UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA QUÍMICA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE POS-GRAGUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

THAYZE RODRIGUES BEZERRA PESSOA

Avaliação do processo de obtenção de farinha da casca de banana *(Musa sapientum)* das variedades Prata, Pacovan e Maçã

JOÃO PESSOA – PB
2009

THAYZE RODRIGUES BEZERRA PESSOA

Avaliação do processo de obtenção de farinha da casca de banana *(Musa sapientum)* das variedades Prata, Pacovan e Maçã

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador:
Profº. Dr. ÂNOAR ABBAS EL-AOUAR

JOÃO PESSOA – PB
2009

P475a Pessoa, Thayze Rodrigues Bezerra.
Avaliação do processo de obtenção de farinha da casca de banana (Musa sapientum) das variedades Prata, Pacovan e Maçã / Thayze Rodrigues Bezerra Pessoa. - - João Pessoa: UFPB, 2009.
121f. : il.
Orientador: Ânoar Abbas El-Aquar.
Dissertação (Mestrado) – UFPB/CT.

1. Alimentos-Tecnologia. 2. Banana-Secagem. 3. Farinha-Casca de banana.

UFPB/BC *CDU: 664(043)*

THAYZE RODRIGUES BEZERRA PESSOA

Avaliação do processo de obtenção de farinha da casca de banana *(Musa sapientum)* das variedades Prata, Pacovan e Maçã

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Dissertação aprovada em: _____/_____/_____

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. Ânoar Abbas El-Aouar
Orientador

_____

Prof. Dr. Heinz Johann Holschuh
Membro Interno

_____

Prof[a]. Dr[a]. Helenice Duarte de Holanda
Membro Externo

Dedico

A meu pai eterno, ***Deus****,*
que abriu as portas para que eu entrasse
no mestrado me ajudando a se encontrar profissionalmente.

A grande mulher que me deu a vida, me ensinou a ser tudo que sou,
que lutou bravamente para me dar toda a educação e bem estar.
A você minha amada mãe ***Maria****.*

A meu amado pai ***Marcelo****,*
que sempre me incentivou a estudar,
a lutar por meus objetivos .
Minha eterna gratidão e amor.

Ao meu querido irmão ***Rodrigo****,*
que como irmão único e mais velho sempre
servirá de exemplo para minha vida.

A minha amada gata gorda ***Fuinha,***
por sua companhia nas horas mais difíceis de estudo e suas gracinhas
Que me alegra todos os dias.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar na frente de todos os meus planos.
Agradeço a minha família, especialmente: meus pais (Maria e Marcelo), meu irmão (Rodrigo), pelo apoio, incentivo, amor e paciência. Muito Obrigada a todos!!
A minha amada gata (Fuinha), que nos momentos de estudo sempre procurava me destrair pedindo atenção e carinho.
Às minhas amigas-irmãs (Jane, Roberta, Pastora Débora, Alexandra e Simone) que por muitas vezes foram usadas por Deus para me fortalecer nessa caminhada tão difícil. Obrigada!
Ao meu orientador Prof. Dr. Ânoar Abbas El-Aouar, pela paciência, gentileza, ensinamento, apoio, incentivo, amizade, confiança e credibilidade a mim doados. Muito Obrigada!!!
Aos professores Heinz Johann e Helenice Duarte pela disponibilidade, sugestões, enfim por toda a contribuição desde a qualificação até a defesa. Muito Obrigada!!
Aos trabalhadores da CEASA Vanda (responsável pelo estabelecimento) e José Antônio, pela consciência importante da pesquisa, ajuda e doação das bananas para a mesma. Muito Obrigada!!!
À equipe de professores (Mabel,Vital, Artur, Teresa, Ricardo Targino, Jane, Marta e Walter Maia), pelos ensinamentos doados, apoio e incentivo.
À Universidade Federal da Paraíba, em especial ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela recepção e oportunidade concedida para realização de um sonho!
Aos secretários do Programa (Humberto e Vanessa) pela atenção.
Aos técnicos e funcionários dos Laboratórios de Operações Unitárias, Bioquímica, Microbiologia, Análises Químicas, Águas, Pescado, Flavor (UFPB/ João Pessoa) em nome das seguintes pessoas: Chico, Maria josé, Gilvandro, June, Cândido, Diógenes, Claudionor, Eunice. Muito Obrigada a todos!!!
A Julianne, também orientanda de Ânoar, pela amizade, companheirismo, ajuda, paciência e cumplicidade! Obrigada por tudo amiga!
Aos funcionários que cuidam da limpeza: Juliana, José Daniel e Vanderlei.
Aos amigos de turma: Elyeide, Julianne, June, Gabriele, Josilene, Thiago, Zilmara, Poliana, Cybele, Ronaldo, pelos conhecimentos trocados e companheirismo.
Aos amigos e alunos do PIBIC de Engenharia de Alimentos: Jacinete e Antônio.
Aos amigos e colaboradores: Larissa, Guilhardo, Fátima, Tatiana, Cristine,Cristiane, João Paulo, Rita, Juan, Ana Paula, Sandra, Mariane, todos que contibuíram de forma direta e indireta para realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA A TODOS!

Em seu coração o homem planeja o seu caminho, mas o Senhor determina os seus passos.

Pv 16:9

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 Classificação de banana (*Musa sapientum*) por grupo cromossômico segundo SIMMONDS e as respectivas variedades..... 22

Quadro 3.2 Características das principais cultivares de banana do Brasil, e sua resistência às doenças e pragas..... 26

Quadro 3.3 Escala de maturação da banana (*Musa sapientum*)..... 29

Quadro 3.4 Composição química de banana (*Musa sapientum*), verde e madura, de quatro diferentes variedades..... 29

Quadro 3.5 Composição nutricional da banana Prata, Pacovan e Maçã (por 100g de polpa)..... 33

Quadro 3.6 Resultado do teor de nutrientes da casca de banana..... 33

Quadro 3.7 Resultados da evolução da produção e área plantada de banana no Brasil 36

Quadro 3.8 Motivos causadores de perdas de banana, *(Musa sapientum)* segundo a visão dos equipamentos varejistas da Cidade de Botucatu/SP..... 43

Quadro 3.9 Níveis de contaminação de farinha, semolina e sêmola de trigo e de farinha de soja..... 54

Quadro 3.10 Valores mínimos de atividade de água para o desenvolvimento de alguns microrganismos patogênicos..... 62

Quadro 3.11 Estruturas utilizadas para alguns alimentos desidratados..... 67

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Desenho esquemático de uma bananeira adulta.....	21
Figura 3.2	Banana variedade Prata (*Musa sapientum)*.....	24
Figura 3.3	Banana variedade Pacovan (*Musa sapientum)*.....	24
Figura 3.4	Banana variedade Maçã (*Musa sapientum)*.....	25
Figura 3.5	Desenvolvimento da banana partenocárpica, cultivar. *Pisang lilin*. Evolução temporal do topo para baixo e da direita para a esquerda.....	27
Figura 3.6	Coloração da casca da banana *(Musua sapientum)*.....	30
Figura 3.7	Classificação de defeitos graves e leves na casca da banana.....	31
Figura 3.8	Limites de lesões e manchas na casca da banana.....	32
Figura 3.9	Distribuição mundial da produção bananeira - período 2007.....	34
Figura 3.10	Distribuição por estados brasileiros da produção bananeira período 2007	35
Figura 3.11	Distribuição dos estados brasileiros por área plantada de bananeira - período 2007.....	35
Figura 3.12	Principais mercados importadores de banana brasileira em 2007.....	37
Figura 3.13	Principais estados exportadores de banana brasileira em 2007.....	37
Figura 3.14	Municípios produtores de banana do Estado da Paraíba.....	39
Figura 3.15	Diversas formas de utilização da banana *(Musa sapientum)*.....	39
Figura 3.16	Efeito do branqueamento nos tecidos celulares.....	45
Figura 3.17	Evolução do tempo (t), do teor de água do produto (X), de sua temperatura (T) e da taxa de secagem (dX/dt), para ar com propriedades constantes.....	48
Figura 3.18	Mecanismo de escurecimento enzimático.....	56
Figura 3.19	Mecanismo de caramelização.....	57
Figura 3.20	Esquema resumido dos possíveis caminhos da Reação de Maillard.....	59
Figura 4.1	Fluxograma do processamento da farinha de casca de banana.....	73
Figura 4.2	Esquema do sistema de secagem: secador de bandeja.....	77
Figura 5.1	Adimensional de umidade em função do tempo para o processo de secagem da casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Prata, Cinética de secagem da casca de banana Prata a várias temperaturas de processo.....	82

Figura 5.2 Adimensional de umidade em função do tempo para o processo de secagem da casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Pacovan, Cinética de secagem da casca de banana Pacovan a várias temperaturas de processo..... 83

Figura 5.3 Adimensional de umidade em função do tempo para o processo de secagem da casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Maçã, Cinética de secagem da casca de banana Maçã a várias temperaturas de processo..... 83

Figura 5.4 Adimensional de umidade em função do tempo para o processo de secagem da casca de banana *(Musa sapientum)*, variedades Prata, Pacovan e Maçã à temperatura de 40°C..... 84

Figura 5.5 Adimensional de umidade em função do tempo para o processo de secagem da casca de banana *(Musa sapientum)*, variedades Prata, Pacovan e Maçã à temperatura de 50°C..... 85

Figura 5.6 Adimensional de umidade em função do tempo para o processo de secagem da casca de banana *(Musa sapientum)*, variedades Prata, Pacovan e Maçã à temperatura de 60°C..... 85

Figura 5.7 Taxa de secagem em função do conteúdo de umidade das amostras para o processo de secagem da casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Prata..... 86

Figura 5.8 Taxa de secagem em função do conteúdo de umidade das amostras para o processo de secagem da casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Pacovan..... 86

Figura 5.9 Taxa de secagem em função do conteúdo de umidade das amostras para o processo de secagem da casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Maçã..... 87

Figura 5.10 Taxa de secagem em função do conteúdo de umidade das amostras para o processo de secagem das cascas de banana *(Musa sapientum)*, variedades Prata, Pacovan e Maçã à 40°C..... 87

Figura 5.11 Taxa de secagem em função do conteúdo de umidade das amostras para o processo de secagem das cascas de banana *(Musa sapientum)*, variedades Prata, Pacovan e Maçã a 50°C..... 88

Figura 5.12 Taxa de secagem em função do conteúdo de umidade das amostras para o processo de secagem das cascas de banana *(Musa sapientum)*, variedades Prata, Pacovan e Maçã a 60°C..... 88

Figura 5.13 Modelo Difusional, empírico exponencial de dois parâmetros e semi-empírico de Page para o processo de secagem de casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Prata , 40°C..... 90

Figura 5.14 Modelo Difusional, empírico exponencial de dois parâmetros e semi-empírico de Page para o processo de secagem de casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Prata, 50°C..... 90

Figura 5.15 Modelo Difusional, empírico exponencial de dois parâmetros e semi-empírico de Page para o processo de secagem de casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Prata, 60°C..... 91

Figura 5.16 Modelo Difusional, empírico exponencial de dois parâmetros e semi-empírico de Page para o processo de secagem de casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Pacovan, 40°C..... 91

Figura 5.17 Modelo Difusional, empírico exponencial de dois parâmetros e semi-empírico de Page para o processo de secagem de casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Pacovan, 50°C..... 92

Figura 5.18 Modelo Difusional, empírico exponencial de dois parâmetros e semi-empírico de Page para o processo de secagem de casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Pacovan, 60°C..... 92

Figura 5.19 Modelo Difusional, empírico exponencial de dois parâmetros e semi-empírico de Page para o processo de secagem de casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Maçã, 40°C..... 93

Figura 5.20 Modelo Difusional, empírico exponencial de dois parâmetros e semi-empírico de Page para o processo de secagem de casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Maçã, 50°C..... 93

Figura 5.21 Modelo Difusional, empírico exponencial de dois parâmetros e semi-empírico de Page para o processo de secagem de casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Maçã, 60°C..... 94

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 Caracterização físico-química da casca de banana *(Musa sapientum) in natura*, das variedades Prata, Pacovan e Maçã 80

Tabela 5.2 Parâmetros de processo da secagem convectiva das cascas de banana (*Musa sapientum*), variedades Prata, Pacovan e Maçã 81

Tabela 5.3 Parâmetros de ajuste obtidos do Modelo Difusional, durante a secagem convectiva da casca *in natura* de banana *(Musa sapientum)*, variedades Prata, Pacovan e Maçã a várias temperaturas de processo 94

Tabela 5.4 Parâmetros de ajuste obtidos do modelo empírico exponencial de dois parâmetros durante a secagem convectiva da casca *in natura* de banana *(Musa sapientum)*, variedades Prata, Pacovan e Maçã a várias temperaturas de processo 95

Tabela 5.5 Parâmetros de ajuste obtidos do modelo de Page durante a secagem convectiva da casca *in natura* de banana *(Musa sapientum)*, variedades Prata, Pacovan e Maçã a várias temperaturas de processo 96

Tabela 5.6 Valores de Atividade de Água da farinha de casca de banana *(Musa sapientum)*, variedades Prata, Pacovan e Maçã em diferentes temperaturas 97

Tabela 5.7 Caracterização físico-química da farinha de casca de banana *(Musa sapientum)* variedades Prata, Pacovan e Maçã 98

NOMENCLATURA

a_w	Atividade de Água	-
A, B	Parâmetros de ajuste do modelo empírico exponencial de dois parâmetros e do modelo de Page	-
D	Difusividade	m^2/s
E	Desvio relativo médio	%
L	Espessura do material	m
K	Constantes do modelo de Page (1949) e empírico exponencial de dois parâmetros	s^{-1}
N	Número de pontos experimentais	-
P	Pressão de Vapor do alimento	Pa
P_o	Pressão de Vapor da água pura na mesma temperatura	Pa
R^2	Coeficiente de determinação	-
t	Tempo de processo	s
T	Temperatura de processo	°C ou K
UR	Umidade Relativa	%
V_E	Valor Observado	-
V_P	Valor Predito	-
X	Conteúdo de Umidade da amostra em base seca	$kg_{água}/kg_{ms}$
x, y, e z	Direções do fluxo de matéria	m

Subscritos

0	Relativo à condição inicial
e	Relativo à condição de equilíbrio
ef	Relativo à efetiva

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO..... 17
2 OBJETIVOS..... 19
2.1 Objetivo Geral..... 19
2.2 Objetivos Específicos..... 19
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 20
3.1 Banana..... 20
3.1.1 Botânica..... 21
3.1.2 Variedades..... 22
3.1.3 Cultivares..... 23
3.1.3.1 Prata..... 23
3.1.3.2 Pacovan..... 24
3.1.3.3 Maçã..... 25
3.1.4 Estrutura e desenvolvimento do fruto..... 26
3.1.5 Maturação..... 27
3.1.6 Classificação..... 29
3.1.7 Composição..... 32
3.2 Mercado..... 34
3.2.1 Produção..... 34
3.2.1.1 Regiões produtoras de banana no estado da Paraíba..... 38
3.3 Produtos desidratados da banana..... 39
3.3.1 Banana passa ou seca..... 40
3.3.2 Farinha de banana..... 40
3.3.3 Flocos..... 40
3.3.4 Chips..... 40
3.4 Farinha..... 41
3.5 Perdas de frutas e aproveitamento de seus resíduos..... 41
3.6 Aspectos tecnológicos necessários à elaboração de farinha..... 44
3.6.1 Branqueamento..... 44
3.6.2 Secagem convectiva..... 45
3.6.2.1 Cinética de secagem..... 48

3.6.3 Redução do tamanho de alimentos sólidos..... 52
3.7 Aspectos microbiológicos e bioquímicos..... 53
3.7.1 Pragas mais comuns em massas alimentícias e farinhas..... 54
3.7.2. Processos de escurecimento em alimentos..... 55
3.7.2.1 Escurecimento enzimático..... 55
3.7.2.2 Escurecimentos não-enzimáticos..... 57
3.8 Aspectos de qualidade de alimentos desidratados..... 59
3.8.1 Atividade de água..... 60
3.8.2 Sais Minerais..... 62
3.9 Embalagens e armazenamento..... 65
4 METODOLOGIA..... 68
4.1 Matéria – Prima..... 68
4.2 Locais de experimentos..... 68
4.3 Caracterização físico-química da matéria-prima..... 68
4.3.1 Umidade..... 69
4.3.2 Atividade de água..... 69
4.3.3 Sólidos solúveis ou Brix..... 69
4.3.4 Determinação de acidez..... 69
4.3.5 Determinação do pH..... 70
4.3.6 Determinação do Amido..... 70
4.3.7 Determinação de Cálcio..... 70
4.3.8 Determinação de Sódio..... 70
4.3.9 Determinação de Magnésio..... 71
4.3.10 Determinação de Potássio..... 71
4.3.11 Determinação de Açúcares Redutores e Totais..... 71
4.3.12 Determinação de Proteínas (Método de Kjeldahl)..... 71
4.3.13 Determinação de Lipídeos (Método de Soxhlet)..... 72
4.3.14 Determinação de Cinzas..... 72
4.4 Descrição das etapas do processamento..... 72
4.4.1 Obtenção das pencas de bananas..... 74
4.4.2 Lavagem..... 74
4.4.3 Sanitização..... 74
4.4.4 Descascamento..... 74

4.4.5 Corte..... 75
4.4.6 Branqueamento..... 75
4.4.7 Pesagem..... 75
4.4.8 Secagem convectiva..... 76
4.4.8.1 Cinética de secagem..... 77
4.4.8.2 Modelagem matemática da secagem..... 77
4.4.9 Trituração..... 78
4.4.10 Embalagem e armazenamento..... 78
4.4.11 Tratamento estatístico dos dados..... 78
4.4.12 Qualidade do produto final processado..... 79
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 80
5.1 Caracterização físico-química da matéria-prima..... 80
5.2 Secagem convectiva……..... 81
5.2.1 Cinética de secagem para as cascas de banana Prata, Pacovan e Maçã..... 81
5.2.1.1 Modelagem matemática da cinética de secagem..... 89
5.3 Qualidade do produto seco..... 97
5.4 Caracterização físico-química da farinha de casca de banana (*Musa sapientum*) das variedades Prata, Pacovan e Maçã..... 98
6 CONCLUSÕES..... 102
REFERÊNCIAS..... 104
APÊNDICE A − Cinética de secagem..... 115
APÊNDICE B − Inativação Enzimática..... 120

RESUMO

PESSOA, T.R.B.**Avaliação do processo de obtenção de farinha da casca de banana (***Musa sapientum***) das variedades Prata, Pacovan e Maçã.** João Pessoa, 121f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal da Paraíba.

