



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB**  
**PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**  
**DE ALIMENTOS**

**FARINHA DE BANANA MADURA - PROCESSO DE**  
**PRODUÇÃO E APLICAÇÕES**

**NIVALDO MORAIS VIANA JÚNIOR**

**ITAPETINGA**  
**BAHIA - BRASIL**  
**2010**

NIVALDO MORAIS VIANA JÚNIOR

FARINHA DE BANANA MADURA - PROCESSO DE PRODUÇÃO E APLICAÇÕES

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Engenharia de Alimentos, Área de Concentração Engenharia de Processos de Alimentos, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. DSc. Arienilmar Araújo Lopes da Silva

ITAPETINGA  
BAHIA - BRASIL  
2010

664.804 Viana Júnior, Nivaldo Morais.  
V667f Farinha de banana madura: processo de produção e aplicações. / Nivaldo Morais Viana Júnior. – Itapetinga-Ba: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), 2010.  
57p. Il.

Dissertação do Programa de Pós-Graduação “*Strictu Senso*” do Curso de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), para obtenção do título de mestre, sob a orientação do Prof<sup>o</sup> DSc. Arienilmar Araújo Lopes da Silva.

1. Engenharia de Processos de Alimentos – Farinha de Banana. 2. Farinha de Banana – Análise Sensorial – Produção e Aplicação. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos de Alimentos. II. Silva, Arienilmar Araújo Lopes da (Orientador). III. Título.

**CDD(21): 664.804**

#### **Catálogo na Fonte:**

Rogério Pinto de Paula – CRB 1654 – 5ª Reg.  
Diretor da Biblioteca Regina Célia Ferreira Silva – BIRCEFS  
UESB – Campus de Itapetinga-BA  
Presidente do Conselho de Bibliotecas da UESB

#### **Índice Sistemático para Desdobramentos por Assunto:**

1. Engenharia de Processos de Alimentos – Farinha de Banana;
2. Farinha de Banana – Análise Sensorial – Produção e Aplicação.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS



Área de Concentração: Engenharia de Processos de Alimentos

Campus de Itapetinga-BA

## DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

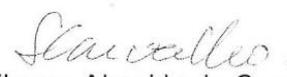
**Título:** “FARINHA DE BANANA MADURA - PROCESSO DE PRODUÇÃO E APLICAÇÕES”

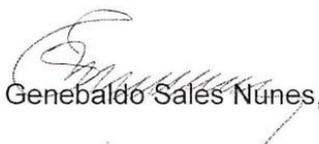
**Autor:** NIVALDO MORAIS VIANA JÚNIOR

**Orientador:** Prof. DSc. Arienilmar Araújo Lopes da Silva

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE PROCESSOS DE ALIMENTOS, pela Banca Examinadora.

  
Prof. Arienilmar Araújo Lopes da Silva, DSc., UESB

  
Profª. Silmara Almeida de Carvalho, DSc., UESB

  
Prof. Genebaldo Sales Nunes, DSc., UESB

Data da Realização: 17 de dezembro de 2010.

*Para meu pai Nivaldo e minha mãe Miralva,  
Aos meus irmãos Rondinelli e Hesdras e a minha filha Júlia  
E a toda minha família dedico,*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente á Deus, que está presente em todas as coisas e me concedeu saúde, sabedoria e energia para que sonhos tornassem realidade;

Ao Prof. DSc. Arienilmar Araújo Lopes da Silva pela orientação, dedicação, incentivo, amizade, minha eterna gratidão;

Á toda minha família pelo apoio e incentivo, essencial para que tornasse possível a realização desse trabalho;

A todos os docentes do programa de pós-graduação em Engenharia de Alimentos, pelos ensinamentos e apoio prestados;

Aos meus grandes amigos e aos meus colegas de Graduação e Pós-graduação: Helmo Texeira, Taiane Matos, Ravi Gomes, André Leonardo (man), Vagner Ferraz, Alex, Wilson Marques (Pontinha), Jusciane, Cândida, Marcio, Josué, Ricardo, Marcos (hardcore), Renata Manguinho, “Seu Raimundo (lab. UESB)” e “Aristides (lab. UESB)” e muitos outros pelo incentivo, apoio nas horas difíceis, pela disponibilidade e acima de tudo bom humor e amizade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida durante o curso de Mestrado;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), por conceder acesso aos laboratórios e aos equipamentos para a realização e conclusão do experimento;

E a todos que de alguma maneira cruzaram e colaboraram nesta minha jornada.

Onde estaria a beleza  
Se não existisse as cores  
Se não existisse os pássaros  
A brisa suave do vento  
E criança renovando a gente.

Onde estaria o amor  
Se não existisse o encontro  
O sorriso de criança  
A chegada da alegria  
E *Júlia* brilhando o dia.

Onde estaria a esperança  
De um novo recomeço  
Do olhar em cada olhar  
Da espera e ver chegar  
*Júlia*, pra a gente amar.

Onde estaria a vida  
Se não nascesse o sol  
Trazendo luz ao dia  
Brilho e ternura  
Com o nascer de *Júlia*.

**(Prof. Miralva Santos de Oliveira Viana)**

*“Poema feito para minha filha pela minha mãe”*

## RESUMO

JÚNIOR, N. M. V. **Farinha de Banana Madura - Processo de Produção e Aplicações**. Itapetinga – BA: UESB, 2010. 57p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia de Alimentos-Engenharia de Processos de Alimentos)\*

Este trabalho teve como objetivo, estabelecer um processo para a produção de farinha de banana madura e testar sensorialmente sua aceitabilidade. Foram apresentadas curvas de secagem convectiva e condutiva e características físico-químicas da polpa e da farinha. As características físico-químicas, da polpa e da farinha de banana madura foram determinadas em relação ao teor de umidade (% b.u), Sólidos Solúveis Totais (SST), Acidez Total Titulável (ATT) e pH, características como atividade de água, densidade e ângulo de repouso só foram feitas para a farinha. Realizou-se secagens convectivas, em secador de bandejas nas temperaturas de 55°C e 80°C, com velocidade do ar de secagem a 0,7 m/s, no qual, amostras desidratadas a 55°C fizeram parte dos processos A e B e as amostras desidratadas a 80°C fizeram parte dos processos C e D sendo escolhido o processo pelo rendimento de extração da farinha. As médias dos tratamentos (processos A e C) não diferiram estatisticamente a 5% probabilidade e foram os selecionados, por renderem maiores percentagens de farinha, em torno de 67%. Entretanto o processo A deve ser o indicado por usar secagem convectiva a 55°C, causando menos alterações ao produto. As amostras de banana com umidades superiores a 3% e a 28°C, não sofreram modificações relacionadas ao estado vítreo (rígido) o que possibilitaria fácil trituração e peneiragem, entretanto, as amostras com 2,4%, 2,2% e 1,8% de umidade, tornaram-se duras e quebradiças na temperatura de 28°C, possibilitando maior eficiência na trituração e maior rendimento de peneiragem. Foram feitas análises sensoriais da farinha de banana madura do processo A em dois produtos, bebida láctea e barras de cereais, utilizando-se teste afetivo de aceitabilidade em escala hedônica de cinco e nove pontos respectivamente. Na avaliação sensorial da bebida láctea, o mesmo teve aprovação superior a 66%, para os atributos aceitabilidade e intenção de compra. As barras de cereais feitas com farinha de banana madura (B) mostraram maior aceitação em relação às barras de cereais da marca A e a mesma não teve diferença significativa em relação às amostras da marca C.

**Palavras-chave:** Processo, rendimento, secagem, farinha de banana madura, análise sensorial.

---

\*Orientador: DSc. Arienilmar Araújo Lopes da Silva

## ABSTRACT

JÚNIOR, N. M. V. **Ripe Banana Flour - Production Process and Applications.** Itapetinga - BA: UESB, 2010. 57p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia de Alimentos – Engenharia de Alimentos de Processo)\*

This study aimed to establish a process for the production of banana flour and mature sensory test its acceptability. Curves were made conductive and convective drying and physico-chemical pulp and flour. The physico-chemical, pulp and ripe banana flour were determined for the moisture content (% b.u), Total Soluble Solids (TSS), Titratable Acidity and pH, characteristics such as water activity, density and angle of repose were only made for flour. Convective drying was carried out in a tray drier at temperatures of 55 °C and 80 °C with drying air velocity of 0.7 m / s, in which samples dried at 55 ° C were part of the processes A and B and the samples dried at 80 °C were part of the processes C and D being chosen by the process of extraction of flour. The treatment means (processes A and C) did not differ statistically at 5% probability and were selected to yield higher percentages of flour, about 67%. However the process A should be indicated by using convective drying at 55 °C, with fewer changes to the product. The banana samples with moisture content above 3% and 28 °C, have not changed related to the glassy state (hard) which would enable easy grinding and sieving, however, the samples with 2.4%, 2.2% and 1, 8% moisture, become hard and brittle at 28 °C, enabling greater efficiency in higher yield milling and sieving. Sensory analysis were made of ripe banana flour in the process of two products, drink milk and cereal bars, using emotional test of acceptability on a hedonic scale of five and nine points respectively. In the sensory evaluation of milk drink, the same was approved by over 66% for the attributes of acceptability and purchase intent. The cereal bars made with flour ripe banana (B) showed greater acceptance in relation to the cereal bars of brand and the same was not significantly different for samples of brand C

**Keywords:** Process, yield, dry, ripe banana flour, sensory analysis.

---

\*Orientador: DSc. Arienilmar Araújo Lopes da Silva

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Bananeiras e cacho com bananas.....	17
Figura 2 – Estudo da ação dos antioxidantes, ácido ascórbico (AA), ácido cítrico (AC), ácido oxálico (AO), cisteína (CIS), bissulfito de sódio (BIS), na prevenção do escurecimento nos tecidos de banana.....	22
Figura 3 – Fluxograma geral para obtenção da farinha de banana.....	23
Figura 4 – Fluxograma do processamento da banana seca ou banana passa.....	27
Figura 5 – Fluxograma do processamento da banana em flocos.....	30
Figura 6 – Temperatura de transição vítrea (Tg) e ponto de pegajosidade de uma mistura amorfa de sacarose e frutose (7:1) mostrando a relação entre Tg e a pegajosidade (ROOS, 1995).....	33
Figura 7 – Temperaturas de transição vítrea (Tg), do ponto de pegajosidade e de colapso como uma função do conteúdo de umidade para a maltodextrina DE 10 (taxa de aquecimento de 1°C/min)(CHUY,LABUZA,1994).....	34
Figura 8 – Curva de secagem para diferentes frutas.....	37
Figura 9 – Fluxograma de processamentos para a produção de farinha de banana madura.....	40
Figura 10 – Fichas para avaliação sensorial (1- ficha para bebida láctea; 2 - ficha para barras de cereais).....	44
Figura 11 – Curvas de secagem convectiva realizadas em secador de bandejas para banana prata madura cortada na forma de rodela à temperatura de 55°C e 80°C.....	47
Figura 12 – Curvas de secagem condutiva realizadas em estufa a 85°C para as bananas desidratadas inicialmente à temperatura de 55°C e 80°C.....	48
Figura 13 – Bananas depois do tratamento em estufa a 85°C, obtendo características rígidas e quebradiças.....	48
Figura 14 – Farinha de banana prata madura.....	49
Figura 15 – Frequência das notas de aceitabilidade e intenção de compra para a bebida láctea.....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição de 100 gramas da polpa de banana.....	18
Tabela 2 – Transformações químicas durante a maturação da banana prata.....	19
Tabela 3 – Escala de maturação da banana relacionada com teores de amido e açúcar.....	19
Tabela 4 – Propriedades termofísicas e correlatas da polpa de banana.....	20
Tabela 5 – Valores de temperatura de transição vítrea (Tg) para diferentes compostos anidros e água.....	32
Tabela 6 – Valores médios da umidade, sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH da polpa de banana prata madura.....	46
Tabela 7 – Rendimento médio de três repetições de diferentes tipos de processamento para escolha do melhor processo de produção da farinha de banana madura.....	49
Tabela 8 – Valores médios da umidade, sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH da farinha de banana prata madura.....	50
Tabela 9 – Quadro da Análise de Variância (ANOVA), para bebida láctea de farinha de banana madura.....	52
Tabela 10 – Valores médios dos tratamentos das barras de cereais.....	52

## NOMECLATURAS

Ue – umidade de equilíbrio

Ui – umidade inicial em base úmida

Uf – umidade final em base úmida

Pi – peso inicial em Kg

Pf – peso final em Kg

ppm – concentração em partes por milhão

Mesh – número de aberturas por polegada linear

$\mu\text{m}$  – micrômetro

°Brix – sólidos solúveis totais

rpm – rotações por minuto

h – tempo em horas

min – tempo em minutos

g – massa em gramas

t – massa em toneladas

ml – volume em mililitros

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1 Banana, mercado e produção.....	17
3.2 Composição química e algumas propriedades termofísicas da polpa de banana.....	18
3.3 Escurecimento e tratamentos antioxidante da polpa de banana.....	20
3.4 Produtos desidratados de banana.....	22
3.4.1 Farinhas de banana.....	23
3.4.2 Banana seca ou banana passa.....	25
3.4.3. Flocos de banana.....	28
3.4.4 Pó de banana.....	30
3.5 A transição vítrea em alimentos.....	31
3.6 Princípios de Secagem.....	35
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	38
4.1 Matéria-prima.....	38
4.2 Caracterização físico-química da banana prata madura e de sua farinha.....	38
4.2.1 Teor de umidade.....	38
4.2.2 Sólidos Solúveis Totais (SST) (°Brix).....	38
4.2.3 Acidez Total Titulável (ATT).....	39
4.2.4 pH.....	39
4.2.5 Atividade de água (Aw).....	39
4.2.6 Densidade aparente.....	39
4.2.7 Ângulo de repouso.....	39
4.3 Processamento.....	40

4.3.1 Lavagem .....	41
4.3.2 Descasque e corte .....	41
4.3.3 Tratamento antioxidante .....	41
4.3.4 Secagem convectiva e condutiva .....	41
4.3.5 Resfriamento .....	42
4.3.6 Congelamento .....	42
4.3.7 Trituração .....	42
4.3.8 Peneiragem e cálculo de rendimento para escolha do processo de produção .....	43
4.3.9 Acondicionamento .....	43
4.4 Aplicações da farinha de banana madura e análise sensorial .....	43
4.4.1 Barras de cereais com farinha de banana madura .....	43
4.4.2 Bebida láctea com farinha de banana madura .....	44
4.5 Planejamento experimental e análises estatísticas .....	45
4.5.1 Características físico-química da polpa de banana prata madura e de sua farinha ..	45
4.5.2 Curvas de secagem convectiva e condutiva .....	45
4.5.3 Escolha do processo de produção para fabricação da farinha de banana madura ...	45
4.5.4 Avaliação da qualidade sensorial da farinha de banana madura .....	45
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	46
5.1 Características físico-química da banana prata madura .....	46
5.2 Curvas de secagem convectiva e condutiva .....	46
5.3 Escolha do processo de produção para fabricação da farinha de banana madura .....	49
5.4 Características físico-química da farinha de banana prata madura .....	50
5.5 Análise sensorial da farinha de banana madura .....	51
5.5.1 Bebida láctea com farinha de banana madura .....	51
5.5.2 Barras de cereais com farinha de banana madura .....	52
6 CONCLUSÃO .....	53
7 REFERÊNCIAS .....	54

## 1 INTRODUÇÃO

A banana (*Musa spp.*) é uma das frutas mais consumidas no mundo, sendo produzida na maioria dos países tropicais, segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), a Índia é o maior produtor mundial, enquanto que o Brasil ocupa o segundo lugar, com cerca de 9% do que é produzido mundialmente. A bananicultura ocorre em todos os estados brasileiros e é prática comum entre os agricultores familiares. Em 2005, o país produziu 6.703.400 t de banana, 1,8% a mais que em 2004.

