

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**Departamento de Tecnologia de Alimentos**

**DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE BANANA COM E SEM VÁCUO COM  
COMPLEMENTO DE SECAGEM EM ESTUFA DE CIRCULAÇÃO DE AR**

**PAULO HENRIQUE MACHADO DE SOUSA**

**ORIENTADOR: GERALDO ARRAES MAIA**

**FORTALEZA - CEARÁ**

**2002**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**Departamento de Tecnologia de Alimentos**

**DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE BANANA COM E SEM VÁCUO COM  
COMPLEMENTO DE SECAGEM EM ESTUFA DE CIRCULAÇÃO DE AR**

*Paulo Henrique Machado de Sousa*

Dissertação submetida à coordenação do curso de pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará, para obtenção do Grau de MESTRE.

**ORIENTADOR: GERALDO ARRAES MAIA**

**FORTALEZA -CEARÁ**

**2002**

Esta dissertação foi submetida a exame como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de MESTRE em Tecnologia de Alimentos, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Tese Aprovada em 15 de abril de 2002.

---

**Paulo Henrique Machado de Sousa**

**Por**

BANCA EXAMINADORA

---

**Professor Geraldo Arraes Maia**  
- Orientador -  
- Universidade Federal do Ceará -

---

Professor Raimundo Wilane de Figueiredo  
- Universidade Federal do Ceará -

---

Renata Tieko Nassu  
- Pesquisadora da EMBRAPA Agroindústria Tropical -

A Deus, por mais um caminho percorrido.

A minha avó Alzira pelo incentivo durante minha vida.

Aos meus queridos pais Maciel e Iracy pelo amor e valores de honestidade dados.

Aos meus irmãos Tércia, Tarcila e Luís, pela força, carinho e incentivo.

A Giovana, por todo o carinho, incentivo e cumplicidade.

Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que sempre esteve comigo em todos os momentos, iluminando meu caminho durante esta trajetória.

Ao Prof. Geraldo Arraes Maia, pela orientação e ensino no decorrer de todo o curso de mestrado e pelos incentivos proporcionados durante a realização deste trabalho.

Ao Prof. Raimundo Wilane de Figueiredo, pela sua valiosa e segura orientação na avaliação do trabalho de tese.

A pesquisadora da EMBRAPA - Agroindústria Tropical, Dra. Renata Tieko Nassu, pela orientação durante a realização deste trabalho.

Ao pesquisador da EMBRAPA - Agroindústria Tropical, Men de Sá Moreira de Souza Filho, pela valiosa ajuda, colaboração e viabilização do trabalho, sem a qual não haveria sido realizado.

A pesquisadora da EMBRAPA - Agroindústria Tropical, Maria de Fátima Borges, pela orientação durante a realização das análises microbiológicas.

Ao amigo Manoel Alves de Souza Neto, pela amizade, paciência e incentivo nos momentos mais críticos do decorrer do Mestrado, os meus sinceros agradecimentos.

Aos amigos da EMBRAPA, em especial ao Arthur Cláudio, Celi, Érika, Gilmara, Joélia, Lúcia, Clesnice, Alex-Sandra, Camila, Raquel, Sergimara, e Vívian, pela grande contribuição, apoio e amizade na execução deste trabalho.

Aos colegas do curso do mestrado pela convivência, companheirismo e respeito, principalmente aos amigos Aurineide, Ariane, Marta Cristina e Neuma.

Ao Daniel Muniz Matias e sua adorável família, pela paciência, atenção e orações durante todo o período de mestrado.

Ao Paulo, secretário do Curso de Mestrado, por toda a paciência no decorrer do curso de mestrado.

A todos os professores do curso de mestrado pelos ensinamentos e experiências transmitidos.

A EMBRAPA Agroindústria Tropical, pelo suporte financeiro, pelo fornecimento da matéria-prima, instalações, facilidades e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

Ao CNPq pelo apoio financeiro no decorrer do curso.

Aos que não foram citados, mas que também direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

O Brasil é um dos três maiores produtores e consumidores mundiais de bananas (*Musa spp.*), mas também é o país com maior índice de desperdício desta fruta. Como alternativa tecnológica à redução das perdas pós-colheita a desidratação osmótica de frutos vem despertando grande interesse devido ao seu baixo custo energético frente a outros métodos de desidratação, além de adequar-se a todas as escalas de produção. Um método que está ganhando interesse é o de desidratação osmótica seguido de secagem. Os efeitos do pré-tratamento pela desidratação osmótica estão principalmente associados à melhoria de muitas propriedades nutricionais, organolépticas e funcionais dos produtos quando comparados com outros produtos de desidratação direta. Considerando-se as limitações tecnológicas dos processos tradicionais para produção de banana passa com uma qualidade padrão, a desidratação osmótica surge como uma opção à padronização deste processo, para obtenção de um produto com textura, cor e sabor adequados. Neste trabalho visou-se determinar parâmetros do processo de desidratação osmótica da banana e avaliar a influência da concentração da solução osmótica nas características físico-químicas do fruto, construir as curvas de secagem da banana pré-tratada através de desidratação osmótica com e sem vácuo para avaliar a sua vida de prateleira por um período de 120 dias armazenado à temperatura ambiente, através de análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais. No final da secagem verificou-se que as bananas pré-tratadas com osmose a vácuo diminuem o tempo de secagem, reduzindo os gastos com o processo. Concluiu-se que é possível obter banana desidratada como produto de umidade intermediária, através de pré-tratamento osmótico seguido de secagem. As características do produto foram influenciadas pela concentração e proporção fruto:xarope do meio osmótico utilizado. Os produtos obtidos mantiveram suas características químicas e físico-químicas e sensoriais com pouca variação durante 120 dias de armazenamento à temperatura ambiente, sendo as características de cor e textura as que apresentaram variações mais expressivas, além de apresentar estabilidade microbiológica, contribuindo para segurança do produto. Portanto, sugere-se o tratamento utilizando osmose e secagem.

**Palavras-chave:** banana, *Musa sapientum L.*, desidratação osmótica, secagem, alimentos de umidade intermediária, vida de prateleira.

## ABSTRACT

Brazil is one of the three major producers and world consumers of bananas (*Musa spp.*), but it is also the country with larger index of waste of this fruit. As technological alternative to the reduction of the post harvest losses the osmotic dehydration of fruits is rising up great interest due to low cost energy compared to other dehydration methods, besides adapting all the production scales. A method that is gaining interest is the osmotic dehydration followed by drying. The effects of the pre-treatment for the osmotic dehydration are mainly associated to the improvement of a lot of nutritional and organoleptic properties and the work of the products when compared to other directed dehydrated products. Considering the technological limitations of the traditional processes for production of dried banana with a standart quality, the osmotic dehydration appears as an option to the standardization of this process, obtaining a product with texture, color and flavor adapted. The purpose of this work was to determine parameters for the process of osmotic dehydration of banana and to evaluate the influence of the concentration of the osmotic solution in the physical-chemical characteristics of the fruit, to establish curves of drying of the pre-treated banana through osmotic dehydration under vacuum and without vacuum to evaluate the shelf life of the dried fruits stored at room temperature for 120 days, through physical-chemical, microbiological and sensorial analysis. At the end of drying it observed that the pretreated bananas by osmosis and vacuum had the drying time reduced making the process less expensive. It was concluded that it is possible to obtain dehydrated banana as an intermediate moisture product through osmotic pretreatment followed by drying. The characteristics of the product were influenced by the concentration of osmotic medium and the ratio of fruit:syrup. The obtained products, maintained their chemical, physical-chemical and sensory characteristics with little variation during 120 days of storage at room temperature, being the color and texture the ones that presented more expressive variations, besides of presenting microbiological stability, contributing to safety of the product. Therefore, it is suggested the treatment using osmosis and drying.

**Keywords:** banana, *Musa sapientum* L., osmotic dehydration, drying, food intermediate humidity, shelf life.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	iv
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	vii
<b>ABREVIATURAS E SIGLAS.....</b>	x
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	01
<b>2 REFERENCIAL</b>	04
<b>TEÓRICO.....</b>	
2.1 Banana.....	04
2.1.1 Botânica e variedades .....	04
2.1.2 Banana-prata.....	06
2.1.3 Morfologia da planta, plantio, exigências edafoclimáticas, tratos culturais, colheita e rendimento.....	07
2.1.4 Aspectos da produção e economia.....	09
2.1.5 Produtos derivados da banana.....	12
2.2 Preservação de alimentos.....	19
2.2.1 Métodos combinados e alimentos de umidade intermediária.....	19
2.2.2 Desidratação osmótica.....	22
2.2.3 Desidratação osmótica a vácuo.....	25
2.2.4 Combinação de osmose e secagem em estufa.....	26
2.2.5 Controle microbiológico.....	29
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	33
3.1 Material.....	33
3.1.1 Matéria-prima.....	33
3.1.2 Aditivos.....	33
3.2 Metodologia.....	33
3.2.1 Descrição das etapas básicas para o preparo da banana.....	33
3.2.2 Avaliação dos tratamentos osmóticos sem utilização de vácuo e com utilização de vácuo como pré-tratamento da secagem.....	34

3.2.3 Construção da curva de secagem da banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo e com utilização de vácuo.....	37
3.2.4 Estudo da estabilidade dos produtos de banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo e com utilização de vácuo seguida de secagem.....	39
3.3 Análises físico-químicas.....	40
3.3.1 Perda de peso.....	40
3.3.2 pH.....	40
3.3.3 Umidade.....	40
3.3.4 Sólidos solúveis totais (° Brix).....	40
3.3.5 Atividade de água (Aa).....	41
3.3.6 Acidez total titulável.....	41
3.3.7 Açúcares.....	41
3.3.7.1 Açúcares redutores.....	41
3.3.7.2 Açúcares totais.....	41
3.3.7.3 Açúcares não-redutores.....	41
3.3.8 Cor (valor L*).....	42
3.3.9 Textura.....	42
3.4 Análises microbiológicas.....	42
3.4.1 Microrganismos aeróbios mesófilos.....	42
3.4.2 Bolores e leveduras.....	42
3.4.3 Coliformes.....	43
3.4.4 <i>Salmonella</i> sp.....	43
3.5 Análise Sensorial.....	44
3.7 Estatística.....	45
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>46</b>
4.1 Avaliação dos tratamentos osmóticos como pré-tratamento da secagem..	46
4.1.1 Avaliação dos tratamentos osmóticos sem utilização de vácuo.....	46
4.1.2 Avaliação dos tratamentos osmóticos com utilização de vácuo.....	50
4.2 Construção da curva de secagem da banana pré-tratada por desidratação osmótica com e sem utilização de vácuo.....	54
4.3 Comparação e avaliação da estabilidade da banana conservada por	

desidratação osmótica sem utilização de vácuo e com utilização de vácuo seguida de secagem em estufa de circulação de ar.....	59
4.3.1 Análise comparativa do experimento 1 (osmose sem utilização de vácuo) e do experimento 2 (osmose com utilização de vácuo).....	59
4.3.2 Estudo da estabilidade da banana desidratada seguida de secagem em estufa, em função do tempo de armazenamento.....	63
4.3.2.1 Análises físico-químicas.....	63
4.3.2.1.1 pH.....	63
4.3.2.1.2 Sólidos solúveis totais (° Brix).....	64
4.3.2.1.3 Acidez total titulável.....	65
4.3.2.1.4 Umidade.....	67
4.3.2.1.5 Atividade de água (Aa).....	68
4.3.2.1.6 Açúcares totais.....	70
4.3.2.1.7 Cor (valor L*).....	71
4.3.2.1.8 Textura (força de corte).....	73
4.3.2.2 Análises microbiológicas.....	74
4.3.2.3 Análise sensorial (avaliação global).....	75
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>82</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>83</b>

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 1	– Composição nutricional de banana ‘Prata’ por 100 g de polpa (FRANCO, 1989).....	07
TABELA 2	– Perda de água, ganho de sólidos e perda de massa após osmose sem utilização de vácuo em xaropes de sacarose a 65°C com diferentes concentrações e proporções fruto:xarope para banana.....	46
TABELA 3	– Perda de água, ganho de sólidos e perda de massa após osmose com utilização de vácuo em xaropes de sacarose a 65°C com diferentes concentrações e proporções fruto:xarope para banana.....	51
TABELA 4	– Acompanhamento das características químicas e físico-químicas durante o processo de desidratação osmótica da banana seguida de secagem.....	54
TABELA 5	– Parâmetros utilizados nos experimentos de vida de prateleira para elaboração do produto final.....	59
TABELA 6	– Análise comparativa entre as bananas pré-tratadas por desidratação osmótica sem utilização de vácuo e com utilização de vácuo Seguida de secagem em estufa no tempo zero de armazenamento.....	60
TABELA 7	– Análise comparativa entre as bananas pré-tratadas por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) seguida de secagem em estufa no tempo 120 dias de armazenamento.....	60
TABELA 8	– pH da banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) em função do tempo de armazenamento de 120 dias.....	63

TABELA 9 – Sólidos solúveis (°Brix) da banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) em função do tempo de armazenamento de 120 dias.....	64
TABELA 10 – Acidez total titulável da banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) em função do tempo de armazenamento de 120 dias.....	66
TABELA 11 – Umidade da banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) em função do tempo de armazenamento de 120 dias.....	67
TABELA 12 – Aa da banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) em função do tempo de armazenamento de 120 dias.....	69
TABELA 13 – Açúcares totais (%) da banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) em função do tempo de armazenamento de 120 dias.....	70
TABELA 14 – Cor (valor L*) da banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) em função do tempo de armazenamento de 120 dias.....	72
TABELA 15 – Textura (força de corte) (N) da banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) em função do tempo de armazenamento de 120 dias.....	73
TABELA 16 – Análise comparativa da aceitação global entre as bananas pré-tratadas por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) seguida de secagem em estufa nos tempos zero e 120 dias de armazenamento.....	76

TABELA 17 – Notas médias de aceitação global da banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) em função do tempo de armazenamento de 120 dias.....	76
---	----

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Gráfico da produção mundial de banana em 2000 (FONTE: FAO, 2001).....	10
FIGURA 2 – Gráfico da produção brasileira de banana em 2000 (FONTE: IBGE, 2001).....	11
FIGURA 3 – Principais produtos derivados da banana (FONTE: SILVA, 1994)	12
FIGURA 4 – Fluxograma de produção de banana passa (FONTE: SILVA, 1995).....	18
FIGURA 5 – Fluxograma do transporte de massa durante a desidratação osmótica para escolha dos xaropes para secagem final.....	35
FIGURA 6 – Fluxograma para elaboração da curva de secagem e do processamento dos produtos finais para avaliação da vida de prateleira.....	38
FIGURA 7 – Ficha sensorial para teste de aceitação: avaliação de aceitação global.....	45
FIGURA 8 – Efeito da concentração e da proporção fruto:xarope através do tempo de imersão sobre a perda de água em diferentes tratamentos osmóticos sem utilização de vácuo e a temperatura de 65°C.....	47
FIGURA 9 – Efeito da concentração e da proporção fruto:xarope através do tempo de imersão sobre o ganho de sólidos em diferentes tratamentos osmóticos sem utilização de vácuo e a temperatura de 65°C.....	48
FIGURA 10 – Efeito da concentração e da proporção fruto:xarope através do tempo de imersão sobre a perda de massa em diferentes tratamentos osmóticos sem utilização de vácuo e a temperatura de 65°C.....	49

FIGURA 11 – Efeito da concentração e da proporção fruto:xarope através do tempo de imersão sobre a perda de água em diferentes tratamentos osmóticos com utilização de vácuo e a temperatura de 65°C.....	51
FIGURA 12 – Efeito da concentração e da proporção fruto:xarope através do tempo de imersão sobre o ganho de sólidos em diferentes tratamentos osmóticos com utilização de vácuo e a temperatura de 65°C.....	52
FIGURA 13 – Efeito da concentração e da proporção fruto:xarope através do tempo de imersão sobre a perda de massa em diferentes tratamentos osmóticos com a utilização de vácuo e a temperatura de 65°C.....	52
FIGURA 14 – Efeito do tempo de secagem em estufa sobre a umidade da banana pré-tratada por desidratação sem utilização (SV) de vácuo e com utilização de vácuo (CV).....	56
FIGURA 15 – Efeito do tempo de secagem em estufa sobre a Aa da banana pré-tratada por desidratação sem utilização (SV) de vácuo e com utilização de vácuo (CV).....	56
FIGURA 16 – Efeito do tempo de secagem em estufa sobre os sólidos solúveis (°Brix) da banana pré-tratada por desidratação sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV).....	57
FIGURA 17 – Efeito do tempo de secagem em estufa sobre a perda de massa da banana pré-tratada por desidratação sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV).....	57
FIGURA 18 – Fotos da banana <i>in natura</i> e dos produtos finais nos tempos 0 e 120 dias de armazenamento: (a) banana <i>in natura</i> ; (b) produto final SV no tempo zero de armazenamento; (c) produto final CV no tempo zero de armazenamento; (d) produto final SV no tempo 120 dias de armazenamento e (e) produto final CV no tempo 120 dias de armazenamento.....	62
FIGURA 19 – Variação do pH em função do tempo de armazenamento.....	64

FIGURA 20 – Variação dos sólidos solúveis (°Brix) em função do tempo de armazenamento.....	65
FIGURA 21 – Variação da acidez total titulável em função do tempo de armazenamento.....	66
FIGURA 22 – Variação da umidade em função do tempo de armazenamento...	68
FIGURA 23 – Variação da Aa em função do tempo de armazenamento.....	69
FIGURA 24 – Variação dos açúcares totais em função do tempo de estocagem.....	71
FIGURA 25 – Variação da cor (valor L*) em função do tempo de armazenamento.....	72
FIGURA 26 – Variação da textura (força de corte) em função do tempo de armazenamento.....	74
FIGURA 27 – Avaliação global em função do tempo de armazenamento.....	77
FIGURA 28 – Histograma de freqüência das notas de aceitação global para os produtos desidratados de banana no tempo recém processados.....	78
FIGURA 29 – Histograma de freqüência das notas de aceitação global para os produtos desidratados de banana no tempo 30 dias.....	79
FIGURA 30 – Histograma de freqüência das notas de aceitação global para os produtos desidratados de banana no tempo 60 dias.....	79
FIGURA 31 – Histograma de freqüência das notas de aceitação global para os produtos desidratados de banana no tempo 90 dias.....	80
FIGURA 32 – Histograma de freqüência das notas de aceitação global para os produtos desidratados de banana no tempo 120 dias.....	80
FIGURA 33 – Representação gráfica do somatório das freqüências de notas 6/7/8/9 para os produtos desidratados de banana em função do tempo de armazenamento.....	81

## ABREVIATURAS E SIGLAS

Aa – atividade de água

AMP – alimentos minimamente processados

AOAC – Association of Official Analytical Chemists

APHA - American Public Health Association

AUI – alimento de umidade intermediária

BVB - bile verde brilhante

CV – tratamento com utilização de vácuo

EC – *Escherichia Coli*

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

G<sub>S</sub> - Ganho de sólidos

ICMSF – International Commission on Microbiological Specifications for Foods

LIA – ágar lisina ferro

NMP – número mais provável

P<sub>A</sub> – Perda de água

P<sub>M</sub> – Perda de massa

SS – *Salmonella-Shiguella*

SV – tratamento sem utilização de vácuo

TSI – ágar tríplice açúcar ferro

UFC – unidade formadora de colônia

UR – umidade relativa

## 1 INTRODUÇÃO

A banana (*Musa* spp.) é uma das frutas mais consumidas no mundo, sendo produzida na maioria dos países tropicais. Em 2000, a produção mundial chegou a 64 milhões de toneladas, figurando a Índia como o principal país produtor. Em terceiro lugar, depois do Equador (segundo produtor mundial), vem o Brasil, com 10% da produção total, sendo também o maior consumidor mundial. China, Filipinas, e Indonésia também são importantes produtores da fruta (FAO, 2001). A maioria dos cultivares da fruta originou-se no Continente Asiático, evoluído das espécies selvagens *Musa acuminata* Colla e *Musa balbisiana* Colla (CNPMPF, 1994).

A banana é uma fruta de elevado valor nutricional, pois se apresenta como uma fonte energética, devido à presença de amido e açúcares em sua composição, além das vitaminas A e C e sais minerais como potássio, fósforo, cálcio, sódio, magnésio e outros em menor quantidade (BORGES *et al.*, 1997).

Do ponto de vista biológico, a banana é um dos frutos que apresenta uma das maiores perdas por decomposição pós-colheita visto ser ela extremamente perecível, não permitindo o uso do frio para o armazenamento. Este fato nos leva a idéia básica de que a industrialização é uma das formas mais indicadas para um melhor aproveitamento da produção. Dentre os processos de aproveitamento industrial da banana, o da produção de banana passa é interessante, uma vez que requer um baixo investimento inicial, com perspectiva de lucratividade compatível com o investimento e, com um mercado que permite a absorção de um volume muito maior do produto, em relação à oferta atual (SILVA *et al.*, 1995).

O Brasil vem importando quantidades relativamente grandes de frutas secas, principalmente ameixas, uvas, damascos, figos e tâmaras, atingindo a cifra média de U\$ 18 milhões anuais. A produção de frutas secas no Brasil se restringe a banana-passa. De acordo com o mesmo autor, com a produção própria o país poderia economizar divisas e ainda criar condições de explorar mercados como os EUA e o Mercosul (MORETI *et al.*, 1994).

Nos últimos anos a desidratação de alimentos vem sendo objeto de muita pesquisa na procura de métodos de secagem que proporcionem, além de baixo custo, produtos que conservem, com pouca alteração, suas características organolépticas e nutritivas (FALCONE & SUAZO, 1988). Um método que está

ganhando interesse é o de "desidratação osmótica de alimentos", tais como frutas, verduras, carnes e pescados, que consiste na remoção parcial de água pela pressão osmótica, quando se coloca o alimento em contato com uma solução hipertônica de solutos, diminuindo, assim, a atividade de água e aumentando a sua estabilidade, em combinação com outros fatores como controle de pH, adição de antimicrobianos, etc. (POKHARKAR *et al.*, 1997).

De acordo com FALCONE & SUAZO (1988), países como o Brasil onde, além da grande variedade de frutas, existe ampla disponibilidade de açúcar de cana, o processo osmótico pode tornar-se uma alternativa promissora. Os mesmos autores citam que como a maioria dos trabalhos encontrados na literatura tem-se concentrado no estudo da pré-secagem por osmose de maçã, seria interessante obter informações do efeito desse processo sobre outras frutas, principalmente as tropicais, onde o Brasil se faz presente como um dos grandes produtores.

Quando se trabalha a pressões inferiores à atmosférica, trata-se de desidratação osmótica a vácuo. Tem-se estudado a sua aplicação a várias frutas e hortaliças, podendo se manifestar algumas características desta técnica que poderiam conduzir a vantagens importantes, como uma cinética de perda de água mais rápida, principalmente durante os primeiros períodos do processo. A maior rapidez da cinética permite trabalhar a temperaturas baixas, sem perdas importantes no rendimento do processo, o que melhora grandemente as propriedades sensoriais das frutas processadas, comparando com as obtidas na desidratação osmótica tradicional (FITO, 1994).

Considerando-se as limitações tecnológicas dos processos tradicionais para produção de banana passa com uma qualidade padrão, a desidratação osmótica surge como uma opção à padronização deste processo, para obtenção de um produto com textura, cor e sabor adequados, além de possibilitar uma redução de perdas pós-colheita junto aos pequenos e médios produtores. Neste trabalho visou-se levantar parâmetros técnicos para obtenção de desidratados de banana por estudo da desidratação osmótica (com e sem a utilização de vácuo) como pré-tratamento para a secagem em estufa, relacionados às características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais, junto às áreas de produção, obtendo um produto estável à temperatura ambiente por no mínimo 120 dias.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Banana

#### 2.1.1 Botânica e variedades

No mundo inteiro existem cerca de 180 variedades de bananas, sendo que no Brasil frutificam cerca de 35 delas, distribuindo-se em bananeiras ornamentais, industriais e comestíveis. A banana é classificada como pertencente ao gênero *Musa*, dentro da classe das Monocotiledôneas, família *Musaceae*, da qual fazem parte inúmeras outras plantas de características semelhantes à banana, muitas das quais originárias e nativas de diversas regiões do continente latino-americano (PADOVANI, 1989).

Conforme a sistemática botânica de classificação hierárquica, as bananeiras produtoras de frutos comestíveis são plantas da classe das Monocotiledôneas, ordem *Scitaminales*, família *Musaceae*, onde se encontram as sub-famílias *Heliconioideae*, *Strelitzioideae* e *Musoideae*. Esta última inclui, além do gênero *Ensete*, o gênero *Musa*, que abrange entre 24 e 30 espécies, geralmente seminíferas, em que se filiam todos os cultivares produtores de frutos partenocárpicos, isto é, frutos de polpa abundante e completamente desprovidos de sementes, comestíveis. O gênero *Musa* é constituído por quatro séries ou seções: *Australimusa*, *Callimusa*, *Rhodochlamys* e (Eu-) *Musa*. A seção (Eu-) *musa* contém a grande maioria das bananas comestíveis, derivadas da *Musa acuminata* e *Musa balbisiana* (SIMMONDS, 1959; SIMMONDS, 1973).

Na evolução das bananeiras comestíveis participaram, principalmente, as espécies diplóides selvagens *M. acuminata Colla* e *M. balbisiana Colla*, de modo que cada cultivar deve conter combinações variadas de genomas completos dessas espécies parentais. Esses genomas são denominados pelas letras A (*M. acuminata*) e B (*M. balbisiana*), de cujas combinações resultam os grupos AA, BB, AB, AAA, AAB, ABB, AAAA, AAAB, AABB e ABBB (SIMMONDS & SHEPHERD, 1955).

Existem cerca de cem tipos de banana cultivados no mundo todo, porém os mais conhecidos no Brasil são (HORTIFRUTIGRANJEIROS, 2001):

- banana-nanica (banana d'água, banana-da-china, banana-anã ou banana chorona): tem casca fina e amarelo-esverdeada (mesmo na fruta madura) e

polpa bastante doce, macia e de aroma agradável. Cada cacho tem por volta de duzentas bananas;

- banana-prata (banana-anã-grande): fruto reto, de até 15 cm de comprimento, casca amarelo-esverdeada, de cinco facetas, polpa menos doce que a da banana-nanica, mais consistente, indicada para fritar;

- banana-maçã (banana-branca): de tamanho variado, pode atingir, no máximo, 15 cm e pesar 160 g. É ligeiramente curva, tem casca fina, amarelo-clara, e polpa branca, bem aromática, de sabor muito apreciado. Recomendada como alimento para bebês, fica muito gostosa amassada e misturada com aveia, biscoito ralado ou farinhas enriquecidas;

- banana-da-terra (banana-chifre-de-boi, banana-comprida, pacovã): são as maiores bananas conhecidas, chegando a pesar 500 g cada fruta e a ter um comprimento de 30 cm. É achatada num dos lados, tem casca amarelo-escura e polpa bem consistente. Só pode ser consumida assada, frita ou cozida;

- banana-de-são-tomé (banana-curta, banana-do-paraíso): há dois tipos, que se diferenciam apenas na cor da casca - roxa ou amarela. São pouco apreciadas, devido à polpa amarela e ao cheiro muito forte. Recomenda-se consumi-las cozidas, fritas ou assadas;

- banana-ouro (iniajá, banana-dedo-de-moça, banana-mosquito, banana-imperador): é a menor de todas as bananas, medindo no máximo 10 cm. Tem forma cilíndrica, casca fina de cor amarelo-ouro, polpa doce, de sabor e cheiro agradáveis. É muito usada para fazer croquetes.

As cultivares mais difundidas no Brasil são: Prata, Pacovã, Prata-Anã, Maçã, Mysore, Terra e D'Ángola, do grupo AAB, além da Nanica e Nanicão, do grupo AAA, utilizadas principalmente no mercado para exportação. Em menor escala são plantadas a Figo Cinza e Figo Vermelha (ABB) (CNPMPF, 1994).

### **2.1.2 Banana-prata**

A cultivar prata foi introduzida no Brasil pelos portugueses; por isto, os brasileiros, especialmente os nordestinos e nortistas, manifestam uma clara e constante preferência pelo seu sabor, sendo a principal variedade cultivada no Nordeste brasileiro, também conhecida como banana-de-camboteiro. As plantas

apresentam poucas manchas escuras no pseudocaule, margens dos pecíolos eretas ou pouco fechados e pigmentação brilhante na face interna da bráctea (BORGES *et al.*, 1997), possuindo cachos relativamente pequenos, pesando em média 15 Kg e com 69 a 118 bananas. O fruto possui seção transversal pentagonal, com cinco quinças bem visíveis, de tamanho médio, com 10 a 13 cm de comprimento e 3,5 a 4 cm de diâmetro, com extremidade bem pronunciada, pontuda, sem restos florais; tendo asca fina, de cor amarelo-ouro, e endocarpo de cor creme-róseo pálido; sendo excelente para consumo e elaboração de bananada (SIMÃO, 1971).