O presente trabalho teve como objetivo estudar o processo de secagem das cascas de banana Prata, Pacovan e Maçã (*Musa sapientum*) *in natura*. A secagem convectiva foi realizada a várias temperaturas (40°C a 60°C) do ar de secagem com velocidade média (1,0 m/s) do ar. Para tal, foi utilizado secador de leito fixo com fluxo ascendente de ar. Os ensaios foram conduzidos até que as amostras alcançassem o equilíbrio na sua própria umidade e a umidade do ar de secagem. A cinética de secagem foi avaliada através dos Modelos Difusional, empírico exponencial de dois parâmetros e semi-empírico de Page, através desses modelos foram encontradas difusividades da ordem de 10^{-10} m/s². De maneira geral a difusividade aumentou com o tempo. As maiores taxas de secagem foram obtidas para a casca de banana Maçã, Prata e Pacovan respectivamente. A qualidade obtida do produto foi avaliada através das seguintes análises: atividade enzimática, minerais e atividade de água A condição de temperatura de secagem que gerou um produto final com melhor qualidade foi a de 60°C para as três variedades.

Palavras-chave*:* Banana. Branqueamento. Casca. Farinha. Secagem.

ABSTRACT

PESSOA, T.R.B.**Process evaluation to produce banana (***Musa sapientum***) flour from peels of fresh fruit varieties Prata, Pacovan and Apple.** João Pessoa, 2009. 121f. Dissertation (Máster Degree in Food Science and Technology), Universidade Federal da Paraíba.

This work aimed to study the drying process of banana (*Musa sapientum*) peels (varieties Prata, Pacovan and Apple). The convective drying was performed at various air temperatures (40°C to 60°C) and at an average air speed of 1.0 m/s. It was used a fixed bed dryer with upward flow of air. The tests were conducted until the sample reached equilibrium between its own moisture and the drying air humidity. The drying kinetics was evaluated by the Fick, empirical two parameters exponential and Page semi-empirical models. From these models were found the water diffusivities. They were in the order of 10^{-10}m/s². Overall diffusivities increased with drying air temperature. The highest drying rates were obtained for the banana peels from varieties Apple, Prata and Pacovan, respectively. Final product quality was evaluated through the following analysis: enzymatic activity, minerals and water activity. The best drying condition, which generated a final product with better quality, was at 60°C of air temperature for the three varieties.

Keywords: Banana. Blanching. Peels. Flour. Drying.

1 INTRODUÇÃO

A bananicultura é um cultivo na maioria dos países tropicais (AGUIAR, 2006). No total de frutos produzidos no Brasil em 2007, a banana *(Musa sapientum)* encontra-se em segundo lugar, perdendo apenas para a produção de laranjas (IBGE, 2008).

No contexto mundial, o Brasil é o quarto maior produtor superado apenas pela Índia, China, e Filipinas (FAO, 2008).

As regiões de destaque no Brasil para a produção de bananas são: Bahia, São Paulo, Santa Catarina, Pará, Minas Gerais, Ceará e Pernambuco (IBGE, 2008).

O desperdício de bananas no Brasil é alto, devido às perdas pós-colheita e ao descarte da fruta, chegando a 40% da produção; isto ocorre quando tais frutas não se enquadram nos padrões de aceitabilidade também do consumidor brasileiro. Além do mais, grande parte da colheita nacional se perde antes de chegar ao consumidor final (CARDENETTE, 2006).

Na industrialização da banana as cascas são geralmente descartadas servindo apenas como alimento para animais. No entanto, se devidamente tratadas, podem servir como substrato para a produção de leveduras e de outros fermentos, além de excelente produto para a fabricação de doces (MARTINS; FARIAS, 2002) e de farinha.

Um estudo desenvolvido por Souza; Peixoto, Waachholz, (1995) determinaram as perdas em diferentes etapas na cadeia da banana no Brasil: na lavoura (mais de 5%); no processo de embalagem (mais de 2%); no atacado (de 6% a 10%); no varejo (de 10 a 15%) e, no consumidor (de 5 a 8%).

O Brasil parece ser um dos países latinos mais férteis para o “cultivo” do desperdício, pois recursos naturais, financeiros, oportunidades e até alimentos são literalmente atirados na lata do lixo, sem possibilidade de retorno. Como sintoma de desorganização e desestruturação, o desperdício está incorporado à cultura brasileira, ao sistema de produção, à área de engenharia do país, provocando perdas irrecuperáveis na economia, ajudando o desequilíbrio do abastecimento, diminuindo a disponibilidade de recursos para a população (BORGES, 1991). Neste sentido, esporadicamente, são encetadas campanhas tímidas para combater o desperdício em certos segmentos do setor produtivo do nosso país, algumas delas tem como tônica o reaproveitamento de certos materiais industrializados descartáveis, mas esses movimentos são, via de regra, temporários e assumem caráter nitidamente paliativo, pois, estão bem longe de solucionar o problema (OLIVEIRA et al., 2002).

Uma alternativa que vem ganhando corpo desde o início da década de 1970 consiste no aproveitamento de resíduos (principalmente cascas) de certas frutas como matéria-prima para a produção de alguns alimentos perfeitamente passíveis de serem incluídos na alimentação humana. Trata-se, sem sombra de dúvidas, de uma proposta plausível e concreta, visto que esses resíduos representam extraordinária fonte de materiais considerados estratégicos para algumas indústrias brasileiras (OLIVEIRA et al., 2002).

A destinação imprópria para os resíduos do processamento de certas frutas, como, por exemplo, a banana cultivada em larga escala em quase todo o Brasil, a quantidade de resíduos (cascas) produzidos por toneladas de produtos processados e comercializados da banana é bastante expressiva e, portanto, é muito importante que um número cada vez maior de soluções para o aproveitamento dos mesmos seja proposto, o que somente será possível incentivando o desenvolvimento de pesquisas.

Secagem é uma operação na qual calor é fornecido a um dado material que contém água, a fim de se vaporizar certo conteúdo de água deste material, obtendo-se, portanto, um produto sólido desidratado. Trata-se de um processo com transporte simultâneo de calor e massa, acompanhado de mudança de fase (BARBANTI; MASTROCOLA; SEVERINI, 1994; LEWICKI; JAKUBCZYK, 2004). O objetivo maior da secagem é a redução da atividade de água do alimento a qual está intimamente relacionada ao grau de estabilidade do mesmo, do ponto de vista físico, químico e microbiológico.

As cascas geralmente apresentam teores de nutrientes maiores do que os das suas respectivas partes comestíveis, podendo, além de se tornar uma alternativa viável para resolver o problema da eliminação dos resíduos, ser utilizada como fonte alternativa de nutrientes (OLIVEIRA et al., 2002; GOMDIM et al., 2005).

A falta de dados nutricionais referentes às cascas da banana é uma realidade, o que sugere um estudo mais específico sobre seu potencial alimentício.

De acordo com o que foi visto anteriormente, tendo em vista o forte apelo nutricional da casca de banana (*Musa sapientum*) e ainda considerando que as mesmas possuem um percentual de perda próximo a 100%, torna-se interessante o seu beneficiamento com vista a minimização do impacto ambiental e a possível geração de renda para pequenos produtores.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo estudar os principais aspectos de obtenção da farinha da casca de banana (*Musa sapientum)* das variedades Prata, Pacovan, e Maçã, analisando os parâmetros tecnológicos, bioquímicos e de qualidade envolvidos no processo de secagem.

2.2 Objetivos Específicos

a) realizar a caracterização físico-química das cascas de banana *in natura*;

b) analisar os parâmetros de qualidade das matérias-primas em questão (atividade enzimática, minerais e atividade de água);

c) estudar e modelar a cinética de secagem convectiva das cascas de banana sob diferentes condições de temperatura do ar de secagem (40°C, 50°C, e 60°C), para todas as variedades de bananas supracitadas;

d) analisar os parâmetros tecnológicos e de qualidade das cascas de banana *in natura* e seca;

e) caracterizar físico-quimicamente a farinha de casca de banana obtida para as diferentes variedades.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Banana

A bananeira (*Musa* spp.), originária do Continente Asiático, é cultivada em quase todos os países tropicais (BORGES et al., 2006). No Brasil, já existia desde antes de seu descobrimento (NAVES, 1994). Ela desenvolve-se em regiões de temperaturas altas e uniformes. No que respeita à precipitação pluviométrica, vale ressaltar que o consumo de água pela bananeira é grande e constante. Ela requer alta luminosidade, ainda que a duração do dia aparentemente não influa no seu crescimento e frutificação. O vento é outro fator influenciável no cultivo da banana, os prejuízos causados por este são proporcionais à sua intensidade. Essa planta, típica das regiões tropicais úmidas, desenvolve-se melhor onde se registram médias anuais de Umidade Relativa UR (%) superiores a 80% (ALVES et al., 1997). As bananeiras são cultivadas abaixo do nível do mar, no nível do mar, ou em baixa altitude, onde estão localizados os melhores bananais do mundo (MANICA, 1998).

A bananeira é uma planta herbácea (Figura 3.1 a seguir). Possui tronco curto e subterrâneo, denominado de rizoma, que constitui um órgão de reserva, onde se inserem as raízes adventícias e fibrosas. O pseudocaule é resultante da união das bainhas foliares que ficam sobrepostas umas sobre as outras concentricamente dando um aspecto cilíndrico a este órgão. Do centro da copa emerge a inflorescência que é denominada de racimo ou “cacho”. O cacho é constituído por engaço, pencas, ráquis e coração, que é formado pelas flores masculinas, com suas respectivas brácteas. As flores femininas dão origem aos frutos nos cultivares comestíveis. De um modo geral, os frutos da bananeira são produzidos por partenocarpia e sem a presença de sementes. O fruto é uma baga alongada, o epicarpo corresponde à casca e o mesocarpo à polpa. . Os frutos ou dedos da banana fazem parte da penca ou mão. Durante o desenvolvimento, há formação de rebentos (filhos), que surgem na base da planta, possibilitando a constante renovação e a vida permanente dos bananais (ALVES, 1999; MANICA, 1998; MEDINA et al., 1995).

O comprimento das folhas varia segundo a fertilidade da terra, do clima e principalmente da variedade cultivada, e as medidas podem variar de 1,3 a 4m de comprimento, e até 60 cm de largura, a exceção da última folha, que é curta e colorida. A emissão de raízes é contínua até que o meristema vegetativo se transforme em florífero. Em

geral, cada cacho de banana fornece de 9 a 17 pencas com fila dupla de “dedos”. Após o amadurecimento dos frutos, a parte aérea morre, porém a produção de novos cachos fica assegurada pelo desenvolvimento de outros rebentos produzidos pelo rizoma (SILVA, 1997).

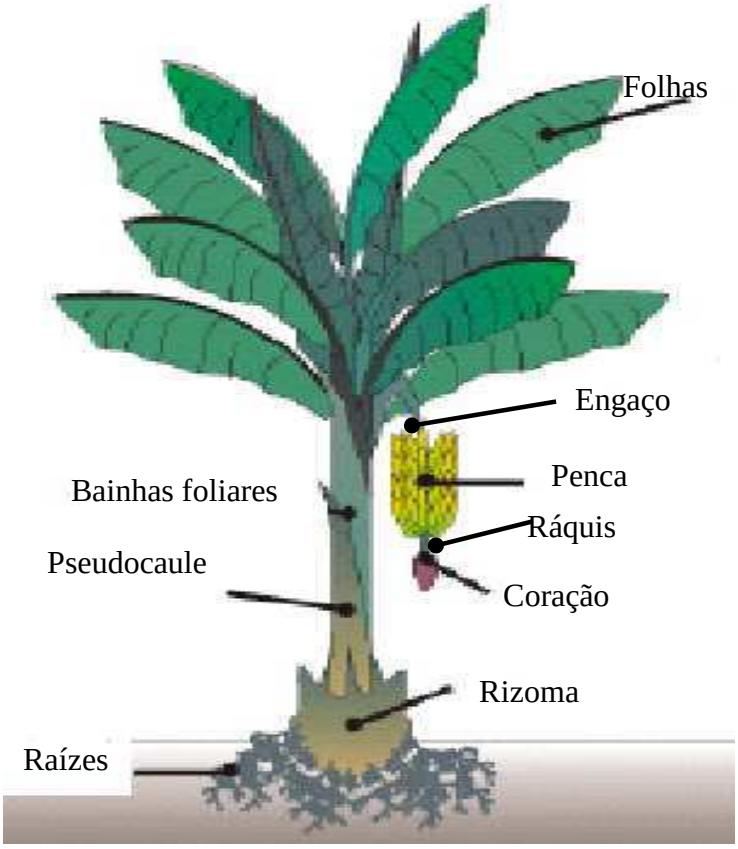

Figura 3.1 − Desenho esquemático de uma bananeira adulta.
Fonte: AGUIAR (2006).

3.1.1 Botânica

As bananeiras são plantas da classe das Monocotiledôneas, que pertence à ordem Scitaminales, do gênero *Musa*, da família das Musaceae, da qual fazem parte as subfamílias Heliconioideae, Strelitzioideae e Musoideae. Esta última inclui, além do gênero *Ensete*, o gênero *Musa*, constituído por quatro séries ou seções: Australimusa, Callimusa, Rhodochalamys e (Eu-) Musa (SIMMONDS, 1973). A seção (Eu-) Musa é a mais importante, uma vez que, além de ser formada pelo maior número de espécies do gênero, apresenta ampla distribuição geográfica e abrange as espécies de bananas comestíveis (ALVES, et al., 1997).

3.1.2 Variedades

Após a Segunda Guerra Mundial, deu-se início a um intenso programa de cruzamentos genéticos, com a finalidade de encontrar variedades resistentes às enfermidades que atacavam as bananeiras (SILVA, 1997).

A maioria dos cultivares de banana originou-se no Continente Asiático, tendo evoluído a partir das espécies diplóides selvagens M. *acuminata* Colla e M *balbisiana* Colla. Apresenta três níveis cromossômicos distintos: diplóide, triplóide e tetraplóide, os quais correspondem, respectivamente, a dois, três e quatro múltiplos do número básico de cromossomos. Por meio de cruzamentos experimentais pode-se contatar que as bananeiras triplóides originaram-se a partir de hibridações entre diplóides, bem como os tetraplóides foram originados a partir de cruzamentos entre triplóides e diplóides (ALVES et al., 1997).

Na evolução das bananeiras comestíveis participaram, principalmente, as espécies diplóides selvagens *M. acuminata* Colla e *M. balbisiana* Colla, de modo que cada cultivar deve conter combinações variadas de genomas completos dessas espécies parentais. Esses genomas são denominados pelas letras A (*M. acuminata*) e B (*M. balbisiana*) (ALVES et al., 1997).

A classificação das variedades se dá segundo seus grupos cromossômicos, seguindo a classificação de SIMMONDS como mostra o Quadro 3.1 (MEDINA et al., 1995).

Ploidia	Genômio	Variedades
Grupo diplóide	AA	Banana ouro
Grupo triplóide	AAA	Nanica, Nanicão, Gros-michel, Caru-roxa, Caru-verde, Grande Naine, Caipira.
	AAB	Prata, Pacovan, Prata Anã, Maçã, Mysore, Thap Maeo, Branca, Terra D´Angola, Terrinha, Pacovaçu.
	ABB	Marmelo, Figo Vermelho, Figo Cinza.
Grupo tetraplóide	AAAB	Pioneira, Fhia-01, Fhia-18, SH-3640, Pacovan Ken.

Quadro 3.1 − Classificação de banana (*Musa sapientum*) por grupo cromossômico segundo SIMMONDS e as respectivas variedades.
Fonte: Adaptada de MEDINA et al., 1995; SILVA et al., 2003.

Embora exista um número expressivo de variedades de banana no Brasil, quando se consideram aspectos como preferência dos consumidores, produtividade, tolerância a pragas e doenças, resistência à seca, porte e resistência ao frio, restam poucas cultivares com potencial agronômico para serem usadas comercialmente. As cultivares mais difundidas no Brasil são: Prata, Pacovan, Prata Anã, Maçã, Mysore, Terra e D'Angola, do grupo genômico AAB, e Nanica, Nanicão e Grande Naine, do grupo AAA, utilizadas principalmente para o mercado de exportação. Em menor escala são plantadas 'Ouro' (AA), a 'Figo Cinza' e 'Figo Vermelho' (ABB), 'Caru Verde' e 'Caru Roxa' (AAA). As cultivares Prata e Pacovan são responsáveis por aproximadamente 60% da área cultivada com banana no Brasil (BORGES, et al., 1997).

3.1.3 Cultivares

3.1.3.1 Prata

No cultivar Prata, (Figura 3.2), (a seguir), o peso do cacho tem variado de 5,91 a 17,70 kg, com 5 a 9 pencas, as quais contêm de 83 a 112 frutos por cacho; os frutos, possuem seção transversal pentagonal com cinco quinas bem visíveis, ficando arredondadas à medida que se aproxima o ponto de colheita, têm tamanho médio, comprimento de 10 a 13 cm, com diâmetro de 3,5 a 4,1 cm, de extremidade bem pronunciada, pontuada, sem restos florais (MANICA, 1998).