O Estado da Bahia é um dos maiores produtores de banana do Brasil, com mais de 1.000.000 t/ano (IBGE, 2007), além de ser zona livre da Cigatoka-negra, uma das mais importantes doenças da cultura da banana, segundo informações da Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária (SEAGRI). Assim, a cadeia produtiva da banana na Bahia está cada vez mais competitiva e tem boas perspectivas de expandir seu mercado consumidor dentro e fora do Brasil (MATSUURA e FOLEGATI, 2001).

A maior parte da banana produzida no Brasil é comercializada na forma *in natura*, conforme é a preferência do consumidor, mas o fruto apresenta vida útil pequena e por isso grande parte é processada na forma de doces, onde existe grande concorrência no mercado. Para o mercado, a farinha de banana madura, seria um produto novo, com praticidade de uso, maior tempo de conservação das características sensoriais (cor, aroma, sabor, textura). Tal produto seria ideal para as indústrias de alimentos, restaurantes e lanchonetes que a utilizaria na formulação de produtos como misturas prontas para bolos, sorvetes, iogurtes, sucos, vitaminas dentre outras opções (LIMA, 2000; MEDINA e colaboradores, 1985; MATSUURA e FOLEGATI, 2001).

O problema é que não existe uma tecnologia bem definida de como processar a banana madura ou qualquer outra fruta madura com a finalidade de produzir farinha. Alguns poucos autores como Medina e colaboradores (1985) e Neto colaboradores (1998) sugerem processos, mas não descrevem o controle necessário que devem ter cada etapa. Basta dizer que não se encontra dados da qualidade sensorial dos supostos produtos desses processos ou se estão disponíveis no mercado. Desta forma, com base no exposto, este trabalho teve como objetivo estabelecer um processo para a produção de farinha de banana madura, determinando parâmetros de controle das etapas de fabricação e avaliar sensorialmente a aceitação do mesmo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Estabelecer um processo para a produção de farinha de banana madura, determinando parâmetros de controle das etapas de fabricação, seguindo posteriormente para análise sensorial.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Escolha do processo de produção da farinha de banana madura;
- Obtenção de curvas de secagem convectiva e condutiva;
- Determinações físico-químicas da polpa e da farinha de banana madura;
- Avaliação da qualidade sensorial da farinha de banana madura.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Banana, mercado e produção

As bananeiras (Figura 1) pertencem à família das *Musaceae*, um membro da ordem *Scitamineae*, subdivisão *Monocotyledoneae* que compreende três subfamílias: *Musoideae*, *Strelitzoideae* e *Heliconoideae*. A primeira onde se encontra o gênero *Musa* é representado por cerca de 30 espécies e é onde ocorre maior interesse tecnológico, pois é neste gênero que estão as variedades de banana prata, nanica, nanicão, marmelo, ouro, pacova entre outras (MEDINA e colaboradores, 1985).



**Figura 1.** Bananeiras e cacho com bananas.

Os maiores produtores de banana do Brasil são os estados da Bahia e São Paulo, sendo que o primeiro foi responsável por 1.386.016 t e o segundo por 1.121.261 t no ano de 2007. Em relação à Região Nordeste, a Bahia representa 49% de toda produção, isso gera um capital em torno dos 647.333 mil reais, Ceará e Pernambuco correspondem ao segundo e terceiro lugares em produtividade e lucratividade desta cultura na região respectivamente (IBGE, 2007). Os municípios maiores produtores de banana do país são representados por Wenceslau Guimarães na Bahia, Corupá e Luiz Alves em Santa Catarina. Wenceslau Guimarães ocupa o primeiro lugar com 164.000 t, seguido de Corupá com 147.992 t e Luiz Alves com 130.200 t (IBGE, 2005). Na Bahia de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

(IBGE, 2007), Bom Jesus da Lapa obteve uma produção de 138.000 t, podendo ser considerado o segundo município em produtividade do país se comparado com a pesquisa do IBGE de 2005, ainda na Bahia os municípios de Ibirapitanga e Teolândia assumem o terceiro e quarto lugares em produção.

### 3.2 Composição química e algumas propriedades termofísicas da polpa de banana

A banana é uma fruta de elevado valor nutricional e energético, devido à existência 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 menores quantidades (BORGES, A. L., 1997). A Tabela 1, mostra a composição de 100 gramas de Banana *in natura* de diferentes espécies, estabelecendo alguns valores físico-químico de acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (LIMA e colaboradores, 2006).

**Tabela 1.** Composição de 100 gramas da polpa de banana madura.

Descrição do alimento	Umidade (%)	Proteínas (g)	Lipídeos (g)	Carboidratos (g)	Fibras dietéticas (g)	Cinzas (g)
Banana prata	72	1	Tr	26	2	0,8
Banana nanica	74	1	Tr	24	1,9	0,8
Banana maçã	75	2	Tr	22	2,6	0,6
Banana ouro	68	1	Tr	29	2	0,8
Banana pacova	78	1	0	20	2	0,7

Tr: Traço

Fonte: Adaptado de LIMA e colaboradores, 2006

Profundas transformações bioquímicas podem ser verificadas após sua colheita por se tratar de um fruto climatérico, onde o fenômeno metabólico de maior importância é a respiração (ROCHA, 1984). A conversão do amido em açúcares simples é uma das mudanças mais notáveis no amadurecimento da banana. Esse é transformado, predominantemente, em açúcares redutores, glicose e frutose (8 a 10%) e sacarose (10 a 20%) (CHITARRA, 2000). As transformações químicas da Banana Prata (*Musa sapientum*) durante sua maturação, é mostrada na Tabela 2 de acordo com Fernandes e colaboradores. (1979).

**Tabela 2.** Transformações químicas durante a maturação da banana prata.

Grav de maturação escala visual	Sólidos solúveis (%)	Acidez (% ácido málico)	Amido (%)	Açúcares totais (%)
Muito verde	3,4	0,25	23,3	-
Verde	9,0	0,48	19,8	6,5
Amarelo-verde	23,5	0,57	7,9	18,9
Maduro	26,9	0,67	2,9	20,4
Muito maduro	26,0	0,52	0,63	22,7

**Fonte:** FERNANDES *e colaboradores*, 1979

As cores dos frutos, como por exemplo, nas bananas, estão diretamente associadas com seu estágio de maturação. Dessa forma, a transição da coloração da casca de verde para o amarelo é utilizada como um guia que possibilita estimar este amadurecimento. Haendler (1964) realizou um experimento no qual relacionava a porcentagem de amido e açúcar presentes na polpa de banana, através da visualização da coloração de sua casca (Tabela 3).

**Tabela 3.** Escala de maturação da banana relacionada com teores de amido e açúcar.

Aspecto da fruta	% Amido	% Açúcar totais
1- Fruta verde	21,5 a 19,5	0,1 a 2,0
2- Fruta verde com traços amarelos	19,5 a 16,5	2,0 a 5,0
3- Fruta mais verde que amarela	18,0 a 14,5	3,5 a 7,0
4- Fruta mais amarela que verde	15,0 a 9,0	6,0 a 12,0
5- Fruta amarela, extremidade verde	10,5 a 2,5	10,0 a 18,0
6- Fruta inteiramente amarela	4,0 a 1,0	16,5 a 19,5
7- Fruta amarela com pequenas manchas pardas	2,5 a 1,0	17,5 a 19,0
8- Fruta amarela com grandes manchas pardas	1,5 a 1,0	18,5 a 19,0

**Fonte:** HAENDLER, 1964.

Na Engenharia de Processos é muito importante que se saiba algumas propriedades dos alimentos em estudo, principalmente no que se refere a projetos de equipamentos e processamento de alimentos, dentre elas, estão as propriedades reológicas, as térmicas, as de mudança de fase, as elétricas, as químicas, as colorimétricas e as ópticas. Na Tabela 4 estão

citadas algumas propriedades relacionadas à polpa de banana e seus respectivos valores (LIMA, NEBRA e QUEIROZ, 2000).

**Tabela 4.** Propriedades termofísicas e correlatas da polpa de banana.

Especificação	Valor
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,01 – 0,96
Condutividade térmica (W/m °C)	0,481 à 27°C
Calor específico, “acima do ponto de congelamento” (kJ/kg K)	3,346 – 3684
Calor específico “abaixo do ponto de congelamento” (kJ/kg K)	1,756 – 1,905
Calor Latente de fusão (kJ/kg)	250,16 – 251,20
Difusividade térmica, “purê” (m <sup>2</sup> /s).10 <sup>7</sup>	1,42 à 65°C
Módulo de elasticidade (MPa)	0,85 – 2,27
Ponto de congelamento (°C)	-2,2
pH	4,5 – 5,6

**Fonte:** Adaptado de LIMA, NEBRA e QUEIROZ, 2000

### 3.3 Escurecimento e tratamentos antioxidante da polpa de banana

O escurecimento da banana como em muitas outras frutas, como por exemplo, a maçã e a pêra, são iniciados poucos minutos após seu descascamento e corte. Na banana a enzima polifenoloxidase catalisa a oxidação dos fenóis existentes na sua polpa, dando origem a quininas, que se condensam (polimerizam) formando melanina que são os pigmentos escuros, sendo preciso durante seu processamento, inibir este escurecimento para evitar a degradação do produto (JAIGOBIND, AMARAL e JAISINGH, 2007).

Sendo o escurecimento da polpa de banana, um fator que deve ser controlado e de grande importância para a qualidade final do produto processado, devem ser utilizados tratamentos antioxidante que tem a função de evitar esta depreciação. Estes tratamentos são citados por alguns autores dentre eles estão a sulfuração (dióxido de enxofre, SO<sub>2</sub>), a sulfitação (metabissulfito de sódio ou bissulfito de sódio) ou ainda uma solução de ácido cítrico e ácido ascórbico (MEDINA e colaboradores, 1985; MELONI, 2003; JAIGOBIND, AMARAL e JAISINGH, 2007).

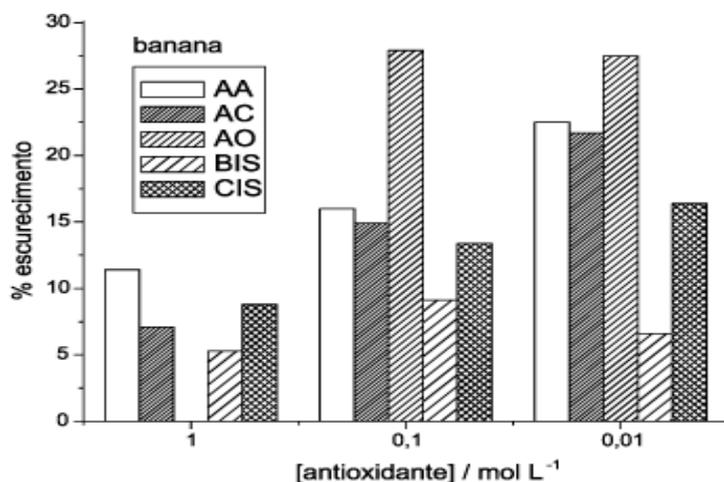
A sulfuração é um processo simples e de custo razoável, porém de difícil controle, sendo desta forma recomendada a realização de uma análise do teor residual de SO<sub>2</sub> livre na

banana seca, que deve ser inferior a 100 ppm (JAIGOBIND, AMARAL e JAISINGH, 2007). De acordo com Medina *e colaboradores*. (1985); Meloni (2003); Jaigobind, Amaral e Jaisingh (2007), a operação consiste em submeter as fatias à ação do SO<sub>2</sub>, por via seca, queimando o enxofre sólido em quantidade de 250 g, por 100 kg de banana, o tempo de exposição deve ser no máximo de 7 min. Este procedimento deve ser realizado em câmaras especiais, pois o dióxido de enxofre estará no estado gasoso, portanto, as câmaras podem ser de alvenaria ou de madeira e devem proporcionar condições herméticas de operação, elas terão que estar localizadas em lugar bem arejado e longe do local onde são realizados os outros processos, pois o SO<sub>2</sub> é corrosivo e altamente tóxico.

A sulfitação consiste em imergir as fatias de banana em uma solução de metabissulfito ou bissulfito de sódio em concentração de 500 ppm por 5 minutos, esta combinação de tempo e concentração da solução com o produto, evita teores residuais livres maiores que 100 ppm depois do processamento (MELONI, 2003; COLLARES, ROSALINO e TANAKA, 2005). MEDINA *e colaboradores* (1985), sugerem a imersão das fatias em solução de bissulfito ou metabissulfito de sódio na concentração de 4.000 a 5.000 ppm, sendo preciso verificar o teor residual do produto nas fatias processadas para que não exceda 200 ppm. Segundo a Agencia Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o limite máximo adicionado de metabissulfito de sódio como conservante na polpa de rábano, é de 0,05g/100g ou 500ppm no produto pronto para consumo e na batata descascada cozida, o limite máximo é de 0,01g/100g ou 100ppm (expresso em SO<sub>2</sub> residual).

Os tratamentos utilizando o ácido ascórbico, o ácido cítrico ou combinados, também são muito empregados para evitarem reações de escurecimento e outras reações oxidativas em frutas e hortaliças. O ácido ascórbico pode aumentar o teor de vitamina C e o ácido cítrico além de ser um bom antioxidante, é um agente quelante, e é usado em combinação com o ácido ascórbico para se obter melhores resultados (PRÉSTAMO e MANZANO, 1993; WILEY, 1994). Uma pesquisa realizada por MOTA (2005), sobre a qualidade da banana passa, utilizou uma solução de 4% de ácido cítrico e 1% de ácido ascórbico no qual o resultado mostrou que no tempo mínimo de 5 min. é suficiente para impedir o escurecimento dos frutos, resultando em um produto final de coloração clara e homogênea. MELONI (2003) comenta que o tratamento com ácido ascórbico tem sido empregado com sucesso para prevenir o escurecimento de frutas e alternativa que tem se mostrado eficiente é a imersão das frutas numa solução com 0,3% de ácido ascórbico e 0,2% de ácido cítrico, por 5 minutos.