Na TABELA 1 podemos observar a composição nutricional de banana e 'Prata' por 100g de polpa (FRANCO, 1989).

TABELA 1 - Composição nutricional de banana 'Prata' por 100 g de polpa (FRANCO, 1989).

Componente	Banana Prata
Calorias (Kcal)	89
Proteína (g)	1,3
Lipídeos (g)	0,3
Glicídeos (g)	22,8
Potássio (mg)	370,0
Sódio (mg)	1,0
Cálcio (mg)	15,0
Fósforo (mg)	26,0
Magnésio (mg)	35,0
Ferro (mg)	0,20
Vitamina A ( $\mu\text{g}$ )	10,0
Vitamina B1 ( $\mu\text{g}$ )	92,0
Vitamina B2 ( $\mu\text{g}$ )	103,0
Vitamina C (mg)	17,3

### 2.1.3 Morfologia da planta, plantio, exigências edafoclimáticas, tratos culturais, colheita e rendimento

A bananeira é um vegetal completo, ou seja: apresenta raiz, tronco, folha, flores, frutos e semente. Normalmente essa planta se multiplica vegetativamente, através da emissão de novos filhos (rebentos), que se originam do entumescimento de gemas vegetativas esternadas da planta original, localizadas na região denominada rizoma. O rizoma, ou caule subterrâneo, é a parte da bananeira onde sustenta todos os órgãos. A gema apical de crescimento é a responsável pela formação das folhas e das gemas laterais de brotações. Como as folhas e a gema lateral de brotação são formadas, simultaneamente, pode-se concluir que para cada folha há uma gema correspondente. Após gerar todas as folhas que completam o ciclo da planta, a gema cessa o crescimento, modificando seu aspecto e se transformando no órgão de frutificação da bananeira, "a inflorescência". Os frutos da bananeira são o resultado do desenvolvimento partenocárpico ou polinizado dos

ovários das flores femininas da inflorescência. Apresentam forma de bagas alongadas. O pericarpo corresponde à casca, e o mesocarpo, à polpa. O cacho é constituído pelo engaço, pencas, ráquis e coração (MOREIRA, 1975; ALVES *et al.*, 1999).

A bananeira é uma planta tipicamente tropical, exigindo calor constante e elevada umidade (pluviosidade anual acima de 1.200 mm para seu bom desenvolvimento). Em regiões onde há irregularidades na distribuição das chuvas ou não atende a demanda de evapotranspiração da cultura, recomenda-se o fornecimento d'água através da irrigação superficial, aspersão ou localizada, de acordo com as condições edafoclimáticas da região. A temperatura é um fator muito importante no cultivo da bananeira, porque influi diretamente nos processos respiratórios e fotossintéticos da planta, estando relacionada com a altitude, luminosidade e ventos. A faixa ótima de temperatura para o desenvolvimento das bananeiras comerciais é de 26-28°C, com mínimas não inferiores a 15°C e máximas não superiores a 35°C. Umidade relativa do ar acima de 80% é a mais favorável à bananicultura. Alta umidade acelera a emissão de folhas, prolonga sua longevidade, favorece o lançamento da inflorescência e uniformiza a coloração da fruta. A bananeira requer alta luminosidade; no entanto, o fotoperíodo parece não influir no seu crescimento e frutificação. O vento também é um fator climático importante, podendo causar desde pequenos danos até a destruição do bananal. Ventos inferiores a 30Km/h, normalmente, não prejudicam a planta (BORGES *et al.*, 1997).

O Brasil apresenta condições favoráveis ao cultivo da bananeira em quase toda a sua área territorial, destacando-se as regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, grande parte da região Sudeste e alguns microclimas da região Sul (ALVES *et al.*, 1999).

A disposição e o valor do sistema radicular da bananeira servem como indicador das propriedades físicas e químicas do solo. Nas que são próprias para a cultura, o sistema radicular desenvolve-se totalmente, enquanto nos demais se torna tortuoso e curto. Portanto, solos profundos, bem drenados, ricos em matéria orgânica, com acentuada friabilidade e alta capacidade de retenção de água, são os mais indicados para o normal desenvolvimento da bananeira (SOUZA *et al.*, 1995).

A colheita da banana consiste numa das práticas mais onerosas, importante, independente do tipo de comercialização a que se destina. A importância da colheita se deve ao fato de poder comprometer todo o esforço empregado na condução da mesma. A banana começa a produzir entre 12 e 18 meses após o transplante. Em cultivos tradicionais, os cachos são levados, logo após o corte, para local sombreado, colocados no chão forrado com folhas de bananeira e aí despencadas. Não se deve amontoar nem os cachos nem as pencas a fim de se evitar o atrito entre os frutos e escorrimento de látex nas pencas (CNPMPF, 1994).

Por ser a banana um produto altamente perecível, a comercialização deve ser rápida, racional, e feita com uma série de cuidados para que não haja grandes perdas e o produto chegue ao seu destino em boas condições. O Brasil é o país com o maior índice de desperdício desta fruta, cerca de 60% da produção (SOUZA *et al.*, 1995).

O rendimento da cultura depende da variedade e, do nível tecnológico utilizado. De uma maneira geral a banana produz de 10 a 30 toneladas por hectare, a partir do segundo ano. No Brasil, a safra de 2000 obteve um rendimento médio de 13,4125 toneladas por hectare (IBGE, 2001).

A produção comercial de banana em plantações da América Central e da América do Sul revestiu-se de uma grande importância econômica, sendo hoje a terceira fruta no mundo em volume de produção, superada apenas pela uva e a laranja (SOUZA *et al.*, 1995).

#### **2.1.4 Aspectos da produção e economia**

A banana por ser uma fonte de energia, sais minerais e vitaminas e por ser de fácil digestibilidade, é a fruta mais consumida no mundo. Mesmo os países que, por condições climáticas, não a produzem, como é o caso dos países europeus, Estados Unidos e Japão, apresentam elevado índice de consumo (PASSOS & SOUZA, 1994).

A bananeira é dispersa praticamente em todas as regiões tropicais do mundo, sendo cultivada principalmente no Brasil, Índia, Filipinas, Equador, China, Honduras, Costa Rica, Colômbia, Panamá e Guatemala. No Brasil, a bananeira é

cultivada principalmente nos estados da Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina, Espírito Santo e Rio de Janeiro (DONADIO *et al.*, 1998).

Em 2000, a produção mundial (FIGURA 1) chegou a 64 milhões de toneladas, figurando a Índia como o principal país produtor. Em terceiro lugar, depois do Equador (segundo produtor mundial), com 10% da produção total, vem o Brasil, o maior consumidor mundial. China, Filipinas, e Indonésia também são importantes produtores da fruta (FAO, 2001).

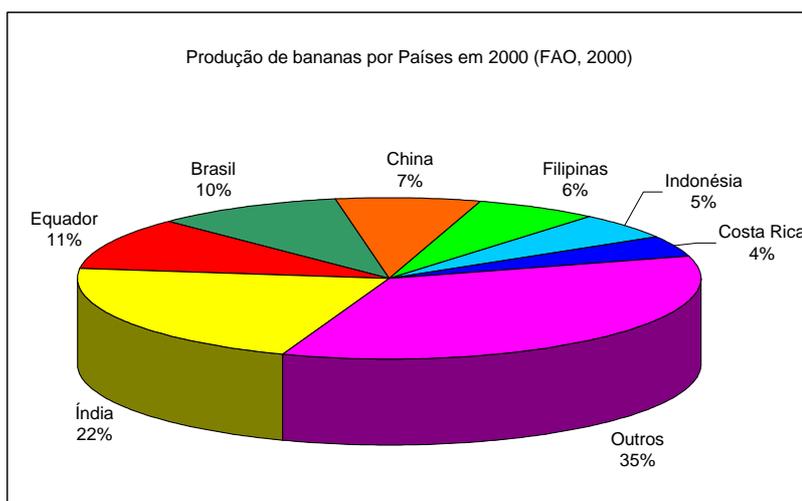


FIGURA 1 – Gráfico da produção mundial de banana em 2000 (Fonte: FAO, 2001).

O Brasil, depois de ter sido por muito tempo o primeiro produtor mundial de banana, caiu para o terceiro nos últimos anos, cedendo espaço para a Índia e Equador, mas se mantém como líder em consumo da fruta. O brasileiro consome, em média, 20kg/hab/ano. A produção nacional tem sido crescente nos últimos anos, com efetiva participação de todos os estados da federação (FAO, 2001). A produção nacional de banana apresenta evolução lenta comparativamente ao consumo *in natura* e industrial, que cresce num ritmo acelerado, diminuindo a cada ano o saldo exportável, sendo portanto necessário aumentar a oferta nacional, ou através do crescimento da produção ou da diminuição das perdas.

A produção brasileira está distribuída por todo o território nacional, participando com significativa importância na economia de diversos estados, sendo que a maior produção se concentra nas regiões Nordeste, Norte e Sudeste (FIGURA 2). Para uma produção nacional de 559 milhões de cachos em 2000, o Pará contribuiu com 77 milhões de cachos, a Bahia, segundo produtor nacional, com 58

milhões de cachos. O Ceará ficou em sétimo lugar na produção nacional, produzindo 37 milhões de cachos, o que representa 6,62% da produção brasileira em 2000 (IBGE, 2001).

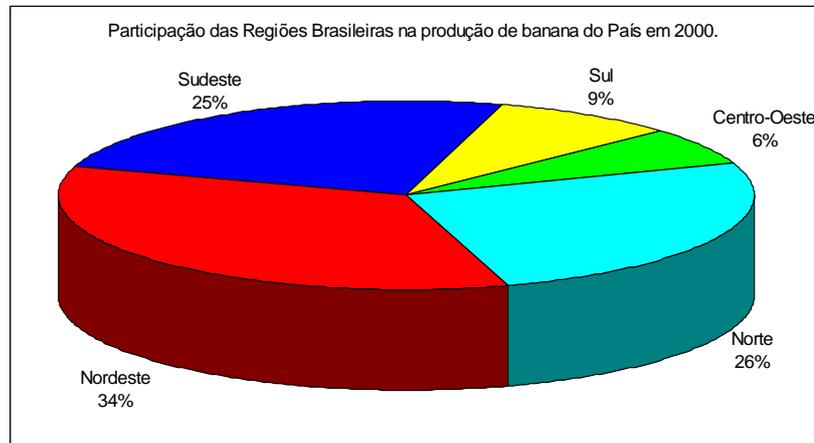


FIGURA 2 – Gráfico da produção brasileira de banana em 2000 (Fonte: IBGE, 2001).

Com relação às variedades de bananas comercializadas no Ceará, de acordo com DITEC/CEASA, das 43.210 toneladas de bananas comercializadas na CEASA em 2000, 26.305 toneladas são de banana prata, destas 95,4% produzidas no Ceará, sendo o restante de banana pacovã, com 16.683 toneladas e nanica com 222 toneladas. A produção no Ceará está concentrada nos Agropolos Baixo Acaraú, Metropolitano e Jaguaribe (SIGA, 2001).

As exportações brasileiras de banana *in natura* mostram um decréscimo de 1986 a 1991 devido à perda de parte do mercado para o Equador, que oferecia um produto de melhor qualidade e com menores preços (PASSOS & SOUZA, 1994).

O excedente de banana *in natura* no mercado tem-se agravado e chamado a atenção dos produtores e técnicos. Além disso, as perdas muito grandes relacionadas aos produtos defeituosos e a constante expectativa de expansão da cultura, confirmam a fundamental importância da transformação da banana *in natura* em diversos produtos, a fim de se aumentar as possibilidades de utilização e consumo da fruta (BORGES *et al.*, 1997).

Nesse contexto surge como fator de desenvolvimento inquestionável a agroindústria, interligando o mercado à produção e diminuindo por conseguinte a margem de riscos. Por meio dos complexos agroindustriais instalados em locais

estratégicos pode-se solucionar o problema social de maior relevância no país que é o desemprego – causa da imigração, advinda de regiões com poucas alternativas como o Nordeste (PASSOS & SOUZA, 1994).

### 2.1.5 Produtos derivados da banana

Sabe-se que a banana está sujeita a grandes variações de preço durante todo o ano, sendo que, em certas épocas, as cotações do mercado são demasiadamente baixas. Assim, a industrialização, como suporte à agricultura, faz-se necessária para o aproveitamento dos excedentes de produção, não exportáveis e não comercializáveis no mercado interno, que sempre existem e em quantidades crescentes de ano para ano (MEDINA *et al.*, 1978).

Os principais produtos derivados da banana são purê, néctar, banana em calda, doce em massa, produtos desidratados (banana passa, farinha, flocos), banana liofilizada e banana chips (FIGURA 3).

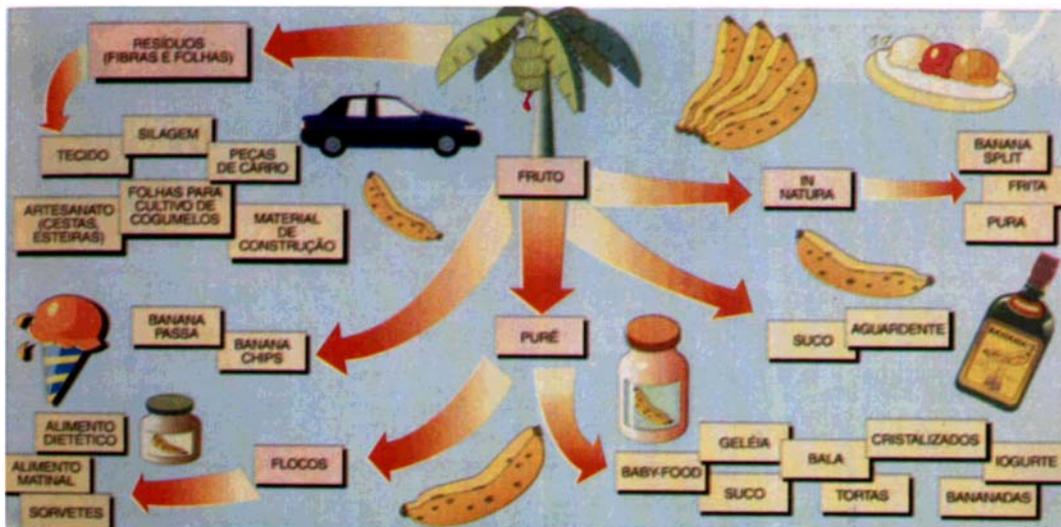


FIGURA 3 – Principais produtos derivados da banana (Fonte: SILVA, 1994).

O purê é o produto obtido pelo esmagamento da fruta seguido de um método de conservação adequado. Existem diversos tipos de purê, que são classificados de acordo com a tecnologia empregada: asséptico, acidificado, congelado, e preservado quimicamente (ALVES *et al.*, 1999). O purê de banana apresenta elevada importância dentre os seus produtos pois, além de produto final, pode ser utilizado como matéria-prima para a fabricação de néctar, doce em massa, flocos e farinha, dentre outros (WILSON, 1975).

MARTIN *et al.* (1985) recomenda a elaboração de néctar de banana misturando-se 40 partes de purê, ou polpa, 60 partes de xarope de sacarose a 25° Brix, adicionando-se ácido cítrico para o abaixamento do pH ao redor de 4,2-4,3. O néctar deve ser homogeneizado em moinho coloidal e aquecido até 95°C em trocadores de calor de superfície raspada e envasado a quente em latas e garrafas. Após o fechamento, os recipientes devem ser invertidos por cinco minutos para esterilização das tampas e resfriados em água corrente até 37°C.

A obtenção de suco clarificado de banana tem sido objeto de estudos por diversos pesquisadores, GARCIA & ROLZ (1974); TOCCHINI & LARA (1977) e JALEEL *et al.* (1978), que têm proposto na sua obtenção o emprego de associações de enzimas clarificantes, como por exemplo, pectinases e celulases procedentes de diferentes fabricantes, em diversas concentrações, associado a tratamento térmico sob condições variadas de tempo e temperatura de hidrólise. A obtenção de suco de banana clarificado e concentrado normalmente é efetuada através da redução da viscosidade da polpa com o uso de enzimas ou compostos que atuam de maneira similar (ALVES *et al.*, 1999).

A adição de invertase ao suco de fruta promove aumento de teores de glicose e frutose. A conversão de glicose em frutose é interessante sob o ponto de vista nutricional visto que o consumo de frutose por diabéticos é menos problemático do que o de glicose (CARDOSO *et al.*, 1998).

A banana em calda ou compota de banana é utilizada por restaurantes, hotéis, sorveterias, e mesmo no reaproveitamento industrial para coquetéis de frutas tropicais e saladas de frutas (MEDINA *et al.*, 1978). De forma genérica, o processo consiste no acondicionamento das frutas e do xarope em latas, seguidas de pasteurização (tratamento térmico) e armazenamento (BORGES *et al.*, 1997). A cultivar Prata é a banana mais utilizada na elaboração deste doce, e deve estar madura, mas ainda bem firme. Devido às características desta cultivar, o produto doce apresenta a cor avermelhada após o processo de cozimento (ITPS, 1984).

A bananada ou doce em massa consiste num produto obtido da mistura do purê da banana com sacarose (açúcar comum), ou em proporções variáveis de sacarose e de açúcar invertido, e com adição de um ácido orgânico e pectina, que é posteriormente concentrado em concentrador atmosférico ou a vácuo, até uma concentração previamente determinada para se obter o chamado “ponto de corte”.

Este ponto de corte é, geralmente, uma função da acidez do meio e do teor de pectina. Às vezes, o teor de pectina natural da fruta é suficiente para conseguir o ponto de corte, porém, não é normalmente o caso da banana, em que uma quantidade extra de pectina deve ser adicionada para se obter o efeito desejado. Essa quantidade varia entre 0,5 a 1% do peso do material que deverá ser concentrado. Após concentrado, o produto é colocado em embalagens, sendo as mais comuns as latas chatas (cilíndricas – 158 x 39 mm), os pacotes (pedaços cortados uniformemente e embalados em celofanes), embalagens maiores de madeira, com o produto envolvido em plástico ou celofane, e ultimamente, em embalagens cartonadas (MEDINA *et al.*, 1978; BORGES *et al.*, 1997).

A banana em pó é preparada a partir do fruto totalmente maduro e é usada na indústria de alimentos como flavorizante, principalmente na fabricação de bolos e biscoitos. É extremamente higroscópica e susceptível ao desenvolvimento de sabores estranhos, sendo necessário o seu acondicionamento em embalagens à prova de umidade (WILSON, 1975).

A farinha é um produto obtido a partir da secagem da banana em pedaços, depois desta ter sido lavada, para a eliminação de impurezas, e descascada, sendo ideal a fruta com casca de cor verde clara (3/4 gorda). A fruta também deve sofrer um tratamento antioxidante, que pode ser realizado por via seca em câmaras ou úmida por aspersão. Depois de alcançada uma umidade ao redor de 8%, faz-se uma posterior moagem (moinho de martelo), acondicionamento e armazenamento do produto final. Uma de suas formas de utilização pode ocorrer na alimentação infantil, através de sua mistura com açúcar, leite em pó, sais minerais e vitaminas, pois se trata de uma excelente fonte energética (BORGES *et al.*, 1997; ALVES *et al.*, 1999). A farinha de banana é utilizada na elaboração de mingaus, papas, como enriquecedora do leite, em sopas e inúmeros outros alimentos (PADOVANI, 1989). A qualidade do produto final irá depender, sem dúvida, da qualidade da matéria-prima utilizada (MEDINA *et al.*, 1978).

Flocos de banana é um produto obtido da secagem do purê (secadores cilíndricos rotativos, com vácuo ou não) de banana madura até uma umidade ao redor de 3%. Esse produto tem sido utilizado como matéria-prima para outras indústrias alimentícias, na produção de bolos, sorvetes, alimentos infantis e

misturado com cereais para a formulação de alimentos matinais (BORGES *et al.*, 1997).

Dos produtos provenientes da industrialização da banana madura, os desidratados propriamente ditos (teor de umidade ao redor de 3%) são os mais difíceis de ser obtidos e de se conservar as qualidades durante o armazenamento. Geralmente, as dificuldades na desidratação da banana madura residem no fato dela apresentar propriedades termoplásticas quando aquecidas, tanto na forma de purê, como na forma desidratada. O produto obtido é altamente higroscópico, pelo alto teor de açúcares que apresenta, e de difícil conservação por ser altamente susceptível a reações enzimáticas e não-enzimáticas, quando em presença de oxigênio (MEDINA *et al.*, 1978).

O processo tradicional utilizado na obtenção de flocos é a secagem do purê em camada sob superfície aquecida de um ou dois cilindros rotativos ("drum dryer"), sob vácuo ou não. O aquecimento dos cilindros é obtido por injeção de vapor, cuja pressão em influência direta na qualidade do produto (ALVES *et al.*, 1999).

A banana liofilizada é obtida por meio de liofilização (remoção de água por sublimação) da banana ou de seu purê, realizada em equipamentos denominados liofilizadores. Esses equipamentos operam em bateladas, aumentando consideravelmente o custo do produto, principalmente se comparados aos outros desidratados. Entretanto, apresentam melhores características sensoriais de cor, aroma e sabor (BORGES *et al.*, 1997).

É um processo muito caro, pois a remoção de 1 Kg de água na liofilização torna-se 5 vezes mais dispendioso do que no processo de "spray". Portanto, justifica-se esse processo somente quando o produto não pode ser seco por outro processo (MEDINA *et al.*, 1978).

A banana chips é o produto obtido a partir de pedaços de banana verde, fritos em óleo comestível até adquirirem um aspecto semelhante ao da batata frita (Borges *et al.*, 1997). Na região Norte do País, a banana chips é popularmente consumida (ALVES *et al.*, 1999).

Banana passa ou banana seca é o produto obtido por processo de secagem natural (sol) ou artificial (secadores) da banana madura, inteira ou em

pedaços (BORGES *et al.*, 1997). Não deve conter substâncias estranhas à sua composição normal, ou mesmo apresentar fermentações, que indicariam produto em decomposição. O único controle físico-químico estabelecido é o teor de umidade, que no máximo deve ser igual a 25% (p/p); os padrões microbiológicos são: bactérias do grupo coliforme – máximo  $10^2$ /g; bactérias do grupo coliforme de origem fecal – ausência em 1 g; *Salmonellas* – ausência em 25 g. As determinações de presença de outros microorganismos e/ou substâncias tóxicas de origem microbiana devem ser feitas sob o estado higiênico-sanitário do produto ou quando ocorre toxinfecções alimentares (CASTRO, 1981).

Atualmente, grande parte da secagem de banana para produção de banana passa é realizada sem maiores cuidados ao sol ou em estufas, gerando um produto escuro, de aspecto pouco agradável e com pequena retenção de sabor original da banana. Trata-se de um produto industrializado e comercializado em pequena escala no Brasil (MAEDA & LORETO, 1998).

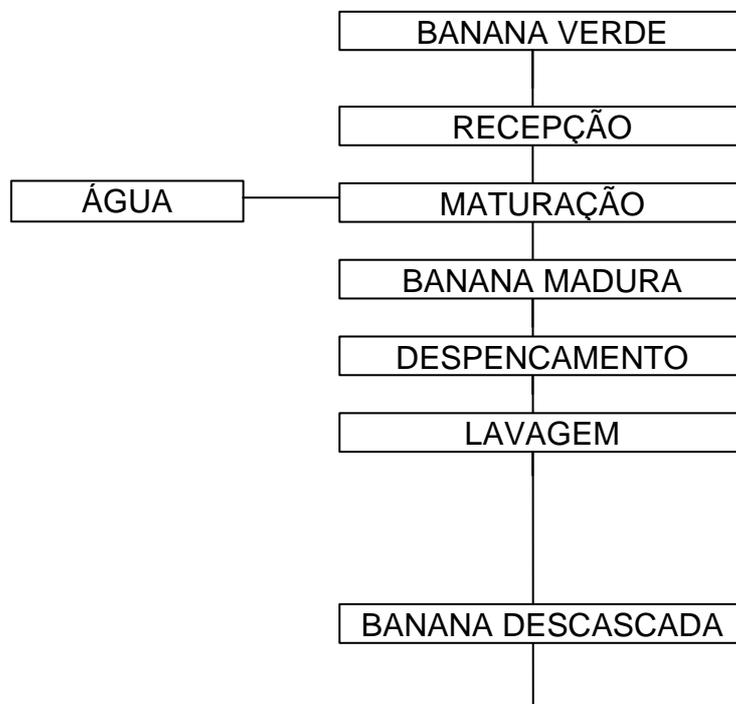
As indústrias nacionais, a maioria de porte caseiro, utilizam-se de técnicas tais que o produto obtido é de coloração bem escura, consistência firme e sabor pouco persistente de banana, tornando-se um produto pouco apreciado. Soma-se a estes fatores a utilização de refugos ou descartes de material de exportação da fruta ao natural, o que compromete bastante a qualidade do produto final. No Ceará, a cultivar Prata é a mais utilizada pela indústria no processamento de banana-passa (CASTRO, 1981).

Na Tailândia, a banana seca é popular como um “snack food” e útil como um produto preservado. Esta é normalmente seca ao sol e embalada em filme plástico. O método tradicional adotado neste país consiste em espalhar as bananas descascadas em uma única camada, em uma malha de bambu tecida. As bananas são viradas um vez por dia e cobertas à noite, no topo e no fundo, por uma malha plástica para prevenir reabsorção de água. O processo de secagem leva de 6 a 7 dias (PHOUNGCHANDANG & WOODS, 2000).

Na FIGURA 4, observa-se o fluxograma de banana passa, onde se inicia o processo na seleção das frutas. Em seguida, a fruta é amadurecida e descascada. O processo de descascamento é feito manualmente. A fruta, uma vez descascada, poderá ser cortada transversalmente em 3 ou 4 pedaços para posterior secagem. Industrialmente, porém, o corte da fruta não parece ser necessário. O aceleração

da fase de secagem, devido o corte, parece não compensar a mão-de-obra adicional para o corte, acrescentando-se que o fruto, uma vez cortado, apresenta, quando seco, um aspecto menos agradável que o fruto inteiro. As frutas, uma vez descascadas, são distribuídas em bandejas de madeira ou de aço inoxidável, em camada única, na razão de 8 a 10 Kg/m<sup>2</sup> de superfície. Antes de secas, as frutas recebem um tratamento antioxidante que evita o escurecimento pela ação das enzimas durante a secagem e, conseqüentemente, alterações no sabor e aroma. Melhores resultados têm sido alcançados pela utilização de anidrido sulfuroso (SO<sub>2</sub>), que deve ter um residual em torno de 100 ppm de SO<sub>2</sub> no produto final, para que sejam alcançados bons resultados. A polpa, uma vez preparada, deve ser imediatamente submetida à secagem, que geralmente é feita por meio de ar quente em secadores do tipo túnel. As condições de secagem ideais, tendo em conta os fatores qualidade, cor do produto, velocidade de secagem e condições atmosféricas ambientais, são a temperatura de cerca de 70° C e velocidade tangencial do ar de cerca de 3 m/s. O tempo de secagem é de cerca de 12 a 16 horas, quando a umidade relativa exterior se situa entre 70 e 90%. O produto, uma vez seco, é acondicionado em caixas ou tambores, durante tempo suficiente para apresentar uma uniformidade da umidade, sendo em seguida, é acondicionado em embalagens individuais para comercialização (MEDINA *et al.*, 1978; SILVA *et al.*, 1995).

Com relação a outros produtos, a banana também pode ser utilizada para a produção de geléia, fruta cristalizada, vinho, vinagre e álcool etílico, entre outros com fins não alimentícios, como artesanatos e peças de automóvel (BORGES *et al.*, 1997).



