



**UFAM**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PROGRAMA MULTI-INSTITUCIONAL DE PÓS  
GRADUAÇÃO DE DOUTORADO EM BIOTECNOLOGIA**

**OBTENÇÃO DO CUBIU (*Solanum sessiliflorum* Dunal) EM  
PASSA POR MÉTODOS COMBINADOS**

**FRANCISCA MARTA NASCIMENTO DE OLIVEIRA FREITAS**

**MANAUS**

**2011**



**UFAM**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PROGRAMA MULTI-INSTITUCIONAL DE PÓS  
GRADUAÇÃO DE DOUTORADO EM BIOTECNOLOGIA**

**FRANCISCA MARTA NASCIMENTO DE OLIVEIRA FREITAS**

**OBTENÇÃO DO CUBIU (*Solanum sessiliflorum* Dunal) EM  
PASSA POR MÉTODOS COMBINADOS**

**Tese apresentada ao programa de Pós-  
graduação do curso Multi-institucional de  
Doutorado em Biotecnologia da  
Universidade Federal do Amazonas, como  
parte do requisito para obtenção do título  
de doutora em Biotecnologia.**

**Orientadora: Dra. Jerusa de Souza Andrade**

**MANAUS**

**2011**

Ficha Catalográfica  
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

Freitas, Francisca Marta Nascimento de Oliveira

F866o      Obtenção do cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) em passa por métodos combinados / Francisca Marta Nascimento de Oliveira Freitas. - Manaus: UFAM, 2011.

95 f.; ilust. color.; 30 cm

Tese (Doutorado em Biotecnologia) — Universidade Federal do Amazonas, 2011

Orientadora: Dra. Jerusa de Souza Andrade

1. Cubiu (Fruto) 2. Frutas – Desidratação 3. Fermentação I. Andrade, Jerusa de Souza (Orient.) II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

CDU(1997): 664.8.047(043.2)

## **BANCA EXAMINADORA**

---

Dra. Jerusa de Souza Andrade  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

---

Dr. Antonio Machado Leitão  
Universidade Federal da Amazonas

---

Dra. Lidia Medina Araújo  
Universidade Federal da Amazonas

---

Dra. Leonor Alves de Oliveira da Silva  
Universidade Federal da Amazonas

---

Dr. Rogério Souza de Jesus  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

**Aprovada em 11 de Fevereiro de 2011.**

## *Dedicatória*

*Dedico este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida:*

*Ao amor da minha vida, Francelino Freitas Carvalho (vida), por seu apoio, incentivo e paciência durante todo este trabalho. Ao meu filho amado Natanael de Oliveira Freitas, por tornar meus dias mais alegres e felizes.*

*Aos meus Pais, José Nicácio de Oliveira e Francisca Rosa do Nascimento, por terem me proporcionado tudo quanto foi possível para que eu pudesse chegar até aqui e por seu amor incondicional.*

*Aos meus irmãos, Carlos Kleber, Francisco José, Jucelândia, Fábria Lêda, Patrícia e Jâmerson, pelo amor e amizade.*

*“Confia teus caminhos a Deus e Ele  
tudo fará por ti”*

## *Agradecimentos*

*A Deus, por me ter concedido forças, paciência e coragem nos momentos mais difíceis durante a conclusão dessa etapa e por todas as graças recebidas em toda a minha existência.*

*Ao meu marido, por ter me ajudado e apoiado, ficando com nosso filho, ainda bebê, enquanto eu tinha que assistir aula ou trabalhar no laboratório, e pela paciência que me dedicou durante todo este trabalho.*

*À minha orientadora, Jerusa de Sousa Andrade por toda a ajuda, apoio e orientação na realização deste trabalho.*

*À Universidade Federal do Amazonas e ao INPA, pela oportunidade de realização deste trabalho.*

*À minha amiga Luty Gomez Caceres, por sua ajuda e conselhos valiosos ao longo de todo este trabalho, por ter cuidado com amor por tantas vezes do Natanael, e por ter proporcionado conviver com sua família.*

*Aos Professores doutores da banca examinadora, Antonio Machado Leitão, Lidia Medina Araújo, Leonor Alves de Oliveira da Silva e Rogério Souza de Jesus, pela contribuição no melhoramento deste trabalho.*

*Aos amigos adquiridos durante o doutorado: Emanuel Leite, Glória Maria, Raimundo Souza, Victor Bessa, Lacione, Dona Socorro, Dona Teresinha e Danielle.*

*Aos amigos do curso do doutorado: Esaú, Ederly, Fabiano e Ana Paula.*

*Aos Doutores Nilson Luís de Aguiar Carvalho, Rogério Sousa de Jesus e Leonor Alves de Oliveira da Silva: por terem permitido a utilização de equipamentos e materiais dos seus laboratórios.*

*Ao Doutor Danilo Fernandes Silva Filho, pelos frutos de cubiu utilizados neste trabalho.*

*Ao Doutor Pedro Roberto de Oliveira, por ter me ensinado a utilizar o Texturômetro.*

*Aos funcionários da CPTA: Ribamar e Marluce, pela ajuda e colaboração.*

*Às secretárias do PPG-BIOTEC: Elzimar, Nubiane e Joelma, por sua prestativa colaboração.*

*À secretária do PPG- ATU: Beatriz por sua ajuda nos momentos em que precisei.*

*À FAPPEAM pelo apoio financeiro, concedido como Bolsa de doutorado, para a minha total dedicação.*

*A todos que contribuíram direto e indiretamente, na realização deste trabalho.*

***O meu muito obrigada!***

## **OBTENÇÃO DO CUBIU (*Solanum sessiliflorum* Dunal) EM PASSA POR MÉTODOS COMBINADOS**

**RESUMO:** O cubiu é um fruto com elevados teores de umidade, acidez e pectina. Na desidratação osmótica, a umidade que está associada com o custo do processo e a perecibilidade é reduzida no produto final. A acidez que é um fator limitante da aceitação é mascarada pela incorporação do açúcar. Como substância bioativa, a preservação da pectina mantém a funcionalidade, porém, a hidrólise parcial facilita o processo e assegura a aparência do fruto desidratado. Este trabalho tem como objetivo desenvolver tecnologias de conservação e agregação de valor do cubiu para industrialização na forma de fruto em passa. Os frutos maduros de cubiu foram submetidos a diferentes pré tratamentos: branqueamento ou não, mais fermentação natural ou não e desidratação osmótica rápida ou lenta seguido de secagem por convecção a 65 °C. O processo de fermentação natural foi monitorado pela determinação da umidade, pH, acidez total, cloreto de sódio, textura e pectina das fatias do cubiu. Após a desidratação osmótica rápida e lenta foram determinadas a umidade inicial e de equilíbrio, pH, acidez, açúcares totais, variação de massa, perda de água, ganho de sacarose e eficiência do processo osmótico. Os dados experimentais da secagem convectiva foram ajustados aos modelos de Page, Lewis, Exponencial simples, com dois e três parâmetros e Wang & Singh. Análises físico-químicas e sensoriais foram utilizadas para monitorar todo o processo e a qualidade do produto final. Em relação ao fruto *in natura*, o branqueamento acarretou aumento da umidade e pH, decréscimo da acidez total e do cloreto de sódio e não alterou significativamente a textura. Durante o processo de fermentação natural, os parâmetros umidade, acidez total, textura e pH (controle) sofreram redução dos seus valores, para pH (branqueadas) e cloreto de sódio houve acréscimo dos valores. Os maiores percentuais de variação de massa, perda de água e ganho de sacarose ocorreram em SF/DOR,

SF/DOL e CF/DOL, respectivamente. A maior taxa de secagem foi obtida pelo tratamento submetido ao branqueamento, com fermentação natural e desidratação osmótica rápida, indicando que a fermentação influenciou no aumento da taxa de secagem e na redução do tempo de processo. Os valores de  $r^2$  foram superiores a 99% para os ajustes com os modelos de Page e Exponencial simples com três parâmetros. O processo de fermentação natural foi detectado durante a imersão das fatias do cubiu em soluções de NaCl, branqueadas ou não. As características físicas e físico-químicas das fatias de cubiu sofreram modificações durante o processo de fermentação natural, sendo mais acentuadas nas fatias pré tratadas pelo branqueamento. A variação de massa, perda de água e eficiência do processo foram maiores nos tratamentos sem fermentação natural. O tempo da desidratação osmótica rápida foi reduzido pela fermentação natural. A maior taxa e menor tempo de secagem foram obtidos pelo tratamento submetido ao branqueamento, fermentação natural seguida de desidratação osmótica rápida. Os modelos Exponencial simples com três parâmetros e de Page apresentaram os melhores ajustes aos dados experimentais. Isoladamente, o branqueamento e a fermentação natural melhoraram as características organolépticas do cubiu em passa obtendo os maiores percentuais de aceitação.

**Palavras-chave** – Fermentação natural. Branqueamento. Desidratação osmótica. Secagem convencional.

## **OBTAINING CUBIU (*Solanum sessiliflorum* Dunal) IN PASSES BY COMBINED METHODS**

**Abstract** – The cubiu is a fruit with high moisture, acid and pectin. In osmotic dehydration, the moisture that is associated with the perishability of the process and cost is reduced in the final product. The acidity is a limiting factor for acceptance is masked by the incorporation of sugar. As a bioactive substance, preservation retains the functionality of pectin, however, the partial hydrolysis facilitates the process and ensure the appearance of dehydrated fruit. This study aims to develop technologies for conservation and value addition of cubiu for industrialization in the form of fruit in passes. The ripe fruit of cubiu were subjected to different pretreatments: blanching or not, more natural fermentation or not and rapid or slow osmotic dehydration followed by convective drying at 65 ° C. The natural fermentation process was monitored by the determination of moisture, pH, total acidity, sodium chloride, pectin and texture of the slices of cubiu. After rapid and slow dehydration were determined at equilibrium and initial moisture, pH, acidity, total sugars, mass change, water loss, gain and efficiency of sucrose osmotic process. The experimental data of convective drying models were fitted to the Page, Lewis, simple exponential, with two and three parameters and Wang & Singh. The physic-chemical and sensory characteristics were used to monitor the whole process and final product quality. In relation to fresh fruit, money not increase the moisture and pH, decrease in total acidity and sodium and chloride did not significantly alter the texture. During the process of natural fermentation, the parameters moisture, acidity, texture and pH (control) were reduced from their values for pH (blanched) and sodium chloride was no increase in the values. The highest percentage of mass change, water loss and sucrose gain occurred in SF/DOR, SF/DOL and CF/DOL, respectively. The highest rate of drying was obtained by the treatment before the blanching, with natural fermentation and rapid osmotic dehydration, indicating that fermentation influenced the increase of drying rate and the

reduction of process time. The  $r^2$  values were above 99% for the settings with the Page and Exponential models with three simple parameters. The natural fermentation process was detected during the immersion of slices in NaCl solutions cubiu, blanched or not. The physical and physic-chemical properties of slices cubiu were modified during the natural fermentation process, being more pronounced in slices pre-treated by blanching. The variation in mass loss of water and process efficiency were higher in the treatments without natural fermentation. The time of osmotic dehydration was reduced rapidly by natural fermentation. The highest and lowest drying time were obtained by treatment before the blanching, natural fermentation, followed by rapid osmotic dehydration. The simple exponential model with three parameters and Page have the best fit to experimental data. Separately, money and natural fermentation improved the organoleptic characteristics of cubiu passes in obtaining the highest percentage of acceptance.

**Key words** – Natural fermentation. Blanching. Osmotic dehydration. Conventional drying.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

- Figura 1** – Presença de microrganismos após 24 h de cultivo em meio de cultura BDA e isolados de amostras de fatias de cubiu in natura (a), controle (b) e branqueadas (c) ..... 15
- Figura 2** – Presença de microrganismos após 24 h de cultivo em meio de cultura Ágar Sabouraud e isolados de amostras de fatias de cubiu in natura (a), controle (b) e branqueadas (c)..... 15
- Figura 3** – Presença de microrganismos após 24 h de cultivo em meio de cultura Ágar Nutritivo e isolados de amostras de fatias de cubiu in natura (a), controle (c) e branqueadas (b)..... 16
- Figura 4** – Valores médios da textura das fatias de cubiu durante o processo de fermentação natural ..... 21

### CAPÍTULO 2

- Figura 1** – Cinética da desidratação osmótica das fatias de cubiu pelo processo rápido, com e sem fermentação natural ..... 37

### CAPÍTULO 3

- Figura 1** – Curvas de secagem das fatias de cubiu pré tratadas e secas ..... 49
- Figura 2** – Cinética de secagem das fatias de cubiu pré tratadas, aplicando o modelo de Page ..... 51
- Figura 3** – Cinética de secagem das fatias de cubiu pré tratadas, aplicando o modelo Exponencial simples com três parâmetros ..... 52

### CAPÍTULO 4

- Figura 1** – Perfil característico do cubiu em passa obtido por diferentes tratamentos ... 69
- Figura 2** – Frequência das notas obtidas no teste de aceitação do cubiu em passa. T1 – Controle; T2 – Fermentação natural; T3 – Branqueamento e T4 – Branqueamento e fermentação natural. Gostei (soma das notas 5 a 7); indiferença (nota 4); Desgostei (soma das notas 1 a 3) ..... 69
- Figura 3** – Intenção de compra do cubiu em passa. Escala: 1- Certamente não compraria; 2 - Provavelmente não compraria; 3 - Tenho dúvidas se compraria; 4 - Provavelmente compraria e 5 - Certamente compraria ..... 70

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

<b>Tabela 1</b> - Valores médios do pH, acidez, cloreto de sódio e textura das fatias de cubiu <i>in natura</i> e após o branqueamento .....	<b>17</b>
<b>Tabela 2</b> - Valores médios do teor umidade das fatias de cubiu durante o processo de fermentação natural .....	<b>18</b>
<b>Tabela 3</b> - Valores médios do pH das fatias de cubiu durante o processo de fermentação natural .....	<b>19</b>
<b>Tabela 4</b> - Valores médios da acidez total das fatias de cubiu durante o processo de fermentação natural .....	<b>20</b>
<b>Tabela 5</b> - Valores médios do cloreto de sódio das fatias de cubiu durante o processo de fermentação natural .....	<b>20</b>
<b>Tabela 6</b> – Valores médios da pectina das fatias de cubiu durante o processo de fermentação natural .....	<b>22</b>

### CAPÍTULO 2

<b>Tabela 1</b> - Valores médios da umidade, pH, acidez total e açúcares totais das fatias de cubiu antes e após a fermentação natural .....	<b>34</b>
<b>Tabela 2</b> - Valores médios da umidade, pH, acidez total e açúcares totais das fatias de cubiu após a desidratação osmótica por diferentes soluções com e sem fermentação natural .....	<b>34</b>
<b>Tabela 3</b> - Efeito dos tratamentos e da desidratação osmótica nos parâmetros dos processos de obtenção do cubiu desidratado .....	<b>35</b>

### CAPÍTULO 3

<b>Tabela 1</b> - Avaliação dos modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais da secagem por convecção das fatias de cubiu, utilizando o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e o erro percentual médio (P) .....	<b>50</b>
<b>Tabela 2</b> - Valores médios da umidade final e da atividade de água das fatias de cubiu após os diferentes pré tratamentos seguido de secagem convectiva .....	<b>53</b>

**LISTA DE TABELAS (continuação)****CAPÍTULO 4**

<b>Tabela 1</b> - Valores médios da umidade, pH, acidez total, sólidos solúveis e açúcares totais e redutores das fatias de cubiu <i>in natura</i> e após os pré tratamentos	<b>64</b>
<b>Tabela 2</b> - Valores médios de umidade após a osmose e a secagem durante o processo de obtenção do cubiu em passa .....	<b>65</b>
<b>Tabela 3</b> - Valores médios do pH e da acidez total após a osmose e a secagem durante o processo de obtenção do cubiu em passa .....	<b>66</b>
<b>Tabela 4</b> - Valores médios dos sólidos solúveis após a osmose e a secagem durante o processo de obtenção do cubiu em passa .....	<b>67</b>
<b>Tabela 5</b> - Valores médios dos açúcares totais e redutores (g/100 g de matéria integral) após a osmose e a secagem durante o processo de obtenção do cubiu em passa .....	<b>68</b>

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>vi</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
Objetivo geral .....	4
Objetivos específicos .....	4
<b>CAPÍTULO 1 – Fatores que interferem durante o processo de fermentação natural das fatias de cubiu .....</b>	<b>8</b>
1 – Introdução .....	11
2 – Material e métodos .....	12
3 – Resultados e discussão .....	15
4 – Conclusão .....	22
5 – Referências bibliográficas .....	23
<b>CAPÍTULO 2 – Desidratação osmótica do cubiu pré tratado por fermentação natural .....</b>	<b>26</b>
1 – Introdução .....	29
2 – Material e métodos .....	31
3 – Resultados e discussão .....	33
4 – Conclusão .....	37
5 – Referências bibliográficas .....	38
<b>CAPÍTULO 3 – Cinética da secagem por convecção do cubiu (<i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal) pré tratado .....</b>	<b>40</b>
1 – Introdução .....	43
2 – Material e métodos .....	45
3 – Resultados e discussão .....	48
4 – Conclusão .....	53
5 – Referências bibliográficas .....	54
<b>CAPÍTULO 4 – Influência dos pré tratamentos nas características físico-químicas e sensoriais do cubiu em passa .....</b>	<b>56</b>
1 – Introdução .....	59

2 – Material e métodos .....	61
3 – Resultados e discussão .....	63
4 – Conclusão .....	70
5 – Referências bibliográficas .....	71
<b>CONCLUSÕES FINAIS .....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>78</b>

## INTRODUÇÃO

A Amazônia Legal cobre uma área de aproximadamente 5.000.000 km<sup>2</sup>, estando no Brasil cerca de 60%, os 40% restante são compostos pela Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname e Venezuela. No Brasil, a Amazônia Legal abrange os estados do Amazonas, Amapá, Mato Grosso, oeste do Maranhão, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins. A Amazônia brasileira possui quatro grandes ecossistemas: as florestas densas, as florestas não densas, os cerrados e as várzeas (CLEMENT *et al.*, 2003).

Na Região Amazônica brasileira existem algumas espécies de fruteiras domesticadas ou cultivadas de grande potencial agroindustrial, ainda pouco exploradas (BEZERRA *et al.*, 2006). Dentre estas, se destaca o cubiu, planta frutífera, pertencente à família *Solanaceae*, gênero *Solanum*. É nativa da Amazônia que apresenta potencialidades para a agroindústria devido à alta produção de frutos e rusticidade, com elevada concentração de ácido cítrico (LOPES e PEREIRA, 2005). Silva Filho *et al.* (2005) reportam que os frutos de cubiu são tradicionalmente utilizados como alimento, medicamento e cosméticos, sendo um importante recurso genético para o povo da Amazônia, e segundo Yuyama *et al.* (2002) é um produto com potencial para o mercado de consumo nos países amazônicos.