Lupetti *e colaboradores* (2005) mostraram que a prevenção do escurecimento da banana não depende só do agente antioxidante, mas também da concentração do mesmo e do tempo de exposição do fruto (Figura 2). Além disso, a espécie de fruto e o grau de maturação devem ser considerados, pois quanto mais maduro, maior o grau de oxidação, devido à mudança na composição química, conseqüentemente, ele terá maior número de compostos fenólicos.



**Figura 2.** Estudo da ação dos antioxidantes, ácido ascórbico (AA), ácido cítrico (AC), ácido oxálico (AO), cisteína (CIS), bissulfito de sódio (BIS), na prevenção do escurecimento nos tecidos de banana.

**Fonte:** LUPETTI *e colaboradores*, 2005

De acordo com a Figura 2, para a banana, o bissulfito de sódio apresentou maior caráter inibitório, levando a uma menor porcentagem de oxidação e com uma concentração mínima de 0,01 mol/L ele mostrou-se eficiente no controle do escurecimento. Outras considerações importantes a serem feitas é que os derivados de sulfitos possuem propriedades anti-sépticas e ajudam na prevenção da oxidação da vitamina C, mas, por outro lado, sua utilização em excesso pode resultar em sabor desagradável, degradação da cor natural do alimento, destruição da vitamina B<sub>1</sub> e também corrosão de embalagens de latas, além de intoxicações (LUPETTI *e colaboradores*, 2005).

### 3.4 Produtos desidratados de banana

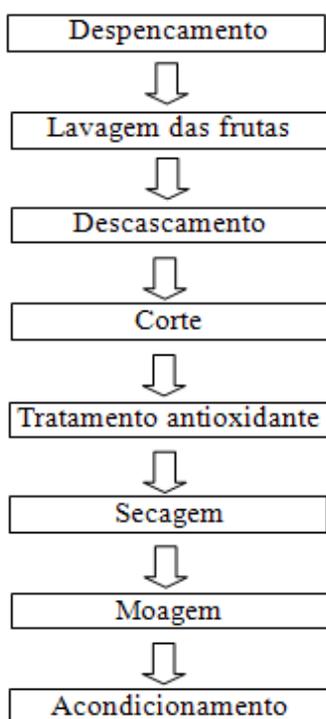
Diversos produtos desidratados podem ser obtidos da banana, cujas características dependem do estágio de maturação da fruta e da técnica de secagem empregada. Industrialmente os produtos de maior importância, podem ser enquadrados nas seguintes

categorias: Farinhas de banana, banana passa, flocos, pós e granulados (MEDINA e colaboradores, 1985).

### 3.4.1 Farinhas de banana

As farinhas de banana constituem produtos obtidos da secagem natural ou artificial da banana verde ou semiverde principalmente as do grupo *Musa Cavendish* (banana nanica e nanicão) e *Musa sapientum* (banana prata). A exposição direta ao sol pode apresentar o inconveniente de contaminação por bolores e insetos. Sua colocação no mercado é realizável, em parte, através do enriquecimento adequado com açúcar, leite em pó, sais minerais, vitaminas e sabor artificial, onde é fornecido para alimentação infantil, como fonte energética e na prevenção de infecções gastrintestinais (MEDINA e colaboradores, 1985; JAIGOBIND, AMARAL e JAISINGH, 2007).

As técnicas empregadas no preparo e secagem da banana, para a elaboração da farinha, podem variar de acordo com a matéria-prima utilizada (estágio de maturação) e com as operações da fase de secagem (artificial ou secagem ao sol). Na Figura 3, é mostrado o fluxograma geral para obtenção da farinha de banana (MEDINA e colaboradores, 1985).



**Figura 3.** Fluxograma geral para obtenção da farinha de banana.

**Fonte:** MEDINA e colaboradores, 1985

De acordo com Medina *e colaboradores*, (1985) e Neto *e colaboradores*, (1998), as características mais importantes a serem observadas na banana, para a fabricação de produtos de qualidade, estão nas avaliações do estágio de desenvolvimento, maturação, condições de sanidade e uniformidade dos lotes. Quanto ao estágio de maturação, pode-se trabalhar com bananas completamente verdes (farinha de banana verde), ou bananas semimaduras ou maduras (farinha de banana madura).

- Farinha de banana madura:

É produzida a partir de banana com cerca de 75% de amadurecimento, isso representa um teor de amido em torno de 6-7%. Se as bananas a serem utilizadas não estiverem suficientemente maduras, a farinha obtida poderá resultar em ácida e azeda, enquanto uma maturação por demais avançada poderá tornar difícil a fase de desidratação, por esse motivo as frutas muitas vezes são amadurecidas artificialmente em câmaras especiais. Logo após o seu amadurecimento e despencamento, as frutas são lavadas com água clorada que tem por objetivo, a remoção de sujidades e redução da flora microbiana, pode-se ainda depois da lavagem, imergir as frutas em água clorada à temperatura de 40-45°C e depois em 70-75°C para facilitar o descascamento. As frutas, uma vez higienizadas, são descascadas manualmente e depois cortadas no sentido longitudinal em fatias ou transversalmente na forma de rodela (MEDINA *e colaboradores*, 1985; NETO *e colaboradores*, 1998).

A operação seguinte consiste na sulfuração, nesta etapa, a finalidade é evitar ou limitar alterações provocadas pela ação de enzimas (modificações na cor, sabor, teor de vitaminas) das fatias ou rodela, podendo ser realizada em câmaras especiais, mediante ao emprego do gás SO<sub>2</sub>, pode ser feita também uma sulfitação no qual o tempo de retenção nas câmaras ou tempo de imersão deverá ser de tal modo que o teor residual de SO<sub>2</sub> no produto final não exceda de 100 ppm, ou pode ser feita ainda uma solução combinada de ácido ascórbico e ácido cítrico com o mesmo propósito (MEDINA *e colaboradores*, 1985; MELONI, 2003; JAIGOBIND, AMARAL e JAISINGH, 2007).

A polpa, assim preparada, é distribuída em bandejas de madeira ou de aço inoxidável, e secada ao sol, ou, mais adequadamente, em secadores do tipo túnel, com circulação de ar quente, até atingir um teor de umidade ao redor de 8%. Geralmente, a temperatura de secagem não excede de 65-70°C, e o tempo de secagem, dependendo da carga utilizada, da temperatura, da condição de umidade do ar de secagem e do tipo de secador (bandejas

estáticas ou móveis), poderá ser de cerca de 4 a 6 h (MEDINA *e colaboradores*, 1985). Boudhrioua *e colaboradores*, (2002), verificou que temperaturas acima de 80°C, alteraram significativamente a transição vítrea na secagem de banana do grupo *Musa Cavendish*, deixando o produto seco muito mais rígido, o que pode ser favorável dependendo do tipo de moinho a ser utilizado no processo. As fatias ou rodelaas depois de moídas são acondicionadas em embalagens impermeáveis ao vapor de água, por se tratar de produto altamente higroscópico.

- Farinha de banana verde:

É produzida a partir de banana com baixo teor de açúcares (0,5 a 1%), apresentando a casca e extremidades com coloração totalmente verde. Os processos de lavagem, descascamento, sulfitação ou sulfuração são semelhantes ao já descrito para obtenção da farinha de banana madura, podendo a polpa ser extraída mecanicamente, por meio de despoldadora, que dá como resultado, uma pasta misturada com fragmentos de casca, os quais podem permanecer no produto final prejudicando a sua qualidade. Depois da polpa preparada, segue-se para secagem, onde o tempo e a temperatura a serem utilizados vão depender de vários fatores. A seguinte técnica adotada apresentou resultados satisfatórios: o túnel é aquecido a 45°C; a secagem é iniciada com essa temperatura e mantida durante  $\pm 45$  minutos; em seguida, a temperatura do ar de secagem é elevada para  $\pm 55^\circ\text{C}$  e mantida durante o tempo de 4 horas, aproximadamente, quando as rodelaas parcialmente secas apresentam cerca de 25-30% de umidade. Finalmente, aumenta-se a temperatura gradualmente de 55°C para 65°C, afim de uniformizar o produto, mantendo-se nessas condições durante algumas horas. Deste ponto, o produto é seco à temperatura de 70-75°C, até umidade aproximada de 6 a 8%. Seguindo o processamento, as fatias ou rodelaas são moídas e acondicionadas em embalagens impermeáveis ao vapor de água. O rendimento do processo é bastante variável, entretanto, de modo geral, pode-se dizer que 100 Kg de banana com casca resultam em 10 a 11 Kg de rodelaas com 6 a 8% de umidade (MEDINA *e colaboradores*, 1985; NETO *e colaboradores*, 1998).

### **3.4.2 Banana seca ou banana passa**

A banana passa é obtida da secagem natural ou artificial da banana madura com elevado teor de açúcares, ela é produzida mais comumente de banana-nanica e banana-

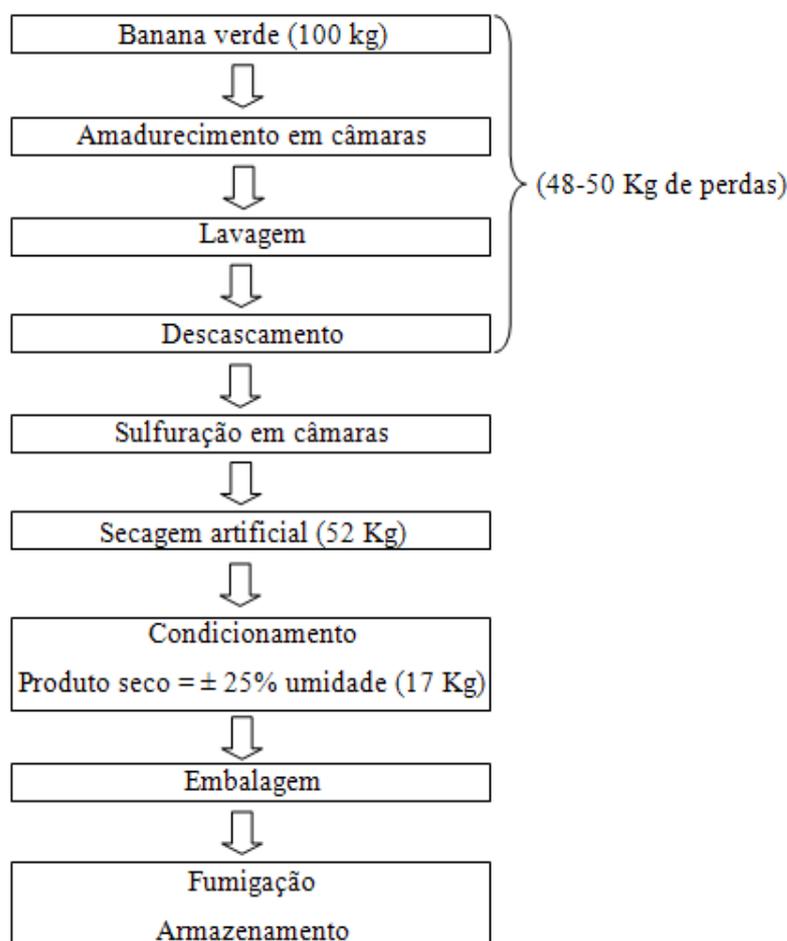
nanicão. Seu valor energético pode ser comparado ao das tâmaras (316cal/100g) e ao dos figos (300cal/100g), sendo que 125g de banana seca, por dia, bastariam para cobrir um quarto das necessidades alimentícias de um menino de dez anos, em valor energético, glícides, magnésio, proteínas de origem vegetal, potássio, ferro e magnésio, além de aproximadamente, um oitavo das necessidades em fósforo, cloro, zinco e vitamina C (MEDINA *e colaboradores*, 1985; AGUIRRE e GASPARINO, 2002).

Uma maturação adequada e uniforme somente é atingida por meio da utilização de câmaras especiais, onde se efetua o controle da temperatura, umidade relativa e de uma ventilação periódica. Geralmente, a aceleração do processo de maturação nessas câmaras é efetuada com o emprego do gás acetileno em proporções adequadas. O estagio de maturação mais indicado ao processamento da banana passa, está situado ao nível 7 da escala de Handler, (1964) (Tabela 3), onde a fruta se apresenta amarela com pequenas manchas pardas, neste ponto ela possui um mínimo de amido e um máximo de açúcares, sem, porém, apresentar manchas translúcidas e pardas na polpa, como é o caso de estágios correspondente ao nível 8, que proporciona ao produto seco um aspecto manchado e pouco atrativo (MEDINA *e colaboradores*, 1985; HAENDLER, 1964).

A banana passa ofertada no mercado brasileiro tem sabor agradável, porém grande parte possui cor escura devido ação de enzimas (peroxidase, fenolase, catalase, oxidases do ácido ascórbico), além da invertase, que transforma a sacarose em açúcares redutores, esta enzima possui grande atividade quando a polpa é desintegrada e deixada em repouso por muito tempo, antes de receber o tratamento térmico. Uma alternativa para melhorar a aparência do produto é o uso combinado de mecanismos que evitem o escurecimento e realcem a sua cor, como ácidos orgânicos e açúcares (ARAÚJO, 1985).

A polpa, uma vez preparada, deve ser imediatamente submetida à secagem. A secagem mais comumente utilizada pela indústria é por meio do ar quente, em secadores do tipo túnel, que podem ser de modelos diversos, adaptados a cada caso particular. As condições de secagem ideais, tendo em conta os fatores qualidade, cor do produto, velocidade de secagem e condições atmosféricas ambientais, são à temperatura de cerca de 70°C e velocidade tangencial do ar em torno de 3m/s. O tempo de secagem é de aproximadamente 12 a 16 horas, quando a umidade relativa exterior se situa entre 70 a 90%, entretanto, ela é conduzida até um ponto em que a umidade do produto atinja cerca de 20-25%. O controle do ponto final de secagem pode ser feito de maneira prática pela observação da cor, consistência e perda de peso do produto final.

O produto, uma vez seco, é acondicionado em recipientes, durante um tempo suficiente para a uniformização da umidade, sendo logo em seguida embalado para a comercialização. Antes de o produto ir para o mercado, é recomendado que se faça uma fumigação, pois ela evita o aparecimento de insetos, a fumigação consiste em expor o produto embalado à ação de gases, como, por exemplo, o brometo de metila, em câmaras especiais, em concentração adequada durante o tempo de 24 horas. A Figura 4 mostra o fluxograma de processamento da banana passa, onde o tratamento antioxidante escolhido foi a sulfuração em câmaras, pois ele é o mais utilizado em indústrias de alimentos no combate ao escurecimento, em relação ao rendimento do produto final, este ficou na faixa de 17% para uma banana desidratada com umidade final em torno de 25%. É observado também, grandes perdas durante o processamento pré-secagem, ficando em torno dos 50%, diminuindo ainda mais o rendimento final do produto (MEDINA e colaboradores, 1985; JAIGOBIND, AMARAL e JAISINGH, 2007).