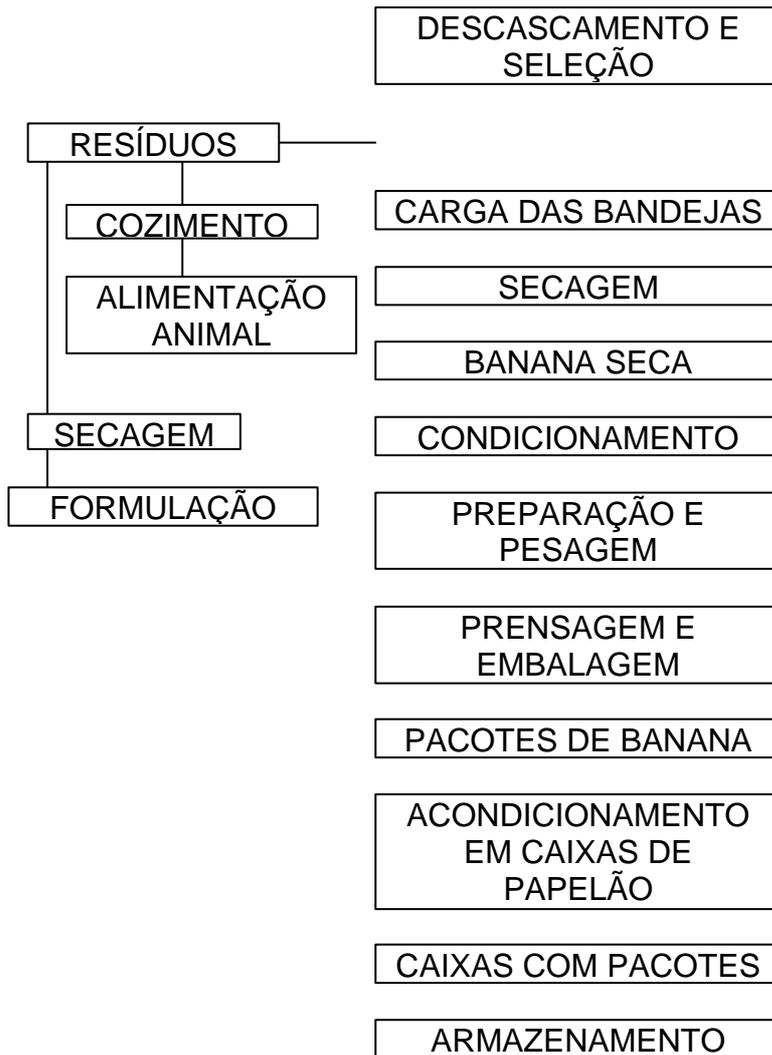


FIGURA 4 – Fluxograma de produção de banana passa (Fonte: SILVA *et al.*, 1995).

## 2.2 Preservação de Alimentos

### 2.2.1 Métodos combinados e alimentos de umidade intermediária

A perda de frutos em muitos países ibero-americanos variam entre 10% e 40% devido a carência de técnicas simples de preservação *in situ* (FONDERFRU, 1986).

Já é bem conhecido que a estabilidade e a segurança dos alimentos aumenta se a atividade de água (Aa) decresce. Métodos comuns para decrescer a Aa de alimentos são a desidratação, adição de sal, açúcar ou polióis e congelamento. A atividade de água dos alimentos influencia a multiplicação, atividade metabólica, resistência e sobrevivência dos organismos presentes (LEISTNER, 1992).

Conforme BROCKMAN (1973), um aditivo ideal para o ajuste da atividade de água (Aa) não deve afetar o sabor e aroma ou alterar a aceitabilidade do alimento na concentração requerida, devendo ser metabolizado como fonte de energia sem apresentar efeitos fisiológicos e ser aceitável pela legislação governamental para aditivos em alimentos.

O desenvolvimento de uma tecnologia simples baseada no “Efeito de Barreiras” (Hurdles), especialmente relacionadas a produtos de carne (LEISTNER, 1985) veio contribuir para a preservação microbiológica, aplicando vários fatores de “stress” de forma branda para controlar o desenvolvimento microbiano, podendo ser utilizado com sucesso na preservação de frutos (ALZAMORA *et al.*, 1993).

O aumento de consumo de frutos e hortaliças com mínimo de processamento tem promovido pesquisas para o desenvolvimento de tecnologia de métodos combinados (CM) como uma técnica de preservação (MONSALVES *et al.*, 1993).

Alimentos de umidade intermediária (AUI) e tecnologias relacionadas são relevantes para países em desenvolvimento, onde refrigeração e tecnologias para reduzir perdas de alimentos produzidos não estão amplamente disponíveis.

AUI exemplificam o efeito preservativo dos fatores combinados (LEVI *et al.*, 1983). Entretanto, alimentos de umidade intermediária e métodos combinados de

preservação não são geralmente conhecidos como sinônimos. Enquanto uma clara distinção não existe entre os termos, a umidade final e a atividade de água destes dois processos são diferentes (MONSALVES *et al.*, 1993). Os alimentos tipicamente de teor de umidade intermediária tem um teor de umidade de 20-50% e uma faixa de Aa de 0,65-0,85 (KAREL, 1976). Alimentos preservados por métodos combinados têm um teor de umidade de 65-85% e uma faixa de Aa de 0,90-0,97 (ALZAMORA *et al.*, 1989, ARGAIZ *et al.*, 1991). Comum a estes alimentos é a incorporação de solutos (geralmente açúcares) para reduzir a Aa. Isto em conjunto com controle de pH, com uso de ácidos orgânicos; e uso de bacteriostáticos e fungistáticos, como ácido sórbico, para prevenir o crescimento de leveduras e mofos no produto obtido (KAREL, 1976; ALZAMORA *et al.*, 1989).

AUI são alimentos com Aa menor que aquela de alimentos frescos ou mistura original de ingredientes; são estáveis por armazenamento a seco; podem ser consumidos “como são” ou depois de preparação culinária convencional; sua vida de prateleira tem sido superior em relação aos alimentos frescos; e finalmente, eles são obtidos por meio de uma tecnologia própria, simples, e barata (VILLAR *et al.*, 1987).

Várias definições têm sido sugeridas para AUI em termos de limites Aa (0,60-0,90) e/ou umidade (20-25%), como faixas usuais. Porém, grandes variações de faixas e definições são encontradas na literatura (KAREL, 1976; LEISTNER & RÖDEL, 1976).

WELTI *et al.* (1994) realizaram análises físico-químicas de algumas amostras de AUI, obtendo faixas de atividade de água diferentes para os diversos produtos de fruta: frutas tratadas por semi-secagem ( $0,60 < Aa < 0,77$ ), frutas cristalizadas ( $0,66 < Aa < 0,85$ ), marmeladas, geléias e compotas ( $0,80 < Aa < 0,85$ ; pH 4,0)

Uma menção especial pode ser feita sobre o uso de tratamento osmótico na preparação de AUI e de alimentos minimamente processados (AMP) e estão principalmente sendo usados como um pré-tratamento introduzido em alguns processamentos convencionais de frutas, legumes e verduras, para melhorar a qualidade, reduzir custos com energia ou até mesmo formular produtos finais. (RAOULT-WACK *et al.*, 1994) Essa técnica tem sido aplicada para peixes e alguns produtos cárnicos (COLLIGNAN & RAOULT-WACK, 1994; BOHUON *et al.*, 1998; SABADINI *et al.*, 1998), bem como para produtos de frutas, fazendo a escolha do

soluto e a relação de controle de remoção de água e impregnação de solutos, permitindo uma maior retenção da cor e do *flavor* natural (RAOULT-WACK *et al.*, 1994; GUERRERO *et al.*, 1996; ALZAMORA, 1997; FORNI *et al.*, 1997; SPIESS & BEHSNILIAN, 1998).

De acordo com LEISTNER (1992), a preservação de alimentos baseada em métodos combinados é aplicada para a melhoria de produtos tradicionais bem como o desenvolvimento de novos produtos. Métodos combinados garantem a obtenção de alimentos estáveis e seguros, mesmo considerando a suavidade dos tratamentos de preservação, resultando portanto, produtos de boas propriedades nutritivas e sensoriais.

Segundo AGUILERA & PARADA (1992), a produção de alimentos com umidade intermediária/métodos combinados apresentam os seguintes aspectos positivos:

- São tecnologias alternativas aos métodos de preservação mais sofisticados e onerosos.
- São relativamente simples e fácil de adaptar em diferentes escalas industriais.
- Ampliam da vida de prateleira de alimentos à temperatura ambiente.

De acordo com CHIRIFE & FAVETO (1992) preservação por métodos combinados consiste simplesmente na combinação adequada de vários parâmetros ou barreiras, como uma leve redução na atividade água, decréscimo do pH, adição simples/combinada de agentes antimicrobianos, moderado tratamento térmico (branqueamento), etc.

A tecnologia de métodos combinados é muito simples, consistindo no branqueamento do fruto seguido por um estágio de decréscimo da Aa e incorporação de conservantes, não implicando necessariamente em uma etapa de secagem, como produto de frutos com umidade intermediária. Estes frutos preservados podem ser consumidos como eles estão (semi-elaborados) ou usados como matéria-prima em grandes volumes fora de área de processamento e período de safra, em confeitarias, panificadoras, produtos de laticínios (iogurtes) ou ainda, indústrias de doces (LÓPEZ-MALO *et al.*, 1994).

### **2.2.2 Desidratação osmótica**

Nos últimos anos a desidratação de alimentos vem sendo objeto de muita pesquisa na procura de métodos de secagem que proporcionem, além de baixo custo, produtos que conservem, com pouca alteração, suas características organolépticas e nutritivas (FALCONE & SUAZO, 1988). Um método que está ganhando interesse é o da desidratação osmótica de alimentos, tais como frutas, verduras, carnes e pescados, que consiste na remoção parcial de água pela pressão osmótica, quando se coloca o alimento em contato com uma solução hipertônica de solutos, diminuindo, assim, a atividade de água e aumentando a sua estabilidade, em combinação com outros fatores como controle de pH, adição de antimicrobianos, etc. (RAOULT-WACK *et al.*, 1994; FITO *et al.*, 1996; GUERRERO *et al.*, 1996; ALZAMORA, 1997; FORNI *et al.*, 1997; POKHARKAR *et al.*, 1997; PANAGIOTOU *et al.*, 1998; SPIESS & BEHSNILIAN, 1998; CHIRALT *et al.*, 1999).

Além do fluxo de água do alimento para a solução, existe um fluxo de soluto da solução para o alimento; entretanto, o interesse no processo reside no fato de que o fluxo de água é maior que o fluxo de soluto (MAURO & MENEGALLI, 1995; MAEDA & LORETO, 1998). As principais vantagens do processo de desidratação sobre os processos tradicionais de secagem são: inibição do escurecimento enzimático, com retenção da cor natural sem a utilização de sulfitos, maior retenção de componentes voláteis durante subsequente secagem e baixo consumo de energia (MAEDA & LORETO, 1998, POKHARKAR *et al.*, 1997).

O interesse em introduzir o processo de desidratação osmótica dentro dos processos de estabilização convencional tem dois objetivos principais: melhorar a

qualidade (DIXON & JEN, 1977; HENG *et al.*, 1990) e economizar energia (LEWICKI & LENART, 1995).

Os agentes osmóticos mais comumente usados são sacarose para frutas e cloreto de sódio para vegetais. Outros agentes osmóticos incluem glicose, frutose, lactose, maltose ou mistura destes (BISWAL *et al.*, 1991). A seleção do agente apropriado para a estabilização de um alimento de umidade intermediária envolve considerações sobre sua capacidade de baixar a atividade de água, flavor adquirido, textura, custo e segurança (JOHNSON *et al.*, 1972; FAVETTO *et al.*, 1981).

O tipo de açúcar utilizado como substância osmótica influencia fortemente a cinética de remoção de água, de ganho de sólidos e de equilíbrio do conteúdo de água. Pelo aumento da massa molar do soluto, uma redução do ganho de sólidos e um aumento da perda de água são obtidos, assim favorecendo a perda de peso e os aspectos do processo de desidratação (CONTRERAS & SMYRL, 1981; ISLAM & FLINK, 1982; BOLIN *et al.*, 1983; LERICI *et al.*, 1985; HENG *et al.*, 1990).

Para BROCKMAN (1973), a utilização da desidratação osmótica tem a vantagem de ser bem mais econômica que os demais métodos, além do fato de que a solução osmótica pode ser reutilizada após a correção da concentração de solutos.

Na desidratação osmótica a quantidade e a taxa de remoção de água dependem de muitas variáveis e parâmetros de processamento. De forma geral tem sido apresentado que a perda de água no fruto durante a osmose é influenciada por variáveis do processo (concentração de soluto na solução osmótica, peso molecular do soluto, tempo de imersão, temperatura, proporção fruto:solução osmótica, contato de fases, pressão, pH da solução e outros) (LE MAGUER, 1988; TORREGGIANI, 1993, PALOU *et al.*, 1993; RAOULT-WACK *et al.*, 1994; RASTOGI & RAGHAVARAO, 1994).

A perda de água e ganho de sólidos são principalmente controlados pelas características de matéria-prima (fruto), certamente influenciada pelos possíveis pré-tratamentos. A grande variabilidade observada em vários frutos está relacionada à compactação do seu tecido (GIANGIANCOMO *et al.*, 1987) ao conteúdo inicial de sólidos solúveis e insolúveis (LENART & FLINK, 1984a,b), presença de gás no espaço intercelular, taxa entre pectina solúvel em água e protopectina e atividade enzimática do fruto.

TORREGGIANI (1993) cita que muitos xaropes osmóticos podem não migrar ativamente para as células vegetais, podendo simplesmente penetrar no espaço intercelular, devido a modificação da permeabilidade e seletividade na estrutura dos tecidos devido a maturidade, condições de armazenamento ou pré-tratamentos térmicos e químicos.

A aceleração da perda de água sem modificação do ganho de açúcar quando a temperatura é elevada, tem sido observada por muitos autores (ISLAM & FLINK, 1982; POKHARKAR *et al.*, 1997). Este fenômeno é essencialmente devido a diferenças difusionais entre a água e os açúcares quando relacionados a suas diferentes massas molares.

O aumento da concentração da solução de sacarose reduz o tempo de processamento requerido para se atingir um dado nível de conteúdo de umidade; além disso, a quantidade de água que pode ser removida do alimento também aumenta. Por outro lado, soluções de sacarose com concentrações maiores que 75°Brix são difíceis de serem preparadas devido à solubilidade da sacarose, e apresentarem altas viscosidades, o que dificulta sua manipulação e o processo de agitação, além do fato de que a intensificação pelo aumento da temperatura e gradiente de concentração é limitada (MAEDA & LORETO, 1998).

Em trabalho feito por SHI *et al.* (1997), a concentração da solução de açúcar foi fixada a 65°Brix para todos os tratamentos realizados. Já BARAT *et al.* (2001) utilizaram soluções de sacarose de diferentes concentrações (25, 35, 45, 55 e 65°Brix) e temperaturas (30, 40 e 50°C). Outros autores também têm estudado os efeitos da temperatura e concentração de soluto na cinética de osmose, e a concentração de solução da sacarose (50-70°Brix) tem sido a mais comumente utilizada (FARKAS & LAZAR, 1969; HAWKES & FLINK, 1978; DALLA ROSA *et al.*, 1982; CONWAY *et al.*, 1983; LERICI *et al.*, 1985).

Quanto maior o tempo de processamento, maior a perda de água do alimento. Entretanto, existe um limite para o conteúdo final de água no alimento para dadas condições operacionais, que é seu valor de equilíbrio com a solução osmótica. Além disso, as referências mostram que em todas as desidratações osmóticas ocorrem dois estágios: a velocidade de desidratação é praticamente constante durante as primeiras horas, reduzindo-se continuamente a partir de um dado instante (PANAGIOTOU *et al.*, 1998; MAEDA & LORETO, 1998).

Em estudos realizados com bananas, observou-se que após a desidratação, sob condições adequadas, não houve escurecimento enzimático, mesmo sem o uso de tratamentos antioxidantes. A textura e o sabor da banana também foram superiores aos processos encontrados normalmente no comércio, feitos a partir de métodos tradicionais de secagem (MAEDA & LORETO, 1998).

### **2.2.3 Desidratação osmótica a vácuo**

A pressão operacional também é um importante fator na transferência de água e ganho de açúcar em frutos durante a desidratação osmótica. Alguns pesquisadores também mencionaram que a pressão é um fator que afeta a qualidade final do alimento desidratado osmoticamente (HAWKES & FLINK, 1978).

Quando se trabalha a pressões inferiores à atmosférica, tem-se desidratação osmótica a vácuo. Tem-se estudado a sua aplicação a várias frutas e hortaliças, podendo se manifestar algumas características desta técnica que poderiam conduzir a vantagens importantes em sua aplicação industrial (SHI *et al.*, 1995).

A principal vantagem que se observa na desidratação osmótica a vácuo é uma cinética de perda de água mais rápida, principalmente durante os primeiros períodos do processo. O ganho de solutos pode ser também mais rápido, embora em algumas condições possa ser similar ao obtido na desidratação osmótica a pressão atmosférica. A maior rapidez da cinética permite trabalhar a temperaturas baixas, sem perdas importantes no rendimento do processo, o que melhora grandemente as propriedades sensoriais das frutas processadas, comparando com as obtidas na desidratação osmótica tradicional (pressão atmosférica). Por outro lado, tem-se observado que as frutas tratadas por desidratação osmótica a vácuo apresentam maior estabilidade frente a algumas reações de deterioração como o escurecimento e a oxidação (FITO, 1994; SHI & FITO, 1994; HAWKES & FLINK, 1978; DALLA ROSA *et al.*, 1982; LERICI *et al.*, 1985).

A principal diferença da desidratação osmótica a vácuo frente a desidratação osmótica comum se deve à transferência de matéria que tem lugar por mecanismo hidrodinâmico, como conseqüência da mudança de pressão ocorrida no sistema, e que se traduz em um aumento da superfície de contato sólido-líquido

dentro dos poros do produto tratado. Não obstante, o maior inconveniente da desidratação osmótica a vácuo é o elevado custo do equipamento requerido para trabalhar em condições controladas de baixa pressão (ANDRÉS & FITO, 1992).

Tem-se constatado que a mudança de pressão que ocorre durante o tratamento de desidratação osmótica a vácuo ocasionam importantes mudanças na estrutura e composição do alimento (FITO, 1994). As condições de trabalho definem as mudanças nas matérias-primas durante os primeiros instantes de tratamento.

Têm-se realizados numerosos experimentos para se determinar o comportamento de amostras de maçã Granny Smith, submetidas a tratamentos de desidratação osmótica e desidratação osmótica a vácuo, trabalhando a diferentes temperaturas e pressões (PASTOR, 1994).

O tratamento a vácuo é conduzido por aumento importante de perda de água em abacaxi (24,3%), em abricó (24,2%) e morango (15,2%) em comparação ao tratamento à pressão normal. Nestes casos, o tratamento a vácuo foi benéfico na aceleração da difusão de água e na diminuição do tempo para reduzir o conteúdo de água dos produtos de frutas (SHI *et al.*, 1995).

#### **2.2.4 Combinação de osmose e secagem em estufa**

Na prática, a desidratação osmótica é usada para a desidratação parcial de alimentos, usualmente como uma etapa de aceleração do processo, antes deles serem submetidos a processos adicionais como congelamento, liofilização (HAWKES & FLINK, 1978), secagem a vácuo (DIXON & JEN, 1977) ou secagem ao ar (NANJUNDASWAMY *et al.*, 1978).

Conforme TORREGGIANI (1993) os efeitos da desidratação como pré-tratamento estão principalmente relacionados a melhoria de muitas propriedades nutricionais, organolépticas e funcionais dos produtos quando comparados com outros processos de desidratação direta.

A desidratação osmótica tem sido bastante utilizada como pré-tratamento para a secagem convectiva de frutas e hortaliças. Apesar da secagem oferecer uma longa vida de prateleira, um decréscimo na qualidade do produto final pode ser observado, e a desidratação osmótica minimiza os efeitos adversos que geralmente aparecem com a utilização dos métodos convencionais, como dureza excessiva,

degradação da cor, aroma e sabor, além da dificuldade de reidratação (CLYDESDALE, 1993).

Conforme TORREGIANI (1993), o papel específico do pré-tratamento osmótico é o enriquecimento em sólidos solúveis além da remoção de água. Nesse sentido, uma queda da atividade de água é dependente da concentração de sólidos solúveis obtida com somente um limitado decréscimo do conteúdo de água e uma limitada textura. Conforme o mesmo autor, a textura está associada com a plasticidade e efeito de incorporação de água sobre a matriz pectínica e celulósica dos tecidos dos frutos, a qual é dependente do teor de sólidos insolúveis e conteúdo de água além dos sólidos solúveis e atividade de água.

A desidratação osmótica de frutas, seguida de secagem com ar quente, liofilização, ou outro processo de conservação tem sido objeto de pesquisa na procura por métodos que proporcionem, além de baixo custo, produtos estáveis, que conservem com pouca alteração suas características nutritivas e organolépticas. Vários pesquisadores constataram que este processo diminui o tempo de secagem, o que melhora as características finais do produto (FITO *et al.*, 1996; CHIRALT *et al.*, 1999).

Alguns tipos de frutas, como por exemplo, pêssegos, abricós, pêras e bananas são tratadas com níveis altos de dióxido de enxofre antes de secar, para evitar o aparecimento de escurecimento (ICMSF, 1998).

A osmose seguida de secagem ao ar é comumente usada em países tropicais para produção de produtos de frutas chamados “semiconfeitados” ou cristalizados. A combinação tem sido proposta por muitos autores (KIM, 1990; RIVA & MASI, 1990; SHAHAB UDDIN *et al.*, 1990; MALTINI *et al.*, 1991).

Comparado com a desidratação simples ao ar, um produto seco suave pode ser obtido pelo pré-tratamento osmótico, mais agradável para comer com as mãos como um *snack* ou para incorporar em um produto ou massa, sorvete, etc. (MALTINI *et al.*, 1990).

Estudos dos fenômenos de transferência de massa durante a etapa de desidratação têm sido conduzidos principalmente com maçã e outros frutos de clima temperado, com algumas frutas tropicais como abacaxi (BERINSTAIN *et al.*, 1990) e mamão (LEVI *et al.*, 1983). Por outro lado, pouco tem sido mostrado sobre o

subsequente procedimento de secagem ao ar de pedaços de frutas previamente osmodesidratados (ISLAM & FLINK, 1982). A combinação da osmose com a secagem solar tem sido usada principalmente para frutos tropicais (ISLAM & FLINK, 1982; LEVI *et al.*, 1983).

Um ciclo de 24h tem sido sugerido combinando a desidratação osmótica, durante o período da noite, com a secagem solar durante o dia (ISLAM & FLINK, 1982). Para obtenção de frutos tropicais secos, MUJUMDAR & GRABOWSKI (1991) têm apresentado esquema de desidratação osmótica concluído por secagem solar, duplicando ou triplicando a velocidade de secagem final, melhorando as qualidades organolépticas e nutricional dos frutos. Este processo também pode ser utilizado substituindo a secagem solar por secagem tradicional em estufa, em casos em que é possível utilizar-se de incidência da luz solar para secar o produto.

UZVEGBU & UREKA (1987) desenvolveram trabalhos de secagem de manga e banana com pré-secagem por 24h em solução de açúcar (21kg/10 litros H<sub>2</sub>O), contendo 1% de metabissulfito de potássio, seguido de secagem solar até 15% de umidade, sendo mantidos armazenados por 12 meses a 28-30° C.

WEAVER & CHARLES (1974) relatam que o processo osmótico é muito satisfatório como um pré-tratamento antes da secagem ao ar de frutas, e em particular para a banana, pois se observa, freqüentemente, que o tecido da banana, após descascado, fatiado, raspado, etc., escurece rapidamente, em consequência da oxidação enzimática da dopamina e de outros polifenóis. JACKSON & MOHAMMED (1971) declararam que a remoção da água na etapa osmótica prévia é de importância secundária comparada com os efeitos benéficos obtidos pela imersão e impregnação da fruta pelo agente osmótico, pedaços de fruta frescas e osmodesidratadas não diferem grandemente. Este efeito se dá devido ao açúcar, pois este é um inibidor muito efetivo de polifenoloxidase, além de prevenir a perda de constituintes flavorizantes voláteis durante a desidratação, até mesmo sob vácuo.

### **2.2.5 Controle microbiológico**

O desenvolvimento microbiano nos alimentos é condicionado por diversos fatores ambientais, como temperatura, umidade relativa, denominados extrínsecos e

por fatores intrínsecos, tais como atividade de água, pH, potencial redox e composição dos alimentos (FRANCO, 1995).

A presença de coliformes em alimentos processados é considerada uma indicação de contaminação pós-sanitização ou pós-processo (principalmente no caso de pasteurização), evidenciando práticas de higiene e sanitização aquém dos padrões requeridos para o processamento de alimentos. A presença de coliformes fecais inclui pelo menos três gêneros, *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, dos quais os dois últimos incluem cepas de origem não fecal. Por esse motivo, a presença de coliformes fecais em alimentos é menos representativa, como indicação de contaminação fecal, do que a enumeração direta de *E. coli*, porém, muito mais significativa do que a presença de coliformes totais, dada a incidência de *E. coli* dentro do grupo fecal (SILVA *et al.* 2001).

Não são associadas bactérias de patógenos normalmente com frutas, porém é possível patógenos estarem presentes devido a contaminação fecal. O tempo de sobrevivência de patógenos entéricos em frutas, sucos e concentrados depende do pH e da temperatura. Tempos de sobrevivência são mais curtos a temperatura ambiente (20-30°C) que a temperaturas de refrigeração (5-10°C) embora sejam observadas exceções (GOVERD *et al.*, 1979). Tempos de sobrevivência de microrganismos são geralmente mais curtos em frutas de alta acidez que em frutas de média a baixa acidez (MOSEL & DE BRUIN, 1960). O tempo de sobrevivência em frutas muito ácidas, até mesmo para níveis iniciais altos de contaminantes bacterianos, é normalmente bastante curto, isto é, alguns dias. Porém, as frutas com mais baixos conteúdos ácidos, como melões, maçãs e tomates, a sobrevivência de patógenos entéricos pode ser prolongada (ESCARTIN *et al.*, 1989; ASPLUND & NURMI, 1991).

A lavagem da fruta em água provoca uma redução pequena na carga microbiana se feito corretamente. A adição de cloro na água de lavagem ou imersão em soluções de cloro podem reduzir a concentração de patógenos significativamente na superfície da fruta, e conseqüentemente reduzir os perigos ao consumidor, mas não assegura a eliminação total de patógenos (BEUCHAT, 1996). Outra fonte de contaminação por patógenos é a sanitização inadequada do ambiente e da linha de processamento e as más condições higiênico-sanitárias dos manipuladores quando a fruta está sendo descascada e fatiada ou preparada para o consumo.

O processo de desidratação usado influencia a microbiota do produto seco. Secagem solar é usada extensivamente com certas frutas, mas está sujeito às variáveis do tempo. A luz solar forte reduzirá enormemente a microbiota inicial, porém, esporos de fungos são capazes de sobreviver. Condições de secagem brandas podem causar proliferação de leveduras e bolores filamentosos, especialmente espécies do gênero *Penicillium*. Desidratação mecânica reduz a carga microbiana total, mas depende do tipo de fruta e da severidade do processo. Por exemplo, baixa temperatura que seca figos, 54-60°C, reduz mas não elimina leveduras. Em contraste, quando ameixas são secas a 70-80°C, o produto obtido possui esterilidade comercial. Todavia este produto pode ser recontaminado durante manipulação subsequente (ICMSF, 1998).

Frutas secas com Aa entre 0,70 e 0,75 podem ser contaminadas por *Xeromyces bisporus* quando embaladas sob condições higiênicas inadequadas, através de manipuladores e equipamentos (ICMSF, 1998).

Sobrevivência de bactérias patogênicas em frutas secas é baixa, e limitada a alguns semanas. Períodos de armazenamento relativamente longos antes de venda, normal para tais produtos, minimiza riscos (ICMSF, 1998). A possibilidade de produção de micotoxinas na fruta seca de alta umidade (acima de 0,85 Aa) sem adição de sulfito existe, mas não se sabe se é significativa (ICMSF, 1998).

A maioria dos países permite a adição de conservantes como ácidos fracos de sorbato ou benzoato para ameixa seca de alta umidade, figos e outros produtos semelhantes. Mesmo assim, a limpeza freqüente e cuidadosa nas linhas de processamento e embalagem é essencial para prevenir crescimento de fungos, especialmente *X. bisporus* e espécies xerofílicas de *Chrysosporium* (PITT & HOCKING, 1985).

As substâncias químicas com propriedades antimicrobianas adicionadas aos alimentos, processadas ou não, são denominados conservantes, cuja função nos alimentos é inibir o crescimento de microrganismos, prolongando a vida útil do produto e garantindo seu consumo com segurança. A adição de conservantes aos alimentos em concentrações aceitáveis promove a inibição dos microrganismos, até que sejam eliminados por volatilização, metabolismo, degradação ou por meio de interações químicas com outros componentes do alimento (ARAÚJO, 1995).