Os frutos são organismos vivos que na sua maioria, continuam o processo de amadurecimento após a colheita, reduzindo seu tempo de vida. Segundo Fioreze (2004), em algumas regiões, as perdas com os frutos podem chegar a 60%. Contudo, estas perdas poderiam ser minimizadas se estes materiais fossem utilizados como matéria-prima para a indústria, transformando-os em outros produtos, tais como: frutas em passa ou cristalizadas, geléias, doces, produtos em pó e outros.

Desde os tempos remotos, o homem vem buscando e aperfeiçoando técnicas de preservar os alimentos. A combinação de métodos de conservação de alimentos visa utilizar o

efeito combinado de diversos fatores de preservação, tais como: branqueamento, desidratação osmótica, secagem convencional entre outras, com a finalidade de preservar o mesmo (BRANDELERO *et al.*, 2005).

O branqueamento de vegetais visa inativar as enzimas, tais como a peroxidase e a polifenoloxidase, responsáveis pelo desenvolvimento de cor, sabor e odor indesejáveis durante o processamento, e contribui para um cozimento parcial do tecido vegetal, tornando a membrana celular mais permeável à passagem de vapor de água, conseqüentemente, favorecendo a secagem posterior, com maiores taxas de secagem e melhorando a textura do produto (AGUIRRE *et al.*, 1982).

A fermentação natural em frutos rígidos, ricos em celulose e pectina, se mostra como um pré-tratamento, capaz de favorecer o açucaramento desses frutos, devido à hidrólise das pectinas ocasionada pela ação das enzimas bacterianas. Durante esta fase, ocorrem certas trocas que se traduzem numa perda da firmeza, parcial desidratação, e numa desejável translucidez do produto final, adquirindo o fruto, através desse processo, uma plasticidade adequada, o que evita o enrugamento durante o processo de açucaramento (JACKIX, 1988).

A secagem ou desidratação é um processo de conservação no qual se faz a remoção total ou parcial da água do alimento e este processo pode ser feito através de secadores ou através da utilização de soluções.

A desidratação osmótica é um método de remoção parcial de água dos alimentos. Baseia-se na imersão dos alimentos em soluções hipertônicas de um ou mais solutos, originando dois fluxos simultâneos e opostos: saída de água do produto para a solução e migração de solutos da solução para o produto. A saída de sólidos naturais do alimento é quantitativamente desprezível, embora possa ser importante no que diz respeito às características sensoriais e nutricionais (TONON *et al.*, 2006).

A perda de água durante a desidratação osmótica está associada à incorporação de solutos. A incorporação de sólidos pode ser desejável por mascarar a acidez natural dos frutos, melhorando o sabor do produto final (SOUSA *et al.*, 2003). Como a atividade de água nos alimentos está relacionada com o crescimento de microrganismos e efetivação de reações químicas, a retirada de água reduz o crescimento destes microrganismos e impede as reações bioquímicas que dependem da umidade, evitando a rápida perda que ocorre nos frutos *in natura*, assim, a desidratação é uma forma de conservação dos alimentos. Além disso, este processo possibilita a redução dos custos energéticos, da perecibilidade e do volume a ser transportado. No entanto, para os alimentos, no caso dos frutos, o seu peso é reduzido aproximadamente 50% do peso original pela desidratação osmótica, sendo necessária a utilização de uma secagem complementar.

A secagem em estufa se apresenta como uma alternativa que também provoca as mesmas alterações da desidratação osmótica, excluindo a incorporação de sólidos. Entretanto, a perda da quase totalidade da água livre presente nos alimentos, não ocorre pela diferença de pressão osmótica, mas pela vaporização ou sublimação da água (PARK *et al.*, 2001).

A secagem é um processo que utiliza energia térmica para remover parte ou quase a totalidade da água dos frutos, sob condições de temperatura, umidade e velocidade do ar cuidadosamente controlado (VILLAR, 1999).

Nesse contexto, a utilização do processo de desidratação osmótica pode garantir um produto final com maior teor de açúcar, o que significa uma melhora da qualidade sensorial, um aumento de vida de prateleira e características mais uniformes no produto pré-processado, devido principalmente à retirada parcial da água e ao efeito protetor do soluto utilizado (FERRARI *et al.*, 2005). É uma técnica viável e de aplicação relativamente simples, podendo ser realizada por pequenas indústrias ou até mesmo nas propriedades rurais (MOTA, 2005).

Os frutos desidratados vêm apresentando profundas mudanças no comércio brasileiro, pois é um produto que se encaixa em um nicho de mercado em crescimento. Os frutos secos apresentam alto valor agregado quando comparado aos frutos comprados *in natura*, possuindo vantagens como a conveniência e aproveitamento integral do produto. Estes, também apresentam vantagens aos produtores, uma vez que proporcionam a adição de valor ao produto, possibilitando a eliminação de perdas em épocas de safra e o uso dos frutos fora do padrão de exportação (CODEVASF, 2008).

No Brasil, de acordo com a Resolução nº 12 de 24 de julho de 1978, o fruto passa é considerado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) como:

“A fruta seca ou passa é definido como o produto obtido pela perda parcial da água do fruto maduro, inteiro ou em pedaços, por processos tecnológicos adequados” (BRASIL, 1978).

Diante do exposto, este trabalho tem a finalidade de ampliar os conhecimentos sobre o cubiu, fruto típico da região amazônica, proporcionando uma futura fonte de renda para os vários produtores locais e à indústria de alimentos.

O **objetivo geral** deste trabalho é de desenvolver tecnologias de conservação e agregação de valor do cubiu para industrialização na forma de fruto em passa.

Dentro desse contexto, os objetivos específicos deste trabalho são:

- Avaliar os fatores que interferem durante o processo de fermentação natural das fatias de cubiu;
- Avaliar a desidratação osmótica do cubiu pré tratado por fermentação natural;
- Avaliar a cinética da secagem por convecção do cubiu pré tratado;

- Avaliar a influência dos pré tratamentos nas características físico-químicas e sensoriais do cubiu em passa;

O presente texto está estruturado da forma como descrita a seguir:

Capítulo 1 - Fatores que interferem durante o processo de fermentação natural das fatias de cubiu

Capítulo 2 - Desidratação osmótica do cubiu pré tratado por fermentação natural;

Capítulo 3 - Cinética da secagem por convecção do cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) pré tratado

Capítulo 4 - Influência dos pré tratamentos nas características físico-químicas e sensoriais do cubiu em passa

Conclusão final

## Referências bibliográficas

AGUIRRE, J. M. *et al.* Efeito do branqueamento na preservação das qualidades da cenoura desidratada. **Boletim do Ital**, v. 19, n.4, p. 403-422, 1982.

BEZERRA, G. A. S., *et al.* Influência da adição de sacarose na estabilidade da polpa de bacuri conservada por métodos combinados. **Ciência agrotécnica**, v. 30, n. 4, p. 715-723, 2006.

BRANDELERO, R. P. H. *et al.* Aplicação de revestimento comestível em abacaxis processados por métodos combinados: Isotherma de sorção e cinética de desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 285-290, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde; Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução - CNNPA nº 12, de 24 julho de 1978. Brasília - DF: Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, 1978.

CLEMENT, C. R.; VAL, A. L.; OLIVEIRA, J. A. O desafio do desenvolvimento sustentável na Amazônia. **T & C Amazônia**, Manaus, Ano 1, n. 3, 2003.

CODEVASF. Projeto integrado de negócios sustentáveis – PINS: **Cadeia produtiva de frutas secas/desidratadas: oportunidade de investimento em frutas desidratadas e uva passa nos Vales do São Francisco e do Parnaíba**. Centro de Conhecimento em Agronegócios (PENSA). Brasília: CODEVASF, 2008. 33p.

FERRARI, C. C. *et al.* Cinética de transferência de massa de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose e maltose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 564-570, 2005.

FIGLIARELLI, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos**. 1ª edição. João Pessoa: Editora UFPB, 2004. 229 p.

JACKIX, M. H. **Doces, Geléias e frutas em calda (Teoria e prática)**. Campinas: Ícone, 1988. 172 p.

LOPES, J. C.; PEREIRA, M. D. Germinação de sementes de cubiu em diferentes substratos e temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 2, p. 146-150, 2005.

MOTA, R. V. Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêssego submetidas à desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 789-794, 2005.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra bartlett (*Pyrus* sp.) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 1, p. 73-77, 2001.

SILVA FILHO, D. F. *et al.* Caracterização e avaliação do potencial agrônomo e nutricional de etnovarietades de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 4, p. 399-406, 2005.

SOUSA, P. H. M. *et al.* Desidratação osmótica de frutos. **Boletim SBCTA**, v. 37, suplemento, p. 94-100, 2003.

TONON, R. V.; BARONI, A. F.; HUBINGER, M. D. Estudo da desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias pela metodologia de superfície de resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 715-723, 2006.

YUYAMA, L. K. O. *et al.* Avaliação da estabilidade físico-química da polpa do fruto de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) tratada termicamente e armazenada congelada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS DE ALIMENTOS, 18. 2002. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA. 2002. CD.

VILLAR, C. G. **Estudo do desempenho de um secador convectivo de bandejas para a secagem de banana: Análise da influência das variáveis operacionais.** 1999. 75f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

# **CAPÍTULO 1**

## **FATORES QUE INTERFEREM DURANTE O PROCESSO DE FERMENTAÇÃO NATURAL DAS FATIAS DE CUBIU**

## FATORES QUE INTERFEREM DURANTE O PROCESSO DE FERMENTAÇÃO NATURAL DAS FATIAS DE CUBIU

**Resumo:** O cubiu é um fruto com altos teores de umidade, acidez e pectina. A aplicação de pré tratamentos hidrolisa parcialmente a pectina, favorecendo a incorporação de solutos numa posterior desidratação osmótica, reduzindo a umidade e mascarando a acidez. Este estudo tem por objetivo avaliar os efeitos da fermentação natural nas características físicas, físico-químicas e microbiológicas do cubiu. Frutos maduros de cubiu passaram por seleção, descasque, corte em quatro partes, retirada das sementes e as fatias foram divididas em dois lotes. Um dos lotes foi submetido ao branqueamento por imersão durante 1 minuto em água a 95° C e imediatamente em banho de água com gelo. Ambos foram submetidos à fermentação natural com concentrações crescentes (2, 4, 6 e 8 %) de NaCl e tempo de 24 h de imersão em cada concentração. O processo foi monitorado pelas análises de umidade, pH, acidez total, cloreto de sódio, textura e pectina das fatias do cubiu. Em relação ao fruto *in natura*, o branqueamento acarretou aumento da umidade e pH, decréscimo da acidez total e do cloreto de sódio e não alterou significativamente a textura. Durante o processo de fermentação natural os parâmetros umidade, acidez total, textura e pH (controle) sofreram redução dos seus valores, para pH (branqueadas) e cloreto de sódio houve acréscimo dos valores. O processo de fermentação natural foi detectado durante a imersão das fatias do cubiu pré tratado ou não em soluções de NaCl. As características físicas e físico-químicas das fatias de cubiu sofreram modificações durante o processo de fermentação natural, sendo mais acentuadas nas fatias pré tratadas pelo branqueamento.

**Palavras-chave:** *Solanum sessiliflorum* Dunal, Branqueamento, propriedades físicas e físico-químicas, microbiologia.

## **FACTORS THAT INTERFERE IN THE PROCESS OF NATURAL FERMENTATION OF THE SLICES CUBIU**

**Abstract:** The cubiu is a fruit with high moisture content, acid and pectin. The application of pretreatments partially hydrolyzed pectin, favoring the incorporation of solutes in a subsequent osmotic dehydration, reducing moisture and masking the acidity. This study aims to assess the effects of natural fermentation on the physical, physico-chemical and microbiological cubiu. Ripe cubiu undergone selection, peel, cut into four pieces, seeds removed and the slices were divided into two lots. One batch was subjected to blanching by immersion in water for 1 minute at 95 ° C and immediately bathed in ice water. Both were subjected to natural fermentation with increasing concentrations (2, 4, 6 and 8%) NaCl and 24 h time of immersion in each concentration. The process was monitored by moisture, pH, total acidity, sodium chloride, pectin and texture of the slices of cubiu. In relation to fresh fruit, moisture did not increase the moisture and pH, decrease in total acidity and sodium and chloride did not significantly alter the texture. During the process of natural fermentation parameters moisture, acidity, texture and pH (control) were reduced from their values for pH (bleached) and sodium chloride was no increase in the values. The natural fermentation process was detected during the immersion of slices of cubiu pre treated or not in NaCl solutions. The physical and physico-chemical properties of slices cubiu were modified during the natural fermentation process, being more pronounced in slices pre-treated by blanching.

**Key words:** *Solanum sessiliflorum* Dunal, Blanching, physical and physico-chemical properties, microbiology.

## 1 - Introdução

O cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) pertence à família das *Solanaceae*, nativa da Amazônia Ocidental e presente em toda a Amazônia Brasileira, Peruana e Colombiana (YUYAMA *et al.*, 2007). O cubiu é uma planta rústica, fácil de ser cultivada e muito produtiva, podendo atingir 100 toneladas de frutos por hectare, dependendo do genótipo cultivado, e assim, sob o ponto de vista econômico, torna-se uma matéria-prima importante para a agroindústria (SILVA FILHO *et al.*, 2005). Seus frutos apresentam altos teores de umidade e de acidez, limitando, respectivamente, a conservação pós colheita e o consumo *in natura*. Andrade Júnior (2006) verificou que, independente do estágio de maturação, o cubiu apresenta altos teores de pectinas, o que é desejável quanto ao aspecto nutricional, mas que dificulta a incorporação de solutos no processo de desidratação osmótica.

A aplicação de pré tratamentos, como o branqueamento e a fermentação natural, acarreta modificações, em diferentes graus, na resistência da parede celular para o fluxo de água e na integridade das membranas (NIETO *et al.*, 2001), podendo serem utilizados antes dos processos osmóticos para favorecer a incorporação dos solutos.

O branqueamento é um pré tratamento que propicia o cozimento parcial do tecido vegetal, promovendo mudanças nos polímeros de pectina da parede celular e lamela média (CANET *et al.*, 2005), tornando a membrana celular mais permeável à passagem de vapor de água, induzindo, no caso de secagem posterior, em maiores taxas de secagem e melhor textura do produto (AGUIRRE *et al.* 1982), além de inativar enzimas cuja atividade implica no desenvolvimento de cor, sabor e odor indesejáveis (LUÍZ; HIRATA; CLEMENTE, 2007).

A fermentação natural em frutos rígidos é um pré tratamento que causa a hidrólise das pectinas pela ação das enzimas bacterianas, favorecendo ao açucaramento, a perda da firmeza e uma parcial desidratação dos frutos, evitando assim, o enrugamento durante um posterior

processo de secagem e proporcionando ao produto final uma desejável plasticidade e translucidez (JACKIX, 1988).

Para preservar as características do fruto e suas propriedades funcionais, variar a forma de uso e facilitar a aceitação é necessário o emprego de tecnologias de processamento (OLIVEIRA; ANDRADE; GOMEZ CACERES, 2008). No entanto, qualquer que seja o processamento, por mais simples que seja, traz consequências nas características físicas, químicas, físico-químicas e nutricionais (GOMEZ CACERES *et al.*, 2009), sendo imprescindível estudar as alterações nas características física e físico-químicas.

Vários estudos foram desenvolvidos sobre o cubiu até o presente momento, como obtenção e conservação da polpa (OLIVEIRA, 2002), elaboração de néctar (OLIVEIRA, 1999), geléia convencional (MACEDO, 1999), geléia dietética (YUYAMA *et al.*, 2008) e uso de soluções ternárias para produção de fruto desidratado (GOMEZ CACERES, 2010). Estes estudos tiveram como objetivo ampliar o interesse no cultivo do cubiu para a expansão dos Arranjos Produtivos Locais, para uso na formulação de alimentos (GOMEZ CACERES *et al.*, 2008) e na elaboração de novos produtos, podendo proporcionar uma nova fonte de renda para a população da região.

Diante do exposto, este estudo tem por objetivo avaliar os efeitos da fermentação natural nas características física, físico-química e microbiológica das fatias de cubiu.

## **2 - Material e métodos**

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Bioquímica de Alimentos e Fisiologia Pós-colheita do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e no Laboratório de Fermentação da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

Os frutos de cubiu foram colhidos maduros de plantas cultivadas na Estação experimental do Ariaú, pertencente ao INPA. Estes passaram pelas etapas de seleção, lavagem, sanitização por imersão durante 15 minutos em solução de hipoclorito de sódio a 0,02%, enxágue, descasque manual com faca de aço inoxidável, fatiamento pelo corte do fruto em quatro partes, e retirada das sementes. As fatias foram divididas em dois lotes, sendo o primeiro submetido ao branqueamento e fermentação natural e o segundo lote submetido a fermentação natural, porém, sem o prévio branqueamento (controle).

O branqueamento consistiu na imersão das fatias durante um minuto em água a 95 °C e imediatamente em banho de água com gelo (OLIVEIRA, 2002). A fermentação natural foi conduzida por imersão em soluções com concentrações crescentes de 2, 4, 6 e 8% de NaCl. O tempo de permanência em cada concentração foi de 24 h, a proporção fatias:salmoura foi de 1:10 e a temperatura média do ambiente foi mantida em 26 °C ± 0,82. Embalagens flexíveis (sacos de plásticos) cheias de água e fechadas hermeticamente foram colocadas sobre as fatias, na superfície da cuba de fermentação, para garantir a total e permanente imersão das fatias durante todo o processo.

As avaliações físicas e físico-químicas (textura, pH, acidez total, cloreto de sódio, e pectina) foram realizadas antes (*in natura*) e após os processos de branqueamento e fermentação natural, bem como durante todo o processo de fermentação natural. A textura das fatias foi determinada através do texturômetro *Texture analyser* da marca *Stable Micro Systems* e modelo TA-XT2, utilizando pedaços do mesocarpo do cubiu medindo 1 x 3 x 1 cm. Todas as leituras foram realizadas com a superfície interna voltada para cima (para a sonda) e as condições de operação para medida de força e compressão foram: sonda cilíndrica de 40 mm; distância de 4 mm; velocidades de 2, 1 e 5 mm/s para pré-ensaio, ensaio e pós-ensaio, respectivamente. O pH foi medido em potenciômetro e a acidez por titulação com solução de NaOH 0,1N e fenolftaleína como indicador; os teores de cloreto de sódio foram determinados

segundo o Método de Mohr, baseado na titulação com nitrato de prata e cromato de potássio como indicador (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). A pectina foi determinada pelo método de Carbazol descrita por Southgate (1991), a partir dos sólidos insolúveis em álcool - AIS (CANTOR *et al.*, 1992).