A casca do fruto possui espessura média, de cor amarela quando madura; a polpa é creme a róseo-pálida, de sabor doce a suavemente ácido, excelente para o consumo ao natural ou sob a forma de doces (BORGES et al., 1997). A planta é muito suscetível ao Mal-de-sigatoka e ao Mal-do-panamá, sendo também muito atacada pela Broca-da-bananeira (MANICA, 1998).

Figura 3.2 − Banana variedade Prata (*Musa sapientum).*
Fonte: PESSOA (2008).

3.1.3.2 Pacovan

O cultivar Pacovan como mostra a Figura 3.3, é uma variação do cultivar Prata (MANICA, 1998). No cultivar Pacovan, o peso do cacho possui, em média 16 kg, com 5 a 7 pencas, as quais contêm em torno de 85 frutos por cacho. Estes têm tamanho médio, com comprimento de aproximadamente 14 cm, com fruto pesando cerca de 122g. O cultivar Pacovan é mais rústico que a Prata, apresenta frutos 40% maiores, com quinas que permanecem mesmo depois da maturação; tem superado em quase 100% a produtividade da 'Prata', sob irrigação. A planta é suscetível ao Mal-de-sigatoka e moderadamente suscetível ao Mal-do-panamá (BORGES, et al., 1997).

Figura 3.3 − Banana variedade Pacovan (*Musa sapientum).*
Fonte: PESSOA (2008).

3.1.3.3 Maçã

A banana, variedade maçã, como mostra a Figura 3.4, é o cultivar mais nobre para os brasileiros, dado o seu paladar. Os cachos têm de 4 a 8 pencas, de 58 a 128 frutos, com peso de 6 a 14 kg; os frutos são curtos, pontiagudos e quando maduros, têm cor amarelada, casca fina e delicada e despencam com muita facilidade (MANICA, 1998).

A polpa é branca, macia, suculenta, com sabor doce-acidulado, muito agradável, com aspecto granuloso. Os frutos têm grande aceitação no mercado interno, mas apresentam pouca resistência ao transporte e armazenamento; as plantas são muito suscetíveis ao Mal-do-panamá, principal razão da cultura mudar continuamente de local, saindo de áreas antigas para novas áreas, e os frutos apresentam muitas vezes um endurecimento na polpa, fenômeno conhecido com “empedramento”, atribuído a fatores climáticos e nutricionais (MANICA, 1998).

Figura 3.4 − Banana variedade Maçã (*Musa sapientum).*
Fonte: PESSOA (2008).

As características de desenvolvimento e rendimento dos principais cultivares de banana no Brasil são mostradas na Quadro 3.2, a seguir.

Resistência às doenças e pragas							
Cultivar	**Porte**	Mal- do--panamá	Sigatoka--amarela	Sigatoka--negra	Moko	Nematóide R. similis	Broca-do-rizoma
Prata (AAB)	Alto	MS	S	S	S	R	MR
Pacovan (AAB)	Alto	MS	S	S	S	R	MR
Prata Anã (AAB)	Baixo	MS	S	S	S	R	MR
Maçã (AAB)	Médio	S	MR	-	S	R	MR
Mysore (AAB)	Alto	R	R	R	S	R	MR
Terra (AAB)	Alto	R	R	S	S	S	S
D'Angola (AAB)	Médio	R	R	S	S	S	S
Nanica (AAA)	Baixo	R	S	S	S	S	S
Nanicão (AAA)	Médio	R	S	S	S	S	S

Quadro 3.2 – Características das principais cultivares de banana do Brasil, e sua resistência às doenças e pragas.
Fonte: SILVA (1997).
S – susctível; MS- moderadamente suscetível; MR- moderadamente resistente; R- resistente.
AAA- Triplóide; AAB- Triplóide Acuminata.

3.1.4 Estrutura e desenvolvimento do fruto

O fruto de banana possui três camadas distintas: o exocarpo, que forma a casca da fruta; o mesocarpo, que é uma camada intermediária relativamente grossa; e o endocarpo, uma camada interna membranosa que é formada pelos lóculos (MAURO, 1992).

A banana comestível é um fruto partenocárpico, ou seja, não precisa do estímulo da polinização. A Figura 3.5, logo a seguir, apresenta um diagrama esquemático da seção transversal do fruto durante o desenvolvimento. O crescimento do fruto se dá em dois estágios, primeiramente pelo crescimento, para dentro, do pericarpo que reveste os lóculos internamente e, em seguida, pela expansão do eixo floral central, da placenta e dos septos. No estágio final, a cavidade ovária é substituída por um tecido macio e carnudo, sem que os óvulos tenham se transformado em sementes. Os óvulos desorganizados podem ser identificados no fruto maduro como pequenos pontos pretos no interior da parte comestível (SIMMONDS, 1966).

No fruto maduro, os três lóculos são separados por três septos, que consistem de células de parênquima e conjuntos de canais vasculares e atingem cerca de cinqüenta células de espessura. Estes canais vasculares se estendem tangencialmente (perpendicularmente ao eixo do fruto), desde o eixo floral central até o parênquima externo (RAM; RAM; WAACHHOLZ ,1962).

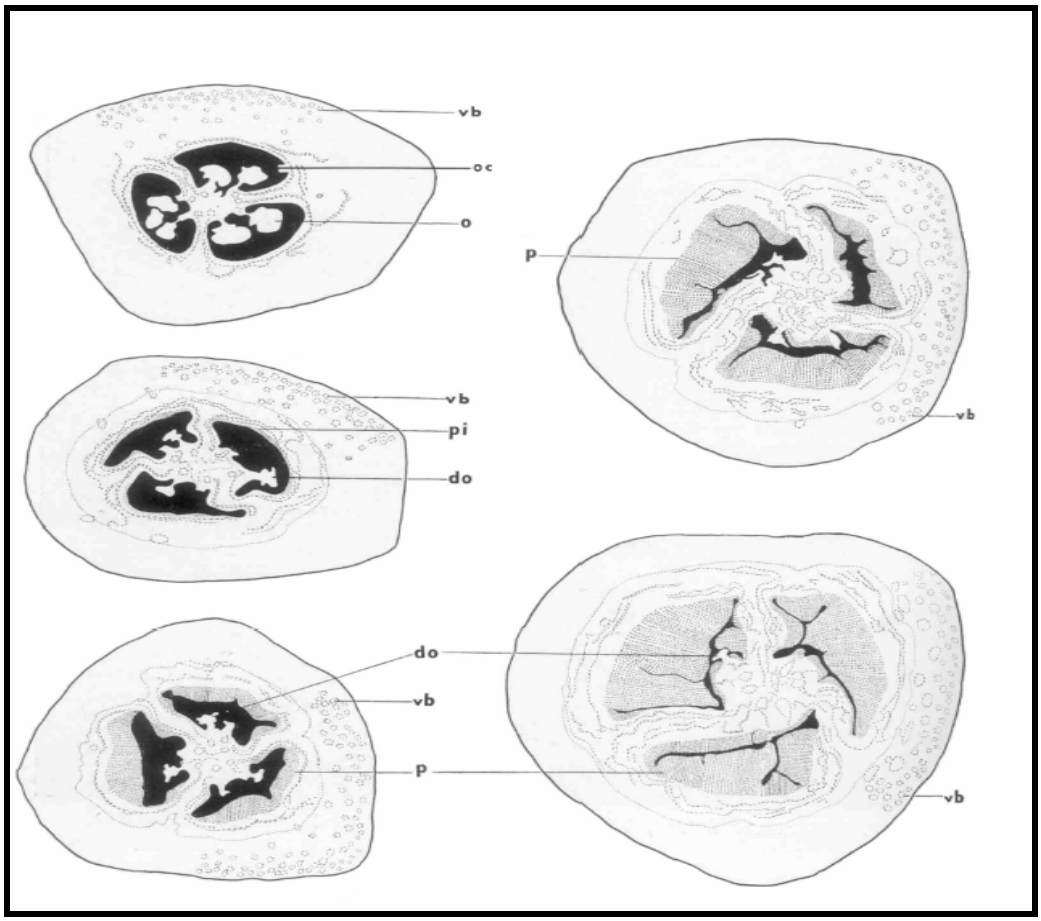

Figura 3.5 − Desenvolvimento da banana partenocárpica, cultivar. *Pisang lilin*. Evolução temporal do topo para baixo e da direita para a esquerda. Onde: o – óvulo; oc – cavidade ovária; vb – aglomerado de canais vasculares; pi – células iniciadoras da polpa; do – óvulos desorganizados, p – polpa.
Fonte: (RAM; RAM; WAACHHOLZ, 1962).

3.1.5 Maturação

Durante o amadurecimento da banana ocorrem transformações na aparência, textura e composição química devido a direta ou indireta a ação de enzimas (AGUIAR, 2006).

A alteração mais perceptível, em relação a maturação da banana, que ocorre na polpa é a transformação do amido em açúcares. A banana verde possui alto Teor de Amido, em torno de 20%, que durante a maturação, pela ação enzimática da Amilase, se converte em açúcares redutores como Glicose e Frutose na proporção de 8 a 10% da polpa, e Sacarose de 10 a 12 %. A Porcentagem de Amido na banana madura é muito baixa, encontra-se em torno de 0,5 a 2% (MOTA et al., 1997; MEDINA et al., 1995).

A casca da banana possui pigmentos de Clorofila, Xantofila e Caroteno. Na fruta verde a quantidade de Clorofila é de 52 a 103 mg/kg, e esta vai sendo degradada por ação enzimática tornando o Caroteno e a Xantofila mais evidentes quando madura, resultando numa coloração amarela (MEDINA et al., 1995).

A polpa de banana é composta por milhares de pequenas células, na fruta verde cada uma destas células possui paredes rígidas compostas principalmente de uma substância insolúvel denominada de Protopectina. Na maturação a Protopectina sofre quebra parcial pela ação de enzimas que a transformam em forma solúvel de pectina, permitindo assim o amolecimento das paredes celulares do conteúdo interno, dando como resultado uma massa semi-sólida (SIMMOND, 1973).

A umidade na polpa da banana verde é de aproximadamente 70%, que se eleva para 75% quando completamente madura. Isso porque com a hidrólise do amido ocorre um aumento da pressão osmótica na polpa o que favorece a diminuição da umidade da casca e concomitante aumento da polpa. A relação polpa/casca é conhecida como Coeficiente de Maturação e pode ser considerado para avaliar o índice de maturação da banana, pois o peso da polpa aumenta uma vez que ocorre absorção de água proveniente da casca. Na banana verde os valores do Coeficiente de Maturação variam de 1,3 a 1,4 e atinge valores acima de 2,0 nas bananas maduras (MEDINA et al., 1995).

Os Sólidos Totais da banana apresentam uma pequena redução à medida que a fruta amadurece, o que atribui a uma absorção de água pela polpa. No entanto os Sólidos Solúveis aumentam com a maturação pela degradação do amido em açúcares solúveis atingindo um máximo de 27%, ocorrendo uma pequena redução quando a fruta está muito madura com pintas pretas (MEDINA et al., 1995).

A acidez orgânica é baixa quando a banana é verde, e vai aumentando no decorrer do processo de maturação até atingir o máximo, quando a casca está totalmente amarela, para depois decrescer. A acidez pode estar relacionada com o mecanismo de respiração da fruta. O pH da fruta verde varia de 5,0 a 5,6 e da banana madura de 4,2 a 4,7, mas dentro dessas faixas podem ocorrer variações nos diferentes cultivares de banana (MEDINA et al., 1995).

A seguir, no Quadro 3.3, são mostrados os diversos estágios no amadurecimento da banana correlacionada com a cor da casca. Segundo Palmer (1971), o estágio de amadurecimento da banana está em proporção direta com a hidrólise do amido e a inversão dos açúcares.

Coloração da casca	Amido (%)	Açúcar (%)
Verde	21,5 – 19,5	0,1 -2,0
Verde com traços amarelos	19,5 – 16,5	2,5 – 5,0
Vais verde que amarela	18 – 14,5	3,5 – 70
Mais amarela que verde	15,0 – 9,0	6,0 – 12,0
Amarela com extremidade verde	10,5 – 2,5	10,0 – 18,0
Inteiramente amarela	4,0 – 1,0	16,5 – 19,5
Amarela com manchas pardas	2,5 – 1,0	17,5 – 19,0
Amarela com grandes manchas pardas	1,5 – 1,0	18,5 – 19

Quadro 3.3 – Escala de maturação da banana (*Musa sapientum*).
Fonte: HAENDLER, (1964).

No Quadro 3.4, são mostrados alguns dos principais componentes de bananas verdes e maduras, de quatro variedades diferentes. Observa-se que as principais variações encontram-se no conteúdo de amido, açúcares e de ácido ascórbico.

COMPONEN-TES	PRATA		NANICÃO		NANICA		MAÇÃ	
	VERDE	MAD.	VERDE	MAD.	VERDE	MAD.	VERDE	MAD.
Sólidos Totais (%)	32,24	28,08	27,43	22,04	25,65	23,43	32,26	30,23
Amido (%)	25,92	3,31	11,9	1,89	19,91	0,99	17,83	2,43
Açúcar Total (%)	0,18	11,48	0,26	14,29	0,43	16,79	3,83	17,69
Açúcar Red. (%)	0,17	9,39	0,19	8,57	0,19	7,75	1,51	15,13
Proteínas (%)	1,04	-	1,20	-	1,42	-	-	-
Ác. Ascórbico (mg/ 100g)	26,04	15,09	13,4	5,93	8,24	11,04	-	-

Quadro 3.4 − Composição química de banana (*Musa sapientum*), verde e madura, de quatro diferentes variedades.
Fonte: FULLER (1996).

3.1.6 Classificação

O "Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros" (PBMPCEH) estabelece normas de qualidade, padronização e classificação dos produtos hortifrutícolas e entre eles se encontra a banana (AGUIAR, 2006).

O PBMPCEH propõe a classificação da banana em grupo, subgrupo, classe, subclasse e categoria. O grupo compreende todas as variedades da espécie *Cavendish* (Nanica, Nanicão,

Grande Nain e Caipira). O subgrupo está relacionado com a coloração da casca como mostra a Figura 3.6.

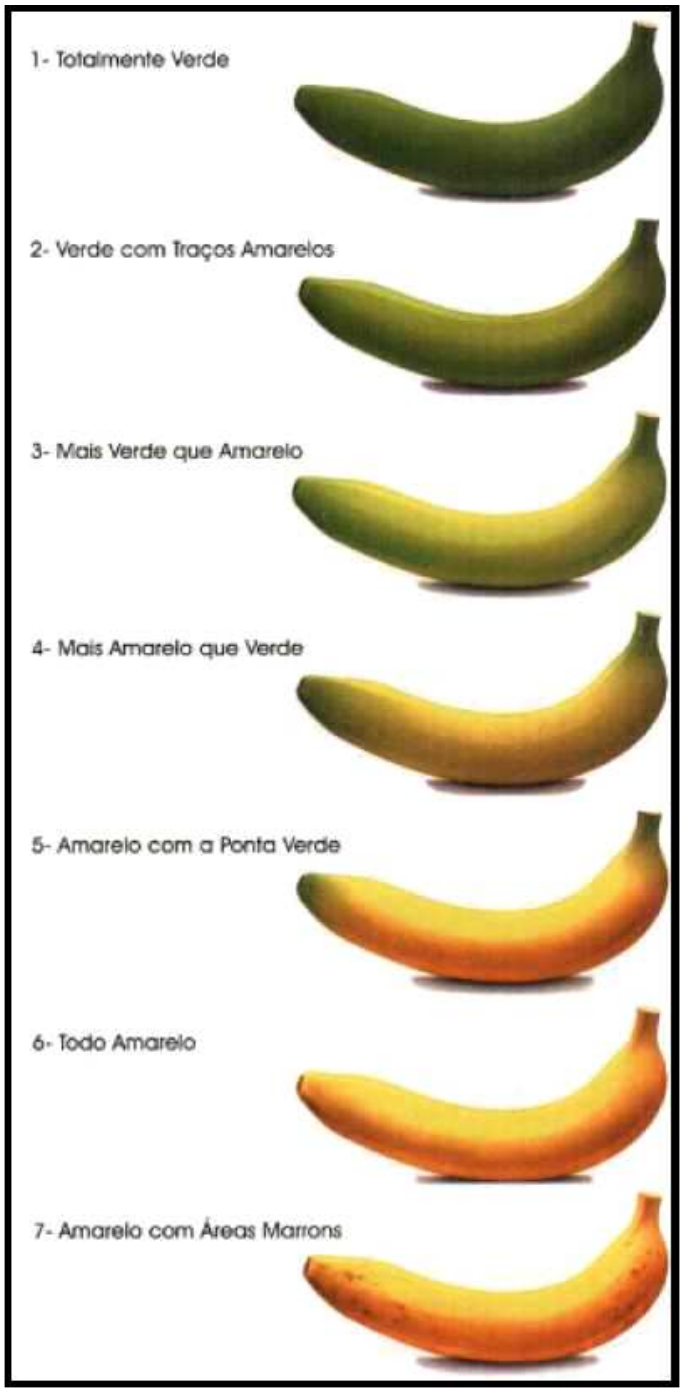

Figura 3.6 − Coloração da casca da banana *(Musua sapientum)*.
Fonte: PBMPCEH (1998).

A classificação em categoria está relacionada com a qualidade. É medida pela quantidade de defeitos presentes no lote. Estes defeitos podem ser leves, graves e variáveis. Defeito leve deprecia o produto, mas não impede seu consumo, como as manchas e deformidades. Defeito grave impede o consumo, são as podridões e aquilo que pode levar rapidamente a elas, como os danos profundos. Defeitos variáveis são aqueles que, dependendo da extensão, podem ser graves ou leves. A Figura 3.7 estabelece a classificação dos defeitos da banana.