Os acidulantes são um tipo de conservantes que atuam no alimento reduzindo o pH, minimizando o crescimento microbiano. O ácido cítrico é usado em muitos produtos e representa mais que 60% de todos os ácidos usados nos alimentos. Ele é um aditivo multifuncional, apropriado para vários tipos de aplicações: acidificação de alimentos não ácidos até que se obtenha pH 4,6 ou inferior para produtos tratados termicamente; como flavorizante em bebidas carbonatadas, sucos de frutas e queijos; como tamponante para estabilizar o pH durante vários estágios de processamento do alimento; como seqüestrante para inibir o efeito dos metais sobre as reações de oxidação e o escurecimento de frutas e hortaliças durante o processamento, mediante a formação de complexos que não possuem efeito catalítico; mas é menos utilizado como agente antimicrobiano em razão de ser metabolizado por vários microrganismos (ARAÚJO, 1995; ROBACH, 1980).

Dos benzoatos, benzoato de sódio é o mais utilizado, devido sua maior solubilidade em água e não interferência na coloração. É utilizado para o controle de bolores filamentosos e leveduras, mas seu uso não é recomendado para o controle de bactérias, devido a sua atividade ótima na faixa de pH entre 2,5 e 4,0. Os benzoatos são geralmente reconhecidos como seguros para uso em alimentos, ao nível máximo permitido de 0,1%. Possuem a vantagem de ter baixo custo quando comparados a outros aditivos antimicrobianos (ROBACH, 1980).

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Material**

#### **3.1.1 Matéria-prima**

Nos experimentos foi utilizada banana da variedade prata (*Musa sapientum* L.), selecionadas junto ao mercado varejista de Fortaleza - CE vindas da CEASA, durante as safras, e com similar maturidade e peso. A variedade prata foi escolhida principalmente por causa da sua predominância na região nordestina.

O açúcar utilizado durante osmose foi o cristalizado granulado adquirido no mercado varejista de Fortaleza.

Na preparação dos xaropes, foi adicionado açúcar à água mexendo manualmente com o auxílio de uma colher de inox até atingir a quantidade de sólidos solúveis desejada com o uso de aquecimento.

#### **3.1.2 Aditivos**

Foi utilizado ácido cítrico de grau alimentício (monohidratado), fabricado pela FERMENTA LTDA/SP, adicionado ao xarope para promover o abaixamento do pH, e como conservante o benzoato de sódio de grau alimentício (98%), fabricado por LIQUID QUÍMICA S. A. – *Liquid Carbonic*, para estabilização do produto final.

### **3.2 Metodologia**

#### **3.2.1 Descrição das etapas básicas para o preparo da banana**

As bananas foram recebidas em planta piloto e selecionadas de acordo com seus atributos de qualidade: cor, uniformidade, grau de maturação e isenção de defeitos. Em seguida, foram lavadas por imersão com água clorada (50 ppm de cloro ativo/15 min.). Depois, as bananas foram descascadas manualmente, raspadas para retirada do mesocarpo e cortadas as laterais (pontas) para se evitar adstringência ao produto devido à grande concentração de taninos nestas partes externas da fruta.

Em seguida, as bananas foram submetidas ao branqueamento com vapor saturado ( $100^{\circ}\text{C}$ ) por 2 minutos.

### **3.2.2 Avaliação dos tratamentos osmóticos sem utilização de vácuo e com utilização de vácuo como pré-tratamento da secagem**

Estes experimentos foram realizados com o objetivo de escolher a concentração do xarope osmótico, a proporção fruto:xarope, e o tempo de osmose, mais adequados para um tratamento realizado sem utilização de vácuo e para um outro tratamento realizado com utilização de vácuo.

Os tratamentos constaram de doze combinações diferentes de concentração de xarope, proporção fruto: xarope e pressão de trabalho, conforme exposto abaixo:

Tm 1- xarope com  $45^{\circ}$  Brix e proporção fruto: xarope de 1:2 sem vácuo.

Tm 2- xarope com  $55^{\circ}$  Brix e proporção fruto: xarope de 1:2 sem vácuo.

Tm 3- xarope com  $65^{\circ}$  Brix e proporção fruto: xarope de 1:2 sem vácuo.

Tm 4- xarope com  $45^{\circ}$  Brix e proporção fruto: xarope de 1:4 sem vácuo.

Tm 5- xarope com  $55^{\circ}$  Brix e proporção fruto: xarope de 1:4 sem vácuo.

Tm 6- xarope com  $65^{\circ}$  Brix e proporção fruto: xarope de 1:4 sem vácuo.

Tm 7- xarope com  $45^{\circ}$  Brix e proporção fruto: xarope de 1:2 com vácuo.

Tm 8- xarope com  $55^{\circ}$  Brix e proporção fruto: xarope de 1:2 com vácuo.

Tm 9- xarope com  $65^{\circ}$  Brix e proporção fruto: xarope de 1:2 com vácuo.

Tm10-xarope com  $45^{\circ}$  Brix e proporção fruto: xarope de 1:4 com vácuo.

Tm11-xarope com  $55^{\circ}$  Brix e proporção fruto: xarope de 1:4 com vácuo.

Tm12-xarope com  $65^{\circ}$  Brix e proporção fruto: xarope de 1:4 com vácuo.

O processamento seguiu o fluxograma da FIGURA 5.

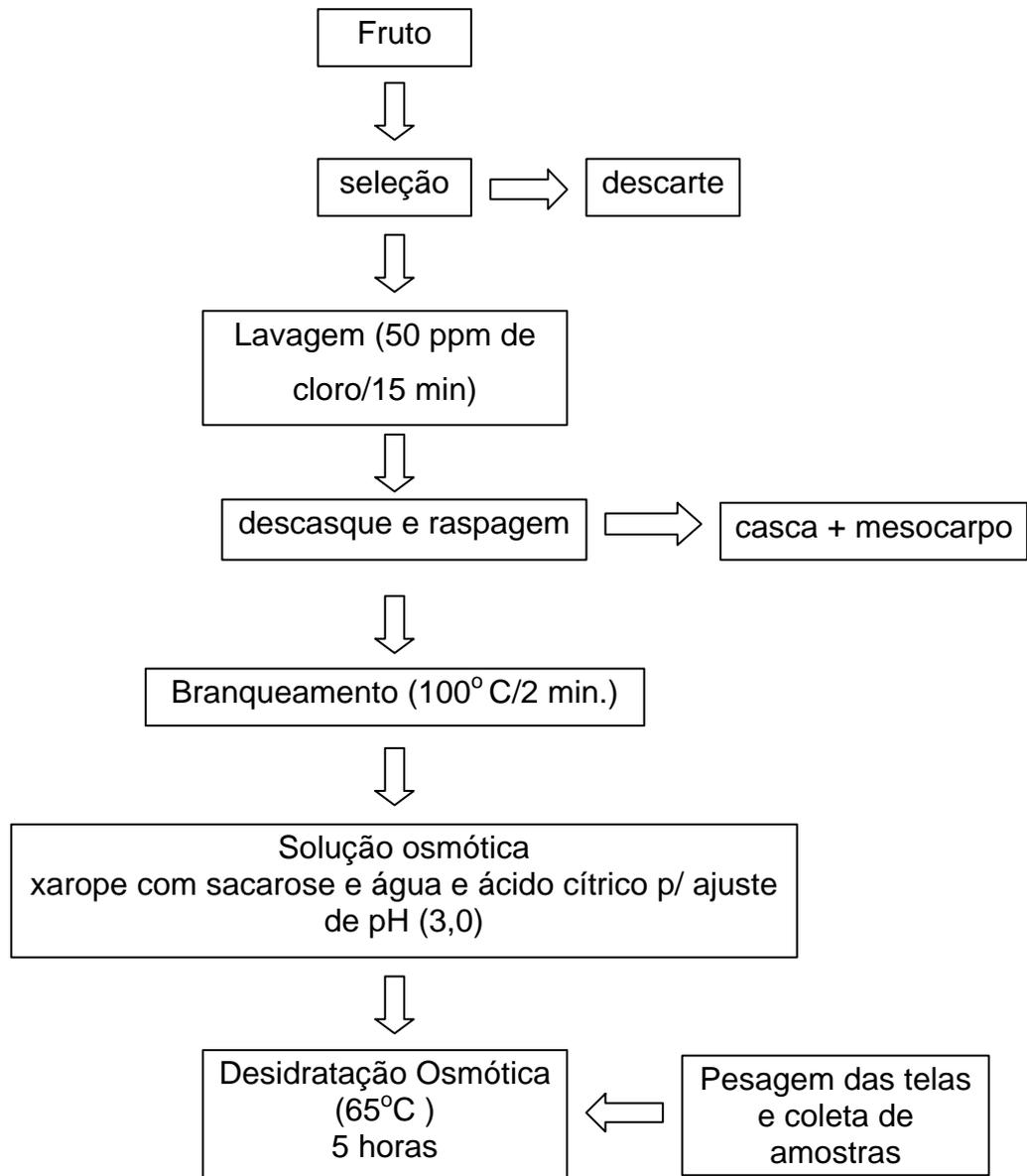


FIGURA 5 – Fluxograma do transporte de massa durante a desidratação osmótica para escolha dos xaropes para secagem final.

Realizadas as etapas básicas de tratamento do fruto (ITEM 3.2.1), estes foram submetidos à desidratação osmótica empregando xaropes de sacarose com diferentes concentrações (45, 55 e 65°Brix) e proporções fruto:xarope (1:2 e 1:4), usando-se tratamentos sem utilização de vácuo e com utilização de vácuo. Foi feito o ajuste do pH do xarope através da adição de ácido cítrico até pH 3. Nos tratamentos com utilização de vácuo, este foi feito através de uma bomba de vácuo acoplada ao reator onde estavam colocados os frutos. O vácuo obtido nos tratamentos foi em torno de -660 mmHg (-26 pol/cm), durante toda a osmose.

Para o acompanhamento do transporte de massa, foram colocadas 3 telas de polietileno, com 3 bananas cada uma, devidamente identificadas. O processo osmótico estendeu-se por 5 horas à temperatura de 65°C durante o decorrer dos 6 tratamentos sem utilização de vácuo. Porém, nos tratamentos com utilização de vácuo houve rompimento das bananas antes de completadas as 5 horas de osmose, sendo de 4 horas o tempo de imersão no xarope para os tratamentos de proporção fruto:xarope 1:2 e de 1,5 horas a proporção fruto:xarope 1:4. No início e em intervalos do processo foram retiradas amostras para análise e as telas com bananas para pesagem, sendo este intervalo de 1 hora para todos os tratamentos de 1 a 9 e de 0,5 hora para os tratamentos de 10 a 12.

Os cálculos do transporte de massa foram efetuados com referência ao produto *in natura*. Os valores foram calculados conforme as equações citadas por diversos autores (BERISTAIN *et al.*, 1990; HENG *et al.*, 1990; MONSALVES *et al.*, 1993; SHI, *et al.*, 1995):

Equação para o ganho de sólidos:

$$\%G_s = \frac{(W_t \times B_t) - (W_o \times B_o)}{W_o}$$

Equação para a perda de água:

$$\%P_A = \frac{(W_o \times M_o) - (W_t \times M_t)}{W_o}$$

Equação para a perda de massa:

$$\%P_M = \frac{(W_o - W_t)}{W_o} \times 100$$

Onde:

$\%G_S$  = % de ganho de sólido em gramas

$W_t$  = Peso do fruto tratado no tempo t em grama

$B_t$  = °Brix do fruto no tempo t

$W_o$  = Peso do fruto no tempo t = 0 em gramas

$B_o$  = °Brix do fruto no tempo t = 0

$\%P_A$  = % de perda de água em grama

$M_o$  = Umidade inicial do fruto

$M_t$  = Umidade do fruto tratado no tempo t

$\%P_M$  = % de perda de massa em gramas

Foram realizadas as seguintes análises:

- Perda de peso.
- Umidade.
- Sólidos solúveis (°Brix).

### **3.2.3 Construção da curva de secagem da banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo e com utilização de vácuo**

Depois de realizadas as etapas básicas para o preparo das bananas (ITEM 3.2.1), estas foram submetidas aos pré-tratamentos osmóticos, de acordo com parâmetros selecionados nos experimentos de transporte de massa. Em seguida os frutos foram retirados do xarope de sacarose para peneiras, onde se deixou escorrer o excesso de xarope. Depois as bananas foram colocadas em estufa com circulação de ar forçada da marca MARCONI, modelo MA 035, a  $65^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$  até atingir valores de atividade de água ( $A_a$ ) menores que 0,75. Para acompanhar a secagem do produto e determinar o tempo necessário para se atingir a atividade de água desejada, foram colocados 3 pratos perfurados com 3 bananas, em cada, dentro da estufa e estes foram pesados e retiradas amostras a cada 2 horas de secagem e feitas análises para acompanhamento da secagem, determinando as curvas de secagem dos dois experimentos.

O processamento seguiu o fluxograma da FIGURA 6.

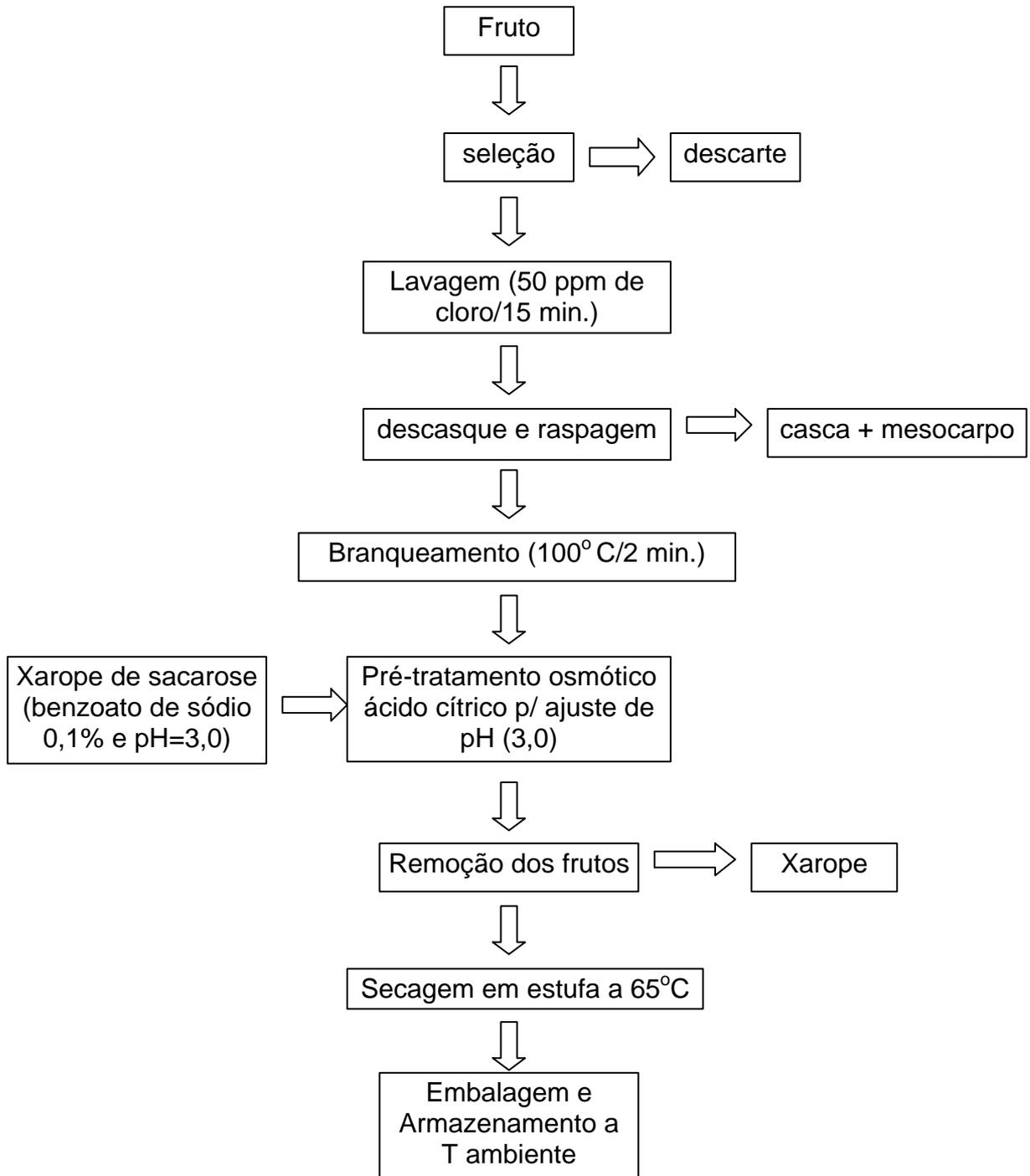


FIGURA 6 - Fluxograma para elaboração da curva de secagem e do processamento dos produtos finais para avaliação da vida de prateleira.

Foram realizadas as seguintes análises:

- Umidade.
- Sólidos solúveis (°Brix).

- Atividade de água (Aa).

#### **3.2.4 Estudo da estabilidade dos produtos de banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo e com utilização de vácuo seguida de secagem**

Realizadas as etapas de avaliação dos processos de desidratação osmótica (ITEM 3.2.2) e da elaboração da curva de secagem em estufa (ITEM 3.2.3), os dois tratamentos (Tratamentos 1, trabalhando-se sem utilização de vácuo; Tratamento 2, trabalhando-se com utilização de vácuo) selecionados foram novamente realizados para posterior avaliação dos produtos finais, sendo de 16 horas o tempo de secagem para o tratamento 1 e de 11 horas para o tratamento 2.

O processamento seguiu o fluxograma da FIGURA 6.

Ao término de todo o processo, ou seja, após pré-tratamento osmótico e complementação com secagem em estufa de circulação de ar, os frutos desidratados foram resfriados à temperatura ambiente e em seguida embalados em recipientes retangulares de polietileno (PET), contendo, cada um, cerca de 200 g do produto, e armazenados à temperatura ambiente ( $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) e foram coletadas amostras nos tempos zero, 30, 60, 90 e 120 dias.

A estabilidade dos produtos de banana foi avaliada através das seguintes determinações:

- Químicas e físico-químicas: pH, sólidos solúveis, acidez total titulável, umidade, atividade de água, açúcares, cor (valor  $L^*$ ) e textura (força de corte);
- Microbiológicas: contagem de microrganismos aeróbios mesófilos, bolores e leveduras, coliformes totais ( $35^{\circ}\text{C}$ ) e fecais ( $45^{\circ}\text{C}$ ), *E. coli* e *Salmonella* sp;
- Análise sensorial: teste de aceitação global.

### **3.3 Análises físico-químicas**

Para as análises físico-químicas e microbiológicas, foram coletadas aleatoriamente três amostras para cada tratamento, sendo as análises realizadas no mínimo em triplicatas. Para análise sensorial, foram coletadas aleatoriamente

amostras suficientes para a realização dos testes de aceitação, sempre no mínimo três caixas de cada tratamento.

### **3.3.1 Perda de peso**

Os sacos telados, no caso dos tratamentos osmóticos; e os pratos perfurados, no caso da construção da curva de secagem, devidamente identificados, foram removidos do xarope, no primeiro caso, e da estufa, no segundo caso, secos superficialmente com papel absorvente e pesados em uma balança digital portátil "DENVER INSTRUMENT" modelo XP-1500 (sensibilidade de 0,05g). Após a pesagem, os sacos e os pratos retornaram ao tratamento.

### **3.3.2 pH**

O pH foi determinado através de um medidor de pH HANNA INSTRUMENTS, modelo HI 9321, calibrado periodicamente com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, segundo AOAC (1992).

### **3.3.3 Umidade**

Determinada por evaporação direta a 70°C, de acordo com AOAC. (1992).

### **3.3.4 Sólidos solúveis (°Brix)**

Determinados por refratometria de acordo com o INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). A leitura dos graus Brix foi utilizada como medida do teor de sólidos solúveis. Os valores foram encontrados pela equivalência do índice de refração, determinados em refratômetro de bancada modelo ABBE.

### **3.3.5 Atividade de água (Aa)**

A determinação experimental (instrumental) da atividade de água (Aa) das amostras foi feita em aparelho digital Aqualab da Decagon Devices Inc. EUA, modelo CX-2, à temperatura ambiente  $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . O aparelho foi periodicamente limpo e sua precisão aferida durante a realização dos experimentos.

### **3.3.6 Acidez total titulável**

As amostras foram tituladas com NaOH 0,1 molar e os resultados expressos em percentagem de ácido cítrico, de acordo com o INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

### **3.3.7 Açúcares**

#### **3.3.7.1 Açúcares redutores**

Os açúcares redutores foram determinados pelo método do ácido dinitrosalicílico - DNS, segundo MILLER (1959). Os resultados foram expressos em termos de percentual de glicose.

#### **3.3.7.2 Açúcares totais**

Para a determinação dos açúcares totais foi realizada uma inversão ácida prévia nos extratos das amostras, segundo normas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), e a partir de então foram determinados os açúcares totais, segundo MILLER (1959). Os resultados foram expressos em termos de percentual de glicose.

#### **3.3.7.3 Açúcares não-redutores**

Determinados pela diferença dos teores de açúcares totais redutores. Os resultados foram expressos em termos de percentual de glicose.

### **3.3.8 Cor (valor L\*)**

A avaliação da cor foi feita eletronicamente através de leituras diretas realizadas em colorímetro modelo Color Quest II Spera (Hunter Lab, Reston, VA), utilizando-se a escala  $L^*a^*b^*$ .

### **3.3.9 Textura**

A determinação de textura foi realizada utilizando-se um texturômetro (TA.XT2 da Stable Micro System). Esse aparelho, com a ajuda de um *software Texture Expert*, forneceu diretamente a máxima força de corte em Newton (N). Para este, caso utilizou-se uma célula tipo *probe Warner Brazler*.

## **3.4 Análises microbiológicas**

As análises microbiológicas foram realizadas após o processamento do produto final e em intervalos de 30 dias, por 120 dias, para o estudo da vida de prateleira, utilizando-se as metodologias descritas em APHA (2001) e SILVA *et al.* (2001).

### **3.4.1 Microrganismos aeróbios mesófilos**

Prepararam-se diluições seriadas ( $10^0$ ,  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$ ) a partir de 25g da amostra e 225ml de água peptonada tamponada. Inocularam-se as amostras em placas de ágar para contagem padrão pelo método do plaqueamento em profundidade e incubaram-se em estufas bacteriológicas a 35° C por 48h. Após o período de incubação, selecionaram-se as placas que continham entre 30 e 300 colônias para contagem, expressando o resultado em Unidade Formadora de Colônia (UFC)/g.

### **3.4.2 Bolores e leveduras**

Prepararam-se diluições seriadas ( $10^0$ ,  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$ ) a partir de 25g da amostra e 225mL de água peptonada tamponada. Inocularam-se as amostras em placas de ágar batata dextrose, acidificado com ácido tartárico 10% até pH entre 4,0 e 4,5; pelo método do plaqueamento em superfície e incubaram-se em estufas bacteriológicas a 21° C por 5 dias. Após o período de incubação, selecionaram-se as

placas que continham entre 1 e 150 colônias para contagem, expressando o resultado em UFC/g.

### 3.4.3 Coliformes

Inocularam-se três diluições em séries de três tubos de caldo lactosado contendo tubos de Durham invertidos. Incubaram-se em estufa bacteriológica a 35°C por 48 horas. Dos tubos positivos (com produção de gás), transferiu-se um alçada para tubos com caldo bile verde brilhante (BVB) com tubos de Durham invertidos e incubaram-se nas mesmas condições anteriores. A partir destes resultados, determina-se o Número Mais Provável (NMP)/g de coliformes totais em uma tabela de NMP adequada às diluições. Com a ocorrência de nova produção de gás, repetiu-se o procedimento já descrito, desta vez utilizando o caldo *Escherichia Coli* (EC) como meio de cultura, e incubaram-se os tubos a 45°C por 24h em banho-maria. A partir destes resultados determinou-se o NMP/g de coliformes fecais em uma tabela de NMP adequada às diluições. As amostras positivas (com produção de gás) no caldo EC foram inoculadas por esgotamento em placas de ágar eosina azul de metileno, e incubadas em estufa a 35°C por 24 horas e observando-se ocorrência de reação típica de *E. coli* (indol positivo, vermelho de metila positivo, Voges-Proskauer negativo, citrato negativo).

### 3.4.4 *Salmonella* sp

A detecção de *Salmonella* sp foi feita pelo processo tradicional, empregando as etapas de pré-enriquecimento em caldo não seletivo (caldo lactosado) a temperatura de 35°C por 18-24 horas a partir de 25 g de amostra; após esta etapa foi realizado um enriquecimento em caldo seletivo (caldo tetrionato e caldo selenito cistina, incubados a 35°C por 24 horas). A partir destes, semeou-se uma alíquota em placas com ágar *Salmonella-Shiguelia* (SS), VB, ágar entérico Hectoen a 35°C por 24 horas e verificou-se o desenvolvimento de colônias típicas de *Salmonella* sp (SS- incolores, transparentes, com ou sem centro negro; VB – vermelho a rosada com halo vermelho; Hectoen- verde azuladas com ou sem centro negro). Transferiram-se as colônias típicas e estas foram inoculadas em tubos inclinados de ágar lisina ferro (LIA) e ágar tríplice açúcar ferro (TSI). A inoculação foi feita por picada e estria na rampa, utilizando-se a mesma alçada para ambos os

tubos. Os tubos foram incubados a 35°C por 24 horas e observou-se a ocorrência de reação típica de *Salmonella* - TSI: rampa alcalina (vermelha) e fundo ácido (amarelão), com ou sem produção de H<sub>2</sub>S (escurecimento do ágar); LIA: fundo e rampa alcalinos (púrpura, sem alteração da cor do meio), com ou sem produção de H<sub>2</sub>S (escurecimento do meio).

### 3.5 Análise sensorial

Logo após o processamento dos produtos finais e a cada 30 dias num período de 120 dias vida de prateleira, foi aplicado o teste sensorial de aceitação global, utilizando-se a escala hedônica estruturada de 9 pontos, onde 9 representava a nota máxima “gostei muitíssimo” e 1 a nota mínima “desgostei muitíssimo” (MONTEIRO, 1984), aplicado a 32 provadores não treinados. Os testes de aceitação foram realizados em cabines individuais do Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos da Embrapa Agroindústria Tropical, no período da manhã (9h30min às 11h30min). As amostras dos produtos foram apresentadas aos provadores, à temperatura ambiente (28°C ± 2°C), servidas unitariamente e separadas em pratos plásticos codificados aleatoriamente. Os provadores posicionados em cabines individuais foram orientados a observarem as características sensoriais e o preenchimento das fichas respostas (FIGURA 7).

NOME: _____	DATA: _____
<p>Você vai provar 1 (uma) amostra de banana desidratada. Assinale o quanto você gostou ou desgostou do produto, na escala abaixo:</p> <p style="text-align: center;">AMOSTRA N° _____</p> <p style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> Gostei muitíssimo  <input type="checkbox"/> Gostei muito  <input type="checkbox"/> Gostei moderadamente  <input type="checkbox"/> Gostei ligeiramente  <input type="checkbox"/> Não gostei nem desgostei  <input type="checkbox"/> Desgostei ligeiramente  <input type="checkbox"/> Desgostei moderadamente  <input type="checkbox"/> Desgostei muito  <input type="checkbox"/> Desgostei muitíssimo         </p> <p>Agora, descreva o que você mais gostou e o que menos gostou na amostra</p> <p>MAIS GOSTOU: _____</p> <p>MENOS GOSTOU: _____</p>	

FIGURA 7 - Ficha sensorial para teste de aceitação: avaliação de aceitação global.

### 3.6 Estatística

Os dados das análises físico-químicas e sensoriais foram avaliados através de análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, considerando  $p < 0,05$ ; tomando-se as médias entre os dois produtos logo após o processamento e no último mês de armazenamento (120 dias).

No estudo da vida de prateleira, além de serem submetidos à ANOVA e teste de comparação de médias por Tukey ( $p < 0,05$ ), os dados foram analisados em função do tempo através da inserção da linha de tendência, utilizando regressão polinomial de ordem 1 ou 2, dependendo do melhor ajuste da equação da curva ( $R^2 \geq 0,70$ ).

