electric fields on the activities of microorganisms and pectin methyl esterase in orange juice. **Food Microbiology and Safety**, v. 65, n.8, p.1359-1363, 2000.