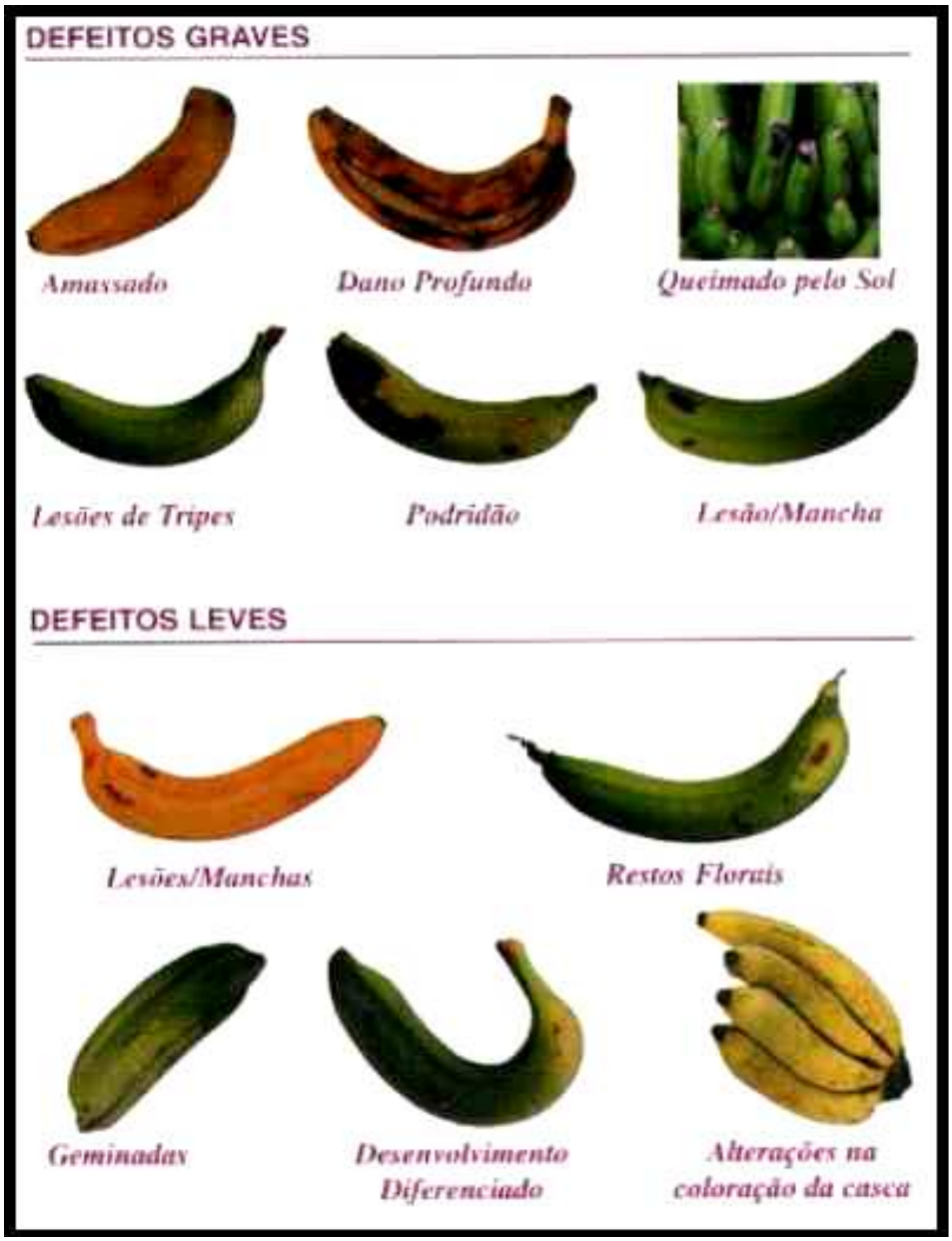

Figura 3.7 − Classificação de defeitos graves e leves na casca da banana.
Fonte: PBMPCEH (1998).

O critério estabelecido pelo PBMPCEH para a identificação do defeito (lesões e manchas) em graves ou leves é de acordo com o tamanho (em cm^2), como mostra a Figura 3.8.

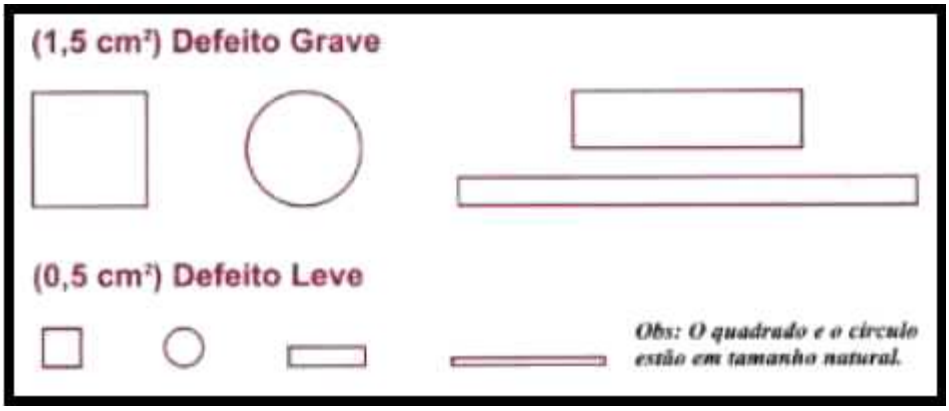

Figura 3.8 – Limites de lesões e manchas na casca da banana.
Fonte: PBMPCEH (1998)

3.1.7 Composição

A banana é uma fruta de elevado valor nutricional, como mostra logo a seguir, o Quadro 3.5, pois se apresenta como uma fonte energética, além de apresentar vitaminas e sais minerais como Potássio, Fósforo, Cálcio, Sódio, Magnésio e outros em menor quantidade (BORGES, et al 1991).

Componentes	Banana Prata	Banana Pacovan	Banana Maçã
Umidade (%)	71,9	77,7	75,2
Energia (kcal)	98	78	87
Proteína (g)	1,3	1,2	1,8
Lipídeos (g)	0,1	0,1	0,1
Carboidratos (g)	26,0	20,3	22,3
Fibra Alimentar (g)	2,0	2,0	2,6
Cinzas (g)	0,8	0,7	0,6
Cálcio (mg)	8	5	3
Magnésio (mg)	26	30	24
Manganês (mg)	0,42	0,41	0,60
Fósforo (mg)	22	20	29
Ferro (mg)	0,4	0,4	0,2
Sódio (mg)	Tr	1	Tr
Potássio (mg)	358	267	264
Cobre (mg)	0,05	0,06	0,11
Zinco (mg)	0,1	0,1	0,1
Tiamina (mg)	Tr	0,05	Tr
Riboflavina (mg)	0,02	0,03	Tr
Piridoxina (mg)	0,10	0,17	0,14
Niacina (mg)	-	Tr	-
Vitamina C (mg)	-	Tr	10,5

Quadro 3.5 − Composição nutricional da banana Prata, Pacovan e Maçã (por 100g de polpa).
*Abreviações: Tr: traço.
Fonte: NEPA (2006).

Análises químicas mostraram que as cascas das frutas apresentam, em geral, teores de nutrientes maiores do que os das suas respectivas partes comestíveis, podendo ser considerada como fonte alternativa de nutrientes (GONDIM, et al., 2005). Estudos realizados por estes pesquisadores, revelam resultados da composição centesimal e de minerais da casca de banana Quadro 3.6.

100g de amostra in natura da casca de banana	
Parâmetro	**Banana**
Umidade (g)	89,7
Cinzas (g)	0,95
Lipídeos (g)	0,99
Proteínas (g)	1,69
Fibras (g)	1,99
Carboidratos (g)	4,91
Calorias (k cal)	35,30
Cálcio (mg)	66,71
Ferro (mg)	1,26
Sódio (mg)	54,27
Magnésio (mg)	29,96
Zinco (mg)	1,00
Cobre (mg)	0,10
Potássio (mg)	300,92

Quadro 3.6 − Resultado do teor de nutrientes da casca de banana.
Fonte: GONDIM, et al. (2005).

3.2 Mercado

3.2.1 Produção

Segundo a FAO, a produção mundial de banana em 2007 atingiu a cifra de 81.263.358 toneladas.

Nesse mesmo ano, um total de 127 países produziu banana. Como mostra a Figura 3.9, Índia, China, Filipinas e Brasil constituem os quatro maiores produtores e representam 60,2% da produção mundial (FAO, 2009).

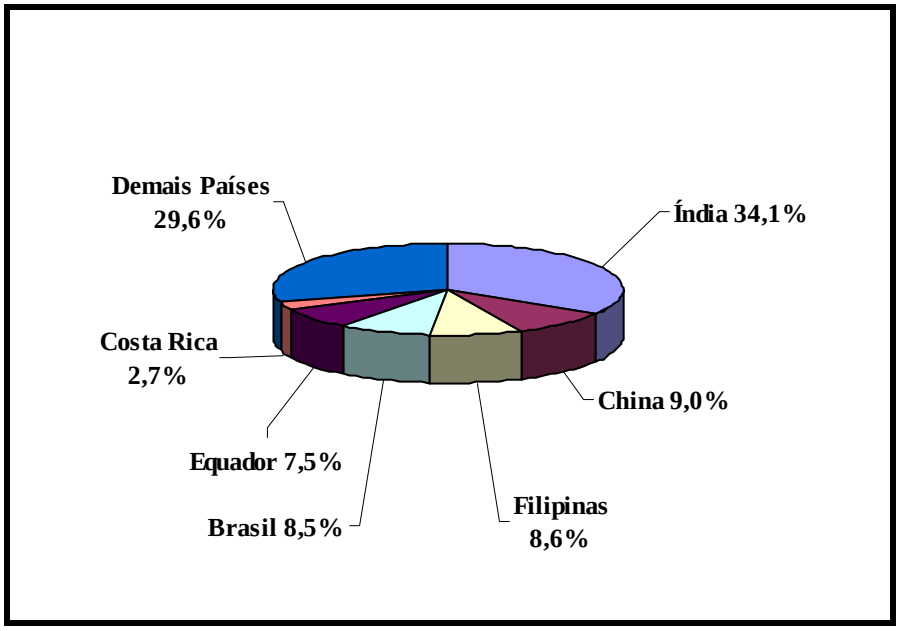

Figura 3.9 – Distribuição mundial da produção bananeira - período 2007
Fonte: Elaborado pelo autor com dados da FAO (2009).

Dentro do Brasil, a banana é a segunda fruta mais cultivada, perdendo apenas para laranja. A maior produção vem dos estados da Bahia que possui área de aproximadamente 90.260 ha plantados e uma produção de 1.386.016 t, seguidas por São Paulo, Santa Catarina, Pará, Minas Gerais, Ceará e Pernambuco, como pode ser melhor observado na Figura 3.10, logo a seguir (IBGE, 2009).

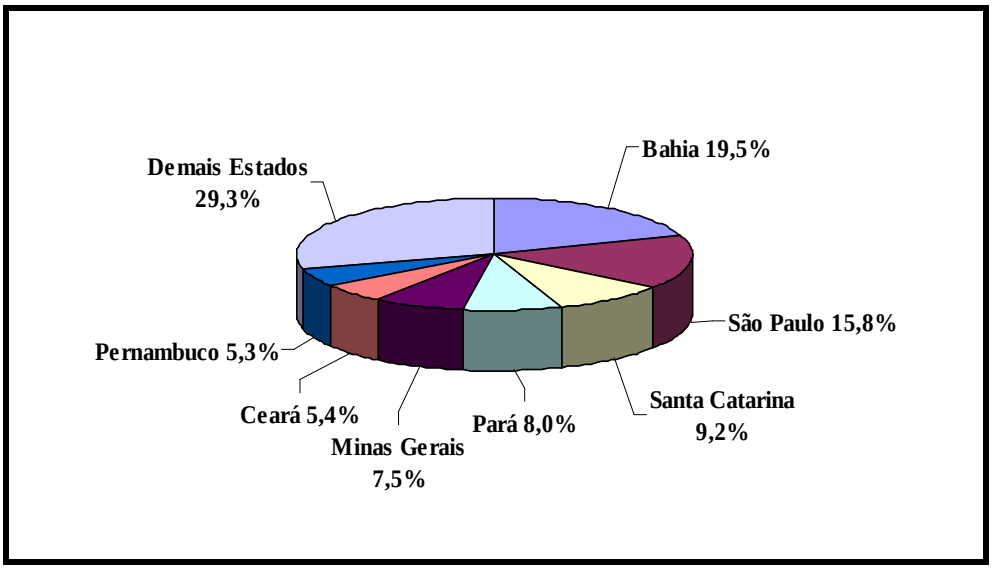

Figura 3.10 – Distribuição por estados brasileiros da produção bananeira - período 2007.
Fonte: Elaborado pelo autor com dados do IBGE (2009).

A maior área plantada como mostra a Figura 3.11, está no estado da Bahia, seguidas por São Paulo, Pará, Ceará, Pernambuco, Minas Gerais e Santa Catarina (IBGE, 2009).

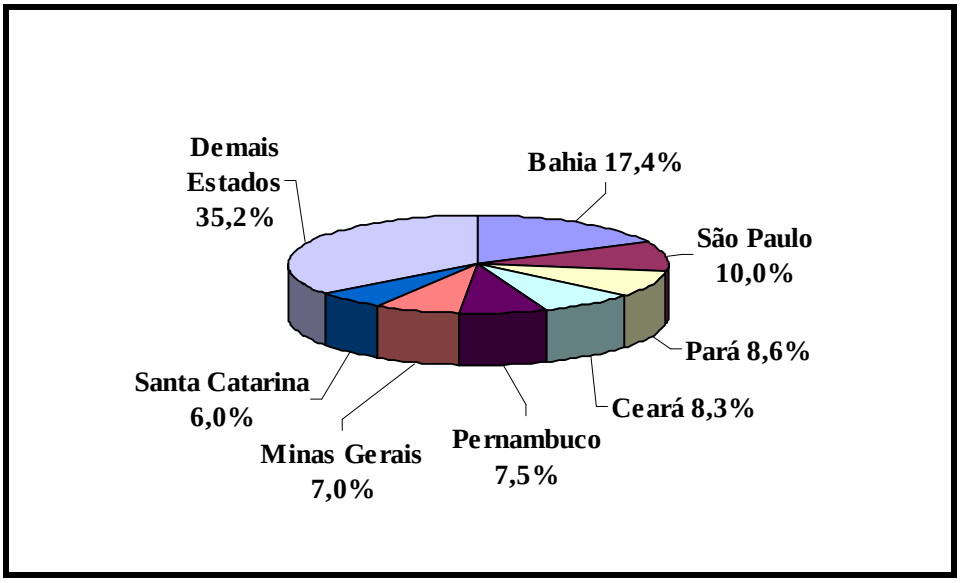

Figura 3.11 – Distribuição dos estados brasileiros por área plantada de bananeira - período 2007.
Fonte: Elaborado pelo autor com dados do IBGE (2009).

Os cultivares mais difundidos são: Maçã, Prata, Pacovan, Prata Anã, Mysore, Terra , D'Angola, Nanica, Nanicão e Grande Naine (DANTAS ; SOARES FILHO, 1997).

O Quadro 3.7 mostra a evolução da produção e área destinada ao plantio de banana no Brasil fazendo um comparativo entre as safras de 1997 a 2007 (IBGE, 2009).

EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO E ÁREA PLANTADA DE BANANA NO BRASIL		
Ano	**Produção (Ton)**	**Área (ha)**
1997	5.412.360	546.435
1998	5.322.200	536.402
1999	5.478.350	536.444
2000	5.663.360	533.593
2001	6.177.293	516.678
2002	6.422.855	514.563
2003	6.800.981	514.549
2004	6.606.834	495.385
2005	6.703.400	496.287
2006	6.956.179	511.181
2007	7.098.353	519.187

Quadro 3.7 − Resultados da evolução da produção e área plantada de banana no Brasil.
Fonte: IBGE (2009).

O setor bananeiro ocupa lugar de destaque no cenário sócio-econômico brasileiro e contribui com uma grande porcentagem do valor da produção dos principais produtos agrícolas. É a fruta mais consumida no mundo, tanto pelas classes privilegiadas como pelas menos favorecidas; e o Brasil é o maior consumidor mundial de bananas (AGUIAR, 2006).

Na atualidade, as exportações brasileiras de banana se dirigem para o Mercosul, principalmente Argentina e Uruguai que absorvem 52,5% das exportações, e também para União Européia para os mercados inglês, italiano, alemão, holandês e português como mostra, logo a seguir, a Figura 3.12 (PEREZ, 2008).