Os resultados estatísticos foram tratados pelo programa SAS System for Windows, versão 6.12 (SAS, 1996).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliação dos tratamentos osmóticos como pré-tratamento da secagem

#### 4.1.1 Avaliação dos tratamentos osmóticos sem a utilização de vácuo

Na TABELA 2 e FIGURAS 8 a 10 encontram-se os valores finais e as curvas obtidas no transporte de massa para as proporções fruto:xarope 1:2 e 1:4 durante o processo de desidratação osmótica de banana, em soluções de sacarose a 45°Brix, 55°Brix e 65°Brix sem a utilização de vácuo (SV), para comparação dos processos.

TABELA 2 - Perda de água, ganho de sólidos e perda de massa após osmose sem utilização de vácuo em xaropes de sacarose a 65°C com diferentes concentrações e proporções fruto:xarope para banana.

Valores após osmose SV				
Condições		Parâmetro Estimado		
Proporção Fruto:Xarope	Xarope Osmótico (°Brix)	%P <sub>A</sub>	%G <sub>S</sub>	%P <sub>M</sub>
1:2*	45	18,71	14,69	12,55
	55	25,40	7,13	20,90
	65	33,14	7,50	29,39
1:4*	45	20,50	4,74	18,77
	55	21,85	9,21	16,06
	65	32,99	10,02	27,21

\* = Tempo de osmose de 5 horas.

%G<sub>S</sub> = % de ganho de sólido em gramas

%P<sub>A</sub> = % de perda de água em grama

%P<sub>M</sub> = % de perda de massa em gramas

Observando-se a TABELA 2, verifica-se que para todas as concentrações e proporções fruto:xarope, predominou a taxa de perda de água em relação à de ganho de sólidos, o que levou globalmente à uma perda de massa do produto. Observações semelhantes foram reportadas por BERISTAIN *et al.* (1990) e SHI & FITO (1993) na desidratação osmótica do abacaxi. Isto provavelmente ocorreu em

virtude do alto peso molecular da sacarose empregada nos xaropes osmóticos, que não se difundiu com facilidade através da membrana celular.

Tanto a concentração quanto a proporção fruto:xarope influenciaram o transporte de massa, porém verificou-se que a influência da proporção fruto:xarope foi menos acentuada, apresentando valores próximos entre as mesmas concentrações e diferentes proporções. Ao final do processo osmótico, completadas 5 horas de osmose, a perda de água variou entre 18,71 e 33,14% entre os experimentos, o ganho de sólidos entre 4,74 e 14,69% e a perda de massa entre 12,55 e 29,39% conforme resultado da TABELA 2.

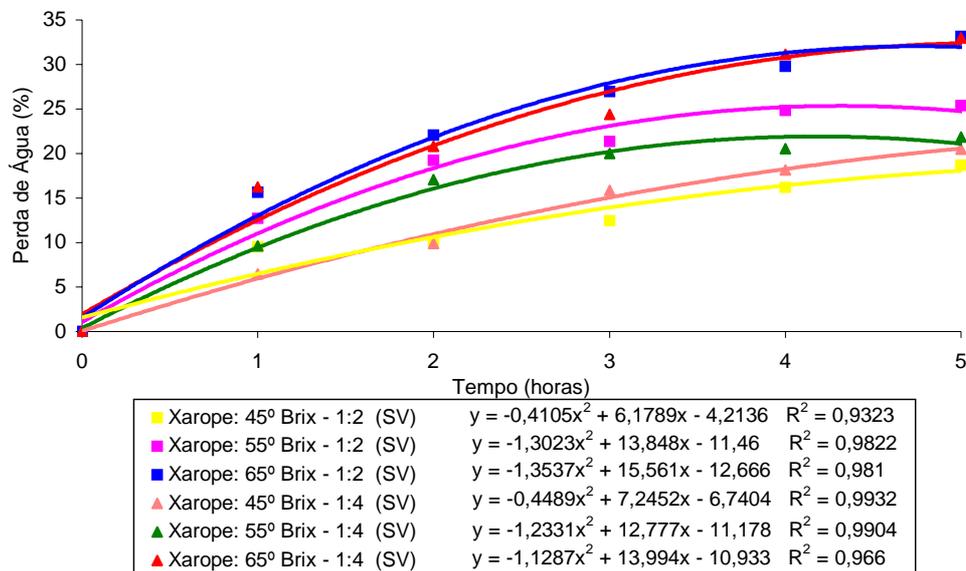


FIGURA 8 - Efeito da concentração e da proporção fruto:xarope através do tempo de imersão sobre a perda de água em diferentes tratamentos osmóticos sem utilização de vácuo e a temperatura de 65°C.

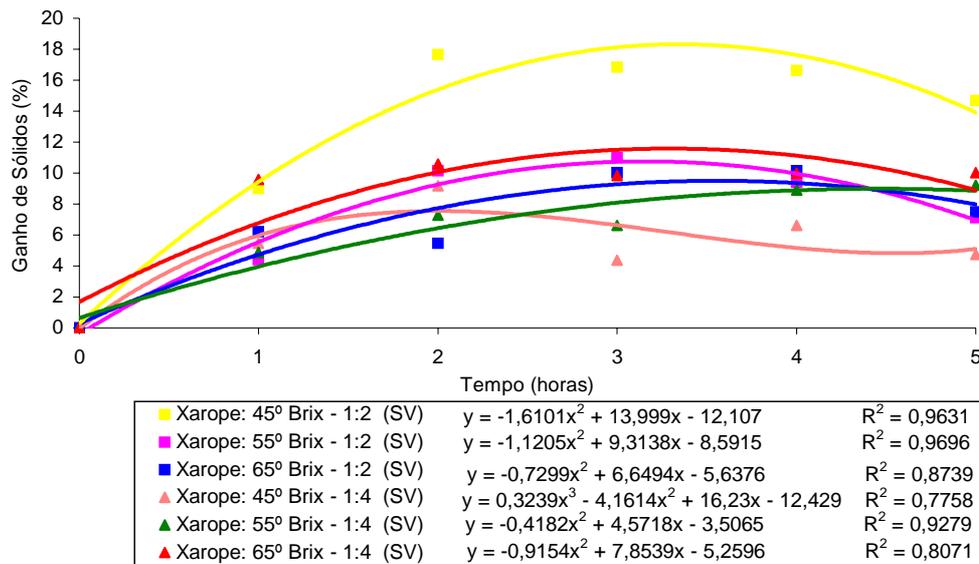


FIGURA 9 - Efeito da concentração e da proporção fruto:xarope através do tempo de imersão sobre o ganho de sólidos em diferentes tratamentos osmóticos sem utilização de vácuo e a temperatura de 65°C.

Os dois tratamentos SV de concentrações de 65°Brix (proporções fruto:xarope 1:2 e 1:4) foram os que se sobressaíram nos valores de perda de água, chegando a mais de 30% de perda de água da banana até o produto se estabilizar.

Observações semelhantes foram feitas por SANKAT *et al.* (1992) em seus experimentos utilizando banana em concentrações de sacarose entre 35 e 65°Brix, onde a perda de água e a quantidade de açúcar absorvida aumentou com o aumento inicial da concentração de sacarose. RASTOGI & RAGHAVARAO (1994) também observaram um acréscimo na transferência de massa durante a realização de experimentos de desidratação osmótica de banana com o acréscimo da concentração da solução osmótica.

POKHARKAR *et al.* (1997) relatam que em seu trabalho sobre desidratação osmótica de fatias de banana, foi observado que com o aumento de 10°Brix na solução de açúcar, houve um aumento quase igual na perda de água final.

No começo da desidratação osmótica há uma transferência por osmose da água da fruta para a solução causada pela diferença de suas pressões osmóticas. A sacarose, tendo grandes moléculas pode não se difundir facilmente

através da membrana celular. Assim, a aproximação do equilíbrio é obtida primariamente pela perda de água dos tecidos do fruto (SHI *et al.*, 1995).

O experimento de 45°Brix e proporção 1:2 apresentou o maior valor de ganho de sólidos, enquanto o restante dos tratamentos apresentaram comportamentos semelhantes das curvas.

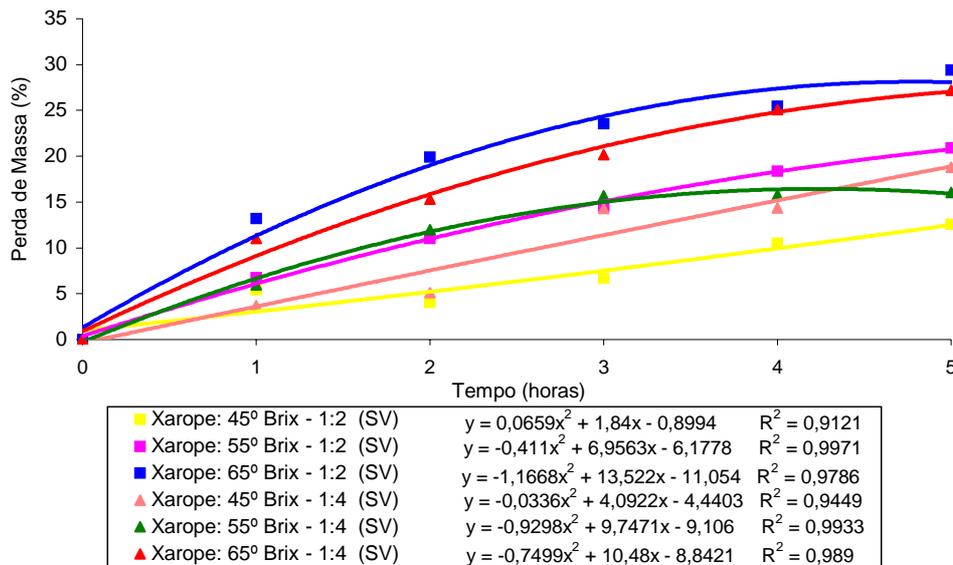


FIGURA 10 - Efeito da concentração e da proporção fruto:xarope através do tempo de imersão sobre a perda de massa em diferentes tratamentos osmóticos sem utilização de vácuo e a temperatura de 65°C.

Visto que os resultados obtidos comparando as proporções fruto:xarope 1:2 e 1:4 não apresentaram diferenças significativas entre as curvas de transporte de massa, estando de acordo com a literatura, foi então selecionado o xarope de concentração 65°Brix e proporção fruto:xarope 1:2, devido a maior perda de água e menor ganho de sólidos, em relação ao xarope de proporção fruto:xarope 1:4, além do menor custo, em decorrência do uso de menor quantidade de açúcar.

Quanto maior o tempo de osmose, maior a perda de água. Entretanto, existe um limite para o conteúdo final de água no alimento, que é seu valor de equilíbrio com a solução osmótica (MAEDA & LORETO, 1998). O tempo de osmose foi escolhido com base nestas informações, sendo de 3 horas o tempo que se iniciou o equilíbrio de perda de água, não havendo aumento significativo deste parâmetro após as 3 horas de imersão no xarope osmótico.

Com base nestes resultados foi estabelecido que a construção da curva de secagem pré-tratada com osmose SV seria realizada com o xarope de sacarose a 65°Brix na proporção fruto:xarope 1:2 num tempo de osmose de 3 horas, sempre levando em consideração uma perda de água mais rápida, aliada a uma baixa incorporação de sólidos, e uma boa integridade do produto no tempo selecionado.

#### **4.1.2 Avaliação dos tratamentos osmóticos com utilização de vácuo**

Na TABELA 3 e nas FIGURAS 11 a 13 encontram-se os valores finais e as curvas obtidas no transporte de massa para as proporções fruto:xarope 1:2 e 1:4 durante o processo de desidratação osmótica de banana, em soluções de sacarose a 45°Brix, 55°Brix e 65°Brix, com utilização de vácuo (CV), para comparação dos processos.

Durante a realização dos tratamentos osmóticos CV, observou-se uma maior velocidade na perda de água e penetração de sólidos nos tecidos das bananas, durante as primeiras horas de osmose; resultando no rompimento das fruta antes de completadas as 5 horas de osmose, o que impossibilitou o andamento da osmose durante o tempo previsto, sendo feita a osmose por um período de 4 horas para os tratamentos de proporção fruto:xarope 1:2; e de 1,5 horas para o tratamento de proporção fruto:xarope 1:4.

TABELA 3 – Perda de água, ganho de sólidos e perda de massa após osmose com utilização de vácuo em xaropes de sacarose a 65°C com diferentes concentrações e proporções fruto:xarope para banana.

Valores após osmose CV				
Condições		Parâmetro Estimado		
Proporção Fruto:Xarope	Xarope Osmótico (°Brix)	%P <sub>A</sub>	%G <sub>S</sub>	%P <sub>M</sub>
1:2*	45	39,87	52,03	10,93
	55	33,43	47,94	7,54
	65	30,84	42,56	21,23
1:4**	45	30,88	37,20	13,42
	55	29,74	27,06	13,14
	65	29,03	45,14	7,01

\* = Tempo de osmose de 4 horas.

\*\* = Tempo de osmose de 1,5 horas.

%G<sub>S</sub> = % de ganho de sólido em gramas

%P<sub>A</sub> = % de perda de água em grama

%P<sub>M</sub> = % de perda de massa em gramas

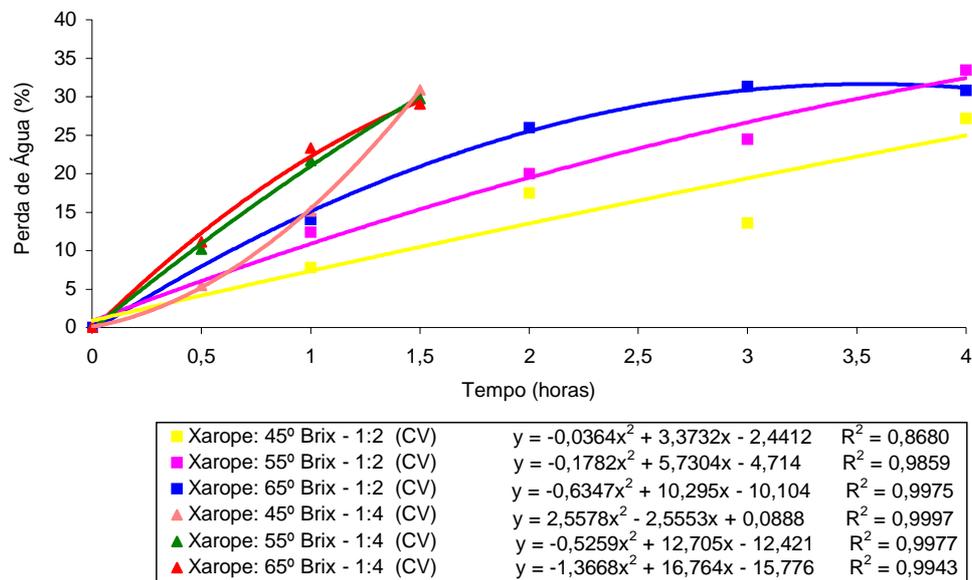


FIGURA 11 - Efeito da concentração e da proporção fruto:xarope através do tempo de imersão sobre a perda de água em diferentes tratamentos osmóticos com utilização de vácuo e a temperatura de 65°C.

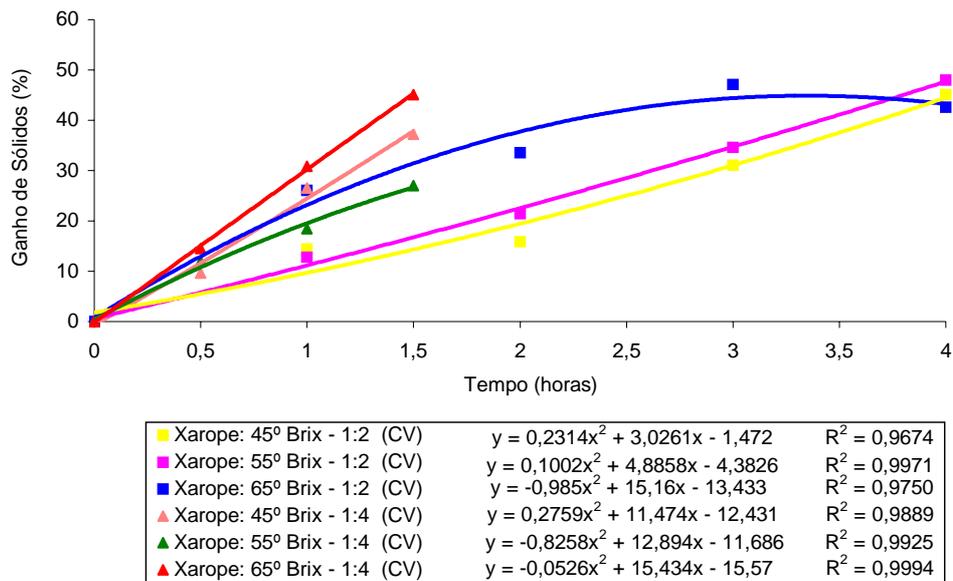


FIGURA 12 - Efeito da concentração e da proporção fruto:xarope através do tempo de imersão sobre o ganho de sólidos em diferentes tratamentos osmóticos com utilização de vácuo e a temperatura de 65°C.

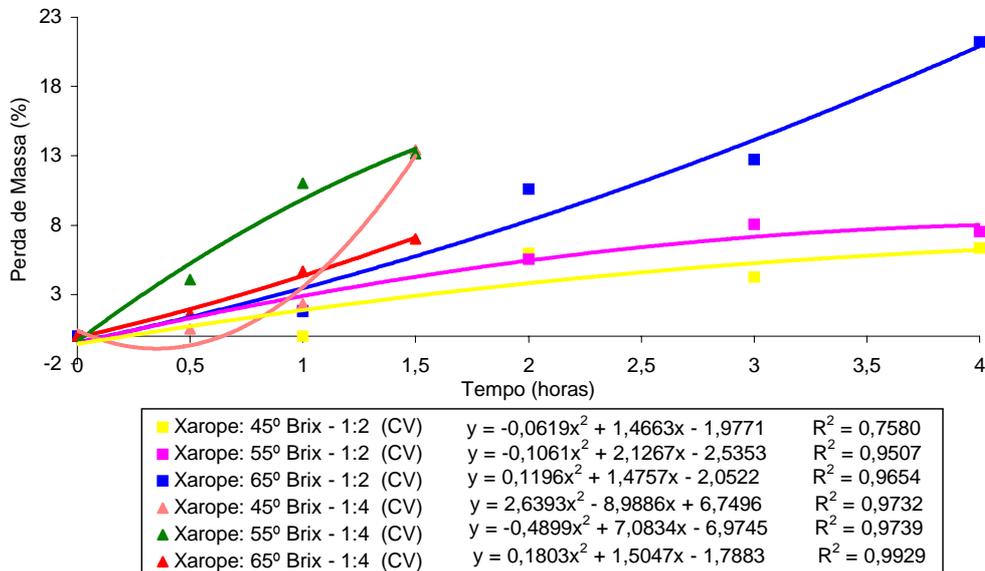


FIGURA 13 - Efeito da concentração e da proporção fruto:xarope através do tempo de imersão sobre a perda de massa em diferentes tratamentos osmóticos com a utilização de vácuo e a temperatura de 65°C.

Apesar das diferentes concentrações do soluto e as dispersões de dados, principalmente no ganho de sólidos, o comportamento das curvas de transporte de

massa (FIGURAS 11 a 13) foram semelhantes entre as proporções fruto:xarope em todas as concentrações do soluto, estando de acordo com a literatura.

Observou-se que após a osmose, que em geral os valores de perda de água não variaram muito entre todos os tratamentos osmóticos, apesar da diferença de tempo de osmose entre os tratamentos a proporção fruto:xarope 1:2 e 1:4. Porém, quando se compararam todos os tratamentos à 1,5 horas de osmose, observou-se uma perda de água e um ganho de sólidos mais elevados nos tratamentos com proporção 1:4, aumentando a perda de água e o ganho de sólidos com o aumento da proporção fruto:xarope e da concentração de sólidos solúveis.

Apesar de uma maior perda de água nos tratamentos com proporção fruto:xarope 1:4, selecionou-se a proporção fruto:xarope 1:2, devido esta apresentar uma perda de água menos brusca em relação à outra proporção fruto:xarope, o que poderia ocasionar o rompimento dos tecidos da banana, além de haver uma grande incorporação de sólidos, como já foi visto na FIGURA 12. Entre as concentrações de sacarose na proporção fruto:xarope 1:2, selecionou-se a concentração de 65°Brix, por esta apresentar o maior valor de perda de água entre os tratamentos de proporção fruto:xarope 1:2. O tempo de osmose foi de 1 hora e 15 minutos, onde se inicia o equilíbrio osmótico, não havendo aumento significativo deste parâmetro após este tempo de imersão no xarope.

Resultados semelhantes foram observados por SHI *et al.* (1995) em trabalhos feitos com abacaxi, abricó e morango, onde o tratamento a vácuo conduziu para um aumento importante da perda de água em comparação ao tratamento sem a utilização de vácuo. Os mesmos autores citam que o tratamento com vácuo foi benéfico na aceleração da difusão da água, levando a um menor tempo para se chegar ao equilíbrio osmótico, sendo a perda de água e o ganho de sólidos praticamente feita durante a primeira hora de osmose.

Com base nestes resultados foi estabelecido que a construção da curva de secagem pré-tratada por osmose CV seria realizada com o xarope de sacarose a 65°Brix na proporção fruto:xarope 1:2 e tempo de osmose de 1 hora e 15 minutos, sempre levando em consideração uma perda de água mais rápida, aliada a uma baixa incorporação de sólidos, e uma boa integridade do produto no tempo selecionado.

#### 4.2 Construção da curva de secagem da banana pré-tratada por desidratação osmótica com e sem utilização de vácuo

Na TABELA 4 e FIGURAS 14 a 17 são apresentadas as características químicas e físico-químicas das bananas após a sua desidratação osmótica, seguida de secagem em estufa.

Observou-se uma diferença nos valores de umidade e Aa, ao final da osmose (tempo zero de secagem), o que pode ser justificado por diferentes capacidades de remoção de água do tecido dos frutos e incorporação dos sólidos ao mesmo, para os tratamentos com vácuo e sem vácuo, onde o tratamento com vácuo proporciona uma acentuação da redução de Aa.

Verificou-se que para a banana tratada com vácuo após 11h de secagem em estufa os frutos já apresentavam valor de Aa inferior a 0,75, condição bastante favorável à conservação do fruto desidratado; já para o tratamento sem vácuo, com o mesmo tempo de secagem o mesmo apresentava uma Aa superior a 0,80, tendo sido necessário 16 horas de secagem para a mesma atingir Aa inferior a 0,75.

Verificou-se que para todos os tratamentos, os valores de umidade apresentaram-se após a secagem final em estufa um pouco abaixo da faixa estabelecida para fruto com umidade intermediária, porém os valores de atividade de água apresentaram-se dentro da faixa estabelecida por KAREL (1975), que é de 20 a 50% para umidade e de 0,65 a 0,85 para Aa.

TABELA 4 – Acompanhamento das características físico-químicas durante o processo de desidratação osmótica da banana seguido de secagem.

Determinação	Fruto <i>in natura</i>	Final da Osmose		Final da Secagem	
		SV	CV	SV	CV
Umidade (%)	67,60	56,39	41,80	15,14	19,41
Atividade de Água (Aa)	0,953	0,940	0,915	0,730	0,723
Sólidos Solúveis (°Brix)	27,60	36,80	47,80	73,80	71,30
Perda de Peso (%)	Nd	nd	nd	41,21	31,82

nd = não determinado

CV – tratamento com utilização de vácuo

SV – tratamento sem utilização de vácuo

O tempo total de secagem foi determinado até que a banana apresentasse valor de atividade de água inferiores a 0,75; valor que se apresentava dentro da faixa estabelecida por KAREL (1975). Os valores finais foram de 0,703, para a banana pré-tratada por osmose sem utilização de vácuo, e de 0,723, para a banana pré-tratada por osmose com utilização de vácuo. Observou-se que o tempo no primeiro tratamento foi de 16 horas, enquanto que no segundo foi somente de 11 horas, o que pode ser justificado por diferentes capacidades de remoção de água do tecido dos frutos e incorporação dos sólidos ao mesmo, para os tratamentos com vácuo e sem vácuo, onde o tratamento com vácuo proporciona uma acentuação da redução de Aa.

Observou-se que a perda de água era mais rápida no produto tratado previamente por osmose com utilização de vácuo do que os produtos tratados sem utilização de vácuo, sendo de 11 horas para o primeiro caso e 16 horas para o segundo, os tempo necessários para se atingir Aa menor que 0,75; valor que se encontra na faixa de alimentos de umidade intermediária, que varia de 0,65 a 0,85.

Os resultados da curva de secagem mostraram que as bananas perderam 41,21% de sua massa para o tratamento sem vácuo, e 31,82% para o tratamento com vácuo após a secagem até atingir valores de Aa menores que 0,75. Essa maior perda de massa pode ser explicada pela maior incorporação de sólidos desde o processo osmótico para o tratamento com vácuo, e uma menor perda de água no final da secagem.

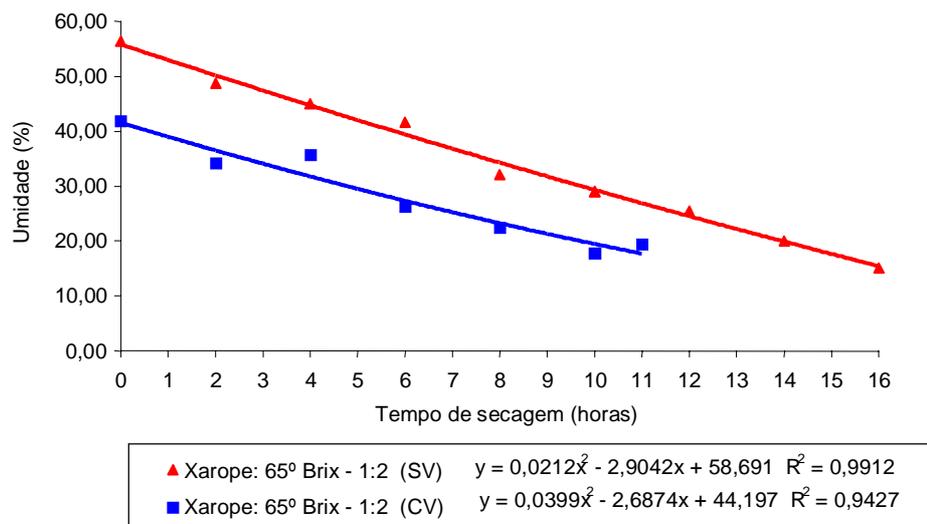


FIGURA 14 - Efeito do tempo de secagem em estufa sobre a umidade da banana pré-tratada por desidratação sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV).

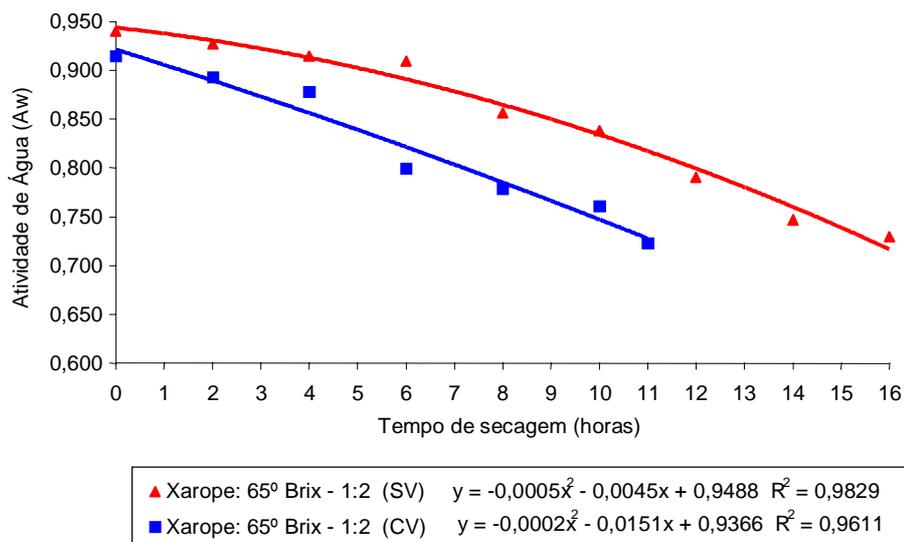


FIGURA 15 - Efeito do tempo de secagem em estufa sobre a Aa da banana pré-tratada por desidratação sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV).