**Figura 4.** Fluxograma do processamento da banana seca ou banana passa.  
**Fonte:** JAIGOBIND, AMARAL e JAISINGH, 2007

### 3.4.3. Flocos de banana

No processamento da banana madura para a elaboração de produtos, os desidratados propriamente ditos (teor de umidade ao redor de 3%) constituem aqueles dos mais difíceis a serem obtidos e conservados. Dificuldades na desidratação residem no fato de apresentar propriedades termoplásticas quando aquecida, tanto na forma de purê, como na forma desidratada. O produto obtido é altamente higroscópico, pelo alto teor de açúcares que apresenta (cerca de 85%), e de difícil conservação por ser altamente susceptível a reações enzimáticas e não enzimáticas, quando em presença de oxigênio (MEDINA *e colaboradores*, 1985; LUCCAS e KIECKBUSCH, 1996).

Diversas técnicas têm sido utilizadas para a obtenção de produtos desidratados da banana madura. Assim sendo, alguns estudos têm sido desenvolvido, visando à utilização de técnicas já consagradas, como a secagem por atomização, em secadores do tipo *spray drier*, convencionais ou modificados, como secagem em atmosfera de nitrogênio. Outros processos de secagem tradicionais utilizados são: secagem em camada sobre superfície aquecida de um ou dois cilindros rotativos (*drum drier*) e também a secagem a vácuo, em camada sobre esteira contínua (*puff drying*), em secador do tipo a vácuo de esteira, esta última somente utilizada em caráter experimental. Nos secadores do tipo *puff drying*, o purê preparado é aplicado na superfície da esteira quando esta rola na parte inferior da câmara de secagem, enquanto o calor é aplicado do lado oposto dessa esteira para a superfície externa contendo o purê. O propósito é desenvolver bolhas de vapor de água dentro da camada de material, de modo a produzir uma estrutura porosa (*puffed*), que é característica desse tipo de secador. Após a estrutura porosa estar estabilizada, a esteira passa sobre um cilindro aquecido que fornece o calor necessário para evaporação da maior quantidade de água presente no purê. Em seguida, a camada de purê é exposta a uma fonte de calor radiante localizada na parte superior da câmara de secagem. O produto então passa, em seguida, sobre um cilindro resfriador para sua solidificação e é raspado por meio de uma faca para um sistema coletor (MEDINA *e colaboradores*, 1985; MEDEIROS *e colaboradores*, 2001).

Outras técnicas mais modernas têm sido utilizadas com êxito, tais como: a secagem em camada de espuma sobre esteira contínua (*foam mat drying*) e a liofilização (*freeze drying*), a liofilização, embora consagrada tecnicamente, mostrou-se economicamente pouco viável. A banana desidratada produzida pelo processo de secagem em camada sobre superfície cilíndrica (*drum drier*) é a que tem apresentado maior volume de produção industrial. O

produto tem sido utilizado como matéria-prima para outras indústrias de alimentos, na confecção de bolos, sorvetes, cremes instantâneos e, principalmente, na formulação de alimentos infantis (MEDEIROS *e colaboradores*, 2001).

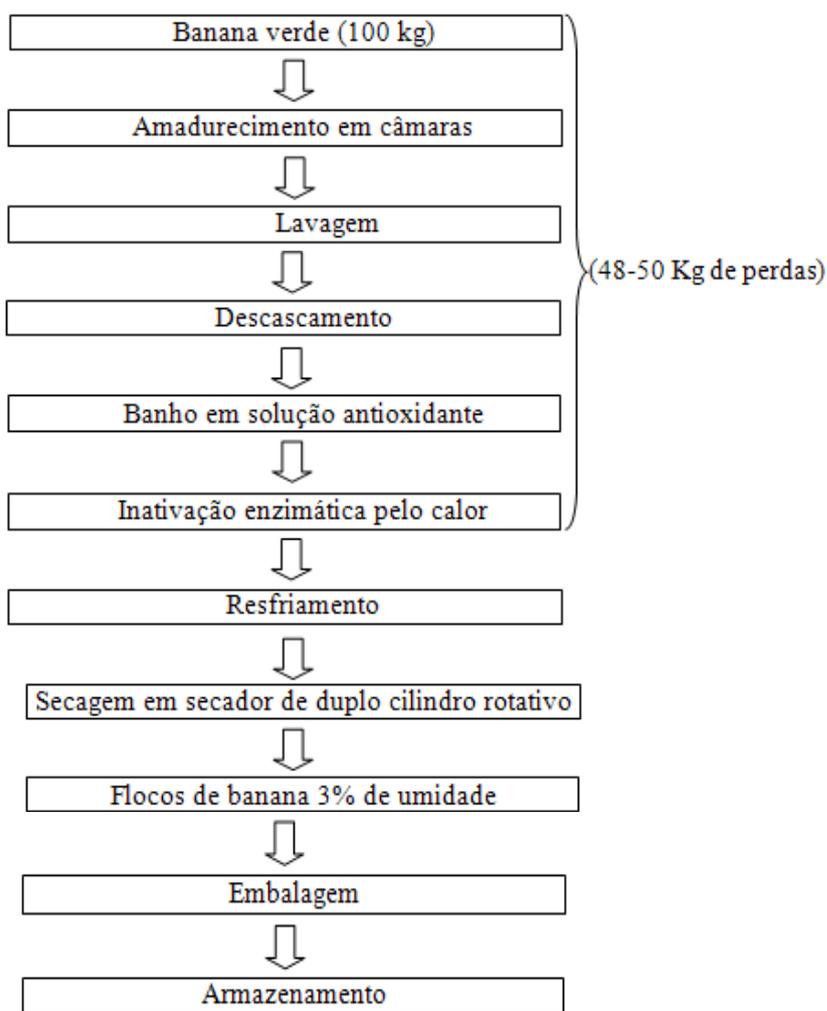
Para a elaboração dos flocos de banana, maturação deverá ser uniforme para todo o lote a ser desidratado e estar no estágio 7 da escala de Handler (1964) mostrado na Tabela 3, em que os frutos se apresentam com teor máximo de açúcares, sem se mostrarem danificados inteiramente. A obtenção de lotes de banana uniformes e no estágio adequado de maturação deverá ser efetuada mediante o amadurecimento artificial das frutas em câmaras especiais, com gás acetileno e sob condições controladas de temperatura, umidade relativa e ventilação (MEDINA *e colaboradores*, 1985).

As frutas uma vez adequadamente amadurecidas, são descascadas e imediatamente imersas em solução antioxidante. A operação seguinte, e imediata, será o tratamento térmico da polpa desintegrada que pode ser através de um sistema contínuo em parafuso térmico (*thermascrew*), durante tempo suficiente para inativar as enzimas e em seguida, resfriada em trocador de calor. Outro método de preparo da polpa, antes da secagem, é através do tratamento térmico das bananas ainda com casca, por meio de vapor, sendo logo em seguida resfriada, á temperatura ambiente com água, descascada e desintegrada com adição de um elemento antioxidante (MEDINA *e colaboradores*, 1985).

Para a secagem do purê de banana madura, em secador de duplo cilindro rotativo, foi verificado que há necessidade de coadjuvantes de secagem em pequenas percentagens, como amido, e de um elemento emulsificante, devido a termoplasticidade do purê quando aquecido. Neste tipo de secador, o purê preparado é aplicado através de bicos injetores na zona superior de encontro entre os dois cilindros, de modo a ser obtida uma camada constante de produto de espessura adequada. Desse modo, forma-se na superfície dos cilindros uma película de produto que é desidratado pela ação do calor desprendido pelo cilindro, que com o movimento giratório conduz o produto seco ao alcance de uma faca raspadora, que o desprende para a zona coletora. A Figura 5 mostra o fluxograma do processamento 100 Kg de banana para a produção de flocos (MEDINA *e colaboradores*, 1985; MEDEIROS *e colaboradores*, 2001).

A embalagem dos flocos deve ser feita o mais rápido possível e sob condições de umidade relativa controlada (não superior a 30%), em virtude de se tratar de um produto extremamente higroscópico, ou seja, ela deve ser impermeável ao vapor de água e oxigênio, isso evita que suas características de sabor e aroma sejam prejudicados. Com uma embalagem

adequada, o produto pode chegar até 12 meses, pode ainda ser feito acondicionamento sob condições de atmosfera modificada como, por exemplo, a utilização do gás nitrogênio. De qualquer forma, ficou evidente a necessidade do emprego de embalagens dispendiosas. Testes de compressibilidade do produto demonstraram a possibilidade de redução de cerca de 20% do volume e, conseqüentemente, do custo da embalagem (MEDINA *e colaboradores*, 1985).



**Figura 5.** Fluxograma do processamento da banana em flocos.

**Fonte:** MEDINA *e colaboradores*, 1985

#### 3.4.4 Pó de banana

O produto desidratado na forma de pó é aquele geralmente obtido pelo processo de secagem por atomização em câmaras especiais ou *spray drier*. A secagem do purê de banana por meio de secadores do tipo *spray* é praticamente inviável, dada a termoplaticidade do produto quando aquecido, ainda que na forma de pó, sendo que este tende a aderir às paredes

do secador causando grandes perdas e resultando em um produto com baixa qualidade organoléptica. A secagem por atomização em secador tipo *Birs*, parece ser bastante satisfatória, devido ao fato de ser construídos especialmente para a secagem de produtos termoplásticos, e que, basicamente, em vista das dimensões avantajadas da torre de secagem, permite trabalhar com temperaturas relativamente baixas (40-45°C), possibilitando, ainda, maior tempo de queda livre das gotículas, sem problemas de aderência do produto desidratado às paredes do secador. De qualquer forma, o produto desidratado obtido na forma de pó, requer as mesmas condições especiais de manuseio e embalagem, tais como descritos no processamento da banana em forma de flocos (MEDINA *e colaboradores*, 1985; MEDEIROS *e colaboradores*, 2001).

### **3.5 A transição vítrea em alimentos**

Muitos materiais alimentícios e biológicos estão em um estado amorfo metaestável, ou seja, podem ser permanentemente alterados devido a algumas pequenas perturbações, como mudanças de temperatura e variações no teor de umidade. Frequentemente, o estado amorfo é o resultado da remoção de água por desidratação ou congelamento, observa-se que, transformações do estado vítreo para o estado gomoso de um sólido ou ao contrário, ocorrem na temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ), que é específica para cada material e é afetada por fatores como a substância plasticizante (material incorporado em um polímero que aumenta sua flexibilidade e extensibilidade), a massa molecular e a composição. Nos alimentos, a água é o componente plasticizante, sendo responsável pela localização da temperatura de transição vítrea. A plasticização pela água é típica de carboidratos de baixa massa molecular, oligossacarídeos, polissacarídeos e proteínas (WHITE e CAKEBREAD, 1966; ROOS e KAREL, 1991).

Como a estabilidade de alimentos é dependente do conteúdo de água e devido ao fato da temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ) também ser altamente sensível a este parâmetro, o conceito de transição vítrea parece ser uma ferramenta importante para o entendimento dos mecanismos das transformações nos produtos. A transição vítrea mais especificamente sua temperatura ( $T_g$ ), é considerada uma referência, pelo fato de que um alimento abaixo dela é esperado que o mesmo tenha alguma estabilidade e acima desta temperatura, a diferença entre  $T_g$  e a temperatura de estocagem ( $T$ ) é responsabilizada por controlar a taxa das mudanças físicas, químicas e biológicas. Foi demonstrado que a transição vítrea permite a identificação

dos domínios de conteúdo de umidade e temperatura, onde um produto pode exibir uma textura crocante e dura ou uma textura mole, gomosa e viscosa. Além disso, o conhecimento das variações de propriedades mecânicas e de transporte na faixa de transição vítrea pode contribuir para um melhor controle de algumas operações de processamento de alimentos, tais como secagem, congelamento, liofilização, extrusão e floculação (CHAMPION e colaboradores, 2000).

Segundo Champion e colaboradores (2000), muitas transformações físicas em produtos alimentícios a baixos conteúdos de água ou no estado congelado podem ser preditas pelo conceito de transição vítrea que esclarece o efeito do conteúdo de água e temperatura na sua estabilidade. Entretanto, várias reações físicas e químicas podem ainda ocorrer no estado vítreo, sugerindo que a Tg não pode ser considerada um limiar absoluto de temperatura para a estabilidade. Seu estudo, entretanto, auxiliará no desenvolvimento de novos produtos alimentícios, levará ao melhor controle de qualidade e utilização dos ingredientes nos alimentos.

- Mudanças físicas em alimentos relacionadas à transição vítrea:

No processamento de alimentos, mais especificamente, nas operações que envolvam a desidratação como a secagem e a liofilização ou congelamento, é de grande interesse o conhecimento da temperatura de transição vítrea (Tg) e do fenômeno da transformação vítrea, para um maior controle em etapas como manipulação, acondicionamento e armazenamento de produtos alimentícios. A Tabela 5 relaciona alguns compostos com sua Tg, dentre eles, a água é a que possui Tg mais baixa (ROOS, 1995; GENIN e RENÉ, 1995).

**Tabela 5.** Valores de temperatura de transição vítrea (Tg) para diferentes compostos anidros e água.

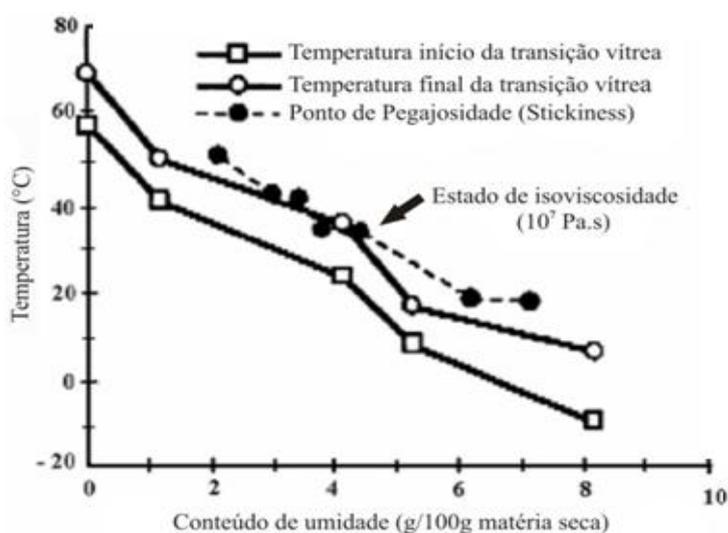
Compostos	Tg (°C)
- Frutose	5 a 13
- Glicose	21 a 35
- Maltose	43 a 95
- Sacarose	52 a 70
- Amido de milho	150 a 250
- Glúten	39,3
- Água	- 135

**Fonte:** Adaptado de ROOS, 1995

Os carboidratos e as proteínas encontrados nos produtos alimentícios em quantidades variáveis podem formar estruturas de não equilíbrio, amorfas, supersaturadas ou parcialmente

amorfas, quando sujeitos a processos nos quais a temperatura é rapidamente reduzida abaixo do ponto de fusão desses componentes ou, então, a água é removida por evaporação ou por formação de gelo. Os produtos alimentícios em pó, que contém carboidratos amorfos, podem passar por mudanças físicas, tais como: cristalização, pegajosidade e compactação durante o processamento, manipulação e estocagem. Estas mudanças físicas em materiais desidratados estão diretamente relacionadas à temperatura de transição vítrea (WHITE e CAKEBREAD, 1966; LEVINE e SLADE, 1986; ROOS e KAREL, 1991).