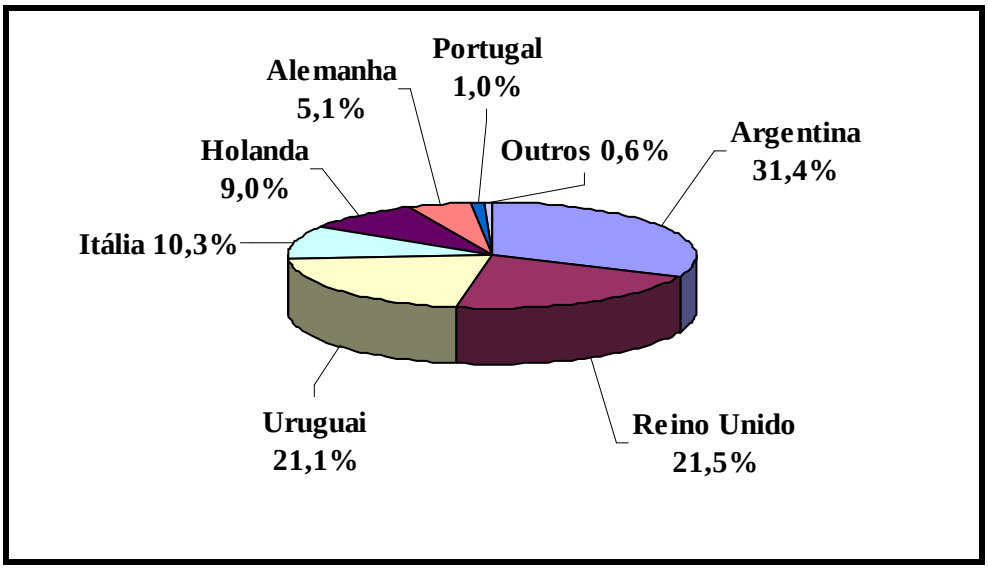

Figura 3.12 – Principais mercados importadores de banana brasileira em 2007.
Fonte: Elaborado pelo autor com dados de PEREZ (2008).

Uma análise na Figura 3.12 permite constatar que em 2007 a Argentina na América do Sul (58.340 t) e o Reino Unido (40.000 t) na União Européia, foram os maiores mercados importadores de banana do Brasil (PEREZ, 2008).

Na Figura 3.13, a seguir, verifica-se que Santa Catarina é atualmente o maior exportador com 51% e o Rio Grande do Norte fica em segundo com 41,3% das exportações de banana brasileira (PEREZ, 2008).

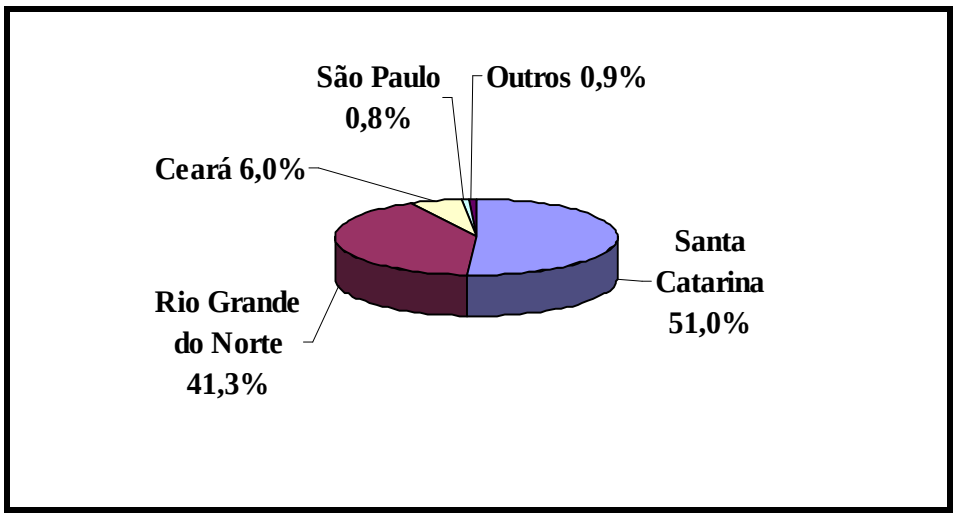

Figura 3.13 – Principais estados exportadores de banana brasileira em 2007.
Fonte: Elaborado pelo autor com dados de PEREZ (2008).

3.2.1.1 Regiões produtoras de banana no estado da Paraíba

A Paraíba é o décimo estado do Brasil como maior produtor de banana, com produção de 242.915 t ocupando uma área de 16.274 ha plantados (IBGE, 2009).

A bananeira é cultivada em todas as Microrregiões Homogêneas (MRH) da Paraíba, estendendo-se desde a MRH Litoral Paraibano à MRH Sertão de Cajazeiras; da MRH Curimataú à MRH Cariris Velhos e da MRH Brejo Paraibano à MRH Seridó. Um levantamento em termos de zoneamento geográfico e concentração de cultivo mostra que existem oito Microrregiões Homogênenas com um total de vinte e um municípios, mostrados a seguir, na Figura 3.14, sendo o menor com 70 ha e o maior com 2.400 ha plantados, responsáveis, juntos, por 80% da produção do Estado. A Microrregião Homogênea Brejo Paraibano, devido suas características edafoclimáticas propícias ao cultivo da bananeira, detém a liderança como maior produtora. O Município de Alagoa Nova destaca-se como primeiro produtor com 2.400 ha, seguido por Bananeiras (600 ha), Serraria (450 ha), Areia (300 ha), Borborema (225 ha), Pilões (100 há) e Pirpirituba (70 ha). A MRH Cariris Velhos é a segunda maior produtora, destacando-se o Município de Natuba com 1500 ha plantados. A MRH Depressão do Alto Piranhas é a terceira, onde o Município de Souza lidera o cultivo com 680 ha, seguido de Paulista (248 ha), Pombal (230 ha) e Condado (100 ha). A quarta MRH é a do Litoral Paraibano, destacando-se o Município de Jacaraú com 200 ha, seguido de Rio Tinto (160 ha), Mamanguape (150 ha) e Mataraca (100 ha). As outras MRHs de menor concentração são Catolé do Rocha, onde São Bento (220 ha) se destaca com maior produtor, seguida da MRH Agreste da Borborema, sendo Lagoa Seca (110 ha) e Solânea (90 ha) os maiores produtores. Na MRH Agropastoril do Baixo Paraíba, Sapé destaca-se como maior produtor com 80 ha. O Município de Pilõezinhos , encravado na MRH Piemonte da Borborema, tem 80 ha plantados, destacando-se igualmente com Sapé, em área cultivada. A nível de concentração, condições de clima, solo e mercado, estas oito MHRs são as mais importantes, principalmente para aquelas pessoas que estão interessadas em entrar no ramo da banicultura (LOPES, 1988).

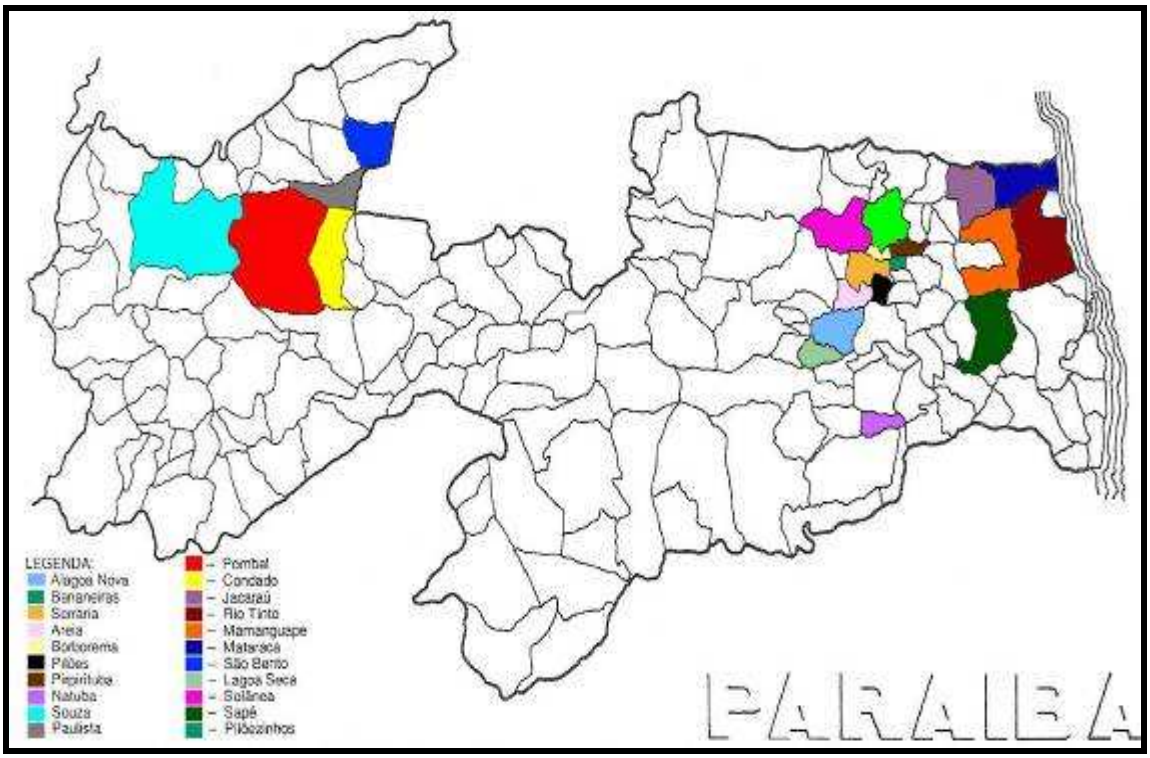

Figura 3.14 − Municípios produtores de banana do Estado da Paraíba.
Fonte: LOPES (1988).

3.3 Produtos desidratados da banana (BORGES, et al., 1997).

A Figura 3.15, a seguir, apresenta vários produtos processados a partir da banana.

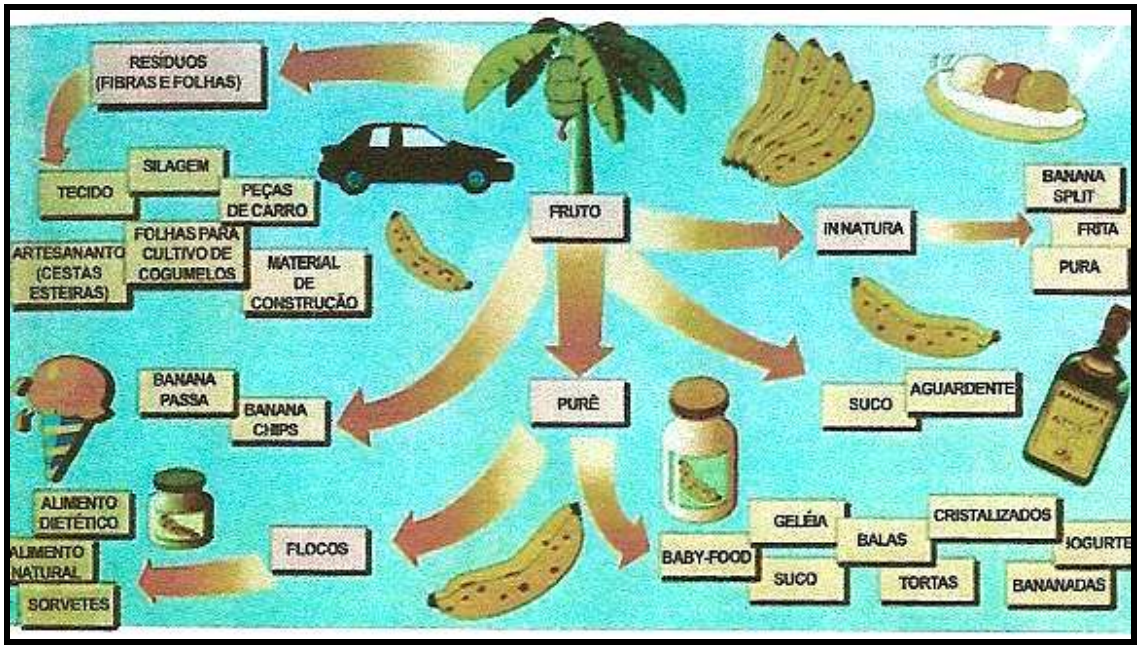

Figura 3.15 − Diversas formas de utilização da banana *(Musa sapientum).*
Fonte: SILVA (1994).

3.3.1 Banana passa ou seca

É o produto obtido por processo de secagem natural (sol) ou artificial (secadores) da banana madura, inteira ou em pedaços.

3.3.2 Farinha de banana

A farinha da polpa de banana é um produto obtido a partir da secagem da fruta em pedaços, sendo ideal a fruta com casca de cor verde clara, até uma umidade final ao redor de 8%, posterior moagem (moinho de martelos), acondicionamento e armazenamento do produto final. Uma de suas formas de utilização pode ocorrer na alimentação infantil, através de sua mistura com açúcar, leite em pó, sais minerais e vitaminas, pois se trata de uma excelente fonte energética.

3.3.3 Flocos

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

3.3.4 Chips

É o produto obtido a partir de pedaços de banana verde, fritos em óleo comestível até adquirirem um aspecto semelhante ao da batata frita.

3.4 Farinha

Segundo a Resolução do CNNPA nº. 12, de 1978, a farinha é denominada como o produto obtido pela moagem da parte comestível de vegetais, podendo esta, sofrer previamente processos tecnológicos adequados, ressaltando-se ser oriundas de matérias-primas limpas e isentas de matéria terrosa e parasitas, não podendo apresentar-se úmidas, fermentadas ou rançosas (BRASIL, 1978).

São classificadas como farinha simples, todo produto obtido da moagem ou raladura dos grãos, rizomas, frutos ou tubérculos de uma só espécie vegetal; e farinha mista, o produto obtido pela mistura de farinhas de diferentes espécies vegetais (BRASIL, 1978).

Esta mesma referência caracteriza física e quimicamente as farinhas já encontradas no mercado de acordo com a umidade, acidez, amido, protídios, lipídios e resíduo mineral.

A ANVISA (1978) exige que o grau de umidade em farinhas deve ser no máximo de 15 g/100 g.

A farinha é, sem dúvida alguma, a matéria-prima mais importante para a confecção de massas alimentícias. Dentre os principais componentes de qualidade da farinha podemos citar: umidade, cinzas, quantidade e qualidade de glúten, cor, granulação, lipoxidase e α-amilase (CIACCO; CHANG, 1986).

3.5 Perdas de frutas e aproveitamento de seus resíduos

O Brasil é um país de contrastes: é o 4° produtor mundial de alimentos, mas ocupa o 6° no mundo em subnutrição, é o 8° país nos indicadores econômicos e o 52° nos indicadores sociais, o que demonstra o desequilíbrio que existe entre o seu potencial econômico e a qualidade de vida da população. Com toda essa problemática, todos sofrem conseqüências sérias, principalmente as crianças e jovens. Nas escolas públicas de ensino fundamental são notórias as conseqüências geradas pela subnutrição e desnutrição (PRIM, 2008).

Os resíduos de frutas e hortaliças são geralmente desprezados por preconceito ou falta de informação, quando na grande maioria das vezes, são os que contêm maior concentração de nutrientes e poderiam ser utilizados como fontes alternativas com o objetivo de aumentar o

valor nutritivo da dieta de populações carentes, bem como solucionar deficiências dietéticas do excesso alimentar (PEREIRA et al., 2003).

A produção de frutas gira em torno de 30 milhões de toneladas por ano, o desperdício gerado encontra-se na faixa compreendida ente 20 a 30% (JORNAL DO BRASIL, 2003).

O elevado índice de perdas na comercialização de banana no Brasil faz com que apenas uma parcela, entre 50 a 60% da produção chegue à mesa do consumidor (MASCARENHAS, 1999).

Os fatores causadores de perdas são mostrados na Tabela 3.8. A principal causa revelada na pesquisa é a manipulação excessiva nas frutas e hortaliças pelos clientes. O resultado mostra a grande preocupação dos supermercadistas para este fato, que se justifica pela dificuldade no controle pontual junto a seus consumidores. O mesmo é verificado nas quitandas ou sacolões. Entretanto, há indicações que o feirante não tem esta mesma preocupação, já que é este quem geralmente serve o consumidor, diminuindo as perdas causadas por manipulação excessiva (SILVA, et al., 2003).

Outro fator apontado como indutor de perdas é o excedente de oferta. Este dado revela pouca eficiência no controle de estoques por estes equipamentos varejistas (Supermercado, Quitanda e Feira-livre) uma vez que o excedente de oferta está relacionado com má administração. Pelo Quadro 3.8, a seguir, verifica-se que este fator é determinante para as perdas nas quitandas ou sacolões e feiras livres (SILVA, et al., 2003).

Motivo	% de respostas			Média[1]
	Supermecardo	Quitanda/sacolão	Feira-livre	
Manipulação excessiva do cliente	75,0	50,0	0,0	64,2
Excedente de oferta	50,0	50,0	100,0	54,8
Embalagens inadequadas	25,0	25,0	66,5	29,2
Baixa qualidade da fruta	12,5	25,0	66,5	19,5
Más condições de transporte	12,5	0,0	66,5	16,0
Preços elevados	62,5	0,0	0,0	47,6
Forma de exposição da fruta	12,5	0,0	33,5	12,8
Armazenamento inadequado	0,0	0,0	33,5	3,2
Falta de padronização da fruta	0,0	0,0	0,0	0,0

Quadro 3.8 − Motivos causadores de perdas de banana, *(Musa sapientum)* segundo a visão dos equipamentos varejistas da Cidade de Botucatu/SP.
[1] Ponderada pela participação do equipamento varejista na venda de banana.
Fonte: SILVA, et al. (2003).

O descarte dos resíduos do processamento das frutas tropicais e subtropicais representa um crescente problema devido ao aumento da produção. Atualmente as agroindústrias investem no aumento da capacidade de processamento, gerando grandes quantidades de subprodutos, que em muitos casos são considerados custo operacional para as empresas e fonte de contaminação ambiental. Como este material é geralmente propenso a degradação microbiológica, entregá-los na sua forma natural seria um risco à saúde pública. Entretanto, se processados corretamente poderiam ser, perfeitamente, utilizados. (BARTHOLO, 1994; MEDEIROS et al., 2009; SCHIEBER et al., 2001).

O aproveitamento além de reduzir a poluição ambiental, pode agregar valor ao produto, diminuir o custo de industrialização e, por conseguinte, o preço de produto e aumentar as oportunidades de trabalho nas fábricas (GIOVANNINI, 1997).

Na industrialização da banana as cascas são geralmente descartadas servindo apenas como alimento para animais. No entanto, se devidamente tratadas, podem servir como substrato para a produção de leveduras e de outros fermentos, além de excelente produto para a fabricação de doces (MARTINS; FARIAS, 2002).