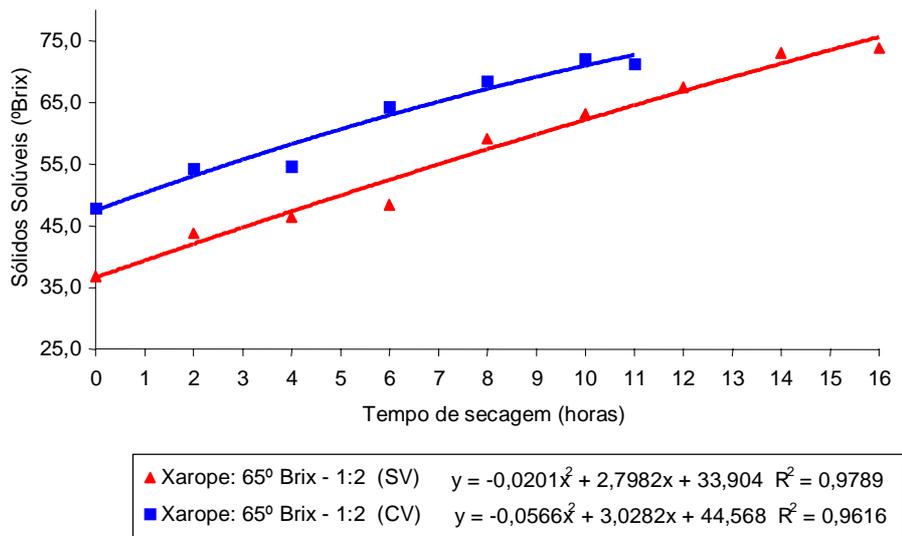


FIGURA 16 - Efeito do tempo de secagem em estufa sobre os sólidos solúveis (°Brix) da banana pré-tratada por desidratação sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV).

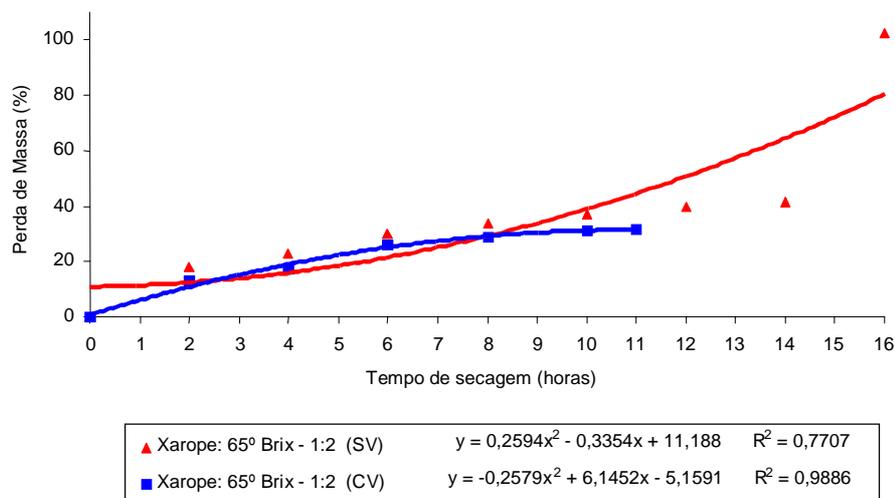


FIGURA 17 - Efeito do tempo de secagem em estufa sobre a perda de massa da banana pré-tratada por desidratação sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV).

Verifica-se na TABELA 3 e FIGURAS 14 e 15 que os valores de umidade e  $A_a$  no início da secagem foram respectivamente de 56,39% e 0,940 quando se empregou o xarope de 65°Brix sem vácuo; 41,80% e 0,915 com o xarope de 65°Brix com utilização de vácuo. Constata-se haver durante a osmose uma influência da

pressão exercida pelo sistema sobre a redução da umidade e Aa, sendo esta aumentada com a utilização do vácuo.

Esta tendência durante a osmose é explicada pela maior absorção de sólidos solúveis e mais rápida perda de água, com a conseqüente redução de Aa, uma vez que a elevação da concentração do xarope osmótico acentua as trocas difusionais e a pressão osmótica exercida sobre o tecido do fruto.

Na TABELA 4 observa-se no final da secagem valores de umidade e Aa de, respectivamente, 15,14% e 0,730 para o tratamento osmótico de 65°Brix sem vácuo; 19,41% e 0,723 para o tratamento osmótico de 65°Brix com vácuo.

Observou-se uma maior perda de massa no produto que sofreu desidratação no xarope sem vácuo em relação ao com vácuo, o que pode ser explicado pela maior incorporação de sólidos desde o processo osmótico para o tratamento com vácuo, e uma menor perda de água no final da secagem.

### 4.3 Comparação e avaliação da estabilidade da banana conservada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo e com utilização de vácuo seguida de secagem em estufa de circulação de ar

A TABELA 5 apresenta os parâmetros utilizados nos experimentos de vida de prateleira após escolha da melhor concentração e proporção fruto:xarope e tempos de osmose e de secagem.

TABELA 5 - Parâmetros utilizados nos experimentos de vida de prateleira para elaboração do produto final.

Parâmetros do processo	Experimento 1	Experimento 2
Branqueamento com vapor saturado	100°C/2 minutos	100°C/2 minutos
Proporção fruto:xarope	1:2	1:2
Concentração do xarope	65°Brix	65°Brix
Ácido cítrico q.s.p.	pH 2,5	pH 2,5
Benzoato de sódio	1000 ppm	1000 ppm
Pressão durante a osmose	760 mmHg*	-660 mmHg**
Temperatura de osmose	65°C	65°C
Tempo de osmose	3h	1h
Temperatura de secagem	65°C	65°C
Tempo de secagem	16h	11h

\* = Pressão atmosférica normal (sem utilização de vácuo)

\*\*= Pressão atmosférica reduzida (com utilização de vácuo)

#### 4.3.1 Análise comparativa do experimento 1 (osmose sem utilização de vácuo) e do experimento 2 (osmose com utilização de vácuo)

Os resultados estatísticos comparativos por teste de Tukey entre os experimento 1 e 2 das determinações físico-químicas nos tempos zero e 120 dias de armazenamento encontram-se nas TABELAS 6 e 7.

TABELA 6 – Análise comparativa entre as bananas pré-tratadas por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) seguida de secagem em estufa no tempo zero de armazenamento.

<b>Análises</b>	<b>SV</b>	<b>CV</b>
pH	4,03a	4,05a
Sólidos solúveis (°Brix)	71,8a	68,5b
Acidez total titulável (% de ácido cítrico)	0,81a	0,71a
Umidade (%)	17,8a	18,7a
Aa	0,721a	0,736a
Açúcares totais (%)	56,9a	55,9a
Cor (valor L*)	52,80a	42,35b
Textura (força de corte) (N)	20,45a	14,30a

Amostras seguidas das mesmas letras na mesma linha, não diferem ( $p > 0,05$ ) pelo teste de Tukey

TABELA 7 - Análise comparativa entre as bananas pré-tratadas por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) seguida de secagem em estufa no tempo 120 dias de armazenamento.

<b>Análises</b>	<b>SV</b>	<b>CV</b>
pH	4,25a	4,27a
Sólidos solúveis (°Brix)	73,5a	74,5a
Acidez total titulável (% de ácido cítrico)	1,18a	1,01b
Umidade (%)	16,8a	16,4a
Aa	0,695a	0,670a
Açúcares totais (%)	60,3a	60,4a
Cor (valor L*)	33,44a	29,39b
Textura (força de corte) (N)	26,96a	25,02a

Amostras seguidas das mesmas letras na mesma linha, não diferem ( $p > 0,05$ ) pelo teste de Tukey

Em análise comparativa dos experimentos 1 e 2 após o processamento (tempo zero de armazenamento), os resultados das determinações de pH, acidez,

Aa, umidade, açúcares totais e textura (força de corte) foram semelhantes e não diferiram estatisticamente ao nível de 5%, apesar da variação entre as médias de textura observada, enquanto que os resultados das determinações de sólidos solúveis (°Brix) e cor (valor L\*) apresentaram diferenças estatísticas ao nível de 5%. Estes dados podem ser explicados pelo maior tempo de imersão em xarope e secagem em estufa do tratamento sem utilização de vácuo, o que ocasionou uma maior perda de água e uma maior concentração de sólidos solúveis, além de um maior escurecimento do produto final.

No último mês de armazenamento (120 dias ), a comparação entre os experimentos 1 e 2 mostrou que os resultados diferiram estatisticamente ao nível de 5% apenas para os valores de acidez total titulável e cor (valor L\*), sendo muito pequena a variação da acidez total titulável entre as amostras, que pode ser atribuída a variação do conteúdo de umidade entre as amostras, onde se observou uma maior perda de água e menor acidez no tratamento com utilização de vácuo. A variação da cor pode ser visualizada através das fotos dos dois experimentos nos tempos zero e 120 dias de armazenamento (FIGURA 18), onde se observa o escurecimento dos dois produtos com o tempo.

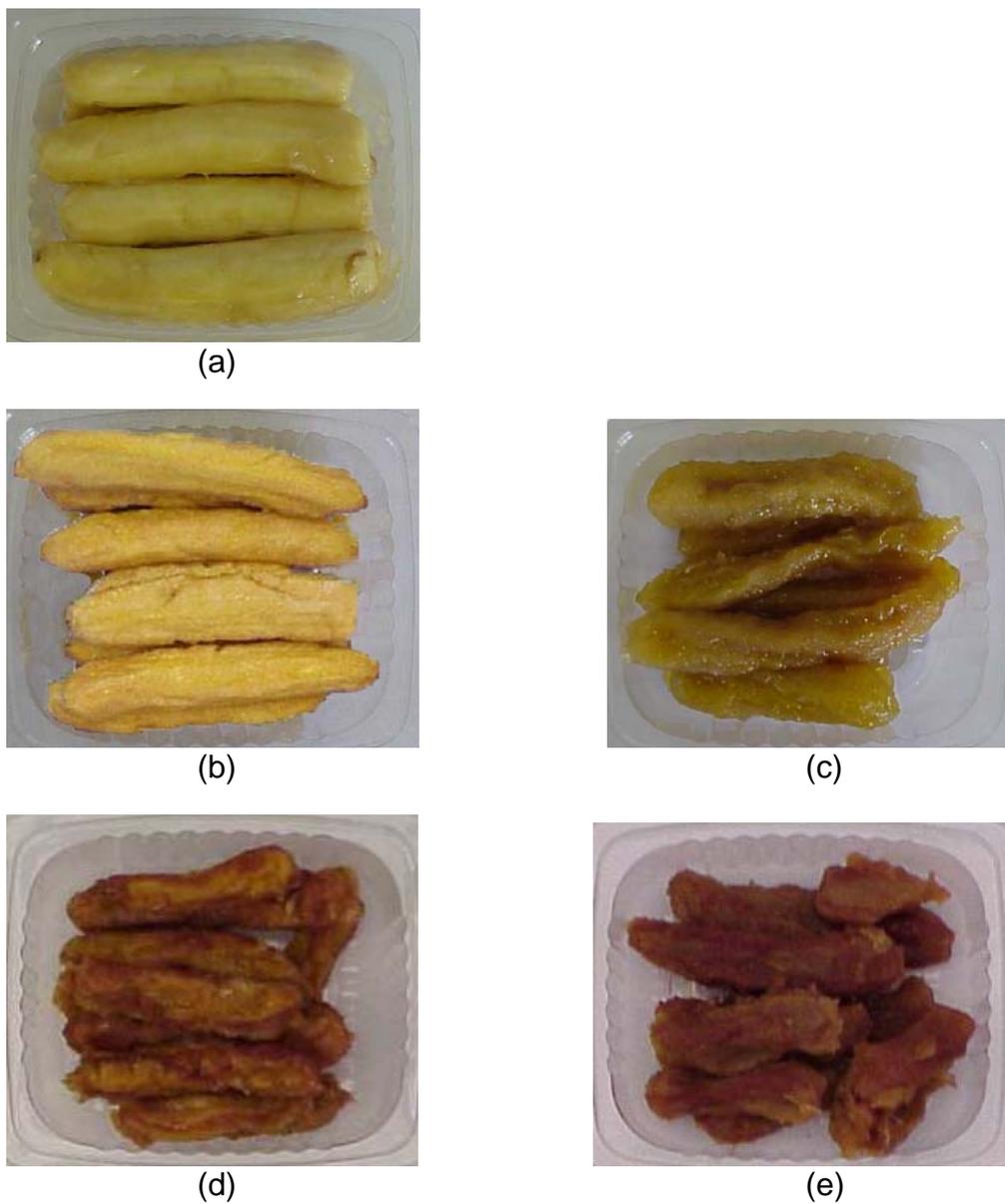


FIGURA 18 – Fotos da banana *in natura* e dos produtos finais nos tempos 0 e 120 dias de armazenamento: (a) banana *in natura*; (b) produto final SV no tempo zero de armazenamento; (c) produto final CV no tempo zero de armazenamento; (d) produto final SV no tempo 120 dias de armazenamento e (e) produto final CV no tempo 120 dias de armazenamento.

### 4.3.2 Estudo da estabilidade dos produtos de banana desidratadas seguidas de secagem em estufa, em função do tempo de armazenamento

#### 4.3.2.1 Análises físico-químicas

##### 4.3.2.1.1 pH

Estatisticamente os valores obtidos para pH no decorrer do tempo de armazenamento apresentaram diferença significativa ( $p < 0,001$ ) para os dois experimentos. Porém, os valores absolutos apresentaram pouca variação, oscilando entre 4,03 e 4,32 para o experimento 1 (SV) e de 4,05 e 4,27 para o experimento 2 (CV) (TABELA 8), indicando um pequeno aumento do pH com o tempo de armazenamento, que pode ser atribuído à dissociação do ácido cítrico durante o armazenamento.

TABELA 8 - pH da banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) em função do tempo de armazenamento de 120 dias.

Tempo (dias)	pH	
	SV	CV
Zero	4,03c	4,05c
30	4,06c	4,13b
60	4,06c	4,05c
90	4,32a	4,26a
120	4,25b	4,27a

Resultados seguidos das mesmas letras na mesma coluna, não diferem ( $p > 0,05$ ) pelo teste de Tukey

A análise dos valores obtidos de pH em função do tempo de armazenamento mostrou que a regressão foi do tipo polinomial de ordem 2 para os dois experimentos, para que fossem obtidos coeficientes satisfatórios ( $R^2 > 0,70$ ). O gráfico e as equações de pH em função do tempo de armazenamento estão apresentados na FIGURA 19.

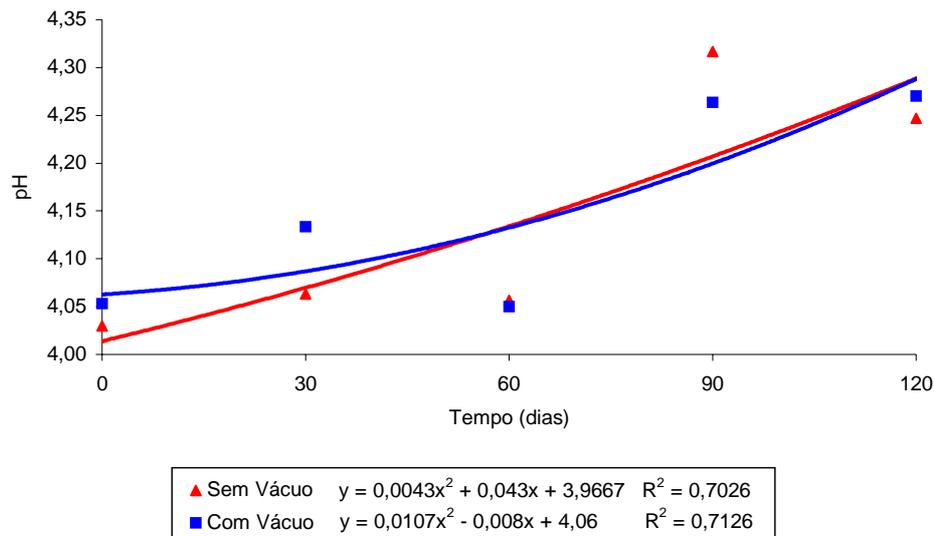


FIGURA 19 - Variação de pH em função do tempo de armazenamento.

#### 4.3.2.1.2 Sólidos solúveis

Estatisticamente os valores obtidos para sólidos solúveis não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para o experimento 1 (SV), porém verificou-se diferença significativa ( $p < 0,001$ ) para o experimento 2 (CV), observando-se uma maior variação no experimento 2 (TABELA 9).

TABELA 9 - Sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix) da banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com a utilização de vácuo (CV) em função do tempo de armazenamento de 120 dias.

Sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix)		
Tempo (dias)	SV	CV
Zero	71,83a	68,50b
30	74,17a	72,67a
60	72,67a	75,50a
90	74,70a	75,47a
120	73,50a	74,50a

Resultados seguidos das mesmas letras na mesma coluna, não diferem ( $p > 0,05$ ) pelo teste de Tukey

A análise dos valores obtidos de sólidos solúveis em função do tempo de armazenamento para o experimento 1 (SV) não pôde ser expressa por meio de regressão, já que não houve variação estatística com o tempo ( $p > 0,05$ ); já no caso do experimento 2 (CV), a regressão foi do tipo polinomial de ordem 2, para que fosse obtido coeficiente satisfatório ( $R^2 > 0,70$ ). O gráfico e a equação dos sólidos solúveis em função do tempo de armazenamento estão apresentados na FIGURA 20.

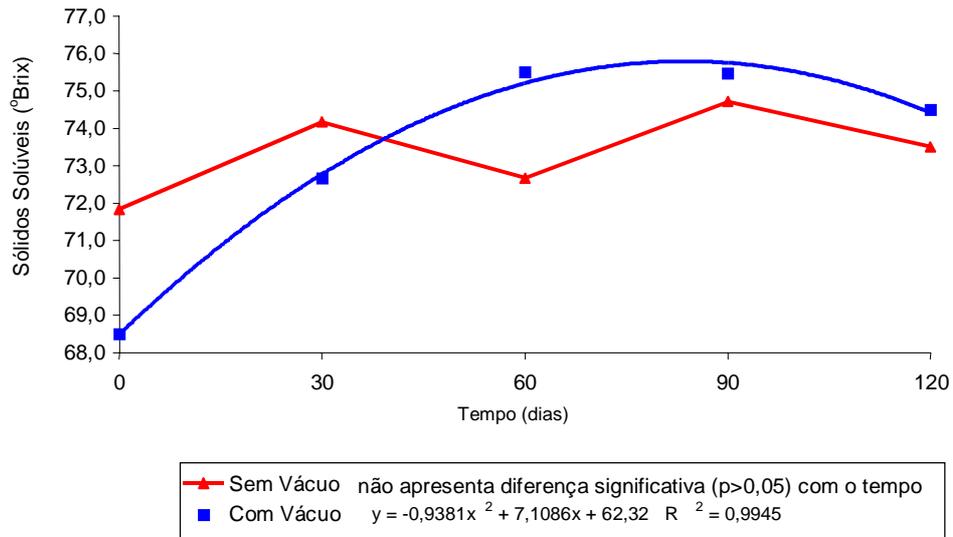


FIGURA 20 - Variação dos sólidos solúveis (°Brix) em função do tempo de armazenamento.

#### 4.3.2.1.3 Acidez total titulável

Estatisticamente os valores obtidos para acidez total titulável decorrer do tempo apresentaram diferença significativa ( $p < 0,001$ ) para os dois experimentos, tendo seus valores variado entre 0,69 e 1,18 para o experimento 1 (SV) e entre 0,71 e 1,01 para o experimento 2 (CV) (TABELA 10), observando uma variação não linear durante o armazenamento, o que pode ser explicado pela degradação do ácido cítrico ou pela variação do conteúdo de umidade ao longo do armazenamento, influenciando no cálculo da acidez total titulável.

TABELA 10 - Acidez total titulável da banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com a utilização de vácuo (CV) em função do tempo de armazenamento de 120 dias.

Acidez total titulável		
Tempo (dias)	SV	CV
Zero	0,81c	0,71c
30	1,01b	0,91b
60	1,11ab	0,76c
90	0,69d	0,89b
120	1,18a	1,01a

Resultados seguidos das mesmas letras na mesma coluna, não diferem ( $p > 0,05$ ) pelo teste de Tukey

A análise dos valores obtidos de acidez total titulável em função do tempo de armazenamento, mostrou que a regressão foi do tipo polinomial de ordem 3 para os dois experimentos, para que fossem obtidos coeficientes satisfatórios ( $R^2 > 0,70$ ). O gráfico e as equações da acidez total titulável em função do tempo de armazenamento estão apresentados na FIGURA 21.

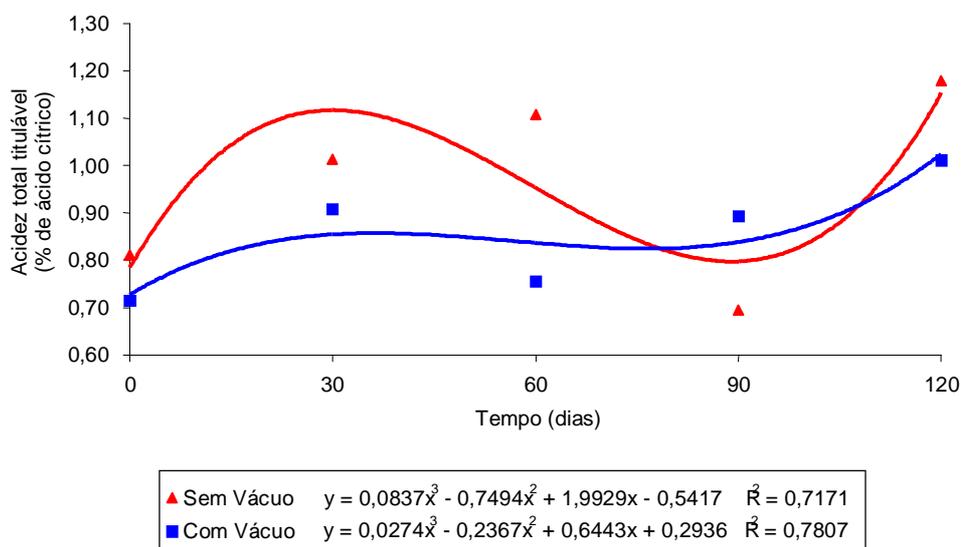


FIGURA 21 - Variação da acidez total titulável em função do tempo de armazenamento.

#### 4.3.2.1.4 Umidade

Estatisticamente os valores obtidos para umidade no decorrer do tempo de armazenamento apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para o experimento 1 (SV); e ( $p < 0,01$ ) para o experimento 2 (CV). Os valores apresentaram pouca variação para o experimento 1, oscilando entre 16,05 e 19,77; porém, observou-se uma maior variação para o experimento 2, oscilando entre 15,54 e 24,94 (TABELA 11). Observou-se um maior aumento da umidade no segundo mês de armazenamento, havendo diminuição no mês seguinte para os dois experimentos, o que pode ser atribuído à relativa permeabilidade das embalagens PET que foram utilizadas, o que facilita as trocas com o ambiente, variando o comportamento com a umidade relativa e a temperatura do local de armazenamento.

TABELA 11 - Umidade da banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) em função do tempo de armazenamento de 120 dias.

Tempo (dias)	Umidade	
	SV	CV
Zero	17,75ab	18,68bc
30	17,21ab	22,66ab
60	19,77 a	24,94 a
90	16,05 b	15,54 c
120	16,76ab	16,44 c

Resultados seguidos das mesmas letras na mesma coluna, não diferem ( $p > 0,05$ ) pelo teste de Tukey

A análise dos valores obtidos de umidade em função do tempo de armazenamento mostrou que não foi possível ajustar a equação para o experimento 1 ( $R^2 < 0,70$ ), enquanto que para o experimento 2 foi feita regressão do tipo polinomial de ordem 3, para que fosse obtido coeficiente satisfatório ( $R^2 > 0,70$ ). O gráfico e a equação da umidade em função do tempo de armazenamento estão apresentados na FIGURA 22.

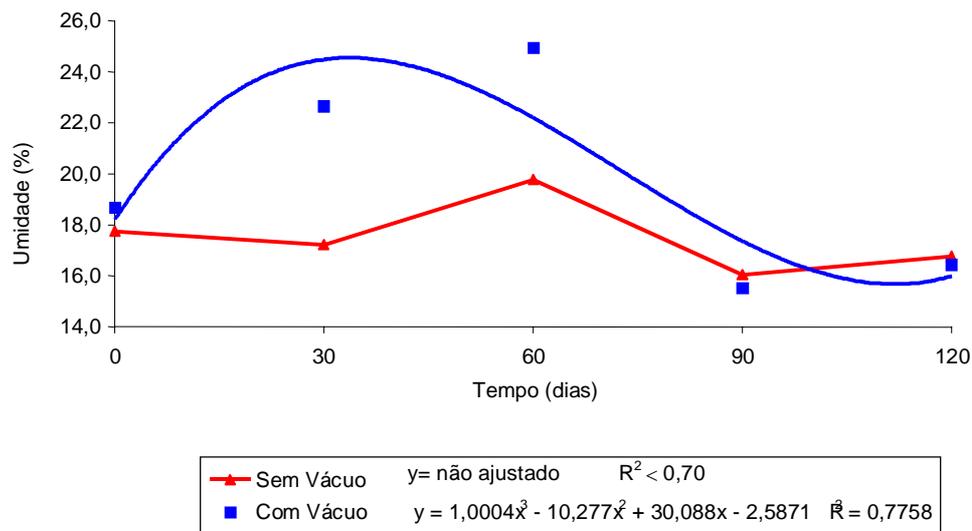


FIGURA 22 - Variação da umidade em função do tempo de armazenamento

#### 4.3.2.1.5 Atividade de água (Aa)

Estatisticamente os valores obtidos para Aa no decorrer do tempo de armazenamento não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para o experimento 1 (SV), mas apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para o experimento 2 (CV). Os valores variaram entre 0,683 a 0,721 para o experimento 1 e entre 0,670 a 0,736 (TABELA 12) para o experimento 2; apresentando os dois experimentos valores de atividade de água na faixa dos produtos de umidade intermediária, que varia de 0,65 a 0,85.

A atividade de água tem relação direta com a umidade, variando com a mesma no decorrer do tempo de armazenamento, o que também pode ser atribuída à relativa permeabilidade das embalagens PET que foram utilizadas.

TABELA 12- Aa da banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) em função do tempo de armazenamento de 120 dias.

Atividade de Água		
Tempo (dias)	SV	CV
Zero	0,721a	0,736a
30	0,683a	0,698ab
60	0,702a	0,670b
90	0,688a	0,670b
120	0,695a	0,670b

Resultados seguidos das mesmas letras na mesma coluna, não diferem ( $p > 0,05$ ) pelo teste de Tukey

A análise dos valores obtidos de Aa em função do tempo de armazenamento para o experimento 1 (SV) não pôde ser expressa por meio de regressão, já que não houve variação estatística com o tempo ( $p > 0,05$ ); já no caso do experimento 2 (CV), a regressão foi do tipo polinomial de ordem 2, para que fosse obtido coeficiente satisfatório ( $R^2 > 0,70$ ). O gráfico e a equação da Aa em função do tempo de armazenamento estão apresentados na FIGURA 23.

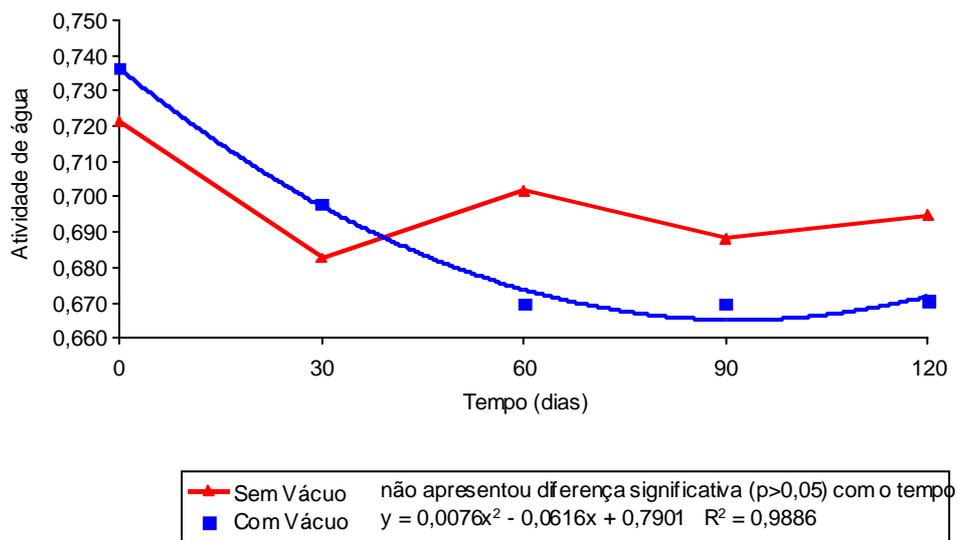


FIGURA 23 - Variação da Aa em função do tempo de armazenamento.