A confirmação do processo de fermentação natural foi avaliada através do cultivo em meios apropriados para crescimento microbiano em condições assépticas. Os meios de cultura utilizados nos cultivos foram: Batata Dextrose Ágar (BDA) para leveduras, Ágar Sabouraud Dextrose para fungos filamentosos e Ágar Nutriente para bactérias.

Os meios de cultura foram preparados e esterilizados conforme indicação do fabricante. Após a esterilização foram adicionados cerca de 150mg/L de meio do antibiótico clorofenicol ao meio BDA; 100 µg/mL de burlate = DMSO - Dimetilsulfóxido (fungicida) ao meio Ágar nutriente, e 400 mg/L meio de cicloexamida + 150mg/L meio de clorofenicol ao meio Ágar Sabouraud.

Na análise foram utilizadas amostras das fatias de cubiu in natura e após fermentação natural, pré tratada (branqueada) ou não (controle). Para o preparo, 10 g das fatias foram misturadas com 90 g do Tampão PBS (8g NaCl, 0,2g KCl, 1,44g Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0,24g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 1L de água destilada), conforme metodologia descrita em Gava (2002). Estas misturas foram mantidas em agitação durante 30 minutos em Shaker a 100 rpm a temperatura a 26 °C. Após este período foi retirado 0,1 mL da solução contendo amostra mais Tampão PBS para inocular as placas contendo os diferentes meios. As placas em triplicatas foram incubadas por 48 horas em estufa tipo BOD com temperatura de 37 ± 1°C.

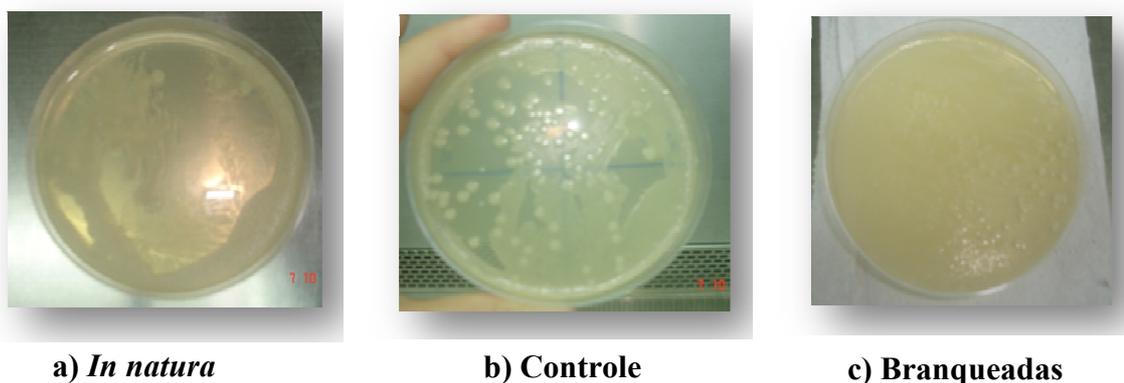
Os dados experimentais foram analisados estatisticamente através do programa computacional ASSISTAT, versão 7.5 beta (SILVA e AZEVEDO, 2002). A comparação entre médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3 - Resultados e discussão

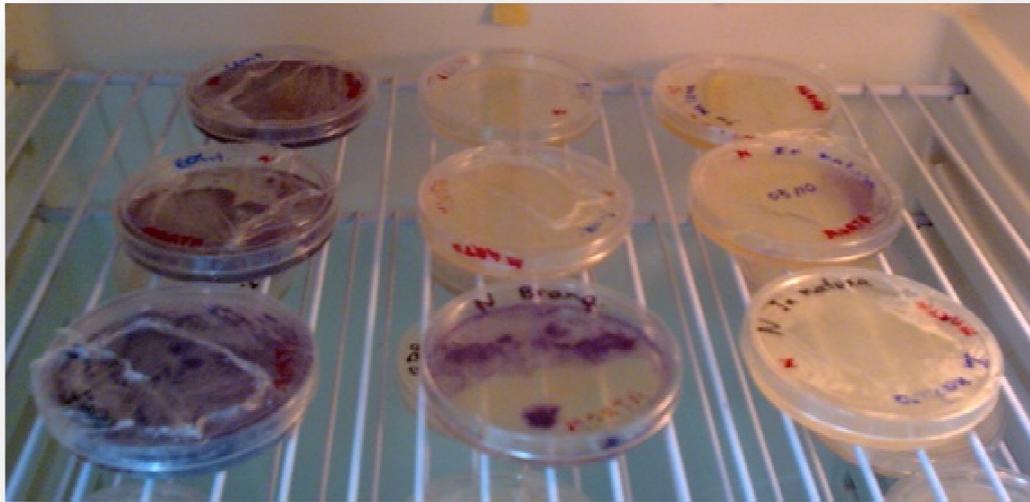
De acordo com a metodologia descrita no item 2, foram detectadas a presença de diferentes microrganismos nas fatias de cubiu *in natura* e após o tratamento por imersão em soluções de NaCl, previamente branqueadas ou não (controle), conforme pode-se observar nas Figuras 1, 2 e 3.



**Figura 1** - Presença de microrganismos após 24 h de cultivo em meio de cultura BDA e isolados de amostras de fatias de cubiu *in natura* (a), controle (b) e branqueadas (c).



**Figura 2** - Presença de microrganismos após 24 h de cultivo em meio de cultura Ágar Sabouraud e isolados de amostras de fatias de cubiu *in natura* (a), controle (b) e branqueadas (c).



c) Controle

b) Branqueadas

a) *In natura*

**Figura 3** - Presença de microrganismos após 24 h de cultivo em meio de cultura Ágar Nutritivo e isolados de amostras de fatias de cubiu *in natura* (a), controle (c) e branqueadas (b).

Os valores médios da umidade, pH, acidez total, cloreto de sódio, textura e pectina das fatias de cubiu *in natura* e após o branqueamento estão ilustrados na Tabela 1. Observa-se que houve diferença estatística entre os tratamentos estudados ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, exceto para textura.

Observa-se que os coeficientes de variação de todos os parâmetros avaliados foram inferiores a 4,7 %; portanto, considerados baixos (< 5%), segundo classificação de SANTOS *et al.* (2003), significando que as análises realizadas apresentaram ótima precisão experimental.

A aplicação do branqueamento acarretou num aumento da umidade e pH. No entanto, a acidez total, cloreto de sódio e a pectina sofreram um decréscimo, ocasionado pela

dissolução na água durante o processo. A textura não sofreu alteração significativa, indicando o não cozimento devido ao curto tempo de branqueamento utilizado no experimento.

Yuyama *et al.* (2008) encontraram para polpa de cubiu, valores de umidade e pH de 94,32 % e 4,79, respectivamente, os quais são superiores aos observados nessa pesquisa, isto se deve pela diferença nas características dos frutos do cubiu. Andrade Júnior (2006) encontrou um teor de pectina de 1,86 g/100g para uma porção de material integral (com casca, polpa e placenta) de cubiu maduro, sendo este valor muito superior ao encontrado neste estudo. Pode-se observar que o percentual de diminuição do teor de pectina foi de 25,93% após a aplicação do branqueamento. Este resultado era esperado, pois a fibra solúvel pode ser afetada pelas condições do processamento (MARINQUE e LAJOLO, 2001).

**Tabela 1** – Valores médios de umidade, pH, acidez, cloreto de sódio, textura e teor de pectinas das fatias de cubiu *in natura* e após o branqueamento

Parâmetros	<i>In natura</i>	Após branqueamento	Média geral	DMS	C.V. (%)
Umidade (%)	92,45 B	93,39 A	92,92	0,73	0,34
pH	4,36 B	4,84 A	4,59	0,02	0,23
Acidez total (mL de NaOH)	13,81 A	5,29 B	9,54	0,89	4,14
Cloreto de sódio (% NaCl)	0,32 A	0,13 B	0,23	0,02	4,67
Textura (N)	26,93 A	25,99 A	26,46	2,39	3,98
Pectinas (mg/100g)	744,46 A	551,42 B	647,94	3,61	0,24

DMS – Desvio mínimo significativo; C. V. – Coeficiente de variação.

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores médios do teor de umidade das fatias de cubiu durante o processo de fermentação natural são demonstrados na Tabela 2. Pode-se observar que a fermentação natural reduziu os teores de umidade em relação aos frutos *in natura*. O controle apresentou diminuição de umidade superior em comparação as fatias pré tratadas com branqueamento, isto era esperado já que após o branqueamento, houve um aumento do teor de umidade das fatias (Tabela 1).

Os tratamentos diferiram estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, exceto no controle imerso nas concentrações das soluções 6 e 8%, e nas fatias pré tratadas por branqueamento imersas nas concentrações das soluções 2 e 4%.

**Tabela 2** – Valores médios do teor umidade das fatias de cubiu durante o processo de fermentação natural

Concentração das soluções (% NaCl)	Umidade (%)	
	Controle	Branqueadas
2	90,58 aB	93,94 aA
4	89,27 bB	93,74 aA
6	88,14 cB	91,37 bA
8	87,82 cB	90,04 cA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Na Tabela 3 são indicados os valores médios do pH das fatias de cubiu durante o processo de fermentação natural. Nota-se que para o controle, não houve uma tendência definida de acréscimo ou decréscimo em função do aumento da concentração da solução. Já nas fatias branqueadas essa tendência é de acréscimo.

Os valores médios do pH das fatias de cubiu branqueadas, ou não, diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade, exceto para os tratamentos imersos na solução de cloreto de sódio a 4 %, e para o tratamento submetido ao branqueamento entre as soluções de 2 e 4%.

**Tabela 3** – Valores médios do pH das fatias de cubiu durante o processo de fermentação natural

Concentração das soluções (% NaCl)	pH	
	Controle	Branqueadas
2	4,28 aA	4,13 cB
4	4,23 dA	4,19 cA
6	4,46 bB	4,62 bA
8	4,39 cB	4,88 aA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Na Tabela 4 estão expostos os valores médios da acidez total das fatias de cubiu obtidos durante o processo de fermentação natural. Constatou-se que os valores médios da acidez total diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, mas para o tratamento previamente submetido ao branqueamento, a acidez total permaneceu estatisticamente inalterada entre as soluções de 2% e 4%, e também, entre as soluções de 4, 6 e 8%.

Os percentuais de redução da acidez após o término do processo de fermentação em relação aos frutos *in natura* foram de 71,90% (Controle) e 97,75% (branqueadas).

A acidez total dos dois tratamentos diminuiu à medida que aumentou a concentração de cloreto de sódio da solução de imersão. Uma explicação para este fato é que, a diferença de concentração entre as fatias e a solução de NaCl ocasiona a saída de solutos naturais, tais como os ácidos orgânicos.

**Tabela 4** – Valores médios da acidez total das fatias de cubiu durante o processo de fermentação natural

Concentração das soluções (% NaCl)	Acidez total (mL de NaOH)	
	Controle	Branqueadas
2	11,99 aA	1,05 aB
4	8,93 bA	0,55 abB
6	4,59 cA	0,39 bB
8	3,88 dA	0,31 bB

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios detectados de cloreto de sódio das fatias de cubiu durante o processo de fermentação natural. Observa-se que houve diferença estatística entre os tratamentos avaliados ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em relação aos frutos *in natura* pode se observar um aumento dos teores de cloreto de sódio, decorrente das membranas celulares serem permeáveis aos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  (BORIN *et al.*, 2008), permitindo assim, alta impregnação desse soluto.

Os maiores percentuais do cloreto de sódio foram encontrados nas fatias submetidas previamente ao branqueamento. Este comportamento está de acordo com Heng *et al.* (1990) quando dizem que, por aumentar a permeabilidade, e conseqüentemente, diminuir a seletividade celular, o branqueamento também pode favorecer o ganho de sólidos, pela incorporação de solutos durante posterior desidratação osmótica.

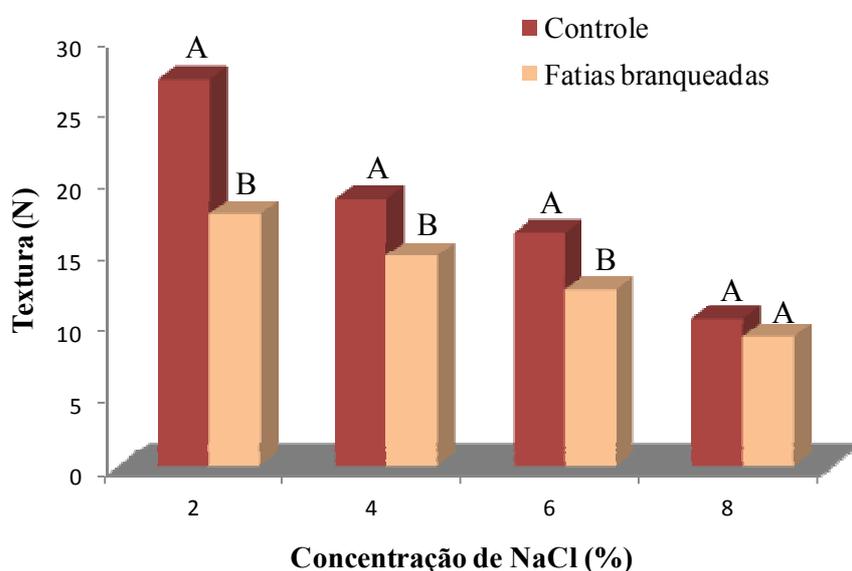
**Tabela 5** – Valores médios do cloreto de sódio das fatias de cubiu durante o processo de fermentação natural

Concentração das soluções (% NaCl)	Cloreto de sódio (% NaCl)	
	Controle	Branqueadas
2	1,03 dB	1,48 dA
4	2,75 cB	3,10 cA
6	3,57 bB	6,26 bA
8	5,46 aB	7,02 aA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Na Figura 4 são apresentados os valores da textura em função da concentração do cloreto de sódio das soluções. Pode-se observar que houve diminuição da textura proporcional ao aumento da concentração da solução. As perdas maiores foram nas fatias previamente tratadas com branqueamento, ocasionado pelo amolecimento devido à degradação térmica.

Os tratamentos diferiram estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, exceto na concentração da solução de 8% que não existe diferença entre o controle o as fatias pré branqueadas.



As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Figura 4** - Valores médios da textura das fatias de cubiu durante o processo de fermentação natural.

Na Tabela 6, são apresentados os valores do teor de pectina das fatias de cubiu durante o processo de fermentação natural. Nota-se que houve diferença estatística significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey entre os tratamentos avaliados. Em ambos os tratamentos houve um decréscimo dos valores da pectina à medida que foram aumentando as concentrações das soluções de NaCl. Os percentuais de redução ao fim do processo em

relação à polpa *in natura* (Tabela 1) foram de 88,73 e 96,02% para o controle e branqueadas, respectivamente. As fatias que previamente não foram submetidas ao branqueamento (controle) apresentaram maiores valores.

**Tabela 6** – Valores médios da pectina das fatias de cubiu durante o processo de fermentação natural

Concentração das soluções (% NaCl)	Pectina (mg/100 g de cubiu)	
	Controle	Branqueadas
2	339,14 aA	230,71 aB
4	161,30 bA	98,52 bB
6	105,97 cA	55,16 cB
8	83,91 dA	29,59 dB

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

#### 4 - Conclusões:

O processo de fermentação natural foi detectado durante a imersão das fatias do cubiu em soluções de NaCl, branqueada ou não.

O branqueamento acarretou aumento dos valores da umidade e pH, e decréscimo da acidez total, cloreto de sódio e pectina, enquanto a textura permaneceu inalterada.

As características físicas e físico-químicas das fatias de cubiu sofreram modificações durante o processo de fermentação natural, tais como, redução da umidade, textura e pectina, e acréscimo da acidez e cloreto de sódio, e uma leve tendência de aumento do pH, sendo mais acentuadas nas fatias pré tratadas pelo branqueamento.

A fermentação natural é eficiente na redução dos teores da pectina, podendo ser utilizada com pré tratamento da desidratação osmótica.

## 5 - Referências bibliográficas:

AGUIRRE, J. M. *et al.* Efeito do branqueamento na preservação das qualidades da cenoura desidratada. **Boletim do Ital**, v. 19, n.4, p. 403-422, 1982.

ANDRADE JÚNIOR, M. C. **Mudanças dos Índices Físico-Químicos e Toxicológicos de Frutos de Cúbio (*Solanum sessiliflorum* Dunal) em Diferentes Estádios de Maturação.** 2006. 128f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos), Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

BORIN, I. *et al.* Efeito do pré-tratamento osmótico com sacarose e cloreto de sódio sobre a secagem convectiva de abóbora. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 28, n. 1, p. 39-50, 2008.

CANET, W.; ALVAREZ, M. D.; LUNA, P.; FERNÁNDEZ, C.; TORTOSA, M. E. Blanching effects on chemistry, quality and structure of green beans (cv. *Moncayo*). **European Food Research and Technology**, v. 220, n. 1, p. 421-430, 2005.

CANTOR, S.; MEREDITH, F. I.; WICKER, L. Postharvest Changes of Pectic Substances in Chilled Peaches. **Journal of Food Biochemistry**, v. 16, n. 1, p. 15-29, 1992.

GAVA, M. A. **Desempenho de diferentes meios de cultura utilizando na avaliação de fungos presentes em ambientes de produção de alimentos.** 2002. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciências: Microbiologia Agrícola) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GOMEZ CACERES, L. P. **Otimização da desidratação do fruto do cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) utilizando solução ternária.** 2010. 88f. Dissertação (Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

GOMEZ-CACERES, L. *et al.* Alterações nas propriedades físico-químicas do cubiu pré desidratado em diferentes soluções seguido de secagem. In: **WORKSHOP AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO**, 1. 2009. Manaus. **Anais...** 2009. CD.

GOMEZ-CACERES, L.; ANDRADE, J. S.; OLIVEIRA, F. M. N. de. Métodos de descasque e branqueamento para o cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal), um fruto da Amazônia. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 21 e SEMINÁRIO LATINO AMERICANO E DO CARIBE DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**, 15. 2008, Belo Horizonte. **Anais...** 2008. CD

HENG, K.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Osmotic dehydration of papaya: influences of process variables on the product quality. **Science des Aliments**, v. 10, n. 4, p. 831-848, 1990.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas. In: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. Edição IV - 1ª Edição digital. São Paulo: Governo de São Paulo, 2008. 1020 p.