Segundo Pereira et al. (2003) a utilização de alimentos alternativos para o combate à fome na população de baixa renda é assunto que tem recebido atenção no Brasil, especialmente em razão do drama crescente da população carente.

3.6 Aspectos tecnológicos necessários à elaboração de farinha

3.6.1 Branqueamento

Segundo Fellows (2006) a função do branqueamento é de inativar enzimas em hortaliças e em algumas frutas antes de efetuar processamentos posteriores. Dessa forma, ele é visto com um pré-tratamento que é realizado entre o preparo da matéria-prima e operações posteriores (secagem, congelamento etc.).

Para conseguir uma inativação enzimática adequada o alimento é aquecido rapidamente a uma temperatura predeterminada, mantido durante um tempo estabelecido e rapidamente resfriado a temperaturas próximas à ambiente.

A temperatura máxima na desidratação é insuficiente para inativar enzimas. Se o alimento não for branqueado, acontecem mudanças indesejáveis nas características sensoriais e nas propriedades nutricionais durante a estocagem. Um branqueamento insuficiente pode causar um dano maior ao alimento do que a ausência de branqueamento, pois o aquecimento suficiente para romper tecidos e liberar enzimas, mas não para inativá-las, acelera o dano ao misturar enzimas e substratos. Além disso, pode ocorrer a destruição de algumas enzimas, o que aumenta a atividade de outras enzimas e acelera a deterioração.

Entre as enzimas que causam perdas na qualidade nutricional e sensorial em frutas e vegetais encontra-se a lipoxigenase, a polifenoloxidase, a poligalacturonase e a clorofilase. Duas enzimas termorresistentes que são encontradas na maioria dos vegetais são a catalase e a peroxidase. Essas enzimas são utilizadas como marcadores para determinar o sucesso do branqueamento, apesar de não causarem deterioração do alimento durante a estocagem. A peroxidase é a mais resistente termicamente, assim, a ausência de sua atividade residual indica que as outras enzimas menos resistentes foram também destruídas.

O calor recebido pelo alimento durante o branqueamento causa, inevitavelmente, alguns danos em sua qualidade sensorial e nutricional. No entanto, o tratamento térmico é menos severo do que, por exemplo, na esterilização pelo calor, e as mudanças resultantes na qualidade do alimento são menos pronunciadas. Em geral, a combinação tempo-temperatura utilizada para o branqueamento assegura uma inativação enzimática adequada, mas previne amolecimento e perda de sabor excessivo no alimento (Figura 3.16), (a seguir).

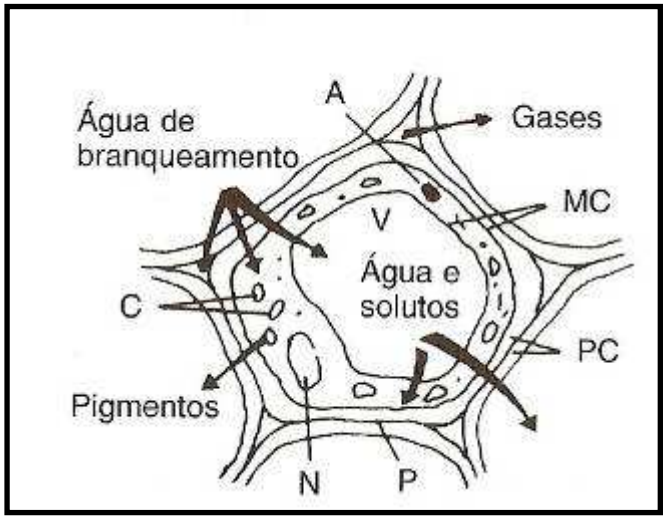

Figura 3.16 − Efeito do branqueamento nos tecidos celulares: A= amido gelatinizado; MC= membranas citoplasmáticas alteradas; PC= paredes celulares pouco alteradas; P= pectinas modificadas; N= núcleo e proteínas citoplasmáticas desnaturadas; C= cloroplastos e cromoplastos distorcidos.
Fonte: FELLOWS (2006).

Durante o branqueamento são perdidos alguns minerais, vitaminas e outros componentes hidrossolúveis.

O branqueamento clareia alguns alimentos pela remoção de ar e poeira da superfície, alterando, assim, o comprimento de onda da luz refletida. O tempo e a temperatura de branqueamento influenciam na mudança de pigmento do alimento. O carbonato de sódio (0,125% p/p) ou óxido de cálcio são frequentemente adicionados à água de branqueamento para proteger a clorofila mantendo a cor dos vegetais verdes.

As condições de tempo-temperatura necessárias para alcançar a inativação enzimática causam uma perda excessiva da textura em alguns tipos de alimento. O cloreto de cálcio (1 a 2%) é então adicionado a água de branqueamento para formar complexos insolúveis de pectato de cálcio e, assim, manter a firmeza dos tecidos.

3.6.2 Secagem convectiva

A secagem é provavelmente o mais antigo método de conservação de alimentos. Por muitos séculos, foi a única forma de se prolongar a vida-de-prateleira de frutas e vegetais, juntamente à salga de produtos de carne e peixe. De maneira geral, o processo de secagem é

uma operação na qual calor é fornecido a um dado material que contém água, a fim de se vaporizar certo conteúdo de água deste material, obtendo-se um produto sólido desidratado. Trata-se de um processo com transporte simultâneo de calor e massa, acompanhado de mudança de fase (BARBANTE; MASTROCOLA, SEVERINI, 1994, LEWICKI, JAKBUCZYK, 2004).

Vamos considerar um material biológico qualquer sendo submetido a um processo de secagem convectiva. A umidade que esta amostra possui, no instante em que é posta no secador, é chamada de umidade total. À diferença entre a umidade total e a umidade de equilíbrio, dá-se o nome umidade livre. A umidade de equilíbrio, por sua vez, é a umidade que o material possui, a uma dada temperatura e pressão, em equilíbrio com a umidade da fase gasosa insaturada, ou seja, com o ar de secagem (FRUTHOTEC, 2001). Ao conteúdo de umidade de equilíbrio de um sólido quando a umidade da fase gasosa se encontra saturada, dá-se o nome de conteúdo de umidade higroscópico máximo (STRUMILLO; KUDRA, 1986).

A determinação do teor de umidade de equilíbrio pode ser realizada por métodos estáticos, semi-estáticos ou dinâmicos (FIOREZE, 2004).

Uma forma de se determinar a umidade de equilíbrio consiste em se conduzir a secagem do material até que se alcance peso constante do mesmo. Portanto, a umidade do material correspondente a este ponto da secagem é a própria umidade de equilíbrio (EL-AOUAR, 2005).

Ao conteúdo de umidade, presente no sólido, que exerce uma pressão parcial de vapor inferior à pressão de vapor do líquido puro na temperatura em estudo, dá-se o nome de umidade ligada, enquanto que, a aquela umidade que se encontra em excesso em relação à umidade de equilíbrio correspondente ao ar saturado, dá-se o nome de umidade não-ligada (STRUMILLO; KUDRA, 1986).

Durante a secagem, para que haja a evaporação de água da superfície do material, deve haver o seu transporte do interior do sólido até a superfície. Vários mecanismos físicos foram propostos para descrever a transferência de massa nos produtos capilares porosos (BROOKER; ARKEMA; HALL. 1974; FORTES; OKOS, 1980):

a) a difusão líquida que ocorre devido à existência do gradiente de concentração;

b) difusão de vapor devido ao gradiente de pressão de vapor d’água causado pelo gradiente de temperatura;

c) escoamento de líquido e de vapor d’água em virtude da diferença de pressão externa, concentração, alta temperatura e capilaridade;

d) conteúdo inicial de umidade do material;

e) conteúdo final de umidade que o material pode atingir, ou seja, a sua umidade de equilíbrio;

f) de que forma a água se relaciona à estrutura do sólido;

g) como o transporte de água é feito do interior até a superfície do sólido.

Os fatores que governam a velocidade dos mecanismos de transferência descritos determinam a taxa de secagem. Estes fatores são: pressão de vapor d'água do material e do ar de secagem, temperatura e velocidade do ar, velocidade de difusão da água no material, espessura e superfície exposta para secagem (VAN ARSDEL, 1963).

Os produtos são muito diferentes entre si e as condições de secagem são bastante diversas. De acordo com as propriedades do ar de secagem e a forma como se faz o contato ar-produto, a evolução destas transferências simultâneas de calor e de massa no decorrer da operação de secagem faz com que esta seja dividida esquematicamente em três períodos, conforme apresentado na Figura 3.17, a seguir. (PARK, 1988).

A curva (a) representa a diminuição do conteúdo de umidade (X) do produto em relação ao tempo (t) durante o processo de secagem. A curva (b) representa a velocidade (taxa) de secagem do produto (variação do conteúdo de umidade do produto por tempo, dX/dt) em relação à evolução do tempo (t). A curva (c) representa a variação da temperatura do produto (T) durante a secagem em relação à evolução do tempo (t), isto é, é a curva obtida medindo a temperatura do produto durante a secagem (PARK, 1998).

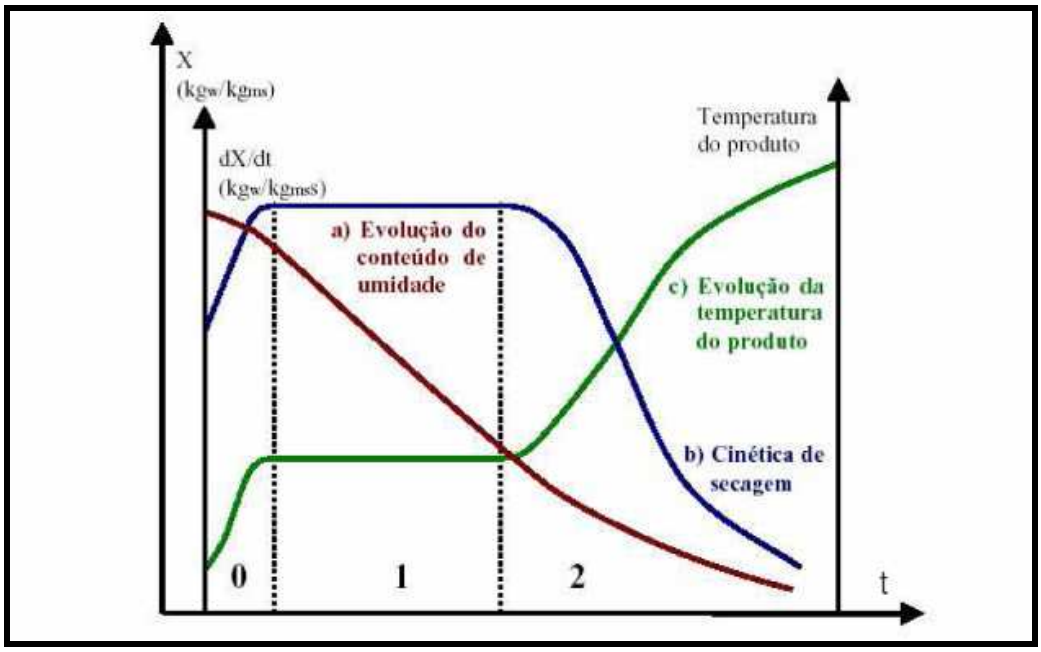

Figura 3.17 − Evolução do tempo (t), do teor de água do produto (X), de sua temperatura (T) e da taxa de secagem (dX/dt), para ar com propriedades constantes.
Fonte: BROOD (2003).

3.6.2.1 Cinética de secagem

A cinética de secagem pode ser acompanhada através da obtenção dos dados de umidade da amostra ao longo do tempo de processo. A evolução das transferências simultâneas de calor e massa no decorrer do processo faz com que a secagem seja subdividida em três períodos (Figura 3.17) (PARK, 1998).

- Período de indução

Trata-se do período até entrar em regime operacional, correspondente a região 0 na Figura 3.17. Na fase inicial, geralmente o produto é mais frio que o ar e a pressão de vapor de água na superfície do produto é baixa, conseqüentemente, a transferência de massa e a velocidade de secagem também serão baixas. O calor chegando em excesso, faz com que a temperatura do produto se eleve, ocasionado um aumento de pressão e da velocidade de secagem. Este fenômeno dura até que haja um equilíbrio na transferência de calor e de massa. Se a temperatura do ar for menor que a do produto, ocorrerá a diminuição da temperatura do

produto até que atinja a umidade de equilíbrio. A duração desse período não tem importância em relação ao período total de secagem (PARK, 1998).

- Período de taxa constante

Durante esse período a velocidade de secagem é constante, correspondente a *região 1* na Figura 3.17 . Neste período há grande quantidade de água presente no produto e a água evapora como se estivesse em um reservatório aberto. A pressão de vapor de água na superfície é constante e igual à pressão de vapor de água pura à temperatura do produto. A temperatura do produto também é constante e igual à temperatura de bulbo úmido, caracterizando o fato de que as transferências de calor e massa se compensam exatamente (KEEY, 1972).

Enquanto houver perda por evaporação de água na superfície do produto e a migração de água do interior até a superfície do produto acompanhar essa perda na superfície, este período continua. Nos materiais biológicos é difícil a existência desse período, pois as condições operacionais de secagem são tais que as resistências de transferências de massa encontram-se essencialmente no interior do produto, fazendo com que a taxa de evaporação da superfície ao ambiente seja bem superior à taca de reposição de umidade do interior à superfície do material (PARK, 1998).

A velocidade de secagem durante o período de taxa constante depende de três fatores: coeficientes de transferência de calor e massa, da área de troca térmica e mássica e diferença de temperatura (ou pressões de vapor) do ar e da superfície exposta do material. O mecanismo interno de migração de água não influencia a velocidade de secagem durante este período (FORTES; OKOS, 1980).

- Período de taxa decrescente

O período de taxa decrescente começa a partir do momento em que a quantidade de água começa a ser deficiente na superfície do sólido e a velocidade de secagem diminui, período correspondente a *região 2* na Figura 3.17**.** Ao teor de umidade intermediário do sólido relativo aos períodos de taxa constante e de taxa decrescente, dá-se o nome de umidade crítica. Durante este período, a troca de calor não é mais compensada e, conseqüentemente, a temperatura do produto aumenta e tende assintoticamente à temperatura do ar. Durante todo este período, o fator limitante é a migração interna de água. Esta redução da taxa de secagem

é devido ao abaixamento da pressão parcial de vapor de água na superfície do sólido. Ao final deste período o produto estará em equilíbrio com o ar de secagem e a velocidade de secagem será nula (KEEY, 1972).

O período de taxa decrescente pode ser subdividido em dois períodos: o primeiro período de taxa decrescente e o segundo período de taxa decrescente (PARK, 1988; STRUMILLO E KUDRA, 1986):

a) Primeiro período - a água livre (fase líquida) que se encontra no interior do produto é contínua, sem a presença de ar, ocupando todos os poros do produto. O movimento de água do interior para a superfície ocorre por capilaridade e este mecanismo controla a velocidade de secagem;

b) Segundo período - a remoção de água da superfície de evaporação provoca a entrada de ar no interior do produto, originando bolsões de ar que ficam dispersos na fase líquida dentro dos poros. Nesta fase o escoamento capilar ocorre apenas em alguns pontos isolados.

CRANK (1975) apresentou várias soluções analíticas para equação de difusão em condições iniciais e de contorno variadas. Tratou também de casos onde a difusividade pode variar de forma linear ou exponencial com concentração de umidade. Porém, estas situações se aplicam a sólidos com formas geométricas simples (corpos semi-infinitos; placas, cilindros e esferas) e regulares. Em sistemas de coordenadas retangulares (x, y, z), a equação de difusão é expressa como:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(D_{ef}\frac{\partial X}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(D_{ef}\frac{\partial X}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(D_{ef}\frac{\partial X}{\partial z}\right) \qquad (1)$$

Assumindo a forma geométrica de uma placa plana infinita de espessura 2L, onde a transferência interna de umidade durante a secagem ocorre apenas em uma única direção e considerando a difusividade constante, a (Equação 1) acima, se reduz à seguinte forma:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left(D_{ef}\frac{\partial X}{\partial z}\right) \qquad (2)$$

Desprezando o encolhimento do material durante a secagem e a resistência externa ao transporte de massa, e considerando que na interface a umidade seja a de equilíbrio constante, as condições de contorno e inicial para a umidade são:

- Umidade inicial e uniforme: $\mathbf{X(z,t) = X(z,0) = X_0}$
- Umidade máxima no centro: $\left.\frac{\partial X}{\partial z}\right|_{Z=0} = 0$
- Umidade constante na superfície: $\mathbf{X(z,t) = X(L,t) = X_e}$

E aplicando: $$\overline{X} = \frac{1}{L}.\int X(z,t)dz \qquad (3)$$

Torna-se:

$$Y = \frac{\overline{X} - X_e}{X_0 - X_e} = \frac{8}{\pi^2}\sum_{i=0}^{\infty}\frac{1}{(2i+1)^2}\exp\left[(-2i+1)^2\pi^2 D_{ef}\frac{t}{4L^2}\right] \qquad (4)$$

Onde: $\mathbf{D_{ef}}$ = Difusividade efetiva (m^2/s); $\mathbf{Y}$ = conteúdo adimensional de umidade, adimensional; $\overline{\mathbf{X}}$ = conteúdo médio de umidade (kg_{H2O}/kg_{ms}); $\mathbf{X_e}$ = conteúdo de umidade de equilíbrio (kg_{H2O}/kg_{ms}); $\mathbf{X_0}$ = conteúdo de umidade no instante inicial (kg_{H2O}/kg_{ms}); $\mathbf{i}$ = número de termos na série; $\mathbf{t}$ = tempo (s); $\mathbf{L}$ = comprimento característico, semi-espessura da amostra (m); $\mathbf{z}$ = direção da transferência (m).