#### 4.3.2.1.6 Açúcares totais

Os valores obtidos para açúcares redutores foram equivalentes aos valores de açúcares totais, portanto, não foram encontrados açúcares não-redutores. Este fato se deve ao baixo pH do xarope (pH=3,0), devido a adição de ácido cítrico, bem como o uso de alta temperatura (65°C) durante a osmose e secagem, o que favorecem a hidrólise da sacarose adicionada ao xarope, elevando a concentração de grupos redutores. Portanto, na avaliação dos açúcares em função do tempo de armazenamento só serão abordados os açúcares totais.

Estatisticamente os valores obtidos para açúcares totais no decorrer do tempo de armazenamento apresentaram diferença significativa ( $p < 0,001$ ) para o experimento 1 (SV); e ( $p < 0,05$ ) para o experimento 2 (CV) (TABELA 13).

TABELA 13 - Açúcares totais (%) da banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) em função do tempo de armazenamento de 120 dias.

<b>Açúcares totais</b>		
<b>Tempo (dias)</b>	<b>SV</b>	<b>CV</b>
Zero	56,91ab	55,88b
30	58,22a	59,98ab
60	60,78a	63,70a
90	51,79b	54,66b
120	60,30a	60,37ab

Resultados seguidos das mesmas letras na mesma coluna, não diferem ( $p > 0,05$ ) pelo teste de Tukey

A análise dos valores obtidos de açúcares totais em função do tempo de armazenamento mostrou que não foi possível ajustar as equações para os dois experimentos ( $R^2 < 0,70$ ). O gráfico e as equações de açúcares totais em função do tempo de armazenamento estão apresentados na FIGURA 24.

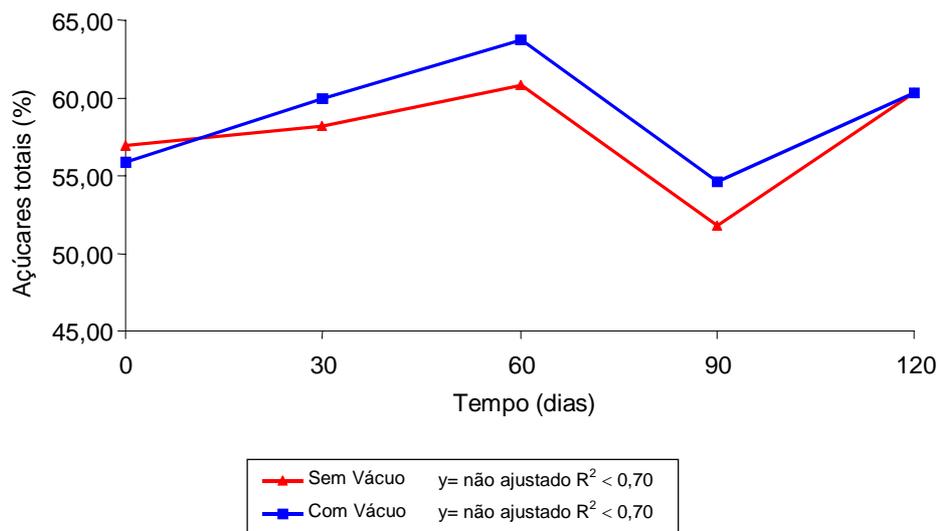


FIGURA 24 - Variação dos açúcares totais em função do tempo de armazenamento.

#### 4.3.2.1.7 Cor (valor L\*)

Estatisticamente os valores obtidos para cor (valor L\*) no decorrer do tempo apresentaram diferença significativa ( $p < 0,001$ ) para os dois experimentos (FIGURA 12). Os valores variaram entre 33,44 e 52,79 para o experimento 1 e entre 29,39 a 47,01 (TABELA 14) para o experimento 2, indicando uma maior tendência ao escurecimento (redução do valor L\*) com o tempo de armazenamento, visto que os valores de L\* variam de 0 (preto) ao 100 (branco); e isto se deve ao escurecimento do produto através de rotas enzimáticas e não enzimáticas, o que pode ser justificado pela grande quantidade de açúcares presentes e ausência de aditivos para preservação da cor.

TABELA 14 - Cor (valor L\*) da banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) em função do tempo de armazenamento de 120 dias.

Tempo (dias)	Cor (valor L*)	
	SV	CV
Zero	52,79a	42,35a
30	44,26b	47,01a
60	37,61c	32,04b
90	37,78c	29,85b
120	33,44c	29,39b

Resultados seguidos das mesmas letras na mesma coluna, não diferem ( $p>0,05$ ) pelo teste de Tukey

A análise dos valores obtidos da cor (valor L\*) em função do tempo de armazenamento mostrou que a regressão foi do tipo polinomial de ordem 2 para os dois experimentos, para que fosse obtido coeficientes satisfatórios ( $R^2>0,70$ ). O gráfico e as equações de cor em função do tempo de armazenamento estão apresentados na FIGURA 25.

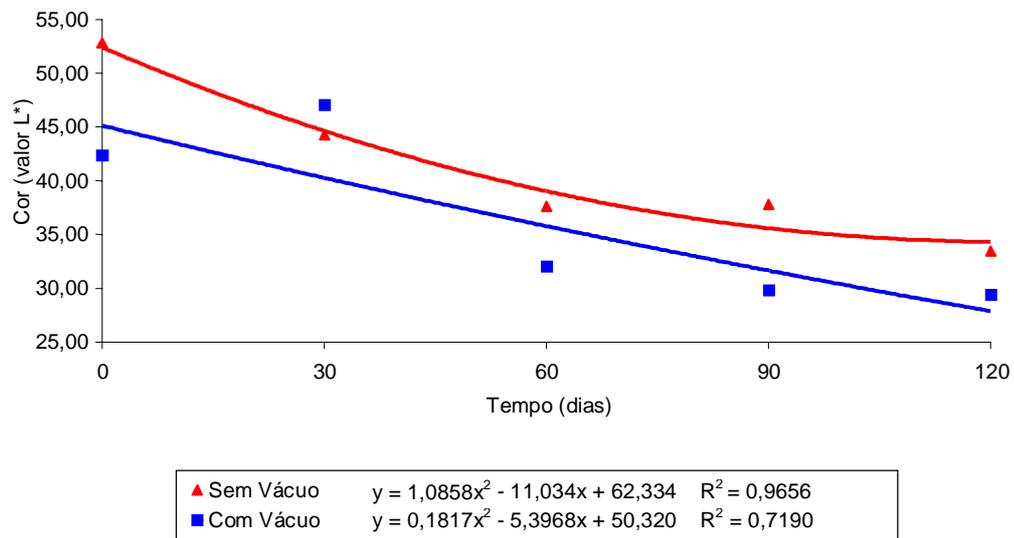


FIGURA 25 - Variação da cor (valor L\*) em função do tempo de armazenamento.

#### 4.3.2.1.8 Textura (força de corte)

Estatisticamente os valores obtidos para textura (força de corte) no decorrer do tempo apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para o experimento 1 (SV); e ( $p < 0,001$ ) para o experimento 2 (CV). Os valores demonstraram uma elevação acentuada da textura com o tempo de armazenamento, variando entre 20,45 e 29,17, para o experimento 1; e entre 14,30 e 26,08 (TABELA 15), para o experimento 2; podendo ser explicado pela diminuição da umidade e aumento de sólidos solúveis.

TABELA 15 - Textura (força de corte) (N) da banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) em função do tempo de armazenamento de 120 dias.

<b>Textura (força de corte)</b>		
<b>Tempo (dias)</b>	<b>SV</b>	<b>CV</b>
Zero	20,45b	14,30c
30	24,31ab	17,63bc
60	23,60ab	26,08a
90	29,17a	21,09ab
120	26,96ab	25,01a

Resultados seguidos das mesmas letras na mesma coluna, não diferem ( $p > 0,05$ ) pelo teste de Tukey

A análise dos valores obtidos da textura (força de corte) em função do tempo de armazenamento mostrou que a regressão foi do tipo polinomial de ordem 2 para os dois experimentos, para que fossem obtidos coeficientes satisfatórios ( $R^2 > 0,70$ ). O gráfico e as equações da textura (força de corte) em função do tempo de armazenamento estão apresentados na FIGURA 26.

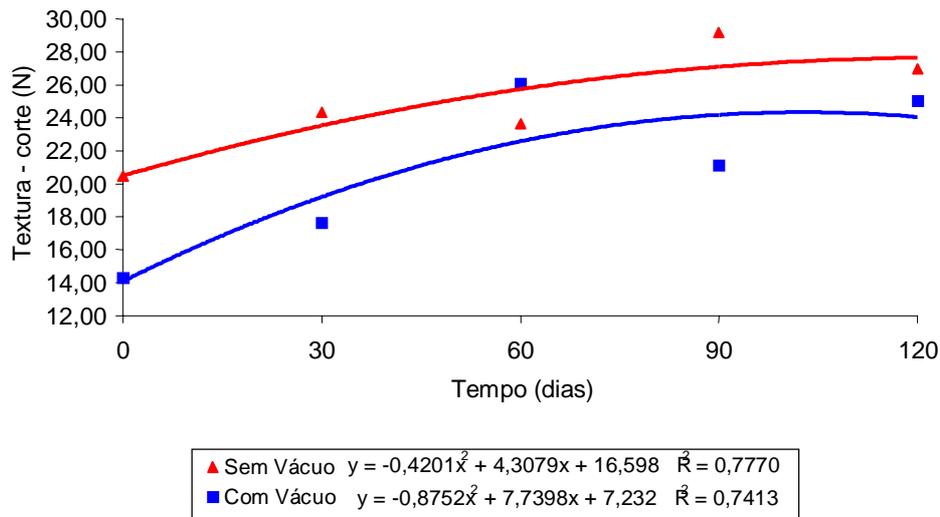


FIGURA 26 – Variação da textura (força de corte) em função do tempo de armazenamento.

#### 4.3.2.2 Análises microbiológicas

Os produtos obtidos nos dois experimentos logo após o processamento e em todos os tempos de armazenamento estudado apresentaram contagens de microrganismos aeróbios mesófilos inferiores a 10 UFC/g, bolores e leveduras inferiores a 10 UFC/g. As determinações de coliformes totais (Coliformes a 35°C), coliformes fecais (Coliformes a 45°C), *E. coli* apresentaram valores inferiores a 3 NMP/g. A presença de *Salmonella* sp não foi detectada nas amostras avaliadas. Portanto, as amostras atenderam aos padrões estabelecidos pela legislação federal vigente (BRASIL, 2001), que estabelece os seguintes padrões microbiológicos sanitários para frutas desidratadas com adição de açúcares: máximo de 10<sup>2</sup> NMP/g para coliformes fecais (45°C) e ausência de *Salmonella* sp em 25g do produto.

Os resultados encontrados após o processamento e durante o armazenamento podem ser atribuídos às características dos produtos, que possuem valor baixo de pH, presença de aditivos como benzoato de sódio (0,1%) e ácido cítrico, além da baixa Aa, o que tornam as condições desfavoráveis para o desenvolvimento da maioria dos microrganismos.

Todos esses fatores contribuem para a conservação dos produtos do ponto de vista microbiológico à temperatura ambiente e umidade relativa não

controlada durante o período estudado. Vale também ressaltar as condições higiênico-sanitárias que também foram satisfatórias durante a elaboração dos produtos, contribuindo para a segurança microbiológica dos mesmos.

AZEREZO & JARDINE (2000) encontraram resultados semelhantes em seus estudos feitos com abacaxis desidratados osmoticamente, onde os valores das contagens de bolores e leveduras foram inferiores a 10 UFC/g ao longo de 60 dias de armazenamento a 30°C. Segundo os mesmos autores, isto se deve à redução da atividade de água, que é suficiente para inibir o crescimento microbiano à temperatura ambiente; e que apenas sua combinação com outros fatores de conservação aplicados (uso de conservantes químicos e redução do pH) podem promover uma estabilidade do produto.

Já em trabalhos feitos por secagem solar direta de banana, MACHADO JUNIOR *et al.* (2000) não encontraram *Salmonella* sp. e nem coliformes em análises realizadas nos produtos imediatamente após a secagem, e com 30 e 60 dias de armazenamento; porém foram encontrados valores de aeróbios mesófilos que variaram entre  $1,0 \times 10^1$  e  $6,7 \times 10^2$  UFC/g de amostra de banana desidratada e de bolores e leveduras entre  $1,0 \times 10^2$  e  $1,3 \times 10^4$  UFC/g de amostra de banana desidratada, durante o período de armazenamento.

#### **4.3.2.3 Análise sensorial (avaliação global)**

Os resultados estatísticos comparativos por teste de Tukey entre os experimentos 1 e 2 para aceitação global nos tempos zero e 120 dias de armazenamento encontram-se na TABELA 16.

Em análise comparativa dos experimentos 1 e 2 após o processamento (tempo zero de armazenamento), as médias de aceitação global foram semelhantes e não diferiram estatisticamente ao nível de 5%. Já no quarto e último mês de armazenamento, verificou-se diferença estatística ao nível de 5% entre as médias de aceitação global, observando-se maior média para o tratamento com utilização de vácuo nos dois tempos analisados, que pode ser justificado pelo menor valor de textura, menor acidez e maior conteúdo de umidade do tratamento com utilização de vácuo.

TABELA 16 - Análise comparativa da aceitação global entre as bananas pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) seguido de secagem em estufa nos tempos zero e 120 dias de armazenamento.

<b>Avaliação global</b>		
<b>Tempo (dias)</b>	<b>SV</b>	<b>CV</b>
Zero	6,5a	7,0a
120	6,7a	7,6b

Resultados seguidos das mesmas letras na mesma linha, não diferem ( $p>0,05$ ) pelo teste de Tukey

Os resultados da avaliação sensorial dos produtos ao longo de quatro meses de armazenamento a  $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  encontram-se na TABELA 17 e na FIGURA 23.

TABELA 17 – Notas médias de aceitação global da banana pré-tratada por desidratação osmótica sem utilização de vácuo (SV) e com utilização de vácuo (CV) em função do tempo de armazenamento de 120 dias.

<b>Aceitação Global</b>		
<b>Tempo (dias)</b>	<b>SV</b>	<b>CV</b>
Zero	6,5a	7,0a
30	6,9a	7,2a
60	6,3a	7,6a
90	7,0a	7,3a
120	6,7a	7,6a

Resultados seguidos das mesmas letras na mesma coluna, não diferem ( $p>0,05$ ) pelo teste de Tukey

Quando os resultados de aceitação de todos os provadores foram estatisticamente analisados em função de armazenamento, não foram encontradas diferenças significativas ( $p>0,05$ ) em função do tempo de armazenamento segundo o teste de Tukey para os dois experimentos (TABELA 17), durante o período estudado (FIGURA 27). Observou-se ainda que as médias para este atributo mantiveram-se durante todo o período de armazenamento superiores a 6, o que corresponde na escala hedônica a “gostei ligeiramente”.

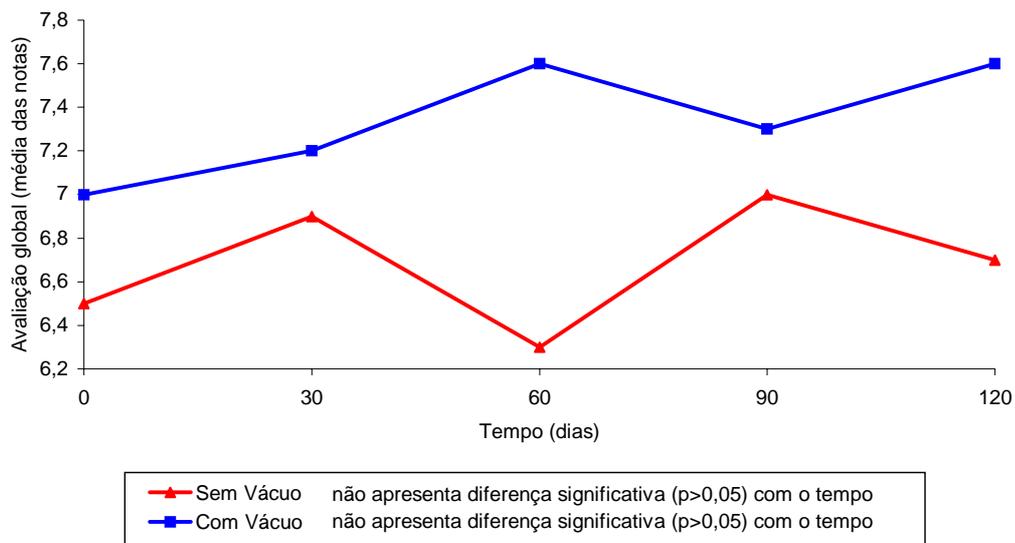


FIGURA 27 – Avaliação global em função do tempo de armazenamento.

Segundo LABUZA & SCHIMDL (1988), o final da vida útil é considerado quando há uma queda de 1,5 pontos na escala hedônica, o que não ocorreu em nenhum dos experimentos. Isto indica que a amostra pode ser considerada como aceitável pelos provadores por todo o tempo de vida de prateleira estudado, ou seja, até os 120 dias de armazenamento.

Os comentários espontâneos dos provadores nas fichas de avaliação sensorial foram muito variados, desde comentários positivos, como negativos, sobre o sabor (levemente adocicado, muito doce, menos adstringente, sabor de banana verde, adstringente, acidez elevada, sabor caramelizado, sabor fraco de banana), consistência (textura firme, textura dura, muito seca, muito molhada, muito mole), sobre a aparência (muito seca, parece com natural, pegajoso, brilhante, escura). No último tempo estudado (120 dias) houve uma maior incidência de comentários sobre a consistência, onde os provadores acharam a amostra processada sem vácuo

“muito dura”, enquanto que a amostra com vácuo foi considerada “muito mole”, com “aspecto pegajoso”.

Os histogramas de freqüência referentes às notas de aceitação global para todos os tempos estudados encontram-se nas FIGURAS 28 a 32. De um modo geral, observa-se que desde o primeiro teste de aceitação global, feito logo após o processamento do produto até o último mês de teste, a distribuição tende a um aumento de freqüência das notas acima de 6 para os dois experimentos, sendo mais pronunciada para o experimento com vácuo, indicando maior aceitação em relação ao experimento sem vácuo, e observando os comentários dos provadores, isso se deve a uma “melhor aparência” e “sabor caramelizado” e umidade mais elevada, ou seja, com uma textura mais macia, tornando o experimento com vácuo mais apreciado.

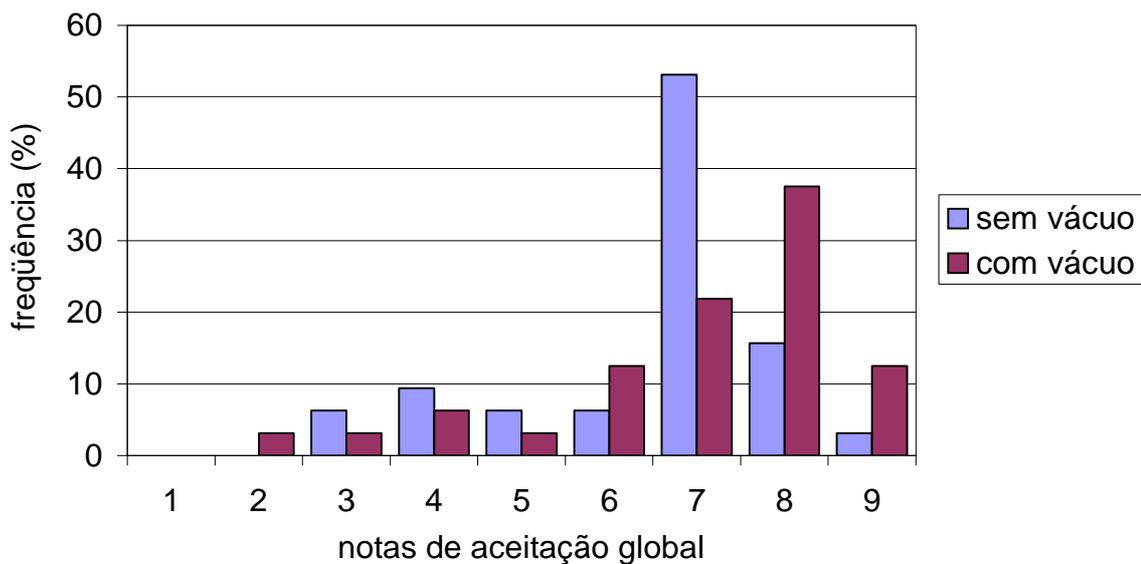


FIGURA 28 – Histograma de freqüência das notas de aceitação global para os produtos desidratados de banana no tempo recém processados.

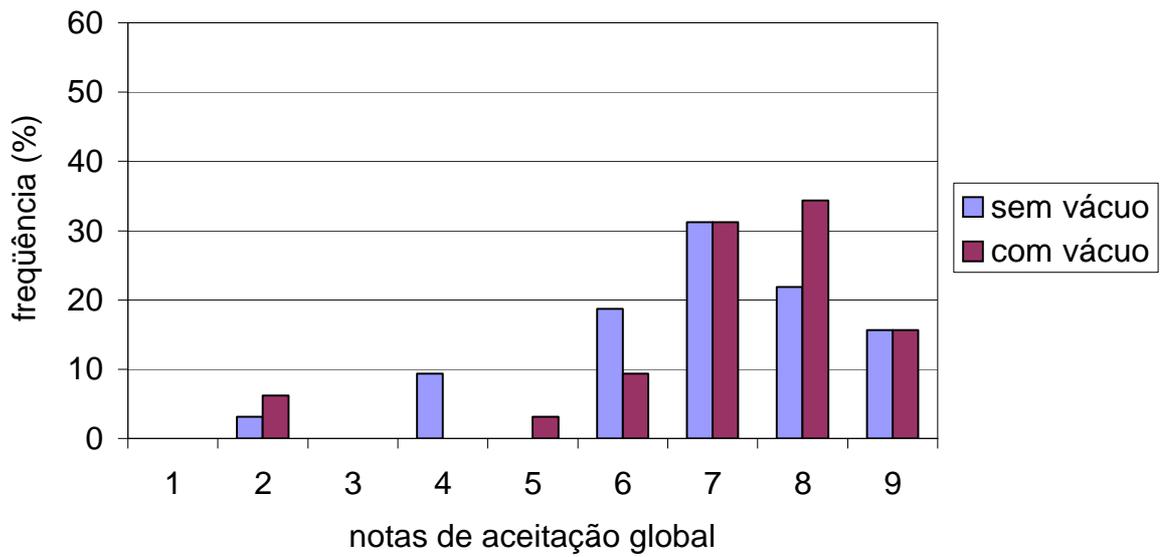


FIGURA 29 - Histograma de freqüência das notas de aceitação global para os produtos desidratados de banana no tempo 30 dias.

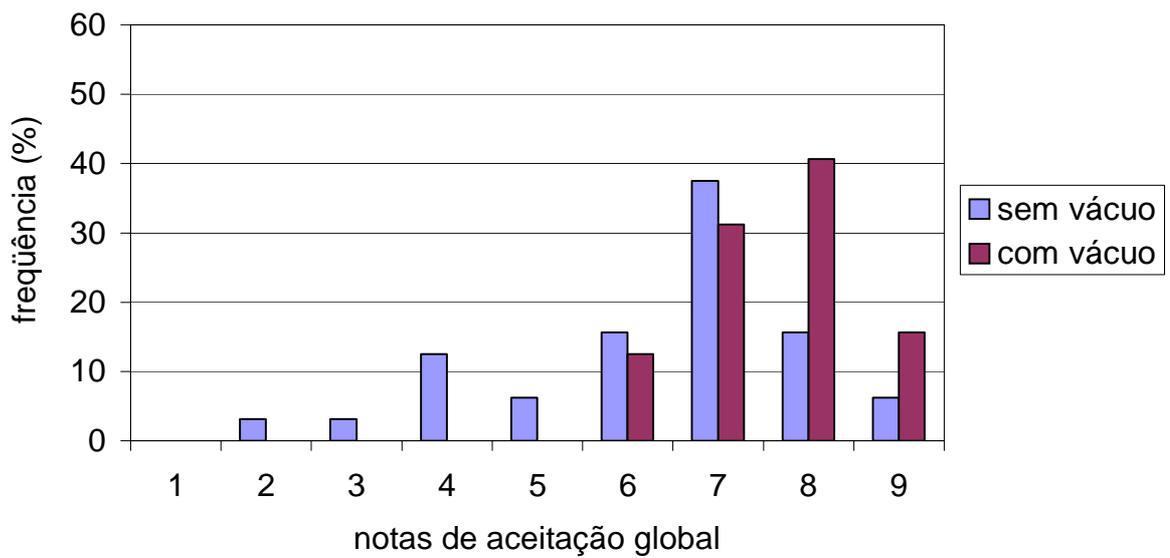


FIGURA 30 - Histograma de freqüência das notas de aceitação global para os produtos desidratados de banana no tempo 60 dias.

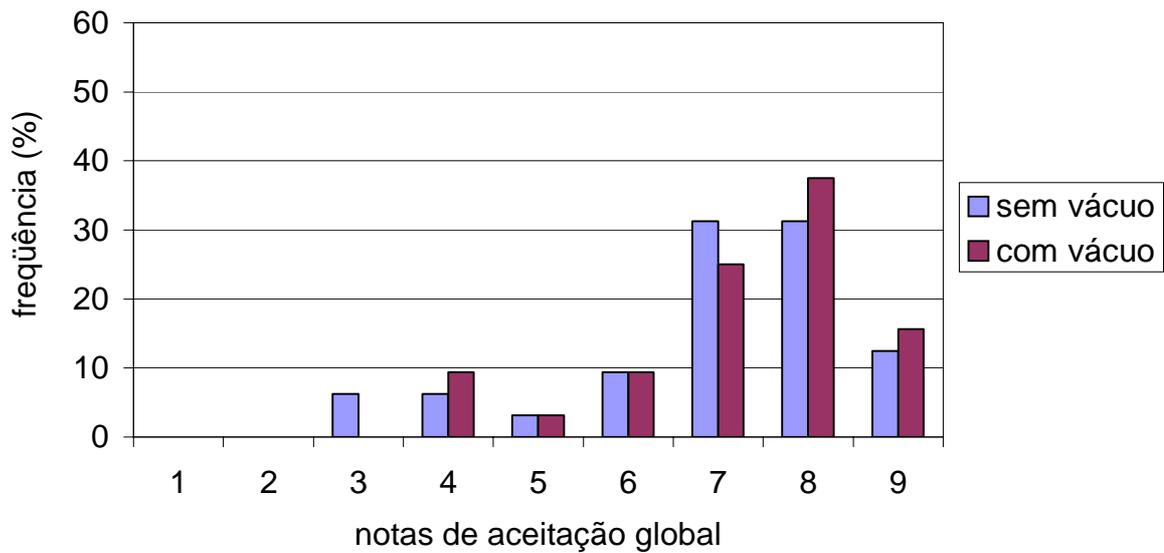


FIGURA 31 - Histograma de freqüência das notas de aceitação global para os produtos desidratados de banana no tempo 90 dias.

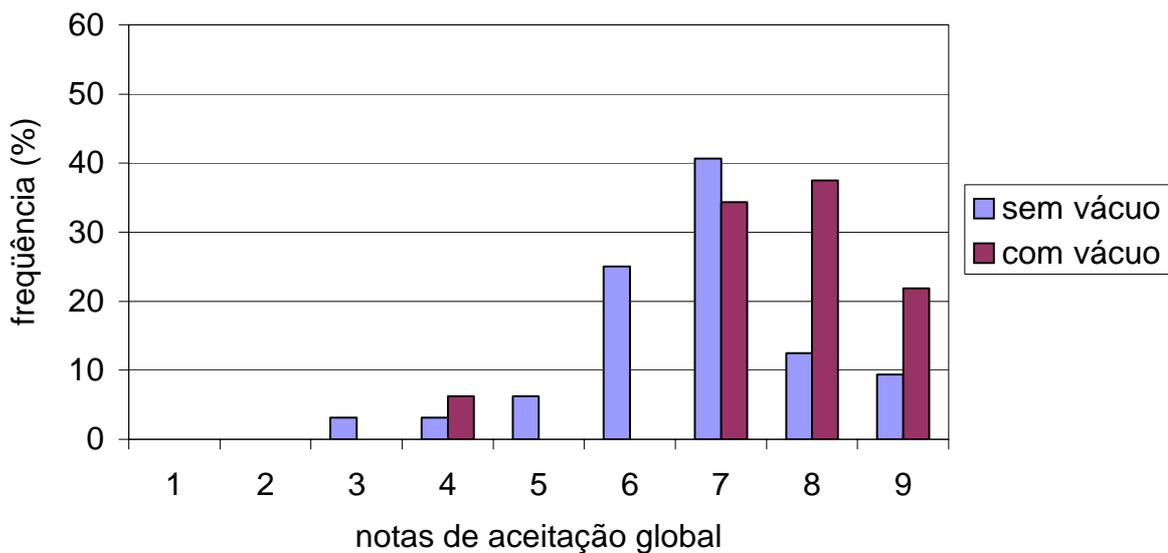


FIGURA 32 – Histograma de freqüência das notas de aceitação global para os produtos desidratados de banana no tempo 120 dias.