JACKIX, M. H. **Doces, Geléias e frutas em calda (Teoria e prática)**. Campinas: Ícone, 1988.

LUÍZ, R. C.; HIRATA, T.A.; CLEMENTE, E. Cinética de inativação da polifenoloxidase e peroxidase de abacate (*Persea americana* MILL.). **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1766-1773, 2007.

MACEDO, S. H. M. **Caracterização físico-química e nutricional da polpa de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) para aproveitamento industrial**. 1999. 56f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos), Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

MARINQUE, G. D.; LAJOLO, F. M. **Maduración almacenamiento y procesamiento de frutas y vegetales: modificaciones em los componentes de la fibra soluble**. In: LAJOLO, F. M.; CALIXTO, F. S.; PENNA, E. W.; MENEZES, E. W. Fibra dietética em iberoamérica: Tecnología y salud: otención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación em alimentos. São Paulo: Livraria Varela, 2001. p. 283-296.

NIETO, A.; CASTRO, M. A.; ALZAMORA, S. M. Kinetics of moisture transfer during air drying of blanched and/or osmotically dehydrated mango. **Journal of Food Engineering**, v. 50, p. 175-185, 2001.

OLIVEIRA, D. A. **Caracterização bioquímica da peroxidase e efeito do tempo de branqueamento na qualidade e aceitabilidade da polpa de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal)**. 2002. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

OLIVEIRA, F. M. N. de ; ANDRADE, J. S.; GOMEZ-CACERES, L. Influência do Branqueamento nas Características do Cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) Desidratado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 21 e SEMINÁRIO LATINO AMERICANO E DO CARIBE DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 15. 2008, Belo Horizonte. **Anais...** 2008. CD

OLIVEIRA, H. P. **Elaboração de néctar de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) e avaliação das características físico-químicas e sensoriais durante o armazenamento**.

1999. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

SANTOS, J. W. *et al.* **Estatística experimental aplicada: tópicos de engenharia agrícola e agrônômica**. Campina Grande: Marcone, 2003. 213 p.

SILVA FILHO, D. F. *et al.* Caracterização e avaliação do potencial agrônômico e nutricional de etnovarietades de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 4, p. 399-406, 2005.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SOUTHGATE, D. A. T. **Determination of food carbohydrates**. 2ª Edição. London: Applied Science, 1991. 232 p.

YUYAMA, L. K. O. *et al.* Quantificação de macro e micro nutrientes em algumas etnovarietades de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). **Acta Amazonica**, v. 37, n. 3, p. 425-430, 2007.

YUYAMA, L. K. O. *et al.* Desenvolvimento e aceitabilidade de geléia dietética de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 929-934, 2008.

## **CAPÍTULO 2**

### **DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DO CUBIU PRÉ TRATADO POR FERMENTAÇÃO NATURAL**

## DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DO CUBIU PRÉ TRATADO POR FERMENTAÇÃO NATURAL

**Resumo:** A desidratação osmótica desempenha um importante papel no desenvolvimento de novos produtos e sua aplicação aos frutos de cubiu apresenta-se como uma nova fonte de renda para pequenos produtores no Amazonas. O objetivo deste trabalho foi avaliar as diferentes formas de desidratação osmótica do cubiu, pré tratado ou não por fermentação natural. As fatias de cubiu foram submetidas aos seguintes tratamentos: sem fermentação natural/desidratação osmótica rápida (SF/DOR); sem fermentação natural/desidratação osmótica lenta (SF/DOL); com fermentação natural/desidratação osmótica rápida (CF/DOR) e com fermentação natural/desidratação osmótica lenta (CF/DOL). Foram determinadas a umidade inicial e de equilíbrio, pH, acidez, açúcares totais, variação de massa, perda de água, ganho de sacarose e eficiência do processo. Em comparação com a fatia *in natura*, a fermentação natural reduziu a umidade, acidez total e açúcares totais, exceto o pH. Após a desidratação, os tratamentos apresentaram diferenças estatísticas entre si, para os parâmetros avaliados, exceto entre CF/DOR e CF/DOL para umidade e açúcares totais entre SF/DOL e CF/DOR. Os maiores percentuais de variação de massa, perda de água e ganho de sacarose ocorreram em SF/DOR, SF/DOL e CF/DOL, respectivamente. Independente da forma de desidratação, os pré tratamentos contribuíram para o ganho de sacarose. A variação de massa, perda de água e eficiência do processo foram maiores nos tratamentos sem fermentação natural. O tempo da desidratação osmótica rápida foi reduzido pela fermentação natural.

**Palavras-chave:** *Solanum sessiliflorum* Dunal, Cinética da desidratação, Eficiência.

## OSMOTIC DEHYDRATION OF PRE TREATED CUBIU BY NATURAL FERMENTATION

**ABSTRACT:** The osmotic dehydration performance an important role in new products development and their application to cubiu fruits is a new source of revenue for small producers in the Amazonas. The objective of this study was to evaluate the different forms of osmotic dehydration of cubiu, pre treated or not by natural fermentation. The cubiu of slices were treated as: Without natural fermentation/rapid osmotic dehydration (SF/DOR), without natural fermentation/osmotic dehydration slow (SF/DOL) with natural fermentation/rapid osmotic dehydration (CF/DOR) and with natural fermentation/osmotic dehydration slow (CF/DOL). The initial moisture content and equilibrium moisture, pH, acidity, total sugars, mass change, water loss, sucrose gain and process efficiency were determined. Compared with the fresh slice, the natural fermentation reduced moisture, acidity and sugars total, except pH. After dehydration, was showed statistical differences between the treatments, for the evaluated parameters, except between CF/DOR and CF/DOL for moisture and total sugar between SF/DOL and CF/DOR. The highest percentage of mass change, water loss and sucrose gain occurred in SF/DOR, SF/DOL and CF/DOL, respectively. Independently of the dehydration, pre treatment contributed to the gain of sucrose. The variation of mass, loss water and process efficiency was higher in the treatments without natural fermentation. The time of osmotic dehydration was reduced rapidly by natural fermentation.

**Key words:** *Solanum sessiliflorum* Dunal. Kinetic of dehydration. Efficiency.

## 1 - Introdução

O cubiu é uma Solanaceae originária da Amazônia ocidental, arbusto de fácil cultivo e colheita (SILVA FILHO *et al.*, 2005). Os teores de pectina e acidez, e baixos valores de açúcares são características que tornam os frutos de cubiu uma excelente matéria prima para agroindústria, possibilitando a incorporação de sacarose e dispensando processos de acidificação.

As mudanças nos hábitos de consumo dos alimentos têm levado a uma maior ingestão de frutos, tanto *in natura* quanto processados, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida. Um processo de conservação que pode ser aplicado aos frutos mantendo a sua integridade estrutural, nutricional e funcional é a desidratação osmótica, capaz de remover parte da água por imersão do alimento em uma solução hipertônica, originando dois fluxos simultâneos e opostos: a saída de água do produto para a solução e a migração de solutos da solução para o produto (DEMCZUK JUNIOR, 2007; TORREGGIANI e BERTOLO, 2001).

A parede celular e o agente osmótico utilizado podem influenciar no fenômeno de transferência de massa (MARTIM *et al.*, 2007). A perda de água durante a desidratação osmótica está associada à incorporação de solutos e esta incorporação de sólidos pode ser desejável, por mascarar a acidez natural dos frutos, melhorando o sabor do produto final (SOUSA *et al.*, 2003).

A relação entre perda de água e ganho de solutos pode variar muito de tecido para tecido. Vários autores apontam a importância que os tecidos de plantas exercem como material vivo no fenômeno de transporte durante a osmose (GARCIA *et al.*, 2002). A estrutura celular que mais influencia o fenômeno da osmose é a membrana plasmática. Devido à sua atuação, ao longo do processo, o movimento do soluto é bem restrito se comparado ao da água (KAYMAK-ERTEKIN e SULTANOGLU, 2000). Portanto, qualquer

tratamento aplicado antes ou durante a desidratação osmótica, que acarrete na destruição ou o rompimento desta membrana, pode permitir o maior ganho de açúcar e uma menor perda de água pelo fruto (GARCIA *et al.*, 2002).

A sacarose é um dos solutos mais utilizados na desidratação de frutos, pois penetra através da parede celular, ocupando o espaço existente entre o protoplasto e a parede, e sua importância é oriunda de fatores como aceitabilidade, palatabilidade, alta disponibilidade e baixo custo de produção (LENART, 1996).

Souza Neto *et al.* (2004) estudando a desidratação osmótica da manga, concluíram que a desidratação osmótica combinada a outros processos de preservação de alimentos, pode ser uma boa alternativa para a redução da umidade presente no alimento, reduzindo o tempo total de processamento e melhorando os aspectos nutricionais e sensoriais dos produtos. Ferrari *et al.* (2005) desidratando melão utilizando soluções nas concentrações de 40 a 60 °Brix de sacarose comercial e de maltose, concluíram que a perda de água aumentou significativamente com a elevação da concentração da solução desidratante. A característica diferencial do processo osmótico em relação a outras técnicas de desidratação de alimentos é a possibilidade de modificar a sua composição através da incorporação de solutos na estrutura porosa dos frutos e hortaliças (FITO *et al.*, 2001), criando um meio desfavorável para o crescimento de microrganismos, atividade enzimática e para a alteração do sabor, garantindo assim, uma maior vida de prateleira para o produto (RASTOGI *et al.*, 2002).

De acordo com Sousa *et al.* (2003), países como o Brasil onde, além da grande variedade de frutos, existe ampla disponibilidade de açúcar de cana, o que torna o processo da desidratação osmótica, uma alternativa promissora, desenvolvendo novos produtos e ganhando novos espaços no mercado, porém, sendo imprescindível obter informações sobre estes processos. Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo avaliar as diferentes formas de desidratação osmótica do cubiu, pré tratado ou não por fermentação natural.

## 2 - Material e métodos

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Bioquímica de Alimentos e Fisiologia Pós-colheita do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Os frutos de cubiu foram provenientes da Estação Experimental de Hortaliças do Ariáú pertencente ao INPA. Estes passaram pelas etapas de seleção, lavagem, sanitização em solução de hipoclorito de sódio a 0,02% por 15 minutos, enxágue, descasque manual com faca de aço inoxidável, fatiamento pelo corte do fruto em quatro partes, e retirada das sementes. As fatias de cubiu foram submetidas a diferentes formas de desidratação osmótica: rápida e lenta, pré tratadas ou não por fermentação natural. Os tratamentos foram denominados de Sem fermentação natural/Com desidratação osmótica rápida (SF/DOR); Sem fermentação natural/Com desidratação osmótica lenta (SF/DOL); Com fermentação natural/Com desidratação osmótica rápida (CF/DOR); Com fermentação natural/Com desidratação osmótica lenta (CF/DOL).

A fermentação natural foi conduzida por imersão durante 24 h em soluções com concentrações crescentes de 2, 4, 6 e 8% de NaCl, na proporção fatias:salmoura de 1:10. A fermentação foi realizada em recipientes de vidro, protegidos com filme plástico. Após a fermentação, as fatias foram submetidas à lavagem em água corrente, cocção em água fervente durante dois minutos e resfriamento em banho de água com gelo.

A desidratação osmótica rápida consistiu na imersão em solução de sacarose na concentração de 70 °Brix, e a desidratação osmótica lenta na imersão sequenciada em solução de sacarose nas concentrações de 30, 40, 50, 60 e 70 °Brix. Em ambas as fatias permaneceram por 24 h imersas nas soluções a uma temperatura ambiente média de  $26\text{ °C} \pm 0,82$ , numa proporção utilizada de fatias:solução foi de 1:10. As fatias foram colocadas dentro de sacolas de redes de plástico e imersas em recipientes contendo as soluções de sacarose de acordo com o tratamento. Ao longo do processo, foram retiradas periodicamente amostras para

acompanhar o peso, até que atingissem o peso constante. A cada pesagem, as sacolas eram retiradas da solução e colocadas sobre papel absorvente para retirada do excesso de solução osmótica, sendo em seguida, pesadas e devolvidas à solução. Os teores de umidade inicial e de equilíbrio (após atingir o peso constante) foram determinados segundo Instituto Adolfo Lutz (2008), e os dados foram utilizados para calcular a razão de umidade pela Equação 1.

$$RU = \left[ \frac{(U - U_{Equilíbrio})}{(U_{inicial} - U_{Equilíbrio})} \right] \quad \text{Equação 1}$$

RU = Razão de umidade (adimensional);

U = Umidade no tempo t;

U<sub>inicial</sub> = Umidade inicial (t=0);

U<sub>Equilíbrio</sub> = Umidade de equilíbrio ou umidade final;

A variação de massa, perda de água e ganho de sacarose em relação à massa inicial, e eficiência do processo foram calculados pelas equações 2, 3, 4, e 5, descritas em Shigematsu *et al.* (2005).

$$\Delta M = \frac{(M_f - M_i)}{M_i} \quad \text{Equação 2}$$

$$\Delta P_{\text{água}} = \frac{[(M_f U_f) - (M_i U_i)]}{M_i} \quad \text{Equação 3}$$

$$\Delta G_{\text{sacarose}} = \frac{[(M_f S_f) - (M_i S_i)]}{M_i} \quad \text{Equação 4}$$

$$E = \frac{\Delta P_{\text{água}}}{\Delta G_{\text{sacarose}}} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

$\Delta M$  = Variação de massa;

M<sub>f</sub> = Massa final (após a desidratação osmótica);

M<sub>i</sub> = Massa inicial, antes da DO;

$\Delta P_{\text{água}}$  = Perda de água em relação à massa inicial;

$U_f$  = Teor de umidade após a desidratação osmótica;

$U_i$  = Teor de umidade inicial antes da DO.

$\Delta G_{\text{sacarose}}$  = Ganho de sacarose em relação à massa inicial;

$S_i$  = Teor de sacarose inicial;

$S_f$  = Teor de sacarose após a DO;

E = Eficiência do processo.

As avaliações físico-químicas foram realizadas antes (*in natura*) e após os processos de fermentação natural e de desidratação osmótica. Os teores de umidade foram determinados por secagem em estufa a 105 °C até peso constante, o pH em potenciômetro, a acidez por titulação com solução de NaOH 0,1N e fenolftaleína como indicador (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008) e os açúcares totais por metodologia de Somogy e Nelson (SOUTHGATE, 1991). Os dados experimentais foram analisados estatisticamente através do programa computacional ASSISTAT, versão 7.5 beta (SILVA e AZEVEDO, 2002). A comparação entre médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### **3 - Resultados e discussão**

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios de umidade, pH, acidez total e açúcares totais das fatias de cubiu antes e após a fermentação natural. Observa-se que a fermentação natural ocasionou modificações, reduzindo os valores da umidade, acidez e açúcares, com exceção do pH que não sofreu grandes variações de valores.

**Tabela 1** – Valores médios da umidade, pH, acidez total e açúcares totais das fatias de cubiu antes e após a fermentação natural

Parâmetros	Fermentação natural	
	Antes	Depois
Umidade (%)	92,45 ± 0,41	87,82 ± 0,14
pH	4,37 ± 0,01	4,39 ± 0,01
Acidez total (mL de NaOH)	13,82 ± 0,03	3,59 ± 0,08
Açúcares totais (%)	4,89 ± 0,02	0,53 ± 0,01

Os valores médios da umidade, pH, acidez total e açúcares totais da polpa de cubiu após os processos de desidratação osmótica rápida e lenta, com ou sem pré tratamento são mostrados na Tabela 2. Verifica-se que houve diferença significativa entre os tratamentos analisados ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey, exceto para os tratamentos CF/DOR e CF/DOL em relação à umidade e entre SF/DOL e CF/DOR para os açúcares totais.

**Tabela 2** – Valores médios da umidade, pH, acidez total e açúcares totais das fatias de cubiu após a desidratação osmótica por diferentes soluções com e sem fermentação natural

Tratamentos	Umidade (%)	pH	Acidez total (mL de NaOH)	Açúcares totais (%)
SF/DOR	62,71 a	4,37 d	3,86 a	42,98 c
SF/DOL	39,26 c	4,81 b	3,55 b	52,39 b
CF/DOR	49,94 b	4,76 c	1,94 c	52,11 b
CF/DOL	48,14 b	7,03 a	0,41 d	59,60 a
Média geral	50,01	5,24	2,44	51,77
Desvio mínimo significativo	2,01	0,01	0,30	0,54
Coefficiente de variação (%)	1,53	0,11	4,78	0,40

SF/DOR = Sem fermentação natural/Desidratação osmótica rápida; SF/DOL = Sem fermentação natural/Desidratação osmótica lenta; CF/DOR = Com fermentação natural/Desidratação osmótica rápida; CF/DOL = Com fermentação natural/Desidratação osmótica lenta. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

O teor de umidade foi menor no tratamento SF/DOL, e o maior teor foi SF/DOR, mostrando que a forma de desidratar tem influência, e o longo período que as amostras permaneceram imersas favoreceu a remoção da água do produto. Já nos tratamentos submetidos à fermentação natural não houve diferença, pois neste caso, houve uma parcial

desidratação durante este processo. Os valores do pH são menores nos tratamentos que utilizaram desidratação osmótica rápida, pré tratada ou não. Em relação à acidez total, verifica-se que os maiores valores foram obtidos nas amostras não fermentadas, em função das perdas dos ácidos naturais durante a fermentação natural.

Os menores valores de açúcares totais foram encontrados nas amostras submetidas apenas à desidratação osmótica rápida. O tratamento CF/DOL acarretou no maior percentual de açúcares totais.

Na Tabela 3, são apresentados os resultados obtidos das variações de massa, perda de água, ganho de sacarose e eficiência do processo de desidratação osmótica do cubiu nas diferentes condições de estudo. A variação de massa apresentou redução dos seus valores quando submetido há uma desidratação gradativa por um tempo maior de imersão e com aplicação da fermentação natural, sendo o maior valor de variação encontrado no tratamento SF/DOR.