O coeficiente de difusão $(\mathbf{D_{ef}})$ é uma difusividade efetiva, que engloba os efeitos de todos os fenômenos, podendo intervir sobre a migração da água, e seu valor é sempre obtido pelo ajuste das curvas experimentais. A solução da equação de difusão utilizada é uma das mais simples e parece ser a principal razão de seu emprego. Podemos entender a difusividade como a facilidade com que a água é removida do material. Como a difusividade varia conforme mudam as condições de secagem (temperatura e velocidade do ar), ela não é

intrínseca ao material, portanto convenciona-se chamar de difusividade efetiva (ANTÔNIO, 2006).

Outros modelos bastante utilizados a fim de se descrever a cinética de secagem no período de taxa decrescente são os chamados modelo empírico exponencial de dois parâmetros (Equação 5) e modelo empírico de Page (Equação 6), a seguir, o qual foi proposto para descrever a cinética de secagem de milho (PAGE, 1949). Esta equação tem sido utilizada por alguns pesquisadores para estudar a cinética de secagem de outros produtos alimentícios (PARK et al., 2002; PINTO, 1996).

$$\frac{\overline{X} - X_e}{X_0 - X_e} = A.\exp(K.t.B) \quad (5)$$

Onde:

t = tempo de secagem;
K = constante de secagem.

$$\frac{\overline{X} - X_e}{X_0 - X_e} = \exp(K.t^B) \quad (6)$$

Onde:

B, A = parâmetros dos modelos;
K = constante de secagem.

3.6.3 Redução do tamanho de alimentos sólidos.

A redução de tamanho ou fragmentação é a operação unitária na qual o tamanho médio de pedaços sólidos de alimento é reduzido pela aplicação de forças de moagem,

compressão ou impacto. Ela é utilizada no processamento para controlar as propriedades reológicas ou de textura dos alimentos e para aumentar a eficiência da mistura ou da transferência de calor. A redução de tamanho faz com que haja um aumento na relação área superficial/volume do alimento, isto, a área relativa, aumentando a taxa de secagem e aquecimento.

A quantidade de energia necessária para quebrar um alimento é determinada por sua dureza e tendência a fraturar (sua friabilidade), que, por sua vez, depende da estrutura do produto. Quanto menos linhas de ruptura existirem no alimento, maior é quantidade de energia necessária para causar a quebra. Alimentos mais duros absorvem mais energia e, consequentemente, necessitam de maior quantidade de energia par criar fraturas.

Os diferentes métodos de redução de tamanho são classificados de acordo com a faixa de tamanho das partículas produzidas. Dentre os métodos de redução temos: trituração, corte, fatiamento, corte em cubos, moagem e homogeneização.

Forças de compressão são utilizadas para quebrar alimentos friáveis ou cristalinos; forças combinadas de impacto e cisalhamento são necessárias para alimentos fibrosos, e forças de cisalhamento são utilizadas para a moagem fina de alimentos macios. Os Alimentos quebram-se em níveis de estresse mais baixos se a força for aplicada por um tempo mais longo. O nível de redução de tamanho, o gasto de energia e a quantidade de calor gerado no alimento, portanto, dependem tanto da extensão das forças que são aplicadas quanto do tempo que o alimento é submetido a essas forças (FELLOWS, 2006).

3.7 Aspectos microbiológicos e bioquímicos

A contaminação da farinha alimentícia pode acontecer durante o processamento devido ao contato com equipamentos e utensílios, inadequadamente limpos ou insatisfatoriamente sanificados, pela exposição ao ambiente industrial, como, por exemplo, ar com elevado conteúdo de umidade, e também pelas condições de higiene que imperam durante o processamento (LEITÃO et al, 1990).

De acordo com dados disponíveis na literatura, como mostra o Quadro 3.9, a seguir, as farinhas utilizadas no preparo de massas alimentícias apresentam diversos níveis de contaminação, que podem chegar a ser bastante elevados. (LEITÃO et al, 1990).

Microrganismos	Farinha e semolina de trigo	Farinha de trigo	Farinha de soja	Sêmola
Microrganismos mesófilos totais (UFC/g) *	$10^2 - 10^6$	$6{,}0 \times 10^5$	$4{,}0 \times 10^5$	$< 10 - 5{,}4 \times 10^5$
Bolores e leveduras (UFC/g) *	$10^1 - 10^4$	$7{,}0 \times 10^2$	$5{,}0 \times 10^3$	−
Coliformes totais	$0 - 10^1$ (NMP/g) **	0,6 (NMP/g) **	10^2 (UFC/g) *	$< 1 - 5{,}0 \times 10^7$ (UFC/g) *
Coliformes fecais	−	−	0,6 (NMP/g) **	−
S.*aureus*	−	−	−	$< 1 - 6{,}5 \times 10^6$

Quadro 3.9 − Níveis de contaminação de farinha, semolina e sêmola de trigo e de farinha de soja.
* Unidades formadoras de colônias/g
** Número mais provável /g
Fonte: LEITÃO et al., (1990).

3.7.1 Pragas mais comuns em massas alimentícias e farinhas (ALMEIDA, 2002).

O popular caruncho (*Sitophillus*) é uma praga considerada primária, por atacar grãos e cereais em geral, além de produtos acabados, como farinha de trigo, mandioca desidratada, macarrão, etc.

Há uma grande variação na quantidade de fragmentos de insetos presentes em farinhas e massas. As variações ocorrem em todo tipo de farinhas, os números oscilam de 2 a 62 tipos contidos em cada 100g de amostra, podendo chegar em 50 fragmentos de insetos em 100g de farinha comum.

Encontrado em todos os continentes, o caruncho é um inseto com alto poder de destruição de alimentos, e pode apresentar taxa de reprodução de 282 novos indivíduos a cada 60 dias, em condições de temperatura entre 21 e 31°C, aliada a umidade relativa do ar entre 60 e 70%, com ciclo de vida em torno de 25 dias. Possuem alta capacidade e velocidade de reprodução (uma fêmea pode colocar de 100 a 600 ovos em um único grão), alguns voam e, no geral, não suportam bem baixas temperaturas.

Essa praga desenvolve-se no interior dos depósitos, devido a uma combinação de fatores do meio ambiente do próprio inseto. Um desses fatores é a estocagem incorreta dos produtos que, aliada à deficiência da limpeza dos locais de armazenamento, estoque ou exposição, cria o ambiente próprio para o desenvolvimento da praga.

No Brasil, o clima tropical proporciona o meio ideal para crescimento e proliferação de diversas pragas. Também as condições de armazenagem das massas alimentícias (ambiente seco, temperatura ambiente, pallets em madeira) constituem um meio mais do que adequado para as pragas.

3.7.2 Processos de escurecimento em alimentos

Os processos de escurecimento ocorrem com bastante freqüência nos alimentos, tornando-se evidentes, quando, por exemplo, uma matriz é submetida a algum tipo de processamento, ou sofre algum dano mecânico. Esses processos de escurecimento são importantes, pois freqüentemente promovem alterações na aparência do produto, no aroma ou "flavor" e no seu valor nutritivo. Eles podem ocorrer através de quatro mecanismos distintos, sendo estes divididos em dois grandes grupos: (ALGRIGUE et al., 2003):

a) escurecimentos enzimátitico;
b) escurecimento não-enzimático.

3.7.2.1 Escurecimento enzimático

Este tipo de escurecimento ocorre geralmente em frutas e vegetais (batatas, maçãs, bananas), quando o tecido é cortado, descascado, machucado, etc. Nestes casos, o tecido danificado escurece rapidamente, quando exposto ao ar, mais precisamente, ao contato com o oxigênio devido a conversão dos compostos fenólicos a melanoidinas marrons (ALDGRIGUE et al., 2003).

De um modo geral o mecanismo de escurecimento enzimático mostrado na Figura 3.18, a seguir, pode ser descrito como uma hidroxilação inicial de um mononofenol a um difenol, seguida de oxidação enzimática que envolve a remoção de hidrogênio deste difenol, levando a formação de compostos tipo o-quinonas com liberação simultânea de água, e finalmente a polimerização não enzimática das o-quinonas a melanoidinas marrons, esta última etapa independe da presença da fenolase ou do oxigênio (ALDGRIGUE et al., 2003).

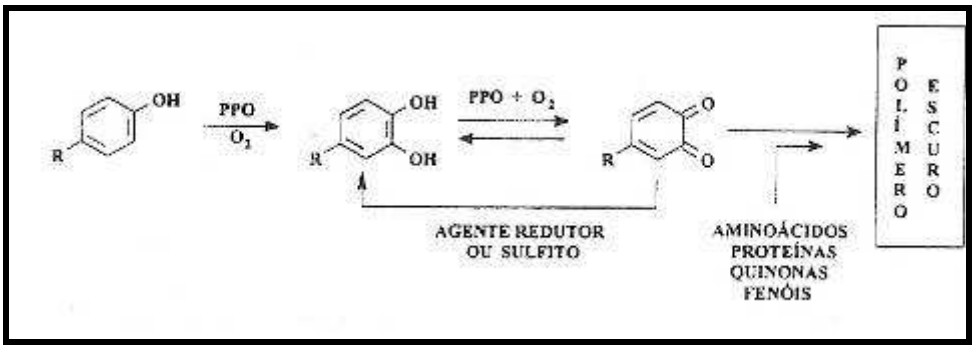

Figura 3.18 − Mecanismo de escurecimento enzimático.
Fonte: ARAÚJO (1999).

As enzimas peroxidase e polifenoloxidase são responsáveis pelo escurecimento em frutas, vegetais e seus produtos processados, por isso o controle das atividades destas enzimas é de grande importância durante a transformação dessas matérias-primas para a obtenção de produtos processados (CLEMENTE ; PASTORE, 1998).

A banana escurece minutos após seu descascamento e corte (VILAS BOAS, 2002), sendo tal processo associado à elevação da atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase (VILAS BOAS, 2004). Os fenóis encontrados na polpa da banana são oxidados pela polifenoloxidase, dando origem as quinonas, que se polimerizam e formam os compostos de coloração escura denominados melaninas (VILAS BOAS, 2004; VILAS BOAS, 2002). A polifenoloxidase é capaz de oxidar vários substratos, sendo um deles a dopamina, em um pH ótimo de 6,5 para a polpa da banana (YANG et al., 2000). A ação dessa enzima em várias frutas e vegetais *in natura* acarreta perdas econômicas consideráveis, além da diminuição da qualidade nutritiva e alteração de sabor (ARAÚJO, 1999).

A peroxidase age desestruturando as membranas celulares, diminuindo sua permeabilidade seletiva, promove, ainda, reações em cadeia que levam a formação de radicais livres que podem causar danos às organelas e membranas, podendo alterar as características sensoriais do produto (VILAS BOAS, 2004). A peroxidase pode causar mudanças indesejáveis no aroma, gosto, sabor, cor, textura e também perda de nutrientes (CHAVES, 2003). É considerada a enzima vegetal mais estável ao calor e sua inativação tem sido convencionalmente usada como indicador de adequação de branqueamento em processamentos vegetais (FREITAS et al., 2008). No entanto, a mesma apresenta regeneração quando não é totalmente inativada (WHITAKER, 1972).

Tanto a polifenoloxidase quanto a peroxidase podem ser inativadas ou ter sua ativadade enzimática reduzida por tratamento térmico (CANO; MARIN ; FÚSTER, 1990).

3.7.2.2 Escurecimentos não-enzimáticos

O escurecimento não enzimático em alimentos leva também a formação de melanoidinas marrons por mecanismos que não envolvem a catálase enzimática . Dentre os processos não-enzimáticos, estão envolvidos os mecanismos de caramelização e da reação de Maillard (ALGRIGUE et al., 2003).

O processo de caramelização envolve a degradação de açúcares na ausência de proteínas ou aminoácidos, quando açúcares são aquecidos a temperaturas acima de seus pontos de fusão. É um processo que ocorre em condições ácidas ou alcalinas, estando associado a mudanças de cor, aroma e sabor, em conseqüência da formação de produtos com aspectos de “queimado” (ALDGRIGUE et al., 2003).

O processo de formação do caramelo mostrado na Figura 3.19, envolve inicalmente uma degradação ácida ou alcalina do açúcar com a formação de um composto enólico (1,2 enol), o qual sofre três reações sucessivas de desidratação, e uma reação molecular, com a formação de 5-(hidroximetil)-2-furaldeído (5-HMF, hexoses) ou 2-furaldeído (Furfural, Pentose), que sofrerão polimerização posterior e formação dos polímeros marrons (ALDGRIGUE et al., 2003).

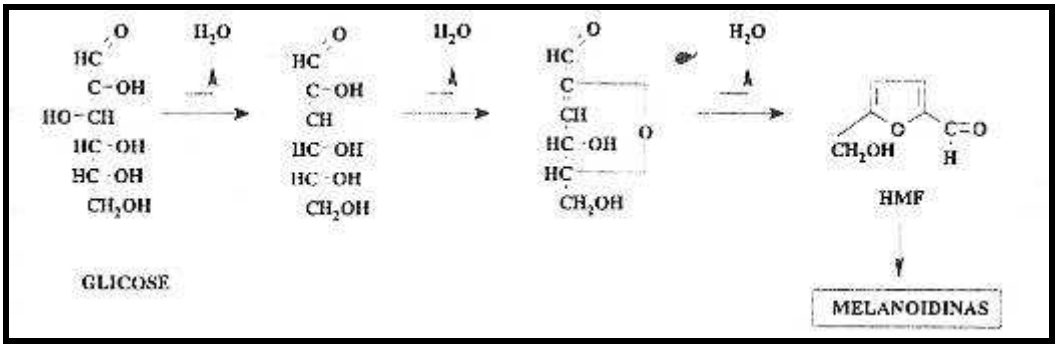

Figura 3.19 − Mecanismo de caramelização.
Fonte: ARAÚJO (1999).

A reação de Maillard foi inicialmente descrita por um cientista francês Camille Maillard, em 1912, que observou a formação de pigmentos marrons ou melanoidinas, ao aquecer uma solução de Glucose e Glicina, sendo esta referendada como “Reação de Maillard” (ALDGRIGUE et al., 2003). Esta é uma reação envolvendo aldeído (açúcar

redutor) e grupos amina de aminoácidos, peptídeos e proteínas em seu estádio inicial, seguida de várias etapas e culminando com a formação do pigmento escuro. A reação de Maillard é a principal causa do escurecimento desenvolvido durante o aquecimento e armazenamento prolongados do produto (ARAÚJO, 1999). Freqüentemente esta reação é desejável, como por exemplo na cor dourada dos produtos panificáveis e na formação de aromas “assados”, “caramelo” de uma infinidade de produtos cozidos, ou seja, os benefícios potenciais está relacionado com alterações desejável da cor e do “flavor” em certos produtos (ARAÚJO, 1999; ALDGRIGUE et al., 2003). Embora a reação de Maillard seja associada ao uso de temperaturas elevadas, esta ocorre facilmente a temperatura ambiente ou de armazenamento, sendo responsável pela descoloração dos leites desidratados e dos sucos concentrados (ALDGRIGUE et al., 2003).

De modo geral, a reação é indesejável e, se possível, deve ser evitada. Além do escurecimento, reduz a digestibilidade da proteína, inibe a ação de enzimas digestivas, destrói nutrientes com aminoácidos essenciais e ácido ascórbico e interfere no metabolismo de minerais, mediante a complexação com metais (ARAÚJO, 1999).

A reação de “Maillard” mostrada na Figura 3.20, a seguir, ocorre quando os grupos carbonílicos, geralmente dos açúcares redutores aldoses ou cetoses, condensam-se com o grupo α-amino livre, dos peptídeos ou proteínas. O produto da condensação inicial é uma base de Schiff, a qual sofre ciclização com formação glicosilamina N-substuída, que por sua vez sofre rearranjos até adquirir uma forma estável formando o produto de Amadori, quando na reação está envolvido uma Aldose, ou produto de Henys, quando estão reagindo cetoses (ALDGRIGUE, et al., 2003). Na 3ª fase há desprendimento de CO_2 (aroma) e formação de redutonas e de Hidroximetilfurfural. As reações envolvidas na formação dos pigmentos marrons, isto é no estágio final da reação, não estão bem definidas. Sabe-se apenas que estas envolvem uma série de condensações e polimerizações, e que os compostos nitrogenados formados devem ser os responsáveis pela coloração marron escuro formada. Os produtos da degradação de Amadori e/ou Henys irão reagir entre si e também com outros compostos aminados, levando a formação de melanoidinas, que têm sido descritas como polímeros complexos, cuja química é pouco desconhecida (ALDGRIGUE et al., 2003).