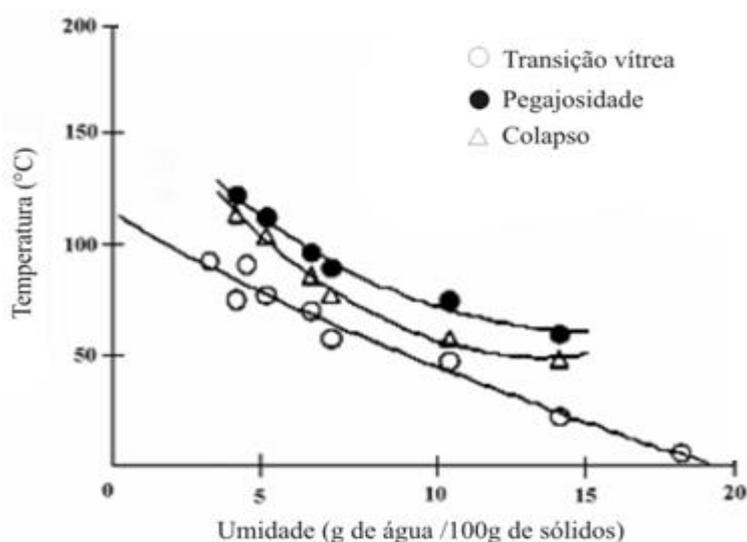
Problemas relacionados ao fenômeno do colapso onde estão envolvidos a pegajosidade, a cristalização e a compactação de produtos principalmente na forma de pó, podem levar a baixos rendimentos, além de problemas operacionais e dificuldade de manipulação. Em secadores por atomização, este fenômeno é muito desastroso, pois as partículas que foram insuficientemente secas podem colidir-se formando aglomerações ou aderir às paredes do secador tornando difícil sua remoção e higienização (TSOUROUFLIS e colaboradores, 1976). Os problemas com a pegajosidade de pós durante o processamento foram observados durante a secagem por atomização da polpa de tomate (LAZAR e colaboradores, 1956) e do suco concentrado de laranja (BRENNAN e colaboradores, 1971). Estas pesquisas mostraram que a pegajosidade é consequência do aumento nas condições de temperatura e umidade relativa. Em temperaturas acima de Tg e com o teor de umidade alta, o produto desidratado poderá passar do estado vítreo para o estado gomoso ou borrachudo com uma viscosidade menor e consequentemente provocando a pegajosidade (Figura 6) (TSOUROUFLIS e colaboradores, 1976).



**Figura 6.** Temperatura de transição vítrea (Tg) e ponto de pegajosidade de uma mistura amorfa de sacarose e frutose (7:1) mostrando a relação entre Tg e a pegajosidade.  
**Fonte:** ROOS e KAREL, 1991

Segundo Roos e Karel (1991), a temperatura na qual ocorre a pegajosidade é governada pela temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ), a viscosidade crítica para esse fenômeno é em torno de  $10^7$  Pa.s que corresponde à viscosidade do ponto final da transição vítrea (Figura 6).

Um estudo realizado por Chuy e Labuza (1994), indicou que para fórmulas lácteas infantis em pó e para a maltodextrina DE 10, a temperatura de transição vítrea é inferior às temperaturas do ponto de pegajosidade e de colapso, no qual, a temperatura de colapso, é uma medida do endurecimento inicial, enquanto a temperatura de pegajosidade mede um estágio avançado do colapso (Figura 7).



**Figura 7.** Temperaturas de transição vítrea ( $T_g$ ), do ponto de pegajosidade e de colapso como uma função do conteúdo de umidade para a maltodextrina DE 10 (taxa de aquecimento de  $10\text{ }^\circ\text{C} / \text{min}$ ).  
**Fonte:** CHUY e LABUZA, 1994

A pegajosidade de produtos alimentícios que contém alta quantidade de monossacarídeos, como sucos de frutas, pode ser reduzida e a estabilidade dos produtos aumentada pela adição de compostos com altos valores de  $T_g$ . Vários aditivos geralmente os de alta massa molecular, têm sido empregados para elevar a temperatura de transição vítrea do material a ser desidratado e com isso evitar a pegajosidade. Uma observação importante feita por Levine e Slade (1992) é que a temperatura de transição vítrea aumenta com o aumento da massa molecular do composto. Um método utilizado para que partículas de alimentos líquidos não fiquem aderidas nos secadores por atomização é o resfriamento de suas paredes a temperaturas inferiores ao da  $T_g$  (ROOS e KAREL, 1991; LEVINE e SLADE, 1992; CHUY, LABUZA, 1994).

Collares (2001) verificou o fenômeno de transição vítrea na secagem de pastas alimentícias utilizando superfície de materiais sólidos (placas de vidro comum, aço inoxidável, nylon e teflon) ele comprovou que o desprendimento de filmes de maltodextrina, melado de cana-de-açúcar e goma arábica durante a secagem é governado pela temperatura de transição vítrea do material alimentício, contudo, para que a película alimentícia seca se desprenda naturalmente é necessário que a umidade do filme atinja valores correspondentes aos de transição vítrea, na temperatura de operação, para que isso ocorra à secagem deve propiciar condições de transição vítrea ao produto, no final do processo, ou pela diminuição da temperatura do ar, ou alterar a formulação do produto com o uso de aditivos de alta massa molecular.

Em produtos alimentícios submetidos a temperaturas de congelamento em geral (-18 °C), tem sido observado o fenômeno da transição vítrea, onde influência diretamente a estabilidade dos mesmos, ficando por longos períodos armazenados, esta estabilidade está relacionada com a diferença da temperatura de estocagem e a temperatura de transição vítrea do produto. No estado vítreo (temperaturas abaixo de  $T_g$ ), a amostra é estável em relação à recristalização e reações deteriorativas devido à alta viscosidade, e em temperaturas acima de  $T_g$ , ocorre um aumento na mobilidade dos constituintes dos alimentos congelados tornando-os instáveis fisicamente (LEVINE e SLADE, 1986).

### **3.6 Princípios de Secagem**

O conteúdo de umidade de determinado sólido pode ser expresso em termos de massa total, base úmida ou massa seca. O produto ao entrar em contato com o ar quente ocorre transferência de calor do ar para o produto, devido ao gradiente de temperatura existente entre ambos. Simultaneamente, a diferença da pressão parcial do vapor de água existente entre o ar de secagem e a superfície do material determina a transferência de massa do produto para o ar em forma de vapor de água (NOGUEIRA, 1991).

O processo de secagem pode envolver três meios de transferência de calor: convecção, condução e radiação. A transferência de calor por convecção é o meio mais utilizado na secagem comercial, em que um fluxo de ar aquecido passa através da camada do produto, onde ocorre a migração de umidade do interior para a superfície e logo em seguida para o ar de secagem (MELONI, 2003).

A desidratação dos alimentos segundo Meloni (2003) podem ocorrer, por processos baseados na vaporização, sublimação, remoção de água por solventes ou na adição de agentes osmóticos. O princípio básico de secagem, quando se utiliza o ar como sorvedor, está no potencial de secagem do ar ambiente aquecido que é forçado entre a massa do produto servindo a duas finalidades:

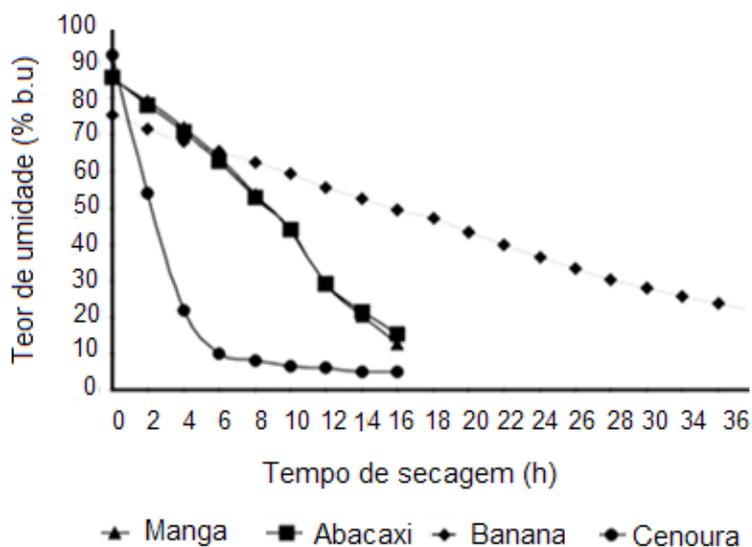
- Conduzir calor para o produto: a pressão de vapor da água do alimento é aumentada pelo aquecimento do produto, facilitando, assim, a saída de umidade. Parte do calor do ar de secagem proporciona um aumento da temperatura do produto (calor sensível) e parte fornece o calor necessário para a vaporização da água contida no produto (calor latente).
- Absorver umidade do produto: aumentando-se a temperatura do ar ambiente a sua umidade relativa diminui e, conseqüentemente, sua capacidade de absorver umidade aumenta.

Um alimento cortado na forma de cubo, no decorrer da secagem perderá umidade por suas superfícies e desenvolverá, gradualmente, uma espessa camada seca na superfície, e com o restante da umidade aprisionada no centro. Do centro para a superfície, um gradiente de umidade será estabelecido. Em conseqüência disso, a camada externa seca formará uma barreira isolante contra a transferência de calor para o interior do pedaço. Além de ter a transferência de calor diminuída, a água restante no centro do alimento tem uma distância maior a percorrer até chegar a superfície do que a umidade superficial tinha no início da secagem. A medida que o alimento seca e atinge a umidade de equilíbrio, não se tem mais secagem e a velocidade cai a zero.

#### - Curva de Secagem:

Quando um alimento é desidratado, ele não perde água a uma velocidade constante ao longo do processo. Com o progresso da secagem, sob condições fixas, a taxa de remoção de água diminui, ou seja, a umidade é removida mais rapidamente nos primeiros instantes de secagem do que nos tempos finais de conclusão da mesma. Na prática é muito difícil ou improvável que se alcance zero de umidade em um alimento sob condições normais de operação (NOGUEIRA, 1991; MELONI, 2003).

No início da secagem, e por algum tempo depois, geralmente a água continua a evaporar a uma velocidade constante, semelhante ao mecanismo de evaporação de água num reservatório. Isto é chamado de período de velocidade constante. A partir do ponto em que ocorre a inflexão da curva de secagem, inicia-se o período de velocidade decrescente de secagem conforme é mostrado na Figura 8 (MELONI, 2003).



**Figura 8.** Curva de secagem para diferentes frutas.  
**Fonte:** MELONI, 2003

Conforme Nogueira (1991) os alimentos por serem formados de diversos constituintes e estruturas complexas, a forma das curvas de secagem sofre distintas variações e estas estão relacionadas conforme o tipo de alimento a ser desidratado, tipos de secadores empregados e em resposta às variações das condições de secagem tais como a temperatura, a umidade, a velocidade do ar, o sentido do ar, a espessura do alimento, dentre outros fatores.

A secagem da maioria dos produtos alimentícios geralmente apresenta período de velocidade constante e de velocidade decrescente, e a remoção da água abaixo de aproximadamente 2%, sem danos ao produto é extremamente difícil e não recomendada para alimentos que possuem nutrientes sensíveis ao calor.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Matéria-prima**

Foram selecionadas para a elaboração da farinha de banana madura, bananas prata (*Musa sapientum*), adquiridas nos mercados locais na cidade de Itapetinga-BA, isentas de doenças e danos externos com uniformidade nas pencas e no grau de maturação. Para avaliar se os frutos colhidos estavam realmente maduros e adequados ao processamento, foram observados visualmente sua coloração, seu sabor (degustação) e através de um refratômetro manual onde foram feitas medidas dos Sólidos Solúveis Totais.

### **4.2 Caracterização físico-química da banana prata madura e de sua farinha**

Foram feitas análises físico-químicas da polpa “*in natura*” e de sua farinha, sendo que as amostras de farinha foram provenientes do processo de produção selecionado. Todas as análises foram realizadas em triplicatas.

#### **4.2.1 Teor de umidade**

As determinações de umidade tanto para a polpa como para a farinha de banana madura, foram realizadas pelo método gravimétrico clássico por perda de massa (5g) em estufa a 105°C até obtenção da massa constante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

#### **4.2.2 Sólidos Solúveis Totais (SST) (°Brix)**

Os Sólidos Solúveis Totais foram determinados para a polpa e para a farinha de banana madura, pelo método refratométrico proposto pela AOAC (1990). Uma alíquota da amostra diluída e triturada foi colocada sobre o prisma de um refratômetro portátil ATAGO com escala 0 °Brix a 32 °Brix e precisão de 0,2%, procedendo-se à leitura direta do índice refratométrico, sendo feitas correções em relação a temperatura da amostra.

#### **4.2.3 Acidez Total Titulável (ATT)**

A acidez das amostras de polpa e farinha de banana madura diluída em 100 ml de água destilada, foram determinadas através da titulação do filtrado com NaOH 0,0919 Mol/L, utilizando-se solução alcóolica de fenolftaleína 1% como indicador, os resultados expressos em % de ácido málico/100g de polpa (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

#### **4.2.4 pH**

Foi determinado utilizando-se um potenciômetro de bancada da marca Quimis, com precisão de duas casas decimais, devidamente calibrado, sendo introduzido diretamente no filtrado da polpa ou da farinha diluída em 100 ml de água destilada (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

#### **4.2.5 Atividade de água (Aw)**

A atividade de água foi determinada utilizando um aparelho da marca Aqualab-Decagon Devices Inc., Modelo CX-2 (Washington/USA), onde uma pequena quantidade de amostra foi submetida à análise.