**Tabela 3** – Efeito dos tratamentos e da desidratação osmótica nos parâmetros dos processos de obtenção do cubiu desidratado

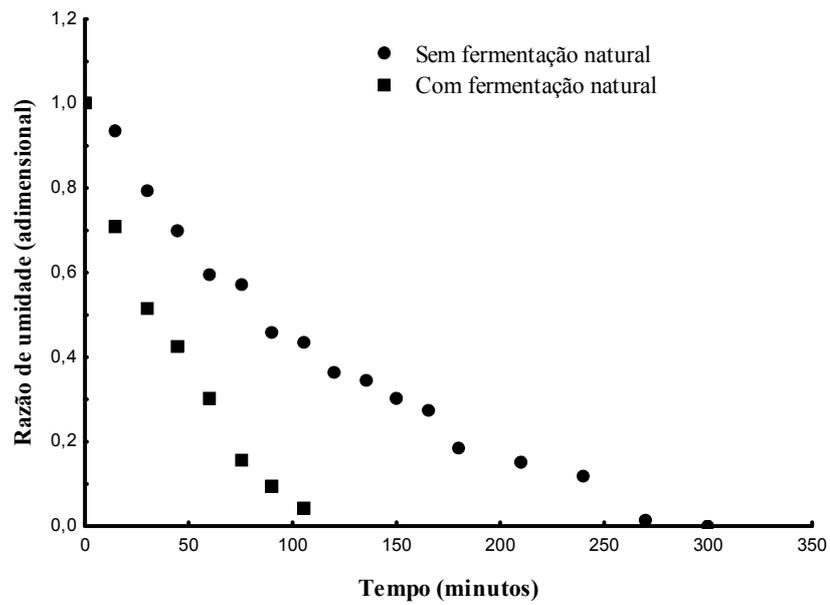
Parâmetros	Tratamentos			
	Sem fermentação natural		Com fermentação natural	
	Desidratação osmótica		Desidratação osmótica	
	Rápida	Lenta	Rápida	Lenta
Variação de massa (%)	- 0,42 ± 0,1	- 0,28 ± 0,1	- 0,16 ± 0,0	- 0,08 ± 0,0
Perda de água (%)	- 49,45 ± 0,9	- 64,11 ± 2,3	- 45,73 ± 1,4	- 40,71 ± 1,2
Ganho de sacarose (%)	23,99 ± 0,6	33,04 ± 2,7	42,49 ± 1,4	57,00 ± 1,2
Eficiência do processo	- 2,06 ± 0,1	- 1,95 ± 0,2	- 1,08 ± 0,1	- 0,71 ± 0,0

A maior perda de água também foi obtida no tratamento SF/DOL. No entanto, a utilização da fermentação natural beneficiou uma remoção da água do produto de apenas 40 a 45%. O ganho de sacarose foi favorecido pela aplicação do pré tratamento, devido aos danos

ocorridos nas células, alterando a seletividade do tecido vegetal e favorecendo a incorporação de solutos. O maior ganho foi observado nas amostras pré fermentadas seguida de desidratação osmótica lenta.

O tratamento mais eficiente foi o sem fermentação natural e com desidratação osmótica rápida (Tabela 3). Neste tratamento, houve o menor ganho de sacarose, pois o processo de desidratação osmótica foi o mais rápido e sem tratamento prévio, indicando que as estruturas celulares do tecido vegetal sofreram menores injúrias, acarretando numa menor transferência de soluto. Ao contrário, o tratamento CF/DOL apresentou maior ganho de sacarose em decorrência de o tratamento prévio tornar a célula mais permeável ao soluto, diminuindo a eficiência do processo. De acordo com Shigematsu *et al.* (2005) o tecido vegetal, enquanto mantém suas estruturas íntegras, restringe a transferência de soluto, pois moléculas grandes não são capazes de atravessar as membranas celulares. Enquanto a membrana plasmática que envolve o protoplasto estiver intacta, a sacarose não atravessará a mesma, e se restringirá aos espaços intersticiais e aos espaços de plasmólise. Mas, quando a solução tem concentração elevada ou os tempos de imersão são muito longos, as estruturas celulares podem ser injuriadas e o soluto passa a ocupar todos os espaços da célula.

As curvas da cinética da desidratação osmótica pelo processo rápido sem e com fermentação natural estão apresentadas na forma de adimensional do conteúdo de umidade em função do tempo (Figura 1). O processo de secagem ocorre no período de taxa decrescente para as condições estudadas, não apresentando período à taxa constante. Observa-se que a fermentação natural aumentou a taxa de desidratação e reduziu o tempo de processo de 300 minutos para pouco mais de 100 minutos, nestas condições de trabalho, otimizando o processo de desidratação.



**Figura 1** – Cinética da desidratação osmótica das fatias de cubiu pelo processo rápido, com e sem fermentação natural.

#### 4 - Conclusões

Os tratamentos ocasionaram redução da umidade e acidez, e aumento nos valores do pH e açúcares. Independente da forma de desidratação osmótica os pré tratamentos contribuíram para o ganho de sacarose. A variação de massa e perda de água foram maiores nos tratamentos sem fermentação natural. A maior eficiência do processo foi obtida na desidratação osmótica rápida sem tratamento prévio. A fermentação natural reduziu o tempo de processo da desidratação osmótica rápida.

## 5 - Referências bibliográficas

DEMCZUK JUNIOR, B. **Influência de pré-tratamentos químicos nas características físico-químicas e sensoriais do kiwi submetido à desidratação osmótica e armazenado sob refrigeração.** 2007. 83f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

FERRARI, C. C., *et al.* Cinética de transferência de massa de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose e maltose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 564-570, 2005.

FITO, P., *et al.* Vacuum Impregnation and Osmotic Dehydration in Matrix Engineering. Application in Functional Fresh Food Development. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 1, p. 175-183, 2001.

GARCIA, C. C.; RODRIGUES, A. E.; MAURO, M. A. Estudo do comportamento de tecido de maçã em equilíbrio com soluções osmóticas de sacarose. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS DE ALIMENTOS, 18. 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA, 2002. 1 CD.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas. In: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** Edição IV - 1ª Edição digital. São Paulo: Governo de São Paulo, 2008. 1020 p.

LENART, A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: Technology and application. **Drying Technology**, v. 14, n. 2, p. 391-413, 1996.

KAYMAK-ERTEKIN, F.; SULTANOGLU, M. Modelling of Mass Transfer during Osmotic Dehydration of Apples. **Journal of Food Engineering**, v. 46, n. 1, p.243–250, 2000.

MARTIM, N. S. P. P.; WASZCZYNSKYJ, N.; MASSON, M. L. Cálculo das variáveis na desidratação osmótica de manga cv. *tommy atkins*. **Ciência e agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1755-1759, 2007.

RASTOGI, N. K. *et al.* Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. **Trends in Food Science and Technology**, v.13, n.2, p. 48-59, 2002.

SHIGEMATSU, E., *et al.* A. Influência de pré-tratamentos sobre a desidratação osmótica de carambolas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 536-545, 2005.

SILVA FILHO, D. F. *et al.* Caracterização e avaliação do potencial agrônômico e nutricional de etnovarietades de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 4, p. 399-406, 2005.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SOUSA, P. H. M., *et al.* Influência da concentração e da proporção fruto: Xarope na desidratação osmótica de bananas processadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, suplemento, p. 126-130, 2003.

SOUTHGATE, D. A. T. Determination of food carbohydrates. 2ª Edição. London: Applied Science, 1991. 232 p.

SOUZA NETO, M. A., *et al.* Cinética de desidratação osmótica de manga. **Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias**, v. 10, n. 2, p. 37-44, 2004.

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 01, p. 247-253, 2001.

## **CAPÍTULO 3**

**CINÉTICA DA SECAGEM POR CONVECÇÃO DO CUBIU (*Solanum sessiliflorum* Dunal) PRÉ TRATADO**

## CINÉTICA DA SECAGEM POR CONVECÇÃO DO CUBIU (*Solanum sessiliflorum* Dunal) PRÉ TRATADO

**Resumo:** O cubiu é um fruto da Região amazônica que apresenta potencialidades para a agroindústria. O objetivo deste trabalho é ajustar diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais da secagem por convecção do cubiu pré tratado e escolher o modelo que melhor descreve o comportamento da secagem. Os frutos maduros de cubiu foram submetidos a diferentes pré tratamentos: branqueamento ou não, mais fermentação natural ou não e desidratação osmótica rápida ou lenta todos seguido de secagem por convecção a 65 °C. Os dados experimentais da secagem convectiva foram ajustados aos modelos de Page, Lewis, Exponencial simples, com dois e três parâmetros e Wang & Singh. A maior taxa de secagem foi obtida pelo tratamento submetido ao branqueamento, com fermentação natural e desidratação osmótica rápida, seguido pelo tratamento onde foi aplicado o branqueamento, sem fermentação natural e desidratação osmótica rápida, indicando que a fermentação influenciou no aumento da taxa de secagem e na redução do tempo de processo. Os valores de  $r^2$  foram superiores a 99% para os ajustes com os modelos de Page e Exponencial simples com três parâmetros, e maiores que 98% para os modelos de Lewis e Exponencial simples com dois parâmetros. No modelo de Wang & Singh, o ajuste não foi bom. A maior taxa e menor tempo de secagem foram obtidos pelo tratamento submetido ao branqueamento, fermentação natural seguida de desidratação osmótica rápida. Os menores valores da umidade final e atividade de água foram obtidos pelo tratamento submetido apenas a desidratação osmótica rápida. Os modelos Exponencial simples com três parâmetros e de Page apresentaram os melhores ajustes para descrição da cinética de secagem do cubiu pré tratado.

**Palavras-chave:** Branqueamento. Fermentação natural. Modelos matemáticos. Solução binária.

## KINETIC OF CONVECTION DRYING OF THE CUBIU (*Solanum sessiliflorum* Dunal) PRE TREATY

**Abstract:** The Cubiu is a fruit of the Amazon region that has potential for agribusiness. The objective is to fit different mathematical models to experimental data of convective drying of pre cubiu treaty and choose the model that best describes the drying behavior. The ripe fruit of cubiu were subjected to different pretreatments: blanching or not, or not more natural fermentation and rapid or slow osmotic dehydration each followed by convective drying at 65 °C. The experimental data of convective drying were fitted to models the Page, Lewis, simple exponential, with two and three parameters and Wang & Singh. The highest rate of drying was obtained by the treatment before the blanching, with natural fermentation and rapid osmotic dehydration, followed by treatment where it was applied blanching, without natural fermentation and rapid osmotic dehydration, indicating that fermentation influenced the increase in the rate of drying and in reducing the process time. The  $r^2$  values were above 99% for the settings with the Page and simple Exponential models with three parameters, and greater than 98% for the Lewis and simple Exponential with two parameters models. In the model of Wang and Singh, did not fit was good. The highest and lowest drying time were obtained by treatment before the blanching, natural fermentation, followed by rapid osmotic dehydration. The lowest final moisture content and water activity were obtained by treatment were subjected only to rapid osmotic dehydration. The simple Exponential with three parameters and Page models have the best fit for describing the drying kinetics of pre cubiu treaty.

**Key words:** Blanching. Natural fermentation. Mathematical models. Binary solution.

## 1 - Introdução

Na Amazônia, dentre as várias espécies de fruteiras domesticadas se destaca o cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal), uma Solanaceae que apresenta potencialidades para a agroindústria devido à rusticidade, fácil cultivo e alta produtividade. Em função da acidez elevada, o cubiu não é consumido *in natura* e sim como suco, geléia, e como ingrediente em pratos salgados (SILVA FILHO *et al.*, 1999). É imprescindível desenvolver novos produtos a base de cubiu, agregando valor ao produto e gerando nova fonte de renda para região.

A secagem é uma das mais antigas e usuais operações unitárias utilizadas na preservação de alimentos cujo princípio básico é reduzir o teor de água do alimento, causando uma diminuição drástica da atividade de água, aumentando o tempo de conservação e a vida útil (ERTEKIN e YALDIZ, 2004; PARK; YADO; BROD, 2001). É também um processo de alto custo devido à sua exigência de energia, e a utilização de pré tratamentos como a desidratação osmótica pode reduzir o teor de água inicial diminuindo o tempo total de secagem. A desidratação osmótica também inibi a atividade enzimática e manter as características nutricionais e sensoriais (SOUZA *et al.*, 2007 *apud* POKHARKAR; PRASAD; DAS, 1997).

A secagem é também uma das operações mais complexas e menos entendida, devido à dificuldade e deficiência da descrição matemática dos fenômenos envolvidos de transferência simultânea de calor e massa (PARK *et al.*, 2007).

O processo de secagem baseado na transferência de calor e de massa pode ser dividido em três períodos: Período de pré aquecimento, período de taxa constante e período de taxa decrescente (STRUMILLO e KUDRA, 1986). Para frutos, o período de taxa decrescente é quase sempre o único observado, e nesse caso a transferência interna de água é quem governa e fixa a taxa de secagem (GOUVEIA *et al.*, 2003).

Vários pesquisadores, para descrever matematicamente os processos de secagem de produtos biológicos no período de taxa decrescente, têm-se utilizado modelos matemáticos que se baseiam na teoria da difusão líquida de água baseada na 2ª Lei de Fick, que expressa que o fluxo de massa por unidade de área é proporcional ao gradiente de concentração de água (SILVA, 2007, PARK *et al.*, 2002; ROMERO-PEÑA e KIECKBUSCH, 2003).

Contudo, em algumas situações, a teoria difusional não é adequada para ajustar o comportamento da taxa de secagem devido a interferências no efeito das resistências interna e externa do material. Para essas situações, têm sido aplicados alguns modelos empíricos, usando dados experimentais que podem ser determinados em laboratório e na utilização da análise adimensional (SILVA, 2007, RESENDE *et al.*, 2010, PARK *et al.*, 2002; EL AQUAR *et al.*, 2003). Tais métodos geralmente se baseiam nas condições externas de secagem, não fornecendo indicações sobre o transporte de energia e massa no interior do produto, muito embora forneça informações práticas para elaboração de projetos (ALEXANDRE *et al.* 2009 *apud* FORTES e OKOS, 1980).

O conhecimento dos efeitos dos pré tratamentos sobre a taxa de secagem por convecção pode auxiliar no estabelecimento das melhores condições operacionais destes sistemas combinados de preservação de frutos. Ademais, as características de secagem de qualquer produto, incluindo a avaliação dos modelos matemáticos que melhor descrevem o processo, são importantes na seleção e desenvolvimento de equipamentos e no cálculo dos custos operacionais (DIONELLO *et al.*, 2009, DANDAMRONGRAK *et al.*, 2002).

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo ajustar diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais da secagem por convecção do cubiu pré tratado e escolher o modelo que melhor descreve o comportamento da secagem.

## 2 - Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Bioquímica de Alimentos e Fisiologia de Pós-colheita da Coordenação de Pesquisas em Tecnologia de Alimentos (CPTA) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

Os frutos de cubiu utilizados foram provenientes da Estação Experimental de Hortaliças do Ariaú pertencente ao INPA. Os frutos maduros e sadios foram selecionados, sendo eliminados os danificados, imaturos e excessivamente maduros. Em seguida, passaram por lavagem em água corrente, sanitização por imersão durante 15 minutos em solução de hipoclorito de sódio a 0,02% e enxágüe em água corrente. O descasque, corte em quatro partes para obtenção das fatias e retirada das sementes foram feitos com faca de aço inoxidável. As fatias foram submetidas a diferentes pré tratamentos, que consistiu em oito tratamentos:

T1 - Sem branqueamento, sem fermentação natural e desidratação osmótica rápida;

T2 - Sem branqueamento, com fermentação natural e desidratação osmótica rápida;

T3 - Com branqueamento, sem fermentação natural e desidratação osmótica rápida;

T4 - Com branqueamento, com fermentação natural e desidratação osmótica rápida;

T5 - Sem branqueamento, sem fermentação natural e desidratação osmótica lenta;

T6 - Sem branqueamento, com fermentação natural e desidratação osmótica lenta;

T7 - Com branqueamento, sem fermentação natural e desidratação osmótica lenta;

T8 - Com branqueamento, com fermentação natural e desidratação osmótica lenta.

O branqueamento foi conduzido na imersão das fatias do cubiu durante um minuto em água fervendo a temperatura de 95 °C e resfriamento imediato por imersão em banho de água com gelo (OLIVEIRA, 2002).

A fermentação natural consistiu de imersão em soluções com concentrações crescentes de 2, 4, 6 e 8% de NaCl utilizando a proporção de 1:10 (fatias:salmoura) e tempo de 24 h em cada concentração. Após a fermentação, as fatias foram submetidas à lavagem em água corrente, cocção em água fervente durante dois minutos e resfriamento em banho de água com gelo (JACKIX, 1988).

A desidratação osmótica consistiu na imersão por 24 h nas soluções a uma temperatura ambiente média de  $26\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,82$ , e proporção de fatias:solução de 1:10. A desidratação osmótica rápida consistiu na imersão em solução de sacarose na concentração de 70 °Brix, e a desidratação osmótica lenta na imersão sequenciada em solução de sacarose nas concentrações de 30, 40, 50, 60 e 70 °Brix.

Após a aplicação dos pré tratamentos as fatias foram distribuídas em bandejas teladas e secas em estufa com circulação forçada de ar e temperatura de  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  até atingir os pesos constantes. Para o monitoramento da secagem, periodicamente as fatias foram retiradas, pesadas e retornadas para a estufa. Após atingir o equilíbrio, as amostras foram retiradas e mantidas em temperatura ambiente até o resfriamento. Os teores de umidade inicial (antes da secagem na estufa) e de equilíbrio (após atingir o peso constante) foram determinados segundo Instituto Adolfo Lutz (2008) e os dados foram utilizados para calcular a razão de umidade (Eq. 1).

$$RU = \left[ \frac{(U - U_{Equilíbrio})}{(U_{inicial} - U_{Equilíbrio})} \right] \quad (\text{Eq. 1})$$

RU = Razão de umidade (adimensional);

U = Umidade no tempo t;

$U_{inicial}$  = Umidade inicial (t=0);

$U_{Equilíbrio}$  = Umidade de equilíbrio ou umidade final;

Para o ajuste dos dados experimentais, foram utilizados os modelos de Lewis (Eq. 2), Page (Eq. 3), Exponencial simples com dois parâmetros (Eq. 4), Exponencial simples com três parâmetros (Eq. 5) e Wang e Singh (Eq. 6) descritos em Ertekin e Yaldiz (2004).

$$RU = \exp(-kt) \quad (\text{Eq. 2})$$

$$RU = \exp(-kt^n) \quad (\text{Eq. 3})$$

$$RU = a \exp(-kt) \quad (\text{Eq. 4})$$

$$RU = a \exp(-kt) + c \quad (\text{Eq. 5})$$

$$RU = 1 + at + bt^2 \quad (\text{Eq. 6})$$

Em que:

RU - Razão de umidade (adimensional)

k, n, a, b, c - Constantes do modelo

t - Tempo (minutos)

Os critérios para a escolha do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foram: o maior coeficiente de determinação e o menor erro percentual médio que foi calculado (Eq. 3) avaliando se os modelos utilizados foram ou não preditivos ( $P < 10\%$ ).

$$P = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|RU_{\text{observado}} - RU_{\text{predito}}|}{RU_{\text{observado}}} \quad (\text{Eq. 7})$$

Em que:

P – Erro percentual médio (%)

$RU_{\text{predito}}$  - Razão de umidade predita pelo modelo (adimensional)

$RU_{\text{observado}}$  - Razão de umidade experimental (adimensional)

N - Número de dados experimentais

Os dados experimentais foram ajustados através do programa STATISTICA 7.0 e de análises de regressão não linear.