A FIGURA 33 apresenta o somatório das notas 6/7/8/9 das amostras estudadas em cada tempo, onde se se observa que o somatório das notas segue uma tendência de maior freqüência de notas acima de 6 durante o período de armazenamento para a amostra do experimento com vácuo.

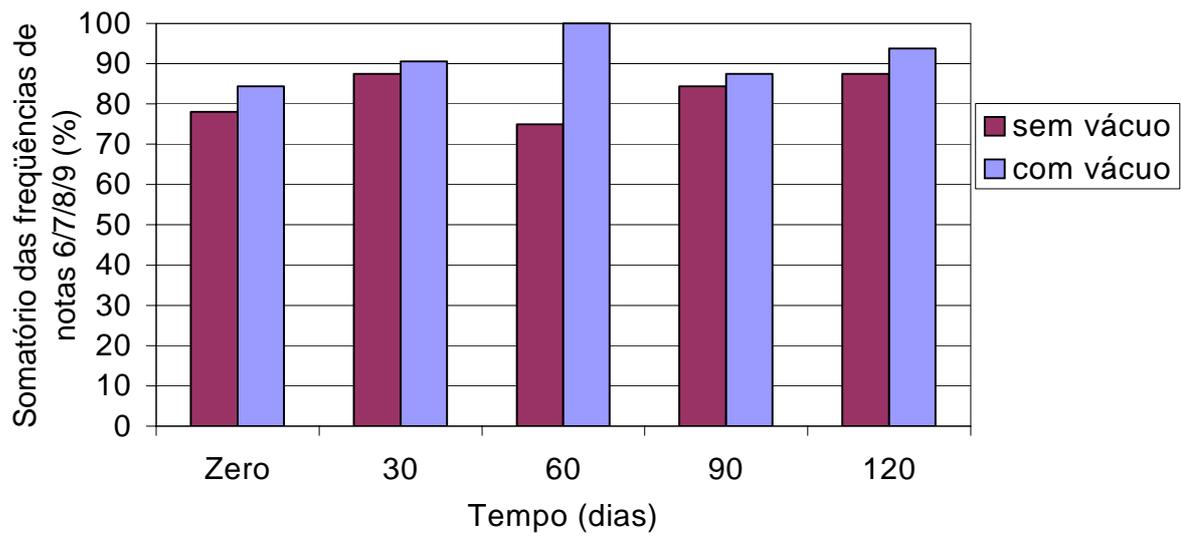


FIGURA 33 – Representação gráfica do somatório das freqüências de notas 6/7/8/9 para os produtos desidratados de banana em função do tempo de armazenamento.

## 5 CONCLUSÕES

É possível obter banana desidratada como produto de umidade intermediária, através de pré-tratamento osmótico seguido de secagem em estufa de circulação de ar. As características do produto são influenciadas pela concentração e proporção fruto:xarope do meio osmótico utilizado e a pressão de trabalho utilizada durante a desidratação, uma vez que a utilização de vácuo apresenta-se como responsável pela diminuição dos tempos de osmose e de secagem.

Os produtos obtidos, com e sem utilização de vácuo durante o pré-tratamento de osmose, mantiveram suas características químicas e físico-químicas com pouca variação durante 120 dias de armazenamento à temperatura ambiente, sendo que as características de cor e textura foram as que apresentaram variações mais expressivas.

A estabilidade microbiológica observada durante os 120 dias de armazenamento indicou que os produtos de banana desidratada por pré-tratamento osmótico seguido de secagem em estufa, foram processados em adequadas condições higiênico-sanitárias, contribuindo para segurança do produto, sendo que a metodologia empregada mostrou-se efetiva na prevenção do desenvolvimento microbiano.

Os resultados da avaliação sensorial das bananas desidratadas indicaram boa aceitação pelos provadores durante o período de 120 dias de armazenamento e apresentaram pouca diferença quando comparados entre si, sendo que a banana tratada previamente com osmose a vácuo apresentou maior aceitação global pelos consumidores.

Portanto, sugere-se o tratamento utilizando-se imersão da banana em xarope de sacarose com 65°Brix e proporção fruto:xarope 1:2 a 65°C com utilização de vácuo (-660 mmHg) por 1 hora seguido de secagem em estufa de circulação de ar a 65°C durante 11 horas como um produto de elevada estabilidade físico-química e microbiológica e boa aceitação sensorial. Porém, deve-se fazer um estudo de custos para avaliar a viabilidade de se montar um reator acoplado a um sistema de vácuo para produção comercial de banana desidratada.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILERA, J.M. & PARADA, E. Cytod AHL: Ibero-American project on intermediate moisture foods and combined methods technology. **Food Research International**. v. 25, p. 159-165, 1992.
- ALVES, E.J. (Coord.) *et al.* **A cultura da banana**: Aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais / organizado por Élio José Alves – 2.ed, ver. – Brasília: Embrapa - SPI / Cruz das Almas: EMBRAPA–CNPMPF, 1999. 585p.
- ALZAMORA, S.M. Preservación I: alimentos conservados por factores combinados. In J.M. Aguilera (Ed.), **Temas en Tecnología de Alimentos**. v. 1, p. 45-89, Mexico, DF: CYTED & Instituto Politécnico Nacional, 1997.
- ALZAMORA, S.M.; *et al.* Shelf-stable pineapple for long-term non-refrigerated storage. **Lebensmittel-Wissen-Sschaft und-Technologie**, v. 22, p. 233, 1989.
- ALZAMORA, S.M.; *et al.* Application of combined methods technology in minimally processed fruits. **Food Research International**, v. 2, p. 125-130, 1993.
- ANDRÉS, A.; & FITO, P. The hydrodynamic penetration mechanism (HDM) in some fruits. In: **ISOPOW-V**, Valencia (Spain), 1992.
- AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTRY) - **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 12 ed. Washington, 1992.
- APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION). DOWNES & ITO [coords.] . **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. 1.ed. Washington, DC:, 2001. 676p.
- ARAÚJO, J.M.A. **Química de Alimentos**: teoria e prática. Viçosa. Imprensa Universitária, 1995. 416p.
- ARGAIZ, A.; *et al.* Fruit preservation by combined methods. **Paper presented at ACS Symposium on Minimally Processed Fruit and Vegetable**, New York, p. 25-30, August, 1991.
- ASPLUND, K. & NURMI, E. The growth of *salmonella* in tomatoes. **International Journal of Food Microbiology**, v. 13, p. 177-182, 1991.
- AZEREZO, H.M.C. & JARDINE, J.G. Desidratação osmótica de abacaxi aplicada à tecnologia de métodos combinados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, p. 74-82, abril, Campinas, 2000.
- BARAT, J.M.; FITO, P.; CHIRALT, A. Modeling of simultaneous mass transfer and structural changes in fruit tissues. **Journal of Food Engineering**, v. 49, pp. 77-85, 2001.
- BERISTAIN, C.I. *et al.* Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings. **International Journal of Science and Technology**, v. 25, p. 576-582, 1990.
- BEUCHAT, L.R. Pathogenic microorganisms associated with fresh produce. **Journal of Food Protection**, v. 58, p. 204-216, 1996.
- BISWAL, R.N. *et al.* Osmotic concentration of green beans prior to freezing. **Journal of Food Science**, v. 6, n. 4, p. 1008-1012, 1991.

- BOHUON, P. *et al.* Process in ternary liquids: experimental study of mass transport under natural and forced convection. **Journal of Food Engineering**, v. 37, p. 451-469, 1998.
- BOLIN, H.R. *et al.* Effect of osmosis agents and concentration on fruit quality. **Journal of Food Science**, v. 48, p. 202-205, 1983.
- BORGES, A.L. *et al.* **O cultivo da banana**. Cruz das Almas: EMBRAPA–CNPMPF, 1997. 109p. (EMBRAPA – CNPMPF. Circular Técnica, 27).
- BRASIL, Resolução RDC n.º 12, de 02 de janeiro de 2001. Dispõe sobre os princípios gerais para o estabelecimento de critérios e padrões microbiológicos para alimentos. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)**. Disponível em: <<http://www.vigilanciasanitaria.gov.br/anvisa.html>>. Acesso em: 20 ago. 2001.
- BROCKMAN, M.C. Intermediate moisture foods. In: **Food Dehydration**, Van Arsdell Copley and Morgan, AVI, p. 489-505, 1973.
- CARDOSO, M.H. *et al.* Efeito da associação de pectinase, invertase e glicose isomerase na qualidade do suco de banana. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 3, Campinas (Aug./Oct.), 1998.
- CASTRO, F.A. de. **Processamento de banana-passa**; perfil tecnológico. Fortaleza: NUTEC, 1981. 32p.
- CHIRALT, A. *et al.* Vacuum impregnation: A tool in minimally processing of foods. IN OLIVEIRA, F.A.R. & OLIVEIRA, J.C. (Eds.), **Processing of food: Quality optimization and process assessment**, p. 341-356, Boca Raton, **FL:RCR Press**, 1999.
- CHIRIFE, J. & FAVETO, G.J. Some physical-chemical basis of food preservation by combined methods. **Food Research International**, v. 25, p. 389-396, 1992.
- CLYDESDALE, F.M. Color as a factor choice. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, v. 33, n. 1, p. 83-101, 1993.
- CNPMPF (CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DA MANDIOCA E FRUTICULTURA TROPICAL). EMBRAPA – SPI. **A cultura da bananeira** – Brasília, coleção plantar, v. 16, 1994. (Série vermelha)
- COLLIGNAN, A. & RAOULT-WACK, A.L. Dewatering and salting of cod by immersion in concentrated sugar/salt solutions. **Leben-smittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 27, n. 3, p. 259-264, 1994.
- CONTRERAS, J.M. & SMYRL, T.G. An evaluation osmotic of apple rings corn syrup solids solutions. **Canada Institute Food Science Technology Journal**, v. 14, p. 301-314, 1981.
- CONWAY, J.; *et al.* Mass transfer consideration in the osmotic dehydration of apples. **Canada Institute Food Science Technology Journal**, v. 16, n. 1, p. 25-29, 1983.
- DALLA ROSA, M., PINNAVAIA, G.; LERICI, C.R. La desidratazione della frutta mediante osmosi diretta. Nota II: Esperienze di laboratorio su alcuni generi di frutta. **Industria Conserve**, v. 57, p. 3-7, 1982.
- DIXON, G.M. & JEN, J.J. A research not changes to sugars and acids of osmovac-dried apple slices. **Journal of Food Science**, v. 42, n. 4, p. 1126-1127, 1977.
- DONADIO, L.C.; CHTIGAL, J.C.; SACRAMENTO, C.K. **Frutas Exóticas**, – Jaboticabal: Funep, 1998. 279p.

ESCARTIN, E.F.; AYALA, A.C.; LOZANO, J.S. Survival and growth of *Salmonella* and *Shigella* on sliced fresh fruit. **Journal of Food Protection**, v. 52, p. 471-472, 1989.

FALCONE, M.A. & SUAZO, V.A.T. Desidratação osmótica do abacaxi (*Ananas comosus* L.). Parte I. **Boletim da SBCTA**. Campinas, v. 22, n. ½, p. 17-35, 1988.

FAO. **FAOSTAT** Database Result: banco de dados. Disponível em: <<http://www.fao.gov.br>>. Acesso em: 20 ago. 2001.

FARKAS, D.F. & LAZAR, M.E. Osmotic dehydration of apple pieces: effect of temperature and syrup concentration on rates. **Food Technology**, v. 23, p. 688, 1969.

FAVETTO, G.; CHIRIFE, J.; BARTHOLOMAI, G.B., A study of water activity lowering in meat during immersion-cooking in sodium chloride-glycerol solutions. I. Equilibrium considerations and diffusional analysis of solute uptake. **Journal Food Technology**, v. 16, p. 609-619, 1981.

FITO, P. Modeling of vacuum osmotic dehydration of food. **Journal of Food Engineering**. v. 22, p. 313-328, 1994.

FITO, P. *et al.* Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation-relaxation phenomena during vacuum treatments in solid porous food-liquid systems. **Journal of Food Engineering**, v. 21, p. 229-240, 1996.

FONDERFRU. **Estudo de comercialização de frutas frescas a nível nacional**. Fondo de Desarrollo Frutícola, Caracas, Venezuela, (1986).

FORNI, E.; *et al.* The influence of sugar composition on the colour stability of osmodehydrofrozen intermediate moisture foods. **Food Research International**, v. 30, n. 2, p. 87-94, 1997.

FRANCO, G. **Tabela de composição de alimentos**. 8 ed. Rio de Janeiro, RJ: Atheneu, 1989. 230p.

FRANCO; B.G.M. **Microbiologia dos alimentos**, ed. Atheneu, 1995. 182p.

GARCIA, R. & ROLZ, C. Reological properties of some tropical fruits products and their enzymic clarification. In : 4<sup>th</sup> International Congress Food Science and Technology. **Proceedings 4<sup>th</sup> International Congress Food Science and Technology**, v. 2, p.18-26, 1974.

GIANGIANCOMO, R.; TORREGGIANI, D.; ABBO, E. Osmotic dehydration of fruit. **Journal Food Processing**, v. 11, p. 183-195, 1987.

GOVERD, K.A.; RHODEHAMEL, E.J. & SHANNON, R. The occurrence and survival of coliforms and salmonellas in apple juice and cider. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 46, p. 421-8, 1979.

GUERRERO, S.; ALZAMORA, S.M. & GERSCHENSON, L.N. Optimization of a combined factors technology for preserving banana purée to minimize colour changes using surface response methodology. **Journal of Food Engineering**, v. 28, p. 307-322, 1996.

HAWKES, J. & FLINK, J.M. Osmotic concentration of fruits slices prior to freeze dehydration. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 2, p. 265-284, 1978.

HENG, W., GUILBERT, S. & CUQ, J.L. Osmotic dehydration of papaya: influence of process variables on the quality. **Sciences des Aliments**, v. 10, p. 831-848, 1990.

**HORTIFRUTIGRANJEIROS**. Disponível em:

<<http://hortifrutigranjeiros.com.br/index.html>>. Acesso em: 20 de ago. 2001.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Censo**

**Agropecuário**: banco de dados. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 ago. 2001.

ICMSF (INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS MICROBIAL ECOLOGY OF FOOD).

**Microorganisms in foods 6. Microbial ecology of food commodities**. Blackie Academic & Professional, New York, 1998. 615p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análises de alimentos. v. 1, 3<sup>a</sup>. Ed. São Paulo, 1985. 533p.

ISLAM, M.N. & FLINK, J.N. Dehydration of potato II. Osmotic concentration and its effect on air drying behaviour. **Journal Food Technology**, v. 17, p. 387-403, 1982.

ITPS (INSTITUTO DE TECNOLOGIA E PESQUISAS DO SERGIPE).

**Aproveitamento industrial de frutas do Estado de Sergipe**: doces e licores. Aracaju: 1984. 129p.

JACKSON, T.H. & MOHAMMED, B.B. The Shambat process. New development arising from the osmotic dehydration of fruits and vegetables. **Sudan Journal of Food Science and Technology**, v. 3, p. 18-22, 1971.

JALEEL, S.A.; BASAPPA, S.C.; SREEKANTIAH, K.R. Developmental studies on certain aspects of enzymic processing of banana (*Musa cavendishii*) I. Laboratory investigations. **Indian Food Packer**, v. 32, n. 2, p. 17, 1978.

JOHNSON, R.G. *et al.* The effect of high temperature storage on the acceptability of intermediate moisture food. United States Army, Natick Lab., **Technology Report**, 72-76-fl., 1972.

KAREL, M. Osmotic drying. In: FENNEMA, O. **Principles of Food Science**. New York:[s.n], part 2, p. 348-357, 1975.

KAREL, M. Technology and application of new intermediate moisture foods. In: R. Davis, G.C. Birch, and K.J. Parker (Eds.), **Intermediate moisture foods**, London: **Applied Science Publishers Ltd.**, p.4, 1976.

KIM, M. H. Osmotic concentration of apples and its effect on browning reaction during air dehydration. **Journal Korean Society Food Nutrition**, v. 19, p. 121-126, 1990.

LABUZA, T.P. & SCHIMDL, M.K. Use of sensory data in the shelf life testing of foods: principles and graphical methods for evaluation. **Cereals Foods World**, St. Paul, v. 33, n. 2, p. 193-206, Feb., 1988.

LE MAGUER, M. Osmotic dehydration: review and future directions. In: **Proceedings of the International Symposium in Food Preservation Processes**, Brussels: CERIA, v. 1, p. 283-309, 1988.

- LEISTNER, L. & RÖDEL, W. The stability of intermediate moisture food with respect to microorganisms. In: R. Davies, G.C. Birch, and K.J. Parker (Eds.), **Intermediate moisture foods**. London: Applied Science Publishers Ltd., 1976. 120 p.
- LEISTNER, L. Food preservation by combined methods. **Food Research International**, v. 25, n. 2, p. 151-158, 1992.
- LEISTNER, L. Hurdler technology applied to meat products of the shelf stable product and intermediate moisture types. In: D. Simatos and J.L. Multon (Eds.), **Properties of water in foods**. Dordrecht, The Netherlands: Martinus Nijhoff Publishers, p. 309-329, 1985.
- LENART, A. & FLINK, J.M. Osmotic concentration of Potato I. **Journal Food Technology**, v. 19, p. 45-63, 1984a.
- LENART, A. & FLINK, J.M. Osmotic concentration of Potato II. **Journal Food Technology**, v. 19, p. 65-89, 1984b.
- LERICI, C.R. *et al.* Osmotic dehydration of fruit: influence of osmotic agents on drying behaviour and product quality. **Journal Food Science**, v. 50, p. 1217-1226, 1985.
- LEVI, A.S.; GAGEL, S.; JUVEW, B.J. Intermediate moisture tropical fruit products for developing countries. I. Technological data on Papaya. **Journal Food Technology**, v. 18, p. 667-685, 1983.
- LEWICKI, P. & LENART, A. Osmotic dehydration of fruits and vegetables. In: **Handbook of Industrial Drying** (edited by A.S. Mujumdar). P. 691-713. New York: Marcel Dekker, 1995.
- LÓPEZ-MALO, A. *et al.* A. Shelf-stable high moisture papaya minimally processed by combined methods. **Food Research International**, v. 27, p. 545-553, 1994.
- MACHADO JUNIOR, O.O. *et al.* Análise microbiológica da banana-passa obtida por secagem solar direta. **Livro de resumos do XVII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 2, p. 6.83, 2000.
- MAEDA, M., & LORETO, R.L. Desidratação osmótica de bananas. **Semina: Ci. Agr.**, Londrina, v. 19, n.1, p.60-67, mar. 1998.
- MALTINI, E. PIZZOCARO, F., TORREGGIANI, D. *et al.* Effectiveness of antioxidant treatments in the preparation of sulfur free dehydrated apple cubes. In: **8<sup>th</sup> World Congress Food Science Technology**, Toronto, Canada, p. 87, 1991.
- MALTINI, E. TORREGGIANI, D.; FORNI, E. *et al.* Osmotic properties of fruit juice concentrates. In **Engineering and Food, Physical Properties and Process Control**, Vol. 1, ed. W.L.E. Spiess & H. Schubert. Elsevier Science Publishing Company, London, p. 567-573, 1990.
- MARTIN, Z. *et al.* Processamento: produtos, características e utilização. In: **ITAL** (Campinas, SP). Frutas tropicais, Banana: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 2.ed. ver. Campinas, 1985. P.197-264 (ITAL. Série Frutas Tropicais, 3)
- MAURO, M.A. & MENEGALLI, F.C. Evaluation of diffusion coefficients in osmotic concentration of bananas (*Musa cavendish* Lambert). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 30, p. 199-213, 1995.

- MEDINA, C.J. *et al.* **Frutas tropicais, Banana: da cultura ao processamento e comercialização**. 1.ed. Campinas, 1978. 197p. (ITAL. Série Frutas Tropicais, 3).
- MILLER, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, Washington, n.31, p. 226-248, 1959.
- MONSALVES, G.A.; BARBOSA, C.G.V.; CAVARIELE, R.P. Mass transfer and textural changes during processing of apples by combined methods. **Journal Food Science**, v. 58, p. 1118-1124, 1993.
- MONTEIRO, C.B.L. **Técnicas de avaliação sensorial**. 2. Ed. Curitiba: UFPR/CEPPA, 1984. 101p.
- MOREIRA, R.S. **Curso de bananicultura**. São Gonçalo, PB, BNB, DNOCS, MINTER, 1975. 95p.
- MORETI, V.A., *et al.* Utilização da energia solar na secagem de frutas: Viabilidade técnico-econômica. **Coletânea do ITAL**. Campinas, v. 24, n. 1, p. 41-60, 1994.
- MOSSEL, D.A.A. & DE BRUIN, A.S. The survival of *Enterobacteriaceae* in acid liquid foods stored at different temperatures. **Annales de l'Institut Pasteur de Lille**, v. 11, p. 65-71, 1960.
- MUJUMDAR, A.S. & GRABOWSKI, S. Solar - assisted osmotic dehydration of fruits. In: **8th World Congr. Food Science Technology**, Toronto, Canada, p.152, 1991.
- NANJUNDASWAMY, A.M. *et al.* Studies on development of new categories of dehydrated products from indigenous fruits. **Indian Food Packer**, v. 1, p. 91-99, 1978.
- PADOVANI, M.I. **BANANA: um mercado crescente para este alimento milenar**, 2ª EDIÇÃO, 1989. (Coleção Brasil Agrícola)
- PALOU, E. *et al.* Osmotic dehydration of papaya. Effect of syrup concentration. **Revista Esp. Cien. Tecnol Aliment**. V. 33, n. 6, p. 621-630, 1993.
- PANAGIOTOU, N.M.; KARATHANOS, V.T. & MAROULIS, Z.B. Mass transfer modeling of the osmotic dehydration of some fruits. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 33, p. 267-284, 1998.
- PASSOS, O. & SOUZA, J.S. **Considerações sobre a fruticultura brasileira, com ênfase no Nordeste**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA – CNPMF, 1994. 51p. (EMBRAPA – CNPMF. Documentos, 54).
- PASTOR, R. "Modelización de los Fenómenos de transporte en la Deshidratación Osmótica al Vacío de Manzana (Granny Smith)" Ph.D. **Thesis. Universidad Politécnica de Valencia**. Spain, 1994.
- PHOUNGCHANDANG, S. & WOODS, J.L. Moisture Diffusion and Desorption Isotherms for Banana. **Journal Food Science**, v. 65, n. 4, 2000.
- PITT, J.I. & HOCKING, A.D. **Fungi and Food Spoilage**. Academic Press, Sydney, 1985.
- POKHARKAR, S.M.; PRASAD, S.; DAS, H. A Model for osmotic concentration of bananas slices. **Journal Food Science and Technology**, v. 34, n. 3, p. 230-232, 1997.

RAOULT-WACK, A.L.; RIOS, G.; SAUREL, R. *et al.* Modeling of dewatering and impregnation soaking process (osmotic dehydration). **Food Research International**, v. 27, p. 207-209, 1994.

RASTOGI, N.K. & RAGHAVARAO, K.S.M.S. Effect of temperature and concentration on osmotic dehydration of coconut. **Food Science and Technology-Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 27, p. 564-567, 1994.

RIVA, M. & MASI, P. Osmodehydration of grapes. In: **Engineering and Food. Preservation processes and Related Techniques**. Vol. 2. Ed. W.L.E. Spiess & H. Schubert. Elsevier Science Publishing Company, London, pp. 711-722., 1990

ROBACH, M.C. Use of preservatives to control microorganisms in food. **Food Technology**, v. 34, n. 4, p. 42-59, 1980.

SABADINI, E.; CARVALHO, JR., B.C.; SOBRAL, P.J. *et al.* Mass transfer and diffusion coefficient determination in the wet and dry salting of meat. **Drying Technology**, v. 16, n. 9 e 10, p. 2095-2115, 1998.

SANKAT, C.K.; CASTAIGNNE, F.; MAHARAJ, R. Banana dehydration: osmotic, air and solar effects. **Drying'92**, edited by A.S. Mujumdar, p. 1679-1688, 1992.

SAS. Sas Institute Inc., Cary, NC, 1996.

SHAHAB UDDIN, M. HAWLANDER, M.N.A.; RAHMAN, M.S. Evaluation of drying characteristics of pineapple in the production of pineapple powder. **Journal Food Processing and Preservation**, v. 14, p. 375-391, 1990.

SHI, J.X.; *et al.* A. Application of osmotic treatment in tomato processing – effect of skin treatments on mass transfer in osmotic dehydration of tomatoes. **Food Research International**, v. 30, n. 9, p. 669-674, 1997.

SHI, X.Q. & FITO, P. Mass transfer in vacuum osmotic dehydration of fruits: a mathematical model approach. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 27, p. 564-567, 1994.

SHI, X.Q. & FITO, P. Vacuum osmotic dehydration of fruits. **Drying Technology**, v. 11, p. 445-454, 1993.

SHI, X.Q.; FITO, P.; CHIRALT, A. Influence of vacuum treatment on mass transfer during osmotic dehydration of fruits. **Food Research International**, v. 28, n. 5, p. 445-54, 1995.

SIGA (**SISTEMA DE INFORMAÇÃO GERENCIAL AGRÍCOLA**): banco de dados. Disponível em: <<http://www.ce.gov.br/paginas/siga1.html>>. Acesso em: 20 ago. 2001.

SILVA, C.A.B. [Coord.] *et al.* **Produção de banana passa**. Brasília: Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria do Desenvolvimento Rural, 1995. 32p. (Série Perfis Agroindustriais, v. 5).

SILVA, G. Banana - Qualidade sem desperdício. **Globo Rural**, São Paulo, n. 103, p. 23, 1994.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos**. 2ª ed. Livraria Varela. São Paulo, 2001. 229p.

SIMÃO, S. **Manual de fruticultura**. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 477-85, 1971.

- SIMMONDS, N.W. **Bananas**. London, Longmans, 1959. 466p.
- SIMMONDS, N.W. **Los platanos**. Barcelona: Blume, 1973. 539p.
- SIMMONDS, N.W.; SHEPHERD, K. The taxonomy and origins of the cultivated bananas. **The Journal of the Linnean Society of London**. London, v.55, p302-312, 1955.
- SOUZA, A. T.; PEIXOTO, A. N.; WACHHOLZ, D. Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina. **Banana**. Florianópolis, 1995. 103p (Estudos de economia e mercado de produtos agrícolas, 2, V Série).
- SPIESS, W.E.L. & BEHSNILIAN, D. Osmotic treatments in food processing: current state and future needs. In: Drying'98 – **Proceedings of 11<sup>th</sup> international drying symposium** (p. 47-56), Halkidiki, Greece, 1998.
- TOCCHINI, R.P. & LARA, J.C.C. Industrialização de suco de banana simples e concentrado. **Boletim ITAL**, v. 51, p. 93-112, 1977.
- TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, v. 26, p. 59-68, 1993.
- UZVEGBU, J.O.; & UREKA, C. Osmotic dehydration as a method of preserving fruit to minimize ascorbic acid loss. **Journal of Food Agriculture**, v. 1, n. 3, p. 187-188, 1987.
- VILLAR, T.; SILVERA, C.; CHIRIFE, J. Hacia una actualización del concepto de alimentos de humedad intermedia. In: **Informe técnico número 1**. Programa CYTED-D, Subprograma tratamiento y conservación de alimentos. México: Instituto Politécnico Nacional, 1987.
- WEAVER, C. & CHARLES, M. Enzymatic browning of ripening bananas. **Journal of Food Science**, v. 39, p. 1200-1202, 1974.
- WELTI, J. *et al.* Classification of intermediate moisture foods consumed in Ibero-America. **Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, v. 34, n. 1, p. 53-63, 1994.
- WILSON, R.J. **The international market for banana products for food use**. London. Tropical Prod. Institute, 1975. 41p. (G.103)