#### **4.2.6 Densidade aparente**

A densidade aparente foi medida com relação entre a massa da amostra (g) dividido pelo volume (cm<sup>3</sup>) ocupados pelas partículas a temperatura 25°C (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

#### **4.2.7 Ângulo de repouso**

Para determinar o ângulo de repouso foi utilizada uma plataforma cilíndrica circular de diâmetro conhecido contendo, em seu centro, uma haste graduada onde o produto foi depositado. Em seguida, foi medida a altura do talude formado pelo produto e a plataforma. De posse destas informações, foi calculado o ângulo de repouso conforme Astolfi-Filho e colaboradores (2005).

### 4.3 Processamento

O processamento foi composto principalmente pelas etapas de lavagem, descasque, corte, tratamento antioxidante, secagem, trituração, peneiragem e acondicionamento. As seqüências dessas etapas variaram conforme é mostrado na Figura 9, onde foi selecionado o processo de maior rendimento na extração de farinha.

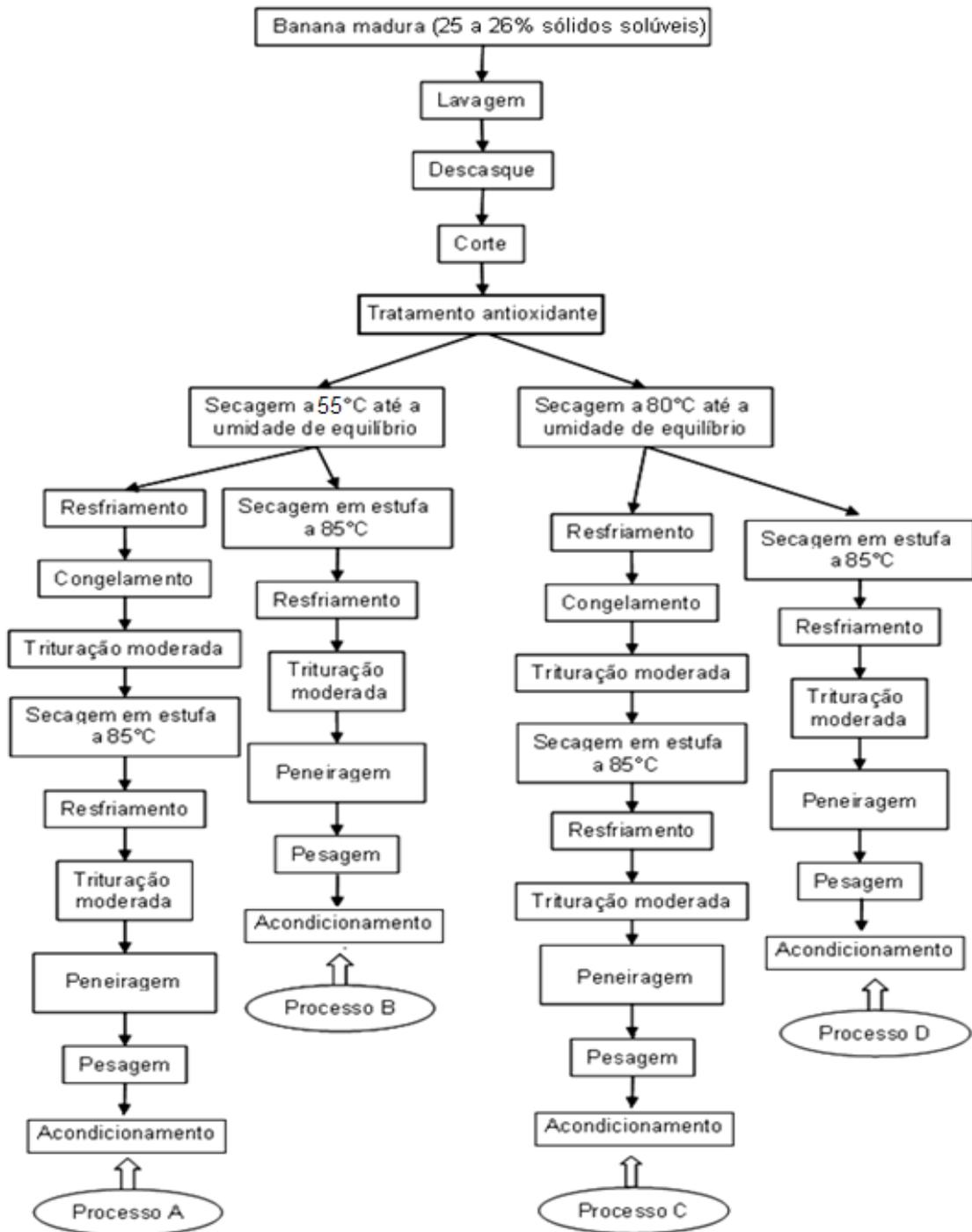


Figura 9. Fluxograma de processamentos para a produção de farinha de banana madura.

#### **4.3.1 Lavagem**

A lavagem foi realizada em três estágios conforme Meloni (2003), no primeiro estágio, as bananas são imersas em água clorada com concentração de 50 ppm e tempo de imersão de 20 minutos. Em seguida são levadas para o segundo estágio, onde foi feita a remoção das impurezas remanescentes. Este banho também foi feito com água tratada numa concentração de cloro de 20 ppm durante 10 minutos. Ao passar do segundo para o terceiro banho, as bananas já estavam despencadas. No terceiro estágio a lavagem foi feita em água corrente sem a adição de cloro, para a enxaguagem da matéria-prima.

#### **4.3.2 Descasque e corte**

As frutas foram descascadas manualmente e cortadas utilizando facas de aço inoxidável, no sentido transversal na forma de rodela com 3 cm de espessura.

#### **4.3.3 Tratamento antioxidante**

Foi utilizado o tratamento de sulfitação, onde adicionou o metabissulfito de sódio em água potável na concentração de 500 ppm por 5 minutos. O metabissulfito também é um anti-séptico o que ajuda na conservação do produto (MELONI, 2003; COLLARES, ROSALINO e TANAKA, 2005; LUPETTI *e colaboradores*, 2005).

#### **4.3.4 Secagem convectiva e condutiva**

A secagem foi realizada em duas etapas com o objetivo de tornar o processo mais eficiente. A primeira etapa envolveu secagem convectiva, em secador de bandejas com velocidade do ar de 0,7 m/s. Foram testadas duas temperaturas de secagem, 55°C (processos A, B) e 80°C (processos C, D) (Figura 9), a fim de se avaliar o efeito da temperatura no tempo de secagem. Nesta etapa as bandejas com as amostras foram pesadas periodicamente até atingirem a umidade de equilíbrio com o ar de secagem para a confecção das curvas de secagem. A segunda etapa envolveu a condição em que há pouca umidade e elevada dificuldade de desidratação e, por isso, foi realizada em estufa em que a transferência de calor ocorre predominantemente por condução, ela foi realizada à temperatura de 85°C para todos

os processos (A, B, C, D) objetivando atingir 3% de umidade em um tempo de 2 h. Estes valores de temperatura e umidade foram escolhidos com base na pesquisa sobre transição vítrea em banana realizado por Boudhrioua *e colaboradores* (2002) e através do processamento de banana em flocos proposto por Medina *e colaboradores* (1998).

A umidade final ( $U_f$ ) em determinado tempo de secagem foi estimada pelo peso das amostras na bandeja segundo a equação abaixo:

$$Pf = \frac{Pi(100-U_i)}{(100-U_f)} \quad (1)$$

onde:

$P_i$  = Peso (kg) inicial das amostras na bandeja;

$U_i$  = umidade inicial das amostras;

$U_f$  = umidade final das amostras em determinado tempo;

$P_f$  = peso (kg) final das amostras em determinado tempo.

#### **4.3.5 Resfriamento**

Depois da secagem em estufa, as amostras de banana foram resfriadas a temperatura ambiente (25-28°C), dentro do dessecador, onde permaneceu em repouso por alguns minutos, isso evitou seu reumidecimento.

#### **4.3.6 Congelamento**

O congelamento representou uma possibilidade a ser testada para tornar o processo mais eficiente, porque ele permite abaixar a temperatura da banana parcialmente desidratada muito abaixo da  $T_g$  e levá-la ao estado vítreo, possibilitando sua trituração. O tempo de congelamento foi de 30 min para todos os tratamentos, em freezer doméstico.

#### **4.3.7 Trituração**

A trituração foi realizada em liquidificador industrial de 1,5 CV e 1500 rpm.. Fixou-se o tempo de 5 min para todos os processos.

#### **4.3.8 Peneiragem e cálculo de rendimento para escolha do processo de produção**

Na etapa do peneiramento foram utilizadas peneiras de 5 mesh (4000  $\mu\text{m}$ ) 14 mesh (1410  $\mu\text{m}$ ) e 20 mesh (841  $\mu\text{m}$ ) sendo colocadas respectivamente uma sobre a outra. O rendimento em farinha foi calculado como a percentagem de material que ficou retido nas peneiras de 14 e 20 mesh e o rendimento em pó foi calculado como a percentagem de material que passou pela peneira de 20 mesh. O rendimento em griz (fragmentos maiores) foi determinado em relação ao material que ficou retido na peneira de 5 mesh.

#### **4.3.9 Acondicionamento**

Etapa final em que a farinha de banana madura foi acondicionada em potes de vidro fechados hermeticamente, com o objetivo de conservação e de evitar seu reumidescimento higroscópico.

#### **4.4 Aplicações da farinha de banana madura e análise sensorial**

A farinha escolhida para ser submetida à avaliação sensorial foi àquela derivada do processo que teve maior rendimento de extração. Foram feitas análises sensoriais de barras de cereais e bebida láctea de banana com 60 julgadores, no Laboratório de Análise Sensorial da UESB, campus de Itapetinga-BA para avaliar principalmente a sua aceitabilidade e intenção de compra.

##### **4.4.1 Barras de cereais com farinha de banana madura**

As barras de cereais elaboradas com farinha de banana madura foram testadas com outras duas marcas comerciais vendidas em mercados locais e produzidas na região Sudoeste da Bahia. Para avaliação foi realizado teste afetivo de aceitabilidade em escala hedônica de 9 pontos (Figura 10) de forma monádica e seqüencial com 60 consumidores potenciais do produto. Na fabricação das barras de cereais, foi feita uma formulação semelhante às industrializadas vendidas comercialmente, onde utilizou-se agentes ligantes como a glicose de milho ou mel (12,5%) e o açúcar mascavo (20%) e também ingredientes secos como aveia em

flocos (20%), castanha (10%), linhaça (7,5%), farinha de banana madura (30%) e um pequeno volume de água filtrada.

#### 4.4.2 Bebida láctea com farinha de banana madura

Realizou-se teste de aceitação com escala de intenção de compra utilizando escala hedônica de 5 pontos (1 - Desgostei muito ou Certamente eu não compraria; 2 – Desgostei ou Provavelmente eu não compraria; 3 – Não gostei nem desgostei ou Talvez eu compraria / Talvez eu não compraria; 4 – Gostei ou Provavelmente eu compraria; 5 – Gostei muito ou Certamente eu compraria). Foi adicionado uma porção 9g da farinha de banana madura em um copo contendo 50 ml de leite pasteurizado, sendo misturando com uma colher logo em seguida. Esta quantidade de farinha no leite é ideal para que não se adicione açúcar extra, contudo, o produto foi degustado e avaliado conforme a ficha de avaliação (Figura 10):

Avaliação Sensorial - Data ___/___/___ Nome: _____ Sexo: M ( ) F ( ) Idade: _____
Por favor, misture o pó de banana ao leite, mexa bem com a colher, deguste e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou do produto.
<input type="checkbox"/> Gostei muito. <input type="checkbox"/> Gostei. <input type="checkbox"/> Não gostei nem desgostei. <input type="checkbox"/> Desgostei. <input type="checkbox"/> Desgostei muito.
Por favor, indique na escala abaixo se você compraria ou não este produto.
<input type="checkbox"/> Certamente eu compraria. <input type="checkbox"/> Provavelmente eu compraria. <input type="checkbox"/> Talvez eu compraria, talvez não. <input type="checkbox"/> Provavelmente eu não compraria. <input type="checkbox"/> Certamente eu não compraria.

(1)

Nome: _____ Data: _____
Você está recebendo uma amostras codificadas de barra de cereais. Por favor, prove e avalie o quanto você gostou ou desgostou de cada amostra, marcando na escala abaixo.
Amostra nº: _____
<input type="checkbox"/> 9 - gostei muitíssimo <input type="checkbox"/> 8 - gostei muito <input type="checkbox"/> 7 - gostei moderadamente <input type="checkbox"/> 6 - gostei ligeiramente <input type="checkbox"/> 5 - nem gostei nem desgostei <input type="checkbox"/> 4 - desgostei ligeiramente <input type="checkbox"/> 3 - desgostei moderadamente <input type="checkbox"/> 2 - desgostei muito <input type="checkbox"/> 1 - desgostei muitíssimo
Comentários: _____

(2)

**Figura 10.** Fichas para avaliação sensorial (1- ficha para bebida láctea; 2 - ficha para barras de cereais).

## **4.5 Planejamento experimental e análises estatísticas**

### **4.5.1 Características físico-química da polpa de banana prata madura e de sua farinha**

O experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com três repetições para cada característica. Os dados foram apresentados pela sua média e desvio padrão de três repetições.

### **4.5.2 Curvas de secagem convectiva e condutiva**

Este procedimento foi realizado com as amostras cortadas em rodela sem estarem trituradas, utilizando Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em três repetições. Para a secagem convectiva (55°C e 80°C) as pesagens das amostras foram até a umidade de equilíbrio, sendo logo depois realizada a secagem em estufa, onde as pesagens foram feitas durante 2 h de experimento. Os dados foram submetidos à análise de regressão.

### **4.5.3 Escolha do processo de produção para fabricação da farinha de banana madura**

Foram testados os processos de produção A, B, C e D descritos no fluxograma da Figura 9, em que utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos (processos A, B, C, D) e três repetições. O efeito desses processos a variável independente qualitativa (melhor processo) foi avaliado sobre a variável dependente quantitativa (rendimento de extração). Os dados foram submetidos à Análise de Variância e teste de médias.

### **4.5.4 Avaliação da qualidade sensorial da farinha de banana madura**

Para avaliação das barras de cereais “sabor banana”, a análise sensorial foi conduzida em Delineamento de Blocos Completos Casualizados (DBC), em que as amostras foram apresentadas em blocos (julgadores), de forma monádica e sequencial. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de médias.

Para o teste sensorial da bebida láctea de farinha de banana madura, foi analisada a frequência de aceitação e de compra dos julgadores referente ao produto, onde apenas uma amostra foi apresentada a 60 julgadores e estabelecido gráfico de frequência.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Características físico-química da banana prata madura

Na caracterização da banana prata “*in natura*”, foram determinados valores de Umidade, Sólidos Solúveis Totais (SST), Acidez Total Titulável (ATT) e pH, estabelecidos na Tabela 6. De acordo com os resultados apresentados a matéria-prima se apresentava madura com média de 26,2° brix e 73 % de umidade, contudo, foi verificado acidez e pH moderados.