Os dados experimentais da umidade final e da atividade de água foram analisados estatisticamente através do programa computacional ASSISTAT, versão 7.5 beta (SILVA e AZEVEDO, 2002). A comparação entre médias desses dados foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### **3 - Resultados e discussão**

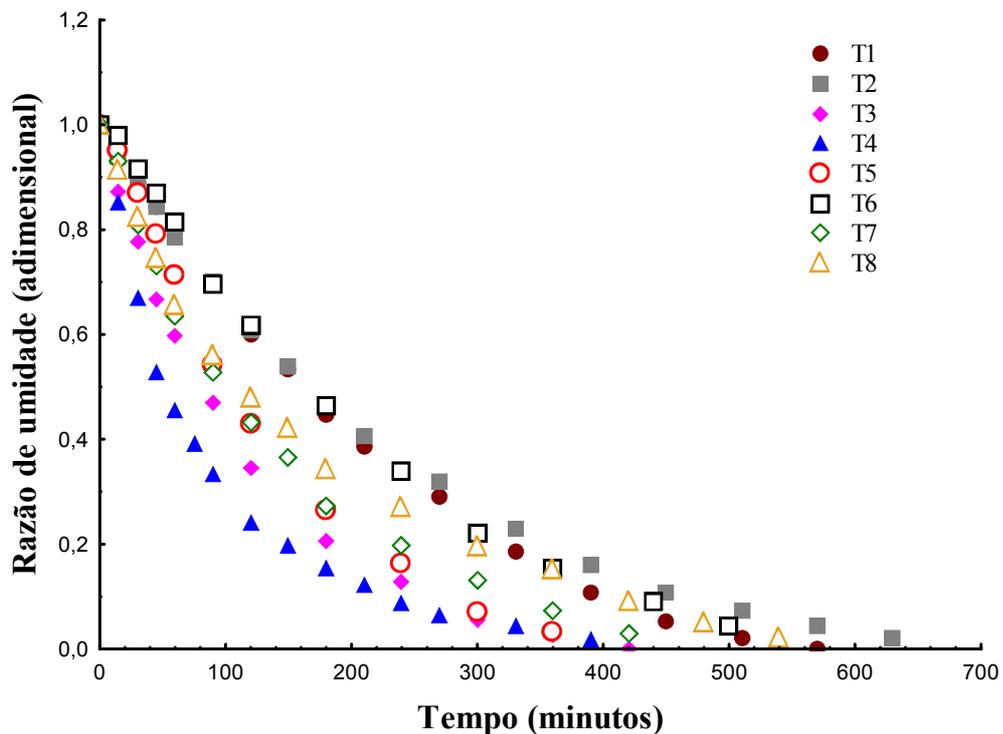
Na Figura 1, são apresentadas as curvas de secagem por convecção das fatias de cubiu após a aplicação dos pré tratamentos. Observa-se que em todos os tratamentos aplicados, a perda de água foi mais rápida nas duas primeiras horas, e o processo de secagem ocorre no período de taxa decrescente, não apresentando período à taxa constante.

A maior taxa de secagem foi obtida pelo tratamento T4 (Com branqueamento, com fermentação natural e desidratação osmótica rápida) seguida pelo tratamento T3 (Com branqueamento, sem fermentação natural e desidratação osmótica rápida). O aumento da taxa de secagem e a diminuição do tempo de secagem do cubiu decorrem da maior ruptura celular ocasionada pela ação do NaCl.

Dandamrongrak *et al.* (2002) estudando o efeito de diferentes pré tratamentos (branqueamento, refrigeração, congelamento, e uma combinação de branqueamento e congelamento) na secagem de bananas também alcançaram aumento da taxa de secagem.

Analisando o comportamento dos tratamentos T1 (Sem branqueamento, sem fermentação natural e desidratação osmótica rápida) e T5 (Sem branqueamento, sem fermentação natural e desidratação osmótica lenta) constata-se que, em decorrência do maior tempo de imersão nas soluções de sacarose, o processo lento acarretou maiores perdas de umidade em comparação à desidratação osmótica rápida.

Examinando os tratamentos T1 (Sem branqueamento, sem fermentação natural e desidratação osmótica rápida) e T3 (Com branqueamento, sem fermentação natural e desidratação osmótica rápida) observa-se que houve acréscimo da taxa de secagem com a aplicação do branqueamento quando seguido de desidratação osmótica rápida. Já quando o processo é seguido de desidratação osmótica lenta (entre T5 e T7) o comportamento da perda de umidade é semelhante.



**Figura 1** – Curvas de secagem das fatias de cubiu pré tratadas e secas.

Na Tabela 1 são apresentados os valores do coeficiente de determinação e o erro percentual médio do ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais para os diferentes tratamentos. Os valores de  $r^2$  foram superiores a 99% para os ajustes dos dados aos modelos de Page e Exponencial simples com três parâmetros e maiores que 98% para os modelos de Lewis e Exponencial simples com dois parâmetros. Já para o modelo de Wang e Singh o ajuste não foi bom, com  $r^2$  igual a 86,85%.

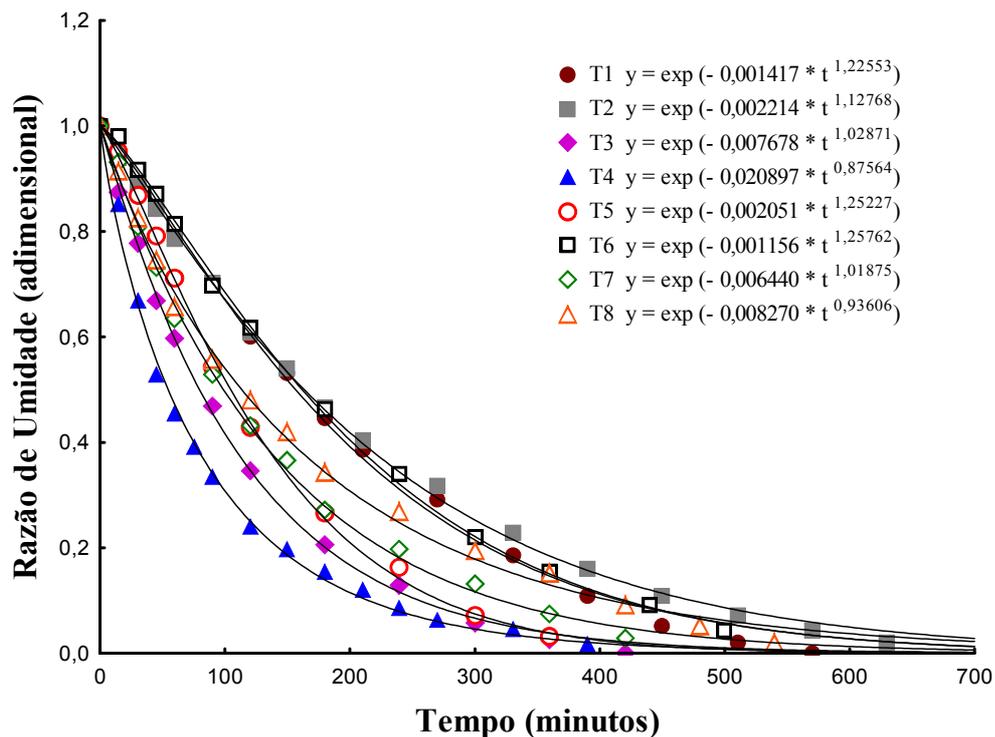
O erro percentual médio P, em geral, foi menor nos modelos Exponencial simples de três parâmetros (T1, T2, T3, T5, T6 e T7) e de Page (T3, T4, T5, T6 e T7). Deste modo, considerando-se apenas os dois parâmetros estatísticos avaliados, esses dois últimos modelos foram os que melhor se adequaram à descrição das curvas experimentais de secagem de fatias de cubiu, exceto no tratamento T8 que não apresentou um bom ajuste dos dados aos modelos avaliados.

**Tabela 1** – Avaliação dos modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais da secagem por convecção das fatias de cubiu, utilizando o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e o erro percentual médio (P)

Tratamentos	Critérios de avaliação	Modelos				
		Lewis	Page	Exponencial simples, dois parâmetros	Exponencial simples, três parâmetros	Wang & Singh
T1	$r^2$ (%)	98,58	99,69	98,91	99,91	99,91
	P (%)	38,13	16,50	33,45	4,23	3,57
T2	$r^2$ (%)	99,45	99,84	99,66	99,97	99,48
	P (%)	25,07	11,55	22,13	2,83	12,13
T3	$r^2$ (%)	99,88	99,90	99,88	99,96	97,66
	P (%)	10,06	8,03	9,80	2,35	30,87
T4	$r^2$ (%)	99,16	99,65	99,24	99,50	86,85
	P (%)	18,10	6,05	16,06	12,80	61,05
T5	$r^2$ (%)	98,59	99,88	99,21	99,70	99,49
	P (%)	26,38	5,12	19,07	4,68	15,07
T6	$r^2$ (%)	98,45	99,84	99,11	99,86	99,79
	P (%)	20,01	4,17	14,64	3,93	5,81
T7	$r^2$ (%)	99,75	99,76	99,76	99,80	97,74
	P (%)	8,32	7,52	8,02	5,51	19,73
T8	$r^2$ (%)	99,55	99,68	99,61	99,62	96,03
	P (%)	12,13	15,08	12,56	10,93	25,42

Para representação gráfica das curvas de secagem do cubiu utilizaram-se os modelos de Page (Figura 2) e Exponencial simples com três parâmetros (Figura 3), pois se ajustaram melhores aos dados experimentais.

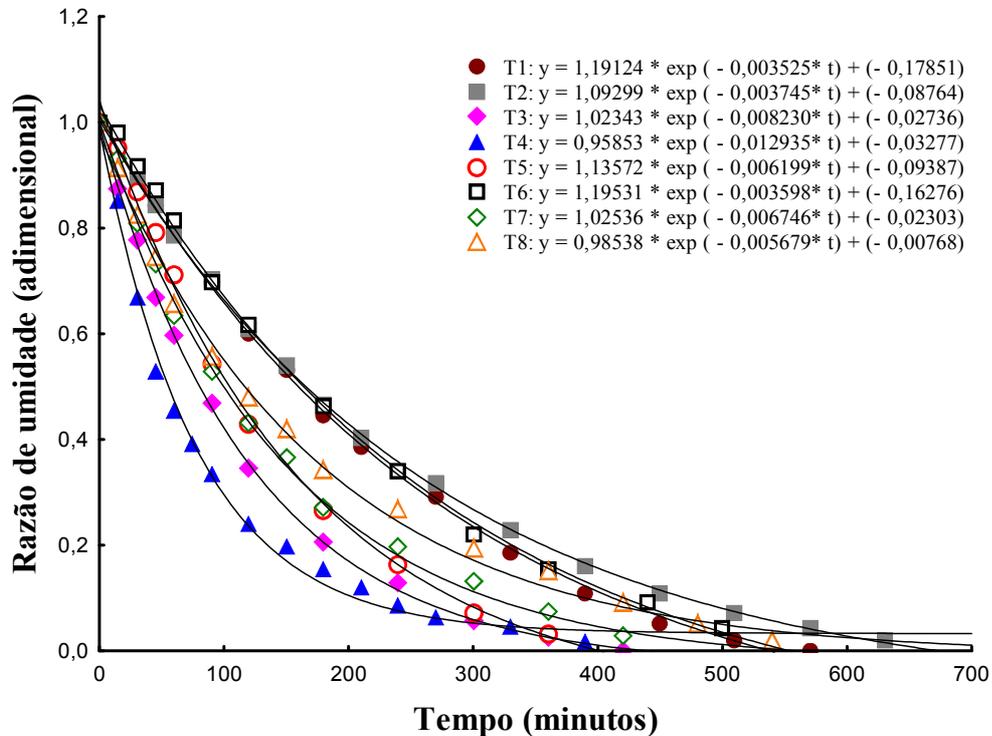
Os maiores valores da constante do modelo de Page  $k$  (constante da secagem) foram observados pelos tratamentos T4 (0,020897) e em segundo lugar para o T8 (0,008270) mostrando que no tratamento que foi submetido à desidratação osmótica rápida teve uma maior constante de secagem (Figura 2). Pode-se verificar que os valores da constante  $k$  entre os tratamentos estudados, foram maiores nos tratamentos submetidos à fermentação natural independente da desidratação osmótica ser rápida ou lenta, exceto entre os tratamentos T5 e T6.



**Figura 2** – Cinética de secagem das fatias de cubiu pré tratadas, aplicando o modelo de Page.

As curvas de secagem dos dados experimentais ajustados ao modelo Exponencial simples, com três parâmetros para os diferentes tratamentos podem ser observadas na Figura 3. Verifica-se que os nos tratamentos submetidos à desidratação osmótica rápida a aplicação

da fermentação natural aumentou os valores da constante  $k$ , independente da utilização, ou não, de branqueamento. Comportamento contrário foi observado nos tratamentos que utilizaram a desidratação osmótica lenta.



**Figura 3** – Cinética de secagem das fatias de cubiu pré tratadas, aplicando o modelo Exponencial simples com três parâmetros.

Na Tabela 2 são expostos os valores da umidade final e da atividade de água das fatias de cubiu no final do processo (após os diferentes pré tratamentos e a secagem convectiva). Os teores de umidade diferiram entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey entre os tratamentos T1 e T2, T3 e T4, T5 e T6, T7 e T8. Pode-se observar que os tratamentos submetidos à fermentação natural tiveram os teores de umidade superiores. Não houve diferença estatística entre os tratamentos T3, T5, T7 e T8; e também, entre os tratamentos T2 e T6. Os menores teores de umidade foram encontrados nos tratamentos T1 (13,66) e T7 (14,91%).

Em relação à atividade de água, não houve diferença estatística entre os tratamentos avaliados ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, exceto entre T1 e T5, e entre T1 e T8.

**Tabela 2** - Valores médios da umidade final e da atividade de água das fatias de cubiu após os diferentes pré tratamentos seguido de secagem convectiva

Tratamentos	Umidade final (%)	Atividade de água
T1	13,66 f	0,77 d
T2	21,62 bc	0,78 cd
T3	17,42 de	0,80 bcd
T4	32,01 a	0,79 cd
T5	17,42 de	0,85 a
T6	24,00 b	0,84 ab
T7	14,91 ef	0,82 abc
T8	19,70 cd	0,85 a
Média geral	20,09	0,81
Desvio mínimo significativo	3,01	0,04
Coefficiente de variação (%)	5,30	1,81

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey, a nível de 5% de probabilidade

T1 - Sem branqueamento, sem fermentação natural e desidratação osmótica rápida; T2 - Sem branqueamento, com fermentação natural e desidratação osmótica rápida; T3 - Com branqueamento, sem fermentação natural e desidratação osmótica rápida; T4 - Com branqueamento, com fermentação natural e desidratação osmótica rápida; T5 - Sem branqueamento, sem fermentação natural e desidratação osmótica lenta; T6 - Sem branqueamento, com fermentação natural e desidratação osmótica lenta; T7 - Com branqueamento, sem fermentação natural e desidratação osmótica lenta; T8 - Com branqueamento, com fermentação natural e desidratação osmótica lenta.

#### 4 - Conclusões

A maior taxa e menor tempo de secagem foram obtidos pelo tratamento T4, confirmando que a fermentação natural seguida de desidratação osmótica rápida como tratamento prévio da secagem convectiva aumenta a taxa de secagem e reduz o tempo de processo, sendo o tratamento mais indicado para ser utilizado pela indústria.

Os modelos Exponencial simples com três parâmetros e de Page apresentaram os melhores ajustes para descrição da cinética de secagem do cubiu pré tratado.

O tratamento T1 apresentou os menores valores de umidade e atividade de água.

## 5 - Referências bibliográficas

ALEXANDRE, H. V. *et al.* Cinética de secagem de abacaxi cv pérola em fatias. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 11, n. 2, p. 123-128, 2009.

DANDAMRONGRAK, R.; YOUNG, G.; MASON, R. Evaluation of various pre-treatments for the dehydration of banana and selection of suitable drying models. **Journal of Food Engineering**, V.55, p.139–146, 2002.

DIONELLO, R. G. *et al.* Secagem de fatias de abacaxi in natura e pré-desidratadas por imersão-impregnação: cinética e avaliação de modelos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 1, p. 232-240, 2009.

EL-AQUAR, A. A.; AZOUBEL, P. M.; MURR, F. E. X. Drying kinetics of fresh and osmotically pre-treated papaya (*Carica papaya* L.). **Journal of Food Engineering**, v.59, n.1, p.85-91, 2003.

ERTEKIN, C.; YALDIZ, O. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. **Journal of Food Engineering**, v. 63, n. 3, p. 349-359, 2004.

GOUVEIA, J. P. G., ALMEIDA, F. A. C., FARIAS, E. S., SILVA, M. M., CHAVES, M. C. V., REIS, L. S. Determinação das curvas de secagem em frutos de cajá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Especial, n. 1, p. 65-68, 2003.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas. In: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** Edição IV - 1ª Edição digital. São Paulo: Governo de São Paulo, 2008. 1020 p.

JACKIX, M. H. Doces, Geléias e frutas em calda (Teoria e prática). Campinas: Ícone, 1988. 172 p.

OLIVEIRA, D. A. **Caracterização bioquímica da peroxidase e efeito do tempo de branqueamento na qualidade e aceitabilidade da polpa de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal).** 2002. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

PARK, K. J. *et al.* **Conceitos de processo e equipamentos de secagem.** CT&EA – Centro de Tecnologia e Engenharia Agroindustrial. 2007. Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/ctea/projpesq.html>> Acesso em 03/novembro/2008.

PARK, K. J.; VOHNIKOZA, Z.; BROD, F. P. R. Evaluation of drying parameters and desorption isotherms of garden mint leaves (*Mentha crispata* L.). **Journal of Food Engineering**, v.51, n.3,p.193-199, 2002.

PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. Estudo de secagem de pêra barlett (*Pyrus* sp.) em fatias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 3, p. 288-292, 2001.