**Tabela 6.** Valores médios da umidade, sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH da polpa de banana prata madura.

Variáveis	Banana Prata Madura
Umidade (% bu)	73,03 ± 0,15
Sólidos Solúveis Totais (°brix)	26,2 ± 0,20
Acidez Total Titulável (% de ácido málico/100g de polpa)	0,64 ± 0,01
pH	4,7 ± 0,01

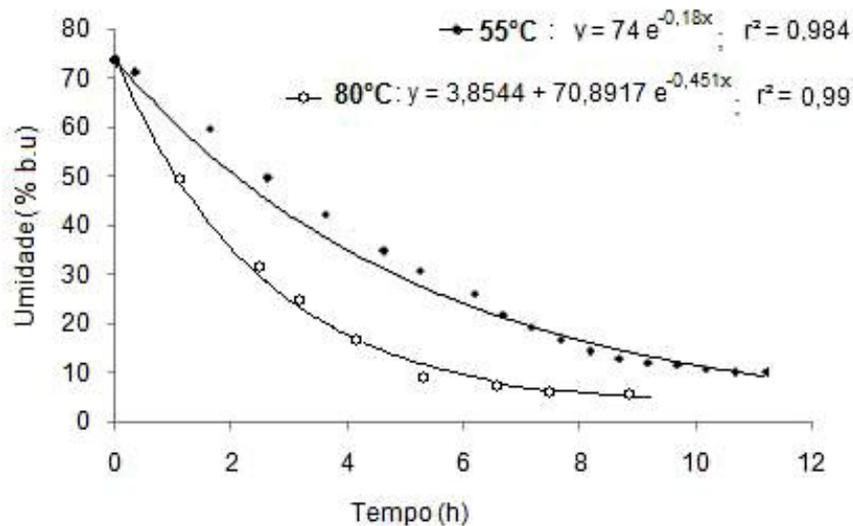
Cada valor foi obtido por meio da média ± desvio padrão de três repetições.

O valor encontrado para o teor de umidade 73% (Tabela 6) foi próximo ao encontrado por Lima *e colaboradores*, (2006) que foi de 72%. Com relação aos Sólidos Solúveis Totais e a Acidez Total Titulável da banana madura, o valor encontrado neste trabalho é semelhante ao encontrado por Fernandes *e colaboradores* (1979), que varia entre madura 26,9° brix e 0,67% de ácido málico e muito madura 26,0 °brix e 0,52% de ácido málico. O pH de 4,7 ficou na faixa encontrada por Matsuura e Folegati (2001) que foi de 4,5-5,6.

### 5.2 Curvas de secagem convectiva e condutiva

As secagens foram feitas em duas etapas: a primeira etapa envolveu a secagem convectiva em secador de bandejas nas temperaturas de 55°C e 80°C até atingirem peso constante ao longo do tempo. A Figura 11 representa as curva de secagem para as duas temperaturas, com umidade inicial das amostras de 73,03%. As amostras de banana desidratadas a 80°C obteve menor intervalo de tempo de secagem e menores percentuais de umidade comparadas com as desidratadas à temperatura de 55°C. A umidade de equilíbrio

para o tratamento a 55°C foi de 10% durante 11 h de processamento e para o tratamento a 80°C foi de 6,9% durante aproximadamente 7,5 h de secagem.



**Figura 11.** Curvas de secagem convectiva realizadas em secador de bandejas para banana prata madura cortada na forma de rodela à temperatura de 55°C e 80°C.

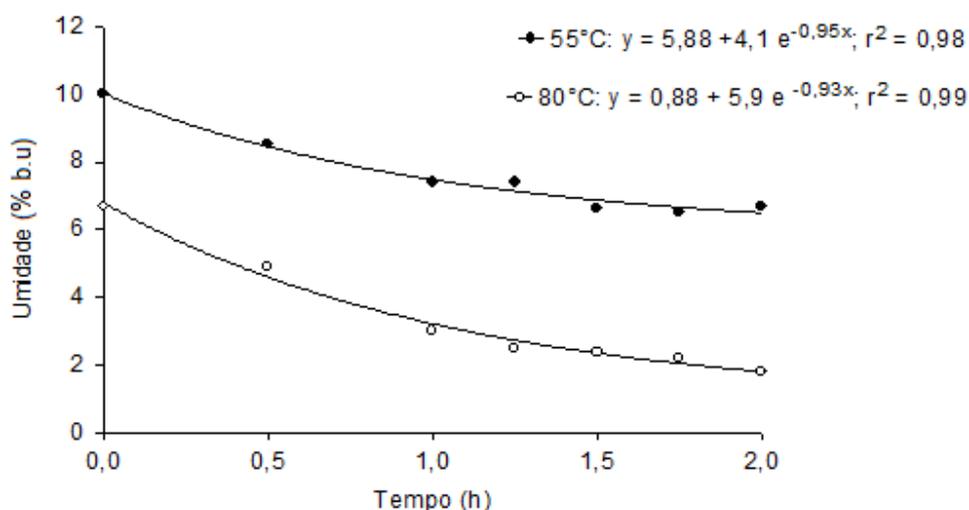
Resultados semelhantes podem ser comparados a pesquisa feita por Silva e colaboradores (2009), no qual bananas maçãs, semi-maduras foram cortadas em rodela de 5 cm de espessura e submetidas a secagem convectiva com velocidade do ar de secagem a 1,5 m/s, onde o tempo de secagem até a umidade de equilíbrio para a temperatura de 50°C foi de 10 horas e para secagem convectiva a 70°C foi de aproximadamente 7 horas.

O corte da banana em rodela reduz drasticamente o tempo de secagem, isso é demonstrado no trabalho realizado por Mota (2005), onde bananas das variedades prata, marmelo, nanica e ouro, foram colocadas inteiras em secador de bandejas a temperatura de 65°C com velocidade do ar de secagem de 1,5 m/s e alcançaram 22% umidade base úmida no tempo de aproximadamente 25 horas.

A segunda etapa da secagem foi realizada logo após a secagem convectiva, onde as rodela de banana desidratadas sem passar pela etapa de trituração foram expostas a temperatura de 85°C em uma estufa sem sistema de circulação de ar, durante 2h com a finalidade das mesmas atingirem 3% de umidade.

Foi observado (Figura 12) que apenas as rodela de banana desidratadas convectivamente a 80°C obteve resultado satisfatório, pois foi o tratamento que obteve

umidade abaixo de 3% durante o tempo determinado em estufa. Os resultados ainda mostram que após 2 h de secagem, as amostras desidratada inicialmente a 55°C atingiu a umidade de apenas 6,5 % b.u, enquanto que a banana seca inicialmente a 80°C atingiu a umidade de 1,8 % b.u.



**Figura 12.** Curvas de secagem condutiva realizadas em estufa a 85°C para as bananas desidratadas inicialmente à temperatura de 55°C e 80°C.

Portanto, foi observado que as amostras a 3% de umidade (curva de 80°C) e temperatura ambiente de 28°C encontravam-se em estado gomoso e borrachudo sendo de difícil trituração e peneiragem. Isso sugere que umidades superiores a 3% e a 28°C, não causam modificações relacionadas ao estado vítreo. Entretanto, as amostras com 2,4%, 2,2% e 1,8% de umidade, tornaram-se duras e quebradiças na temperatura de 28°C, atingindo o estado vítreo possibilitando maior eficiência na trituração e maior rendimento de peneiragem.



**Figura 13.** Bananas depois do tratamento em estufa a 85°C, obtendo características rígidas e quebradiças.

### 5.3 Escolha do processo de produção para fabricação da farinha de banana madura

Depois da etapa de secagem convectiva até a umidade de equilíbrio em temperaturas de 55°C e 80°C, as amostras de banana desidratadas na forma de rodelas, foram dispostas aos tratamentos (processos A, B, C, D), em quantidades de 400g para cada tratamento, sendo que o processo selecionado foi o que obteve maior rendimento na produção de farinha (Tabela 7).

**Tabela 7.** Rendimento médio de três repetições de diferentes tipos de processamento para escolha do melhor processo de produção da farinha de banana madura.

Tratamentos	% Gritz	% Farinha	% Pó
Processo A	17,7 a	67,2 a	15,1 b
Processo B	3,8 b	52,6 b	43,7 a
Processo C	18,6 a	66,8 a	14,6 b
Processo D	2,9 b	52,8 b	44,3 a

Médias seguidas de mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente a 5% probabilidade pelo teste de Tukey.

Os processos A e C foram os escolhidos, por renderem maiores percentagens da fração desejada, em torno de 67,2 e 66,8% de farinha, respectivamente. Entretanto o processo A deve ser o indicado por usar secagem inicial a 55°C, o que segundo trabalho realizado por Almeida *e colaboradores* (2007) sobre a desidratação da acerola, nesta temperatura, as perdas de ácido ascórbico são reduzidas. Ainda segundo Cavariani (1996), a causa primária dos danos produzidos por altas temperaturas em tecidos vegetais é a desintegração das membranas celulares, possivelmente, por alterações nos lipídios que as constituem, além do que, temperaturas excessivamente altas podem provocar, entre outras alterações, a desnaturação de proteínas. A Figura 14 mostra a farinha de banana madura oriunda do processo A, para posteriores avaliações sensoriais.



**Figura 14.** Farinha de banana prata madura.

## 5.4 Características físico-química da farinha de banana prata madura

Depois da escolha do processo de produção da farinha de banana madura (processo A), a farinha procedente deste foi submetida à análise físico-química, onde verificou-se a concentração de alguns componentes, como os sólidos solúveis totais e a acidez em função da redução de umidade. Foram também determinados valores de pH, atividade de água, densidade aparente e ângulo de repouso (Tabela 8).

**Tabela 8.** Valores médios da umidade, sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH da farinha de banana prata madura do processo A.

Variáveis	Farinha de banana madura (processo A)
Umidade (% b.u)	2,410 ± 0,10
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	31,021 ± 0,10
Acidez Total Titulável (% de ácido málico/100g de farinha)	0,701 ± 0,02
pH	5,201 ± 0,01
Atividade de água (Aw)	0,354 ± 0,01
Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0,426 ± 0,12
Ângulo de repouso (graus)	30,332 ± 0,11

Cada valor foi obtido por meio da média ± desvio padrão de três repetições.

A maior concentração principalmente de sólidos solúveis totais, revela um maior sabor adocicado na farinha, onde uma possível aplicação seria em produtos não adicionados de açúcar. Um aumento da acidez total titulável e do pH, também foi verificado por Borges, Pereira e Lucena (2009), no trabalho sobre análises das características físico-química da farinha de banana verde. O valor de atividade de água teve média de 0,354 este de acordo com Ferreira e colaboradores (2005) evita o desenvolvimento de bactérias (0,9), leveduras e fungos (0,6 - 0,8) aumentando o tempo de conservação do produto.

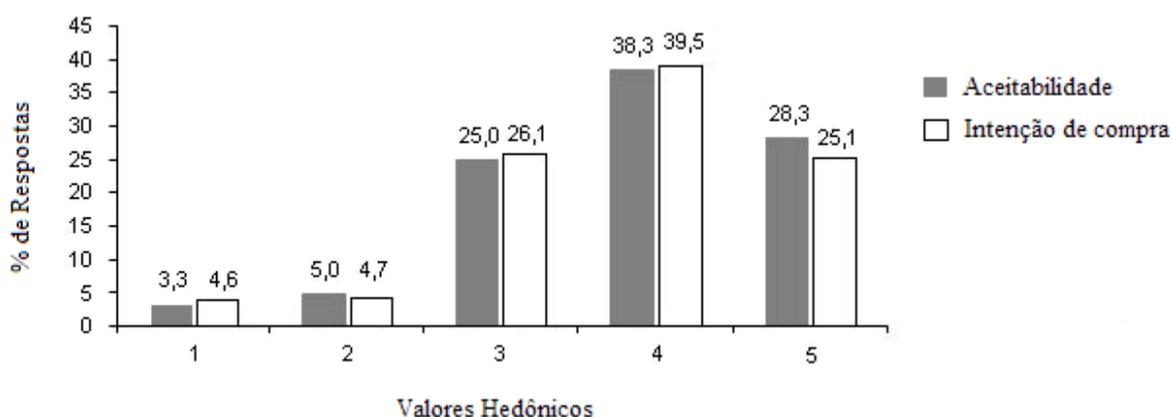
A análise de densidade aparente é importante pois afeta principalmente o custo de embalagens e projetos industriais, o valor de densidade aparente encontrado foi de 0,426 e este pode variar se comparado as pesquisas feitas por Morgan e colaboradores (1959) e Astolfi-Filho e colaboradores (2005) onde leite em pó com densidade de 0,7 g/ml, depois de ser granulado apresentou densidade aparente de 0,3g/ml e em outro trabalho sobre secagem em leite de espuma de tomate, a massa do mesmo apresentou 0,2 g/ml, depois de comprimida obteve 0,8 g/ml e ao ser triturada diminuiu para 0,6 g/ml.

A medida do ângulo de repouso foi utilizada para caracterizar o comportamento da farinha durante o escoamento e o valor encontrado nesta pesquisa foi o de  $30,332^\circ$  revelando ser um produto de bom escoamento, pois segundo Astolfi-Filho e colaboradores (2005) os pós ou farinhas que exibem ângulos de repouso menores que  $45^\circ$  geralmente apresentam a propriedade de escoamento livre, enquanto ângulos acima de  $50^\circ$  indicam coesividade ou problemas de escoamento.

## 5.5 Análise sensorial da farinha de banana madura

### 5.5.1 Bebida láctea com farinha de banana madura

A bebida láctea, após análise de aceitação e intenção de compra, apresentou uma frequência de resposta para gostei (38,3%) e provavelmente eu compraria 39,5 (nota 4), seguido de 28,3% para gostei muito com certamente eu compraria (nota 5). Os julgadores que opinaram pelo valor hedônico 3 obtiveram frequência de resposta de 25% (não gostei nem desgostei) e 26,1% para talvez eu compraria ou não compraria. Apenas 8,3% dos julgamentos tenderam para avaliações inferiores ou indiferente (notas 1 e 2) (Figura 15).



**Figura 15.** Frequência das notas de aceitabilidade e intenção de compra para a bebida láctea.

A bebida láctea teve aprovação superior a 66% (notas 4 e 5), para os atributos aceitabilidade e intenção de compra. Destaca-se ainda, que os indecisos (nota 3), podem tender para uma aprovação ou não deste produto.

### 5.5.2 Barras de cereais com farinha de banana madura

Concluído a avaliação sensorial para o teste de aceitação das amostras (A, B, C), os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F (Tabela 9). Foi detectado diferença entre pelo menos um contraste entre as médias das amostras que diferiu estatisticamente de zero.

**Tabela 9.** Quadro da Análise de Variância (ANOVA).

FV	GL	SQ	QM	F	F <sub>tab</sub>
Amostras	2	40,0111	20,0055	7,6798	3,07
Julgador (blocos)	59	151,7778	2,572505		
Resíduo	119	309,9889	2,604949		
Total	180	501,7778			

\*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; CV=0,39048%

As barras de cereais produzidas com farinha de banana madura (B) mostraram maior aceitação que as amostras A e não diferiu significativamente em relação às amostras da marca C a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. As médias das amostras A e C não teve diferença significativa em relação à aceitabilidade das mesmas (Tabela 10).

**Tabela 10.** Valores médios dos tratamentos das barras de cereais.

Amostras	Médias
B - Barras de cereais com farinha de banana madura	7,4333 a
C - Barras de cereais (marca C)	6,9500 a b
A - Barras de cereais (marca A)	6,2833 b

\*Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As barras de cereais B e C foram as mais aceitas, sugerindo igual competitividade dentre estas amostras em relação à avaliação dos 60 julgadores.

## 6 CONCLUSÃO

Os processos A e C foram os que tiveram maiores rendimentos superiores a 66% na obtenção da farinha de banana madura não diferindo estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, porém, o processo A é o indicado por usar secagem inicial a 55°C o que não provocou grandes alterações sensoriais no produto.

Foi possível obter rendimento satisfatório na extração da farinha, quando as amostras apresentaram umidade abaixo de 2,4%, pois elas endureceram facilitando os processos de trituração e peneiragem na temperatura de 28°C. A etapa de congelamento seguido da trituração tornou a secagem em estufa mais eficiente e possibilitou obter baixos valores de umidade.

A farinha proveniente do processo A, apresentou um aumento na acidez e na concentração de sólidos solúveis totais, revelando um produto levemente adocicado. A baixa atividade de água em combinação com a acidez possibilitou conservar o produto por longo tempo. O ângulo de repouso da farinha de 30,332° sugere bom escoamento em tubulações possibilitando o desenvolvimento de equipamentos transportadores ou de usos diversos com este propósito.

O resíduo gerado nos processos foi o griz e o pó, ambos podem ter várias aplicações em produtos alimentícios, devido as suas características agradáveis, entretanto, o pó deverá ser acondicionado em recipientes impermeáveis à umidade, para evitar a aglomeração de partículas devida alta higroscopicidade o que acarreta em seu rápido reumidecimento.

A avaliação sensorial da farinha de banana madura tanto para a bebida láctea como para as barras de cereais tiveram grande aceitação por parte dos julgadores, obtendo notas altas para a aprovação destes produtos. Outras aplicações como em sorvetes e sucos podem ser bem sucedidas, pois esta apresenta atributos sensorial favoráveis e pouca rejeição como é mostrado nesta pesquisa.

## 7 REFERÊNCIAS

- ABNT. **Associação Brasileira de Normas técnicas** NBR 12806: análise sensorial de alimentos e bebidas – terminologia. São Paulo, 1993.
- AGUIRRE, J. M. de; GASPARINO FILHO, J. **Desidratação de frutas e hortaliças: manual técnico**. Campinas: ITAL/FRUTHOTEC, 1997/2002.
- ALMEIDA, C. A de; GOMES, J. P.; MELO, K. dos S.; ALVES, N. M. C.; LIMA, E. E. de; SILAVA, A. S. A.; **Degradação do ácido ascórbico da acerola submetido a diferentes condições de secagem**. II Jornada Nacional da Agroindústria, 2007.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists – AOAC International, **Official methods of analysis**, 16th edition, Gaithersburg, MD, USA, 1996.
- ARAÚJO, J.M.A. **Escurecimento enzimático em alimentos: aspectos químicos e controle**. Livrocere: Piracicaba, 14p, 1985.
- ASTOLFI-FILHO, Z., SOUZA, A. C., REIPERT, E C. D. e TELIS, V. R. N. Encapsulação de suco de maracujá por co-cristalização com sacarose: cinética de cristalização e propriedades físicas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, 25(4): 795-801, 2005.
- BELL, L.N., TOUMA, D.E. Glass transition temperature determined using a Temperature-Cycling Differential Scanning Calorimeter. **J. Food Sci.**, 61(4):807-810, 828, 1996.
- BHANDARI, B.R., HOWES, T. Implication of glass transition for the drying and stability of dried foods. **Journal of Food Engineering.**, 40:71-79, 1999.
- BORGES, A. L. **O cultivo da banana**. Cruz das almas: EMBRAPA-CNPMP, Circular Técnica, 27; 109p, 1997.
- BORGES, A. L.; PEREIRA, J.; LUCENA, E. M. P de. Caracterização da farinha de banana verde. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 29(2): 333-339, 2009.
- BOUDHRIOUA, N., MICHON, C., CUVELIER, G. e BONAZZI, C. Influence of ripeness and air temperature on changes in banana texture during drying. **Journal of Food Engineering**, 55, 115-121, 2002.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Dispõe sobre a extensão de uso do Metabissulfito de Sódio (INS 223), na função de conservador para o produto Raiz Forte (polpa de rábano ou wasabi)**. Resolução - RDC nº 24, de 15 de fevereiro de 2001.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Conceder a extensão de uso do aditivo metabissulfito de sódio, com a função de conservador, em batata descascada cozida**. Portaria nº. 237 deten/ms, de 21 de maio de 1996.

BRENNAN, J.G., HERRERA, J., JOWITT, R. A study of some of the factors affecting the spray drying of concentrated orange juice, on a laboratory scale. **J. Food Technol.**, 6(3):295-307, 1971.

CAVARIANI, C. **Secagem estacionária de sementes de milho com distribuição radial do fluxo de ar**. 85f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Esalq-USP, 1996.

CHAMPION, D., LE MESTE, M., SIMATOS, D. Towards an improved understanding of glass transition and relaxations in foods: molecular mobility in the glass transition range. **Trends in Food Science & Technology**, 11:41-55, 2000.

CHITARRA, M. I. F. **Tecnologia e qualidade pós-colheita de frutos e hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 68p., 2000.

CHUY, L.E., LABUZA, T.P. Caking and stickiness of dairy-based food powders as related to glass transition. **J. Food Sci.**, 59(1):43-46, 1994.

COCERO, A.M., KOKINI, J.L. The study of the glass transition of glutenin using small amplitude oscillatory rheological measurements and differential scanning calorimetry. **J. Rheol.**, 35(2):257-270, 1991.

COLLARES, F. P.; ROSALINO, J. I.; TANAKA, S. S. **Desenvolvimento de farinha de Yacon (Polymnia sonchifolia)** – Composição química e teor de frutoligossacarídeos. XIII congresso Interno de Iniciação Científica Universidade de Campinas-SP, 2005.

COLLARES, F.P. **Desprendimento de filmes de pastas alimentícias durante a secagem sobre superfícies de sólidos e sua relação com a transição vítrea**. Tese (Doutorado)-Faculdade de Engenharia Química, UNICAMP, 205p, 2001.

DACANAL, G. C. **Estudo da granulação de suco de acerola desidratado em leite fluidizado**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas. 136p, 2005.

FERNANDES, K. M.; DE CARVALHO, V.D. e CAL VIDAL, J. Physical changes during ripening of Silver Bananas. **J. Food Sci.**, 1254-1255, 1979.

FERREIRA NETO, C. J; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Avaliação sensorial e da atividade de água em farinha de mandioca temperada. **Cienc. Agrotec**, Lavras, v. 29, nº 4. p. 795-802, 2005.

GENIN, N., RENÉ, F. Analyse du role de la transition vitreuse dans les procedes de conservation agro-alimentaires. **J. Food Eng.**, 26:391-408, 1995.

HANDLER, L. **Productos de transformacion del banana**. Instituto Frances de Investigaciones Fruteras de Ultra-Mar. 1.º Congreso Internacional de Industrias Agricolas y Alimenticias de las Zonas Tropicales y Sub-tropicales. Abidjan, 14-19 de Diciembre de 1964.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: **Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**. 3 ed. São Paulo, v. 1, 533p, 1985.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos químicos e físicos para a análise de alimentos**. 2. Ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1976.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Lavoura permanente da Bahia 2007**. Ibge.gov.br. Disponível em: <<<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=ba&tema=lavourapermanente2007>>>. Acesso em: 01/05/2009.

JAIGOBIND, A. G. A.; AMARAL, L. do.; JAISINGH, S.; **Processamento da banana**. Instituto de Tecnologia do Paraná-TECPAR, 2007.

JAYA, S., DAS, H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties. **Journal of Food Engineering**, 63, 125-134, 2004.

LAZAR, M.E., BROWN, A. H., SMITH, G.S., WANG, F.F., LINDQUIST, F.E. Experimental production of tomato powder by spray drying. **Food Technol.**, 10:129-134, 1956.

LEVINE, H., SLADE, L. A polymer physico-chemical approach to the study of commercial starch hydrolysis products (SHPs). **Carbohydr. Polym.**, 6:213-244, 1986.

LIMA, A. G. B. de, NEBRA, S. A.; QUEIROZ, M. R. Aspectos científico e tecnológico da banana. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.2, n.1, p.87-101, 2000.

LIMA, D. M., COLUGNATI, F. A. B., PADOVANI, R. M., RODRIGUEZ-AMAYA, D. B., SALAY, E., e GALEAZZI, M. A. M. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Campinas: NEPA-UNICAMP, 105p, 2006.

LUCCAS, V. e KIECKBUSCH, T. G. Obtenção de fatias de banana desidratada crocantes através de pré-secagem a altas temperaturas e curto tempo em leito fluidizado. **Ciência e Tecnol. de Aliment.**, v. 16, n. 3, p. 91-94, 1996.

LUPETTI, K. O.; CARVALHO, L. C. de; MOURA, A. F.; FILHO, O. F. **Análise de imagem em química analítica: empregando metodologias simples e didáticas para entender e prevenir o escurecimento e tecidos vegetais**. Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo-SP, vol.28, n.3, pp. 548-554, 2005.

MATSUURA, F. C. U.; FOLEGATI, M. I. da S. **Banana. Pós-colheita**. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas, BA. 71p., 2001.

MEDEIROS, M. de F. D. de ; ALSINA, O. L. S. de; ROCHA, S. C.; JERÔNIMO C. E. de M.; MATA, A. L. de M. L.; MEDEIROS, U. K. L. de; FURTUNATO, A. A. Escoabilidade de leitos de partículas inertes com polpa de frutas tropicais: efeitos na secagem em leito de jorro. **Rev. bras. eng. agríc. Ambient.** vol.5, n.3, pp. 475-480, 2001.

MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; MARTIN, Z. J. de.; TRAVAGLINI, D. A.; OKADA, M.; QUAST, D. G.; HASHIZUME, T.; MORETTI, V. A.; NETO, L. de C. B.; ALMEIDA, L. A. S. B. de; RENESTO, O. V.; **Banana-Cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed. Campinas, ITAL, 1985.

MELONI, P. L. S.; **Desidratação de frutas e hortaliças**. Instituto Frutal, Fortaleza, 87p. 2003.

MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAZ, Z. **A new model for single-layer drying**. *Drying Technology*, New York, v.20, n.7, p.1503-1513, 2002.

MORGAN, A. I., GINETTE, L. F., RANDALL, J. M. & GRAHAM, R. P. Technique for improving instants. *Food Engineering*, 31(9), 86-87, 1959.

MOTA, R. V. da. Avaliação a qualidade de banana passa elaborada a partir de seis cultivares. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 25(3), 560-563, 2005.

NETO, J. M. DE M., CIRNE, L. E. DA M. R., PEDROZA, J. P.; SILVA, M. G. Componentes químicos da farinha de banana (*Musa sp.*) obtida por meio de secagem natural. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2(3), 316-318, 1998.

NIRO. **GEA Process Engineering** A/S. Disponível em: <<<http://www.niro.com>. >>. Acesso em: 29/10/2008.

NOGUEIRA, R.I. **Estudos dos fenômenos de secagem da banana**: parâmetros ótimos na obtenção de banana passa. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 158 p., 1991.

OZKAN, N., WALISINGHE, N., CHEN, X. D. Characterization of stickiness and cake formation in whole and skim milk powders. *Journal of Food Engineering*. 55, 293-303, 2002.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO-FAO. **Dados estatístico 2005, produção mundial de banana**. Disponível em: <<[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?idnoticia=740](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?idnoticia=740)>>. Acesso em 28/04/2009.

PRÉSTAMO, G.; MANZANO, P. Peroxidases of selected fruits and vegetables and the possible use of ascorbic acid as an antioxidant. *HortScience*, Alexandria, v. 28, n. 1, p. 48-50, Jan. 1993.

ROCHA, J. L. V. **Fisiologia pós-colheita de banana**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 1., Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FCAV, p.353-67, 1984.

ROOS, Y. Characterization of food polymers using state diagrams. *J.Food Eng.*, 24(3):339-360, 1995.

ROOS, Y., KAREL, M. Plasticizing effect of water on thermal behavior and crystallization of amorphous food models. *J. Food Sci.*, 56(1):38-43, 1991.

RUAN, R.R., LONG, Z., SONG, A. et al. Determination of the glass transition temperature of food polymers using low field NMR. **Lebensm.-Wiss. u.-Technol.**, 31(6):516-521, 1998.

SCHENZ, T.W. Glass transitions and product stability - an overview. **Food Hydrocolloids**, 9(4):307-315, 1995.

SECRETARIA DA AGRICULTURA, IRRIGAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA – SEAGRI. **Doenças da cultura da banana**. Disponível em: <<<http://www.seagri.ba.gov.br/noticias.asp?qact=view&notid=13296>>> Acesso em: 01/05/2009.

SILVA, P. H. F., PEREIRA, D. B. C., OIVEIRA, L. L., JÚNIOR, L. C. G. C. **Físico-química do leite e derivados: métodos analíticos**. Juiz de Fora: Oficina de Impressão Gráfica e Editora Ltda. 190p, 1997.

SOBRAL, P.J.A., TELIS, V.R.N., HABITANTE, A.M.Q.B., SERENO, A. Phase diagram for freeze-dried persimmon. **Thermochimica Acta**, 376:83-89, 2001.

STRAHM, B. Fundamentals of polymer science as an applied extrusion tool. **Cereal Food World**, 43(8):621-625, 1998.

VERNON-CARTER, E.J. Effect of foaming agents on the stability, rheological properties, drying kinetics and flavour retention of tamarind foam-mats. **Food Research International**, v.34, n.7, p.587-598, 2001.

WANG, S. H.; FERNANDES, S. M.; CABRAL, L. C.; ARAUJO, F. B. Absorção de gordura, solubilidade e propriedades espumantes dos extratos hidrossolúveis desidratados de arroz e soja. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.2, 2000.

WHITE, G.W., CAKEBREAD, S.H. The glassy state in certain sugar-containing food products. **J. Food Technol.**, 1(1):73-82, 1966.

WILEY, R. C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman e Hall, 368 p, 1994