RESENDE, O.; FERREIRA, L. U.; ALMEIDA, D. P. Modelagem matemática para descrição da cinética de secagem do feijão adzuki (*Vigna angularis*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.12, n.2, p.171-178, 2010.

ROMERO-PEÑA, L. M.; KIECKBUSCH, T. G. Influência de condições de secagem na qualidade de fatias de tomate. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, n.1, p.69-76, 2003.

SILVA, C. K. F. da. **Aplicação da análise inversa ao modelo difusional de transferência de massa**. 2007, 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SILVA FILHO, D. F. *et al.* Correlações fenotípicas, genéticas e ambientais entre descritores morfológicos e químicos em frutos de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 29, n.4, p. 503-511, 1999.

SOUZA, J. S. *et al.* Optimization of osmotic dehydration of tomatoes in a ternary system followed by air-drying. **Journal of Food Engineering**, v.83, n. 4, p.501-509, 2007.

STRUMILLO, C.; KUDRA, T. **Drying: principles, applications and design**. New York: Gordon and Breach Science, Topics in Chemical Engineering, 1986. 448 p.

## **CAPÍTULO 4**

### **INFLUÊNCIA DOS PRÉ TRATAMENTOS NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DO CUBIU EM PASSA**

## INFLUÊNCIA DOS PRÉ TRATAMENTOS NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DO CUBIU EM PASSA

**Resumo** – O cubiu possui polpa ácida, o que limita seu consumo *in natura*, e enzimas responsáveis pelo escurecimento, necessitando da combinação de métodos para elaboração de novos produtos. A desidratação osmótica seguida de secagem minimiza as alterações nas características do alimento. Este estudo avaliou a influência do branqueamento e da fermentação natural nas características físico-químicas e sensoriais do cubiu passa. Frutos maduros foram cortados em quartos e as fatias sem sementes foram submetidas a diferentes pré tratamentos como fermentação natural (T2), branqueamento (T3), a combinação destes (T4) e controle (T1). Em seguida foram desidratadas em solução de sacarose a 70 °Brix, seguido de secagem em estufa com circulação a 65°C. Análises físico-químicas e sensoriais foram utilizadas para monitorar os processos e a qualidade do produto final. Comparados com o cubiu *in natura* o branqueamento ocasionou aumento da umidade e do pH, e a fermentação natural causou decréscimo em todos os parâmetros avaliados. A osmose e secagem acarretaram redução de umidade e acidez, e aumento de pH, sólidos solúveis e açúcares. Os maiores percentuais de aceitação do produto final foram obtidos por T3 e T2. Isoladamente, o branqueamento e a fermentação natural melhoraram as características organolépticas do cubiu em passa.

**Palavras-chave** – Fermentação natural. Branqueamento. Desidratação osmótica. Secagem convencional.

## **INFLUENCE OF PRE-TREATMENTS ON PHYSICO-CHEMICAL AND SENSORY CHARACTERISTICS OF THE CUBIU IN PASSES**

**Abstract** – The cubiu acidic pulp, which has limited its use in nature, and enzymes responsible for browning, requiring a combination of methods for developing new products. The osmotic dehydration followed by drying minimizes changes in the characteristics of food. This study evaluated the influence of blanching and of natural fermentation on physico-chemical and sensory characteristics of the cubiu passes. Mature fruits were cut into quarters, slices seedless were submitted to different pretreatments as natural fermentation (T2), blanching (T3), the combination of (T4) and control (T1). They were then dehydrated in sucrose solution at 70 ° Brix, followed by drying in an oven with circulation at 65 ° C. Physico-chemical and sensory analysis were used to monitor the processes and final product quality. Compared with the fresh cubiu blanching caused an increase of moisture and pH, and natural fermentation caused a decrease in all parameters. Osmosis and drying led to reduction of moisture and acidity and increasing pH, soluble solids and sugars. The highest percentage of acceptance of the final product was obtained by T3 and T2. Separately, improving and natural fermentation improved the organoleptic characteristics of cubiu in passes.

**Key words** – Natural fermentation. Blanching. Osmotic dehydration. Conventional drying.

## 1 - Introdução

A crescente preocupação com a saúde tem aumentado a demanda pelo consumo de produtos à base de frutos, não apenas como produtos acabados, mas também como ingredientes de alimentos de laticínios, produtos de confeitaria e panificação (TORREGGIANI e BERTOLO, 2001). Seja para consumo direto ou como ingrediente, o alimento deve manter a cor e o *flavor* o mais próximo do fruto *in natura*, e preferencialmente sem a utilização de aditivos. A associação de processos adequados de fabricação é essencial para garantir e preservar as qualidades no produto final (TORREGIANNI e BERTOLO, 2001; VASCONCELOS, 2000).

A Tecnologia dos Métodos Combinados consiste numa metodologia de conservação de alimentos que utiliza o efeito de diversos fatores de preservação, tais como branqueamento, desidratação osmótica e secagem convencional (BRANDELERO *et al.*, 2005).

O branqueamento é um pré-tratamento que propicia o cozimento parcial do tecido, tornando a membrana celular mais permeável ao vapor de água e ocasionando uma rápida perda do turgor e da integridade da membrana, promovendo mudanças nos polímeros de pectina da parede celular e lamela média (CANET *et al.*, 2005) resultando em maiores taxas de perda de água e melhor textura do produto após uma secagem posterior (BRANCO *et al.*, 2005), além de inativar enzimas evitando o desenvolvimento de cor, sabor e odor indesejáveis. Já a fermentação natural em frutos rígidos é um pré-tratamento que causa a hidrólise das pectinas pela ação das enzimas bacterianas, favorecendo ao açucaramento, a perda da firmeza e uma parcial desidratação dos frutos, evitando assim, o enrugamento durante um posterior processo secagem e proporcionando ao produto final uma desejável plasticidade e translucidez (JACKIX, 1988).

Dentre as metodologias empregadas para preservação de frutos e hortaliças, a desidratação osmótica, seguida de secagem por convecção, vem ganhando interesse, principalmente pela vantagem de não alterar significativamente as características sensoriais (aroma, sabor, textura e cor) do alimento (TORREGGIANI e BERTOLO, 2001).

A desidratação osmótica é um método de remoção parcial de água de alimentos, que imersos em soluções hipertônicas de um ou mais solutos, origina dois fluxos simultâneos e opostos, ou seja, um de saída de água do alimento para a solução e outro de migração de solutos da solução para o alimento. A saída de sólidos naturais do alimento é quantitativamente desprezível, porém importante para as características sensoriais e nutricionais (TONON *et al.*, 2006; LIMA; BRUNO, 2007). A desidratação osmótica permite também a modificação das propriedades físico-químicas pela impregnação de solutos desejados (MIZRAHI *et al.*, 2001; PARK; BIN; BROD, 2002; TORREGGIANI e BERTOLO, 2001). Os mais usados são o cloreto de sódio, sacarose, lactose, frutose e glicose (SILVA *et al.*, 2003). A sacarose como agente osmótico, evita perdas do aroma e da cor, reduz ou mascara a acidez dos frutos, aumenta o sabor doce e melhora as características do produto final (GOULARTE *et al.*, 2000).

No entanto, a desidratação por osmose não fornece produto com umidade suficientemente baixa, sendo necessária uma secagem complementar para obter uma umidade desejada (MASTRANGELO *et al.*, 2000). A secagem por convecção envolve a aplicação artificial de calor para remover a água por evaporação, e a circulação de ar aquecido é o meio mais comum empregado e a convecção é o principal mecanismo envolvido (FIOREZE, 2004).

Dentre as espécies frutíferas que se constituem em alternativa econômica para o Amazonas, destaca-se o cubiu. Esse fruto nativo da Amazônia ocidental possui alto teor de umidade e elevada acidez, o que limita o seu consumo *in natura*, fazendo-se necessária a utilização de técnicas que o torne mais palatável e reduza a umidade. O cubiu contém

também, altos teores de pectinas o que é desejável quanto ao aspecto nutricional, mas que dificulta a incorporação de solutos (ANDRADE JÚNIOR, 2006; SILVA FILHO *et al.*, 2005) e vários estudos vêm sendo desenvolvidos, com o intuito de ampliar os conhecimentos sobre este fruto e torná-lo uma alternativa como matéria-prima para a agroindústria (OLIVEIRA *et al.*, 2008; YUYAMA *et al.*, 2008).

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo, avaliar a influência do branqueamento e da fermentação natural nas características físico-químicas e sensoriais do cubiu passa.

## **2 - Material e métodos**

Na pesquisa foram utilizados frutos de cubiu provenientes da Estação Experimental de Hortaliças do Ariáú pertencente ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Bioquímica de Alimentos e Fisiologia Pós-colheita da Coordenação de Pesquisas em Tecnologia de Alimentos – CPTA do INPA, cuja temperatura ambiente média era de 26 °C..

Os frutos maduros e sadios foram selecionados, sendo eliminados os danificados, imaturos e excessivamente maduros. Em seguida, passaram por lavagem em água corrente, sanitização por imersão durante 15 minutos em solução de hipoclorito de sódio a 0,02% e enxágüe em água corrente. Para a obtenção das fatias, com faca de aço inoxidável foram feitos o descasque, o corte em quatro partes e a retirada das sementes.

As fatias de cubiu foram submetidas a diferentes pré-tratamentos. O ensaio consistiu de quatro tratamentos: Controle sem branqueamento e sem fermentação natural (T1); Com fermentação natural (T2); Com branqueamento (T3); e Com branqueamento e fermentação

natural (T4). Todos os tratamentos passaram por desidratação osmoticamente seguida da secagem convencional.

O branqueamento consistiu na imersão das fatias do cubiu (T3 e T4) durante um minuto em água fervendo a temperatura de 95 °C, e resfriamento imediato por imersão em banho de água com gelo (OLIVEIRA, 2002).

A fermentação natural foi conduzida por imersão durante 24 h (T2 e T4) em soluções de NaCl com concentrações crescentes de 2, 4, 6 e 8%. A proporção fruto/salmoura foi de 1:10 a temperatura ambiente. A fermentação foi realizada em recipientes de vidro, protegidos com filme plástico para evitar espaço com ar. Após a fermentação, as fatias foram submetidas à lavagem em água corrente, cocção em água fervente durante dois minutos e resfriamento em banho de água com gelo.

Em seguida, as fatias de todos os tratamentos passaram por desidratação osmótica por imersão durante 24 h em solução de sacarose a 70 °Brix, em temperatura ambiente. A proporção produto:solução foi de 1:10 (p/p). Após a osmose, as fatias foram lavadas, para remoção do xarope da superfície e drenadas em bandejas teladas. O processo foi finalizado com secagem em estufa com circulação de ar a temperatura de 65 °C.

Em vários pontos do processo, foram retiradas amostras para as avaliações físico-químicas. Os teores de umidade foram determinados por secagem em estufa a 105 °C até peso constante, o pH, os sólidos solúveis foram determinados com refratômetro de bancada, a acidez por titulação com solução de NaOH 0,1N e fenolftaleína como indicador (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008) e os açúcares totais e redutores foram determinados utilizando-se a metodologia de Somogy-Nelson (SOUTHGATE, 1991).

A avaliação sensorial do cubiu em passa foi realizada em local reservado, por uma equipe composta por 39 provadores, maiores de 18 anos, não treinados, que receberam orientação anterior ao teste, e também, água para limpeza do palato durante a análise. As

amostras foram servidas aleatoriamente, codificadas com três dígitos e em copos plásticos com quantidades ( $\pm 2$  g) padronizadas.

A avaliação constituiu-se de testes do perfil característico para os atributos aparência, aroma, sabor, cor e textura, com notas de 1 a 5. A aceitação geral foi avaliada utilizando-se a escala hedônica de 1 a 7 pontos e com os resultados, foi calculado o índice de aceitabilidade. A intenção de compra foi avaliada dando notas de 1 (Certamente não compraria) a 5 (Certamente compraria).

Esta pesquisa faz parte do projeto aprovado (216/09) pelo Comitê de Ética na Pesquisa do INPA.

Os dados experimentais foram analisados estatisticamente através do programa computacional ASSISTAT, versão 7.5 beta (SILVA e AZEVEDO, 2002). A comparação entre médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### **3 - Resultados e discussão**

Os resultados da caracterização físico-química do cubiu *in natura* e após os pré tratamentos de branqueamento e fermentação natural (Tabela 1) mostram que, para todos os parâmetros avaliados, existem diferenças significativas a nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey, indicando que os pré tratamentos modificam as características físico-químicas do cubiu. Nieto *et al.* (2001) também constataram, em mangas branqueadas e desidratadas que a aplicação de pré tratamentos acarreta modificações, em diferentes graus, na resistência da parede celular ao fluxo de água e integridade das membranas, alterando as características dos produtos.

O aumento da umidade após o branqueamento mostra a ação do calor que diminuindo a resistência da parede celular e facilitando a entrada de água (BRANCO *et al.*, 2005) e a

redução após a fermentação natural decorre da parcial desidratação, promovida pela diferença de concentração entre o produto e a solução.

O pH das fatias branqueadas teve um acréscimo em relação ao *in natura*, atingindo valor próximo ao da polpa de cubiu após o branqueamento (90 °C por 5 minutos) encontrado por Yuyama *et al.* (2008) que foi de 4,79. Os valores da acidez total e de sólidos solúveis apresentaram redução indicando a ocorrência de lixiviação durante o processo.

O branqueamento e a fermentação natural acarretaram redução na acidez em função da lixiviação para água de branqueamento e pela diferença de concentração entre as fatias e a solução de NaCl que ocasiona a saída de solutos naturais, como ácidos orgânicos e açúcares, do fruto para solução hipertônica.

**Tabela 1** – Valores médios da umidade, pH, acidez total, sólidos solúveis e açúcares totais e redutores das fatias de cubiu *in natura* e após os pré tratamentos.

Parâmetros	Tratamentos			MG	DP	C. V. (%)
	<i>in natura</i>	Após o branqueamento	Após a fermentação natural			
Umidade (%)	92,45 B	93,39 A	87,82 C	91,22	0,69	0,30
pH	4,36 B	4,84 A	4,28 C	4,49	0,02	0,20
Acidez total (mL de NaOH)	13,82 A	5,48 B	3,59 C	7,63	0,88	4,59
Sólidos solúveis (°Brix)	5,32 A	4,64 B	0,50 C	3,49	0,14	1,67
Açúcares totais (%)	4,89 A	4,12 B	0,53 C	3,18	0,07	0,93
Açúcares redutores (%)	4,22 A	2,81 B	0,21 C	2,41	0,04	0,68

MG = Média geral; DP = Desvio padrão; C.V. = Coeficiente de variação.

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Os tratamentos ocasionaram diminuição nos teores de açúcares (Tabela 1). As perdas foram menores no produto submetido ao branqueamento (15,75%), pelo menor tempo de

contato das fatias com a água. O branqueamento e a fermentação natural removeram, respectivamente, 33,18 e 95,02% dos açúcares redutores. Mesmo sendo um fruto com baixo teor de açúcares, essa redução pode diminuir o escurecimento não enzimático durante um processo de secagem posterior (VERLINDEN *et al.*, 2000).

Após os processos de osmose e secagem, houve diferença significativa a nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey (Tabela 2). A menor perda de água ocorreu no T1, cuja estrutura celular está menos sujeita a injúrias, sendo removida apenas a água livre. A maior redução de umidade ocorreu no T2, ocasionada pela parcial desidratação durante o processo de fermentação natural, favorecida pela hidrólise das pectinas da parede celular. Após a osmose, os tratamentos T3 e T4 não diferiram estatisticamente entre si e ambos reduziram os conteúdos de umidade em torno de 50% em relação ao cubiu *in natura*, pelo fato do branqueamento produzir cozimento parcial do tecido, tornando a membrana celular mais permeável à passagem de vapor de água e favorecendo a desidratação.

Após a secagem todos os pré tratamentos apresentaram diferença significativa a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey e a maior redução de umidade foi observada no controle (T1), seguida do produto que foi tratado apenas pelo branqueamento (T3).

**Tabela 2** – Valores médios de umidade após a osmose e a secagem durante o processo de obtenção do cubiu em passa.

Tratamentos	Umidade (%)	
	Após osmose	Após secagem
T1	62,71 a	13,66 d
T2	49,94 c	21,62 b
T3	54,21 b	17,42 c
T4	55,46 b	32,01 a
Média geral	55,58	21,18
DMS	1,76	2,52
C.V. (%)	1,21	4,55

T1 - Controle; T2 - Fermentação natural; T3 - Branqueamento e T4 - Branqueamento e fermentação natural.

DMS - Desvio mínimo significativo; C.V. - Coeficiente de variação (%);

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Observa-se na Tabela 3 que após os processos de osmose e secagem existem diferenças significativas a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, exceto para a acidez total de T2 e T3, após a secagem. As fatias que foram submetidas ao T1 foram as que tiveram menor valor de pH e maior valor de acidez total, e as submetidas ao T4 apresentaram pH mais elevado, indicando ser o tratamento que acarreta maior perda da acidez, garantindo um sabor menos ácido para o tratamento T4. Esse comportamento confirma que os pré tratamentos acarretam consideráveis mudanças nas características físico-químicas durante o processamento, e que a saída de sólidos naturais, apesar de muitas vezes serem desprezíveis, devem ser avaliadas, pois podem ser fundamentais no que diz respeito às características sensoriais e nutricionais (TONON *et al.*, 2006).

**Tabela 3** - Valores médios do pH e da acidez total após a osmose e a secagem durante o processo de obtenção do cubiu em passa.

Tratamentos	Após osmose		Após secagem	
	pH	Acidez total (mL de NaOH)	pH	Acidez total (mL de NaOH)
T1	4,37 d	3,86a	4,18 d	6,70a
T2	4,76 c	1,94 b	4,73 b	4,98 b
T3	4,92 b	1,67 c	4,27 c	4,74 b
T4	5,94 a	0,41 d	6,62a	0,87 c
Média geral	4,99	1,97	4,95	4,32
DMS	0,02	0,16	0,02	0,42
C.V.(%)	0,12	3,18	0,12	3,68

T1 - Controle; T2 – Fermentação natural; T3 - Branqueamento e T4 - Branqueamento e fermentação natural. DMS - Desvio mínimo significativo; C.V. - Coeficiente de variação (%); As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey, a nível de 5% de probabilidade

Na Tabela 4 os dados mostram a incorporação do açúcar no cubiu em passa, tratado osmoticamente em xarope de 70 °Brix, cujo valor inicial de 5,32° Brix (Tabela 1) atingiu 30,80 - 42,40 °Brix, independente do pré tratamento, pois a imersão em xaropes concentrados de sacarose acarreta maior ganho de sólidos (SERENO *et al.*, 2001). Estatisticamente, as

amostras diferiram entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey após a osmose e secagem. Nota-se que os pré tratamentos combinados, ou não, causam alterações na estrutura celular, em diferentes graus, modificando as características físico-químicas do produto final.

Após a secagem, as amostras de T4 e T2 apresentaram maiores valores de sólidos solúveis totais. Durante a fermentação natural o uso de solução de cloreto de sódio, que é um soluto de baixo peso molecular, resulta em solução de maior pressão osmótica, bem como, mais solúvel. Esse fato possibilita maior concentração desse soluto nas fatias, resultando em maior concentração de sólidos solúveis no produto final desidratado. Comportamento semelhante foi encontrado por Goularte *et al.* (2000) estudando a desidratação osmótica seguida de secagem em estufa de maçãs utilizando diferentes tipos de solutos.

**Tabela 4** - Valores médios dos sólidos solúveis após a osmose e a secagem durante o processo de obtenção do cubiu em passa

Tratamentos	Sólidos solúveis (°Brix)	
	Após a osmose	Após a secagem
T1	30,48 d	70,30 c
T2	35,48 b	74,80 b
T3	42,40a	64,80 d
T4	35,40 c	82,80a
Média geral	35,90	73,18
DMS	0,02	0,01
C.V (%)	0,02	0,01

T1 - Controle; T2 - Fermentação natural; T3 - Branqueamento e T4 - Branqueamento e fermentação natural. DMS - Desvio mínimo significativo; C.V. - Coeficiente de variação (%); As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey, a nível de 5% de probabilidade

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios dos teores de açúcares totais e redutores após os processos de osmose e secagem. Nota-se que houve diferença significativa no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, exceto para os açúcares totais entre T3 e T4 após a osmose, e entre T2 e T3 após a secagem. O maior ganho dos açúcares totais foi

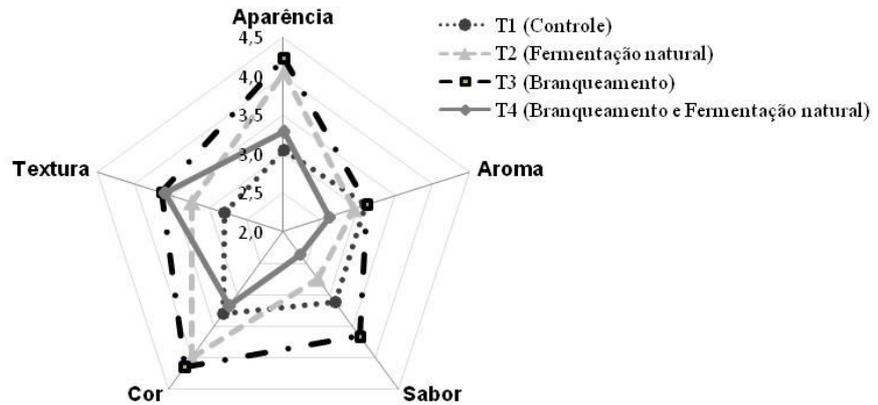
observado em T4, em decorrência da hidrólise da pectina localizada na parede celular e lamela média e da combinação dos pré tratamentos, acarretando um maior ganho de sacarose e aumentando o sabor doce do produto final.

**Tabela 5** - Valores médios dos açúcares totais e redutores (g/100 g de matéria integral) após a osmose e a secagem durante o processo de obtenção do cubiu em passa

Tratamentos	Após a osmose		Após a secagem	
	Açúcares totais	Açúcares redutores	Açúcares totais	Açúcares redutores
T1	42,98 b	7,01 a	81,18 c	12,08a
T2	52,12 a	1,32 c	85,40 b	5,96 b
T3	25,02 c	1,81 b	84,14 b	6,58 b
T4	28,34 c	0,54 d	92,77a	2,19 c
Média geral	37,12	2,67	85,87	6,70
DMS	2,96	0,08	1,66	1,23
C.V. (%)	3,05	1,12	0,74	7,00

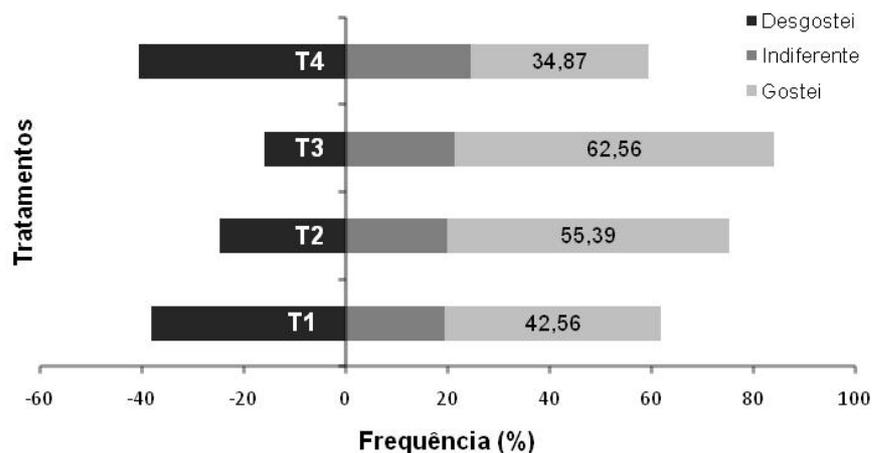
T1 - Controle; T2 - Fermentação natural; T3 - Branqueamento e T4 - Branqueamento e fermentação natural. DMS - Desvio mínimo significativo; C.V. - Coeficiente de variação (%); As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey, a nível de 5% de probabilidade

Nas Figuras 1, 2 e 3 são apresentados os resultados da avaliação sensorial do cubiu em passa. Quanto à aparência, aroma, sabor, cor e textura do cubiu em passa obtido por diferentes tratamentos nota-se que o T3 obteve o melhor conjunto de notas, seguido por T2 (Figura 2). A preferência foi pelo produto submetido apenas a um pré tratamento, ou seja, branqueamento ou fermentação natural e as menores notas foram atribuídas ao T1 e o T4.



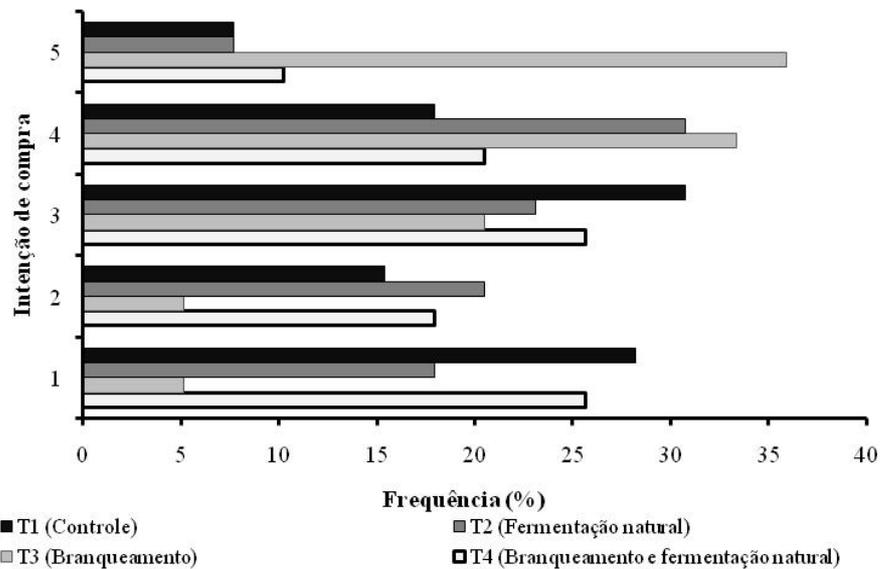
**Figura 1** – Perfil característico do cubiu em passa obtido por diferentes tratamentos.

Na análise de aceitação sensorial, os resultados foram expressos em termos de percentual de frequência (Figura 2). O cubiu previamente branqueado foi o que apresentou maior percentual de aceitação (62,56%), seguido do fermentado (55,39%) e o T4 a menor aceitação. A relação entre acidez e açúcares desponta como fator de melhoria na aceitação do cubiu em passa. Assim como na avaliação do perfil característico, os maiores percentuais de rejeição foram atribuídos a T4 (40,51%) e T1 (37,95%).



**Figura 2** – Frequência das notas obtidas no teste de aceitação do cubiu em passa. T1 – Controle; T2 – Fermentação natural; T3 – Branqueamento e T4 – Branqueamento e fermentação natural. Gostei (soma das notas 5 a 7); indiferença (nota 4); Desgostei (soma das notas 1 a 3).

Na Figura 3 são mostrados os resultados do teste de intenção de compra para o cubiu em passa obtido por diferentes tratamentos, verifica-se que os percentuais em ordem de aceitação foram T3 (69,23%), T2 (38,46%), T4 (30,77%) e T1 (25,64%).



**Figura 3** – Intenção de compra do cubiu em passa. Escala: 1- Certamente não compraria; 2 - Provavelmente não compraria; 3 - Tenho dúvidas se compraria; 4 - Provavelmente compraria e 5 - Certamente compraria.

#### 4 - Conclusão

A fermentação natural e o branqueamento, isoladamente, modificam as características físico-químicas durante o processo de obtenção do cubiu em passa, melhorando as características organolépticas do produto final. A preferência foi pelo cubiu em passa pré tratado por branqueamento (T3), seguido pelo produto fermentado (T2).

## 5 – Referências bibliográficas

ANDRADE JÚNIOR, M. C. **Mudanças dos Índices Físico-Químicos e Toxicológicos de Frutos de Cúbio (*Solanum sessiliflorum* Dunal) em Diferentes Estádios de Maturação.** 2006. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** Arlington: A. O. A. C., 1996.

BRANCO, I. G. *et al.* Efeito do branqueamento e da solução desidratante na desidratação osmótica de fatias de cenoura. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 7, n. 1, p. 77-90, 2005.

BRANDELERO, R. P. H. *et al.* Aplicação de revestimento comestível em abacaxis processados por métodos combinados: Isoterma de sorção e cinética de desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 285-290, 2005.

CANET, W. *et al.* Blanching effects on chemistry, quality and structure of green beans (cv. Moncayo). **European Food Research and Technology**, v. 220, n. 1, p. 421–430, 2005.

FIGUEIREDO, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos.** 1ª. edição. João Pessoa: Editora UFPB, 2004. 229 p.

GOULARTE, V. D. S.; ANTUNES, E. C.; ANTUNES, P. L. Qualidade de maçã fuji osmoticamente concentrada e desidratada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.2, p. 160-163, 2000.

JACKIX, M. H. **Doces, Geléias e frutas em calda (Teoria e prática).** Campinas: Ícone, 1988.

LIMA, J. R.; BRUNO, L. M. Qualidade no armazenamento de manga processada por desidratação osmótica seguida de fritura. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 3, p. 247-250, 2007.

MASTRANGELO, M. M. *et al.* Texture and structure of glucose-infused melon. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 769-776, 2000.

MIZRAHI, S.; EICHLER, S.; RAMON, O. Osmotic dehydration phenomena in gel systems. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 2-3, p. 87-96, 2001.

NIETO, A.; CASTRO, M. A.; ALZAMORA, S. M. Kinetics of moisture transfer during air drying of blanched and/or osmotically dehydrated mango. **Journal of Food Engineering**, v. 50, n. 1, p. 175-185, 2001.

OLIVEIRA, D. A. **Caracterização bioquímica da peroxidase e efeito do tempo de branqueamento na qualidade e aceitabilidade da polpa de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal)**. 2002. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

OLIVEIRA, F. M. N. de; ANDRADE, J. S.; GOMEZ-CACERES, L. Influência do Branqueamento nas Características do Cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) Desidratado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 21 e SEMINÁRIO LATINO AMERICANO E DO CARIBE DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 15. 2008, Belo Horizonte: **Anais...** 2008. CD

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Drying of pear d'Anjou with and without osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, v. 56, n. 1, p. 97-103, 2002.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas. In: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. Edição IV - 1ª Edição digital. São Paulo: Governo de São Paulo, 2008. 1020 p.

SERENO, A. M. *et al.* Prediction of water activity of osmotic solutions. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p.103-114, 2001.

SILVA FILHO, D. F. *et al.* Caracterização e avaliação do potencial agrônômico e nutricional de etnovarietades de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) da Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 4, p. 399-406. 2005.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SILVA, F. D. *et al.* Desidratação osmótica de banana da terra (*Musa sapientum*) aplicação de modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Especial, n.1, p. 69-76, 2003.

SOUTHGATE, D. A. T. **Determination of food carbohydrates**. 2ª Edição. London: Applied Science, 1991. 232 p.

TONON, R. V.; BARONI, A. F.; HUBINGER, M. D. Estudo da desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias pela metodologia de superfície de resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 715-723, 2006.

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 01, p. 247-253, 2001.

VASCONCELOS, A. R. D. **Utilização de cloreto de cálcio e atmosfera modificada na conservação de caqui cv. Fuyu**. 2000. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

VERLINDEN, B.E. *et al.* Low temperature blanching effect on the changes in mechanical properties during subsequent cooking of three potato cultivars. **International Journal of Food Science and Technology**, v.35, n. 1, p.331-340, 2000.

YUYAMA, L. K. O. *et al.* Desenvolvimento e aceitabilidade de geléia dietética de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 28, n. 4, p. 929-934, 2008.

## **CONCLUSÕES FINAIS**

## CONCLUSÃO GERAL

O processo de fermentação natural foi detectado durante a imersão das fatias do cubiu em soluções de NaCl, branqueadas ou não.

As características físicas e físico-químicas das fatias de cubiu sofreram modificações durante o processo de fermentação natural, sendo mais acentuadas nas fatias pré tratadas pelo branqueamento.

Independente da forma de desidratação, os pré tratamentos contribuíram para o ganho de sacarose. A variação de massa, perda de água e eficiência do processo foram maiores nos tratamentos sem fermentação natural. O tempo da desidratação osmótica rápida foi reduzido pela fermentação natural.

A maior taxa e menor tempo de secagem foram obtidos pelo tratamento submetido ao branqueamento, fermentação natural seguida de desidratação osmótica rápida. Os menores valores da umidade final e atividade de água foram obtidos pelo tratamento submetido apenas a desidratação osmótica rápida. Os modelos Exponencial simples com três parâmetros e de Page apresentaram os melhores ajustes para descrição da cinética de secagem do cubiu pré tratado.

A osmose e secagem acarretaram redução de umidade e acidez, e aumento de pH, sólidos solúveis e açúcares. Os maiores percentuais de aceitação do produto final foram obtidos pelo tratamento prévio com branqueamento e fermentação natural seguidos por desidratação osmótica rápida, isoladamente.

## **APÊNDICE**

## FICHA DE APLICAÇÃO

NOME: \_\_\_\_\_

SEXO: Feminino ( ) / Masculino ( ) IDADE: \_\_\_\_\_

ESCOLARIDADE: \_\_\_\_\_

## 1 – PERFIL CARACTERÍSTICO

Por favor, prove as amostras e indique uma nota de 1 (mínima) a 5 (máxima), para expressar o quanto você gostou ou desgostou de cada amostra em relação aos atributos de **aparência, aroma, sabor, cor e textura**.

Atributos	NOTAS				
	1	2	3	4	5
<b>Aparência</b>					
<b>Aroma</b>					
<b>Sabor</b>					
<b>Cor</b>					
<b>Textura</b>					

## 2 – TESTE DE ACEITAÇÃO

Por favor, prove as amostras e indique, através das notas abaixo, o quanto gostou ou desgostou de cada amostra em relação aos atributos de **aparência, aroma, sabor, cor e textura**.

7 - Gostei extremamente

6 – Gostei muito

5 - Gostei moderadamente

4 – Não Gostei, nem desgostei

3 - Desgostei moderadamente

2 - Desgostei muito

1 - Desgostei extremamente

Amostras	NOTAS

## 3 – INTENÇÃO DE COMPRA

Por favor, utilizando a escala abaixo, verifique, qual seria sua atitude de compra frente a cada uma das amostras que você avaliou.

5 - Certamente compraria

4 - Provavelmente compraria

3 - Tenho dúvidas se compraria ou não

2 - Provavelmente não compraria

1 - Certamente não compraria

Amostras	Notas

## **ANEXO**

**Tabela 1** – Atividade de água mínima para alguns microrganismos de importância em alimentos.

Microrganismo - Grupos	Atividade de água mínima
Maioria das bactérias	0,9
Maioria das leveduras	0,88
Maioria dos bolores	0,8
Bactérias halofílicas	0,75
Leveduras osmofílicas	0,61
Bolores xerofílicos	0,61
Bolores micotoxigênicos	0,78 – 0,9
Bactérias patogênicas	0,83 – 0,97

Fonte: Gava *et al.* (2008).

**Tabela 2** – Atividade de água mínima para alguns alimentos submetidos à desidratação osmótica seguida por secagem por convecção

Alimentos	Atividade de água	Fonte
Abacaxi desidratado	0,54	Ramos <i>et al.</i> (2008)
Goiaba desidratada	0,70	Sousa <i>et al.</i> (2003)
Melão desidratado	0,73	Lima <i>et al.</i> (2004)
Manga desidratada	0,74	Souza Neto <i>et al.</i> (2005)
Abacaxi desidratado	< 0,75	Gonçalves e Blume (2008)
Murici-passa	0,82	Guimarães e Silva (2008)

### Referências bibliográficas

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações. São Paulo: Nobel, 2008. 511p.

LIMA, A. S. *et al.* Estudo da estabilidade de melões desidratados obtidos por desidratação osmótica seguida de secagem convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 107-109, 2004.

GONÇALVES, A. A.; BLUME, A. R. Efeito da desidratação osmótica como tratamento preliminar na secagem do abacaxi. **Estudos tecnológicos**, v. 4, n. 2, p. 124-134, 2008.

GUIMARÃES, M. M.; SILVA, M. S. Valor nutricional e características químicas e físicas de frutos de murici-passa (*Byrsonima verbascifolia*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 817-821, 2008.

RAMOS, A. M. *et al.* Efeito do tipo de embalagem e do tempo de armazenamento nas qualidades físico-química e microbiológica de abacaxi desidratado. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 3, p. 259-269, 2008.

SOUZA NETO, M. A. *et al.* Desidratação osmótica de manga seguida de secagem convencional: avaliação das variáveis de processo. **Ciência e agrotecnologia**, v. 29, n. 5, p. 1021-1028, 2005.

SOUSA, P. H. M. *et al.* GOIABAS DESIDRATADAS OSMOTICAMENTE SEGUIDAS DE SECAGEM EM ESTUFA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 414-416, 2003.