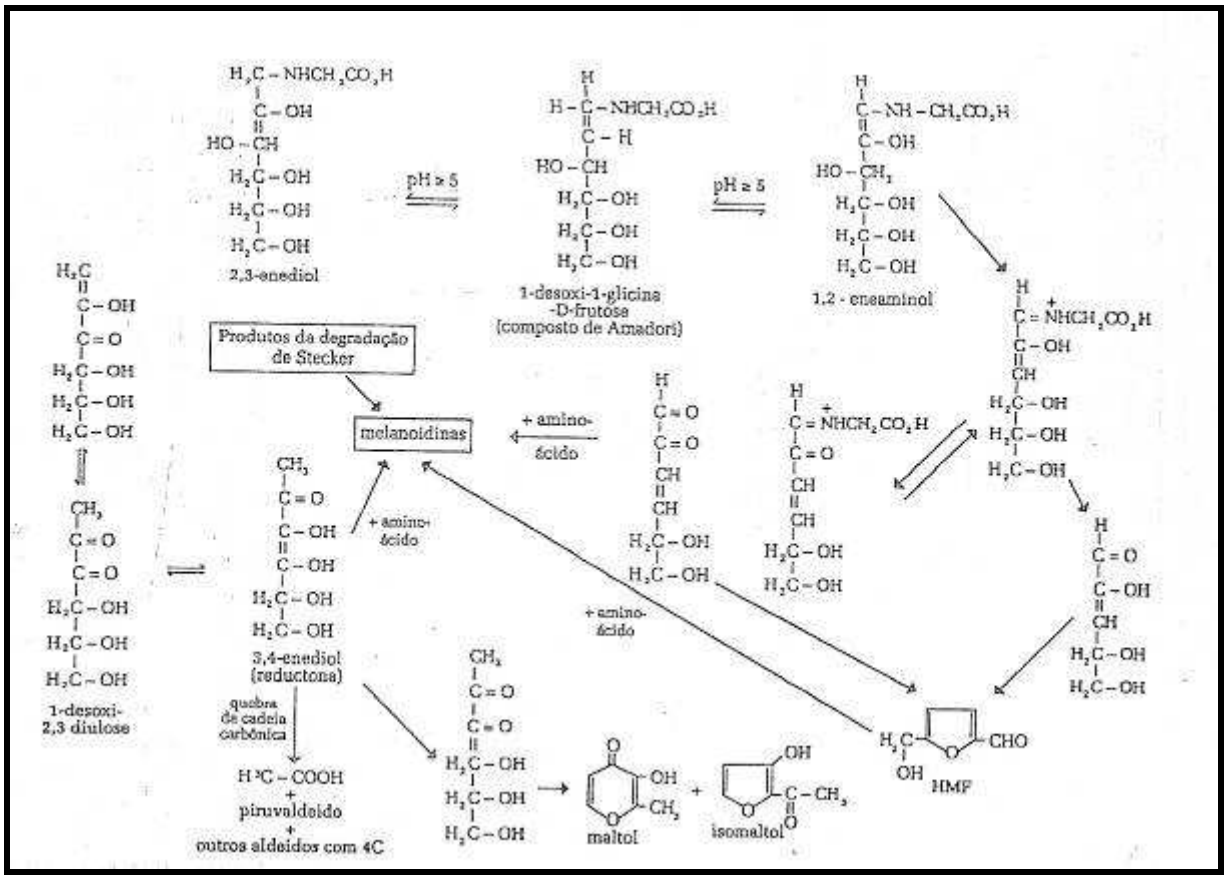

Figura 3.20 − Esquema resumido dos possíveis caminhos da Reação de Maillard
Fonte: (BOBBIO; BOBBIO, 1995).

3.8 Aspectos de qualidade de alimentos desidratados

A qualidade de um alimento processado é fundamental na indústria de alimentos. Essa qualidade não está baseada somente em atributos visuais (aparência, cor) e sensoriais (aroma, sabor, textura) do produto, mas também nas suas qualidades nutricionais (EL-AOUAR, 2005).

Durante o processo de secagem, o alimento é submetido a condições de processamento (temperatura, exposição à luz e ao calor, entre outros) que podem ocasionar perdas nutricionais e modificações sensoriais, gerando um produto sem qualidade (EL-AOUAR, 2005).

Segundo STRUMILLO e ADAMIEC (1991) existem quatro tipos de alterações que podem ocorrer durante o processo de secagem:

a) bioquímica – ação de leveduras, fungos e bactérias;

b) enzimática – perda de atividade por oxidação;

c) química – decréscimo de valores nutritivos;

d) física – perda de aroma e encolhimento.

3.8.1. Atividade de água

De acordo com Van Den Berg (1986), a água é um dos mais importantes fatores que governam os processos de deterioração, onde a microbiológica é usualmente a mais rápida.

A atividade de água (Equação 7) é uma das propriedades mais importantes para o processamento, conservação e armazenamento de alimentos. Ela quantifica o grau de ligação da água contida no produto e, conseqüentemente, sua disponibilidade para agir como um solvente e participar das transformações químicas, bioquímicas e microbiológicas (LABUZA, 1980).

A secagem ou desidratação de produtos biológicos é utilizada com uma técnica de conservação. Microrganismos que causam deterioração dos alimentos, não podem crescer e se multiplicar na ausência de água. Diversas enzimas que causam mudanças químicas nos alimentos, também não podem atuar na ausência de água. Quando o teor de umidade é reduzido abaixo de 10%, os microrganismos deixam de ser ativos. Alimentos desidratados podem ser estocados por longos períodos e conservar sua qualidade (FIOREZE, 2004).

A atividade de água é definida como “a razão da pressão de vapor da água no alimento e a pressão de vapor saturada da água na mesma temperatura” (Equação 7). (FELLOWS, 2006).

$$\mathbf{a_w = \frac{P}{P_0}} \qquad (7)$$

Todos os microrganismos têm uma atividade de água mínima de desenvolvimento. De maneira geral, as bactérias são mais exigentes que os bolores e as leveduras, só se desenvolvendo em meios com atividade de água elevada. Muitas bactérias não se desenvolvem em valores de atividade de água menores que 0,91 e muitos bolores não se multiplicam em valores inferiores a 0,80, exceto para os fungos xerofílicos e as leveduras

osmofílicas, que crescem em atividade de água menor que 0,60. Em geral, considera-se 0,60 como o limite mínimo para o desenvolvimento de microrganismos (UBOLDI-EIROA, 1996).

Como pode ser observado no Quadro 3.10, a seguir, a redução da atividade de água até um valor de 0,91 inibe a grande maioria dos patógenos com exceção do *Staphylococcus aureus* aeróbio. Se, por exemplo, é desejado um valor de atividade de água de 0,93 em um produto, tem-se um grande número de patógenos eliminados e os demais podem ser inibidos usando outros obstáculos como pH, conservadores, potencial redox, tratamento térmico brando em embalagem hermética, dentre outros (EL-AOUAR, 2005).

Reações enzimáticas ou não (oxidação de lipídios, escurecimento não enzimático, etc), que causam mudança de cor, *flavour* e estabilidade, continuam atuando no processo de desidratação e armazenagem em alimentos com atividade de água maior que 0,70. Essa propriedade é um parâmetro usual para predizer a deterioração do alimento ou para determinar o ponto final da secagem requerido para uma maior vida-de-prateleira do produto (JAYARAMAN et al., 1987).

Patógeno	a_w
Campylobacter jejuni	0,990
Aeromonas hydrophila	0,970
Clostridium botulinum tipo E	0,970
Shigella spp	0,960
Yersinia enterocolítica	0,960
Clostridium botulinum tipo G	0,965
Clostridium botulinum tipo A, B	0,945
Clostridium perfringens	0,950
Vibrio parahemolyticus	0,940
Salmonella spp	0,940
Escherichia coli	0,935
Listeria monocytogenes	0,930
Bacillus cereus	0,930
Bacillus subtilis	0,910
Staphylococcus aureus (anaeróbio)	0,90
Staphylococcus aureus (aeróbio)	0,60

Quadro 3.10−Valores mínimos de atividade de água para o desenvolvimento de alguns microrganismos patogênicos.
Fonte: TORREZAN (1996).

3.8.2 Sais Minerais

Os minerais formam a cinza dos materiais biológicos após completa oxidação da matéria orgânica. A maior parte dos minerais aparecem no esqueleto e, uma menor parte aparece formando parte da estrutura de macromoléculas como Hemoglobina, Mioglobina, Insulina e várias enzimas. Uma outra parte dos minerais se encontram no interior das células e nos fluidos corporais na forma iônica regulando o pH, a pressão osmótica e o equilíbrio eletrostático tanto no interior das células como dos fluidos fisiológicos (SGARBIERI, 1987).

A importância de se determinar com precisão e exatidão quantidades de metais ocorre pelo fato de que estes apresentam em baixas concentrações, caráter tóxico ou essencial (MACÊDO, 1995). No entanto, a dieta não deve conter elementos tóxicos acima dos níveis

permitidos. Com exceção da exposição ambiental, a maior entrada desses elementos essenciais e tóxicos, no organismo humano, ocorre via cadeia alimentar (FÁVARO et al., 2000).

Os elementos minerais reconhecidos como essenciais são comumente divididos entre macroelementos (cálcio, fósforo, potássio, sódio, cloro, magnésio, enxofre) e microelementos (ferro, cobre, zinco, cobalto, manganês, iodo, flúor, selênio, cromo, silício), de acordo com as quantidades, maiores ou menores em que são encontrados no organismo humano. A importância de sua inclusão na dieta tem sido amplamente discutida em textos sobre nutrição (SOARES et al., 2004).

- Cálcio

O cálcio é um mineral essencial para os ossos na formação do esqueleto É um dos principais nutrientes da dieta humana. Ele confere a integridade da estrutura do tecido ósseo e auxilia em várias funções celulares. Suas principais funções incluem em ser mensageiro secundário na contração do músculo liso e esquelético, na coagulação sangüínea e em ser cofator de várias reações enzimáticas (CÁCERES et al., 2006).

Durante o primeiro ano de vida, as crianças triplicam seu peso e crescem muito. Para o requerimento de suas expansões na massa esquelética, as crianças necessitam de uma fonte biodisponível de cálcio. A disponibilidade de cálcio nas fórmulas infantis depende de sua composição (OSTROM et al., 2002).

A ingestão recomendável de cálcio deve estar entre os valores de 210-270 mg/dia para crianças de 0-12 meses (PERALES et al., 2005).

Os valores de absorção de cálcio para fórmulas infantis são muito variáveis devido à presença de carboidratos, proteínas e fontes minerais dessas fórmulas (ABRAMS et al., 2003). É bastante utilizado em suplementos nutricionais, e é o principal componente estrutural dos ossos e dentes (DISILVESTRO, 2005).

- Magnésio

O magnésio é um mineral que está envolvido em vários processos fisiológicos. É essencial como cofator de um grande número de enzimas-catalizadoras de reações, especialmente das reações que requerem ATP como energia. Essas enzimas que necessitam de ATP incluem aquelas que adicionam fosfato em outras enzimas (enzima de fosforilação) e a

formação da célula sinalizadora da molécula Adenosina Monofosfato Cíclica (cAMP). Ambas as funções regulam muitos processos dentro das células. Uma outra função do magnésio é possuir íons livres intracelulares que atuam como um modulador fisiológico. O magnésio também atua sobre o Potássio, bloqueando os canais onde este pode levar células. Além disso, influencia a distribuição de potássio para a enzima Na,K-ATPase. Esta enzima joga o sódio para fora da célula e o magnésio para dentro. O magnésio estabiliza algumas estruturas de grupos fosfatos e atua indiretamente como antioxidante (DISILVESTRO, 2005).

- Potássio

O potássio constitui 5% do conteúdo total de minerais do organismo e é o principal cátion do líquido intracelular, com pequena quantidade presente no líquido extracelular. É um macronutriente, pois é um dos minerais essenciais à nutrição. Ele atua no organismo quase sempre em conjunto com o sódio e o cloreto, estando os três presentes em todos os líquidos e tecido corporais (AZEREDO et al., 1998).

Tem grande importância fisiológica, uma vez que o íon potássio é o mais abundante eletrólito carregado positivamente dentro das células. O potássio intracelular é o maior determinante da osmolaridade intracelular. O gradiente entre o potássio intra e extracelular é necessário para polarização da membrana celular, que influencia alguns processos, tais como impulsos nervosos e contração muscular (inclusive a do músculo cardíaco). Dentro das células, o Potássio é essencial para o crescimento normal da célula e para a síntese de proteínas. Ele também participa de algumas funções renais. Devido a sua alta solubilidade do potássio em água, ele é muito bem absorvido, geralmente cerca de 90% (DISILVESTRO, 2005).

A deficiência de potássio pode ocorrer devido a uma má alimentação. Não há Ingestão Diária Recomendada (IDR) estabelecida para o Potássio, porém recomenda-se a ingestão de 2500 mg diárias, para uma pessoa adulta, e sua deficiência tem como sintomas a fraqueza muscular e apatia mental (AZEREDO et al., 1998).

- Sódio

O sódio e seus ânions cloreto e bicarbonato são encontrados no líquido extracelular devido ao seu tamanho molecular, carga elétrica ou transporte ativo. Outros minerais (potássio, magnésio), proteínas e fosfatos encontram-se no líquido intracelular. A água tem

livre mobilidade entre os compartimentos intra e extracelular pela mudança osmótica, se distribuindo de acordo com o total de solutos de cada compartimento (ABMC, 2007).

3.9 Embalagens e armazenamento

A embalagem pode ser definida em termos de seu papel protetor como sendo “o meio de se obter a distribuição segura de produtos em condições adequadas para o consumidor final com o menor custo”, ou ela pode ser definida, em termos empresariais “como uma função técnico-econômica para a otimização dos custos de distribuição de mercadorias enquanto maximiza vendas e lucros” (FELLOWS, 2006).

A embalagem propicia uma barreira entre o alimento e o ambiente. Ela controla a transmissão da luz, a taxa de transferência de calor, de umidade e de gases e o movimento dos microrganismos ou insetos. Além disso, ela não deve influenciar o produto, por exemplo: pela migração de compostos tóxicos, pelas reações entre o material da embalagem e o alimento ou pela seleção de microrganismos prejudiciais ao alimento embalado, como, seleção de anaeróbios patogênicos em produtos com atmosfera modificada. (FELLOWS, 2006).

Nos alimentos desidratados, a conservação tem por princípio, a redução do conteúdo de água e da atividade d’água a um nível tal que as reações deteriorativas durante a estocagem ocorram na menor velocidade possível. Desta forma, é primordial que a embalagem apresente boa barreira ao vapor d’água e integridade do fechamento, evitando o ganho de umidade que permitiria o crescimento de microrganismos e as alterações físicas provocadas pelo ganho de umidade (LABUZA, 1982a).

O processo de ganho de umidade promove um aumento da atividade de água do produto que pode levar, dentre outros, a um desenvolvimento microbiano. Os níveis mínimos de atividade de água necessários para o desenvolvimento de microrganismos dependem de fatores como temperatura, pH, oxigênio e disponibilidade de nutrientes. O princípio geral diz que quanto mais agressivo for o ambiente ao microrganismo, maior se torna a atividade de água mínima exigida para o crescimento microbiano (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESII, 2001).

O controle da temperatura é importante para a preservação da qualidade dos alimentos, uma vez que seu aumento está diretamente relacionado com o aumento da velocidade das reações de deterioração, principalmente atividade enzimática, escurecimento não-enzimático e

reações de oxidação. O aumento no teor de umidade do alimento leva as alterações de textura, além de facilitar a movimentação de substâncias nos substratos, acelerando as reações de escurecimento e o desenvolvimento de microrganismos. A elevada concentração de oxigênio em contato com o alimento pode levar à oxidação de lipídeos, vitaminas e pigmentos, além de favorecer o crescimento de microrganismos aeróbios (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESII, 2001).

A embalagem para misturas secas deve oferecer proteção contra a umidade para evitar que ocorra o empedramento do produto como conseqüência do aumento de coesão entre as moléculas e formação de pontes de hidrogênio entre as moléculas de água (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

Os materiais flexíveis são largamente utilizados para acondicionar produtos alimentícios desidratados e um grande número de estruturas encontra-se disponível. Os principais plásticos utilizados no acondicionamento de alimentos desidratados são o polietileno e o polipropileno (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001). O polietileno(PE) e o polipropileno(PP) oferecem barreira ao vapor de água, mas não são indicados para produtos gordurosos que exigem proteção ao oxigênio. O polipropileno biorientado (BOPP) apresenta, de um modo geral, melhor barreira ao vapor d'água e ao oxigênio que o PE e o PP, e também apresenta uma excelente barreira à passagem de gorduras (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

Estruturas laminadas que combinam diferentes materiais e, conseqüentemente, diferentes propriedades, são uma opção para atender os diversos produtos. Os materiais mais utilizados nestes laminados são PE, PP, BOPP e PET, metalizados ou não, e a folha de alumínio. A opção pelo material de embalagem deve ter sempre em mente os requisitos do produto, as condições de comercialização e a vida-útil desejada. No Quadro 3.12, a seguir, estão apresentadas algumas estruturas utilizadas para alimentos desidratados (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

O Polietileno serve como selante e adesivo . O PET na camada externa confere rigidez e resistência mecância à estrutura. Quando metalizados, o PET e o BOPP tem suas propriedades de barreira melhoradas e conferem ao produto proteção contra luz. A folha de alumínio é recomendada quando a barreira ao vapor d'água, ao oxigênio e aos aromas fornecida pelo BOPP ou PET metalizados não é suficiente para garantir a vida-útil do produtos (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

O Quadro 3.12, a seguir, apresenta embalagens utilizadas para alimentos desidratados.

Produto	Material	Espessura total (µm)
Leite em pó	PET met/ PE	60-80
Sopas desidratadas	PET/PE/Al/ PE PET/Al/ PE PET met/PE	60-100
Coco ralado	BOPP/BOPPmet BOPP/BOPPmet/PE PETmet/PE	60-80
Condimentos desidratado	PP BOPP/BOPP PET/PE PETmet/PE	50-80

Quadro 3.11 − Estruturas utilizadas para alguns alimentos desidratados.
Fonte: SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI (2001).

A qualidade de vegetais desidratados se altera com o tempo de estocagem devido à ocorrência de uma série de reações químicas, mas basicamente, esses produtos, quando embalados, podem apresentar um maior período de vida-de-prateleira (FRUTHOTEC, 2001).

As principais alterações de alimentos associados à sua qualidade e vida-de-prateleira, quando acondicionados em embalagens flexíveis, são (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001):

a) reações de escurecimento não-enzimático;
b) reações de escurecimento enzimático;
c) reações químicas de oxidação de lipídeos;
d) oxidação e degradação de pigmentos;
e) oxidação e perda de aromas;
f) alterações devido ao ganho de umidade;
g) alterações devido à perda de umidade;
h) crescimento microbiológico;
i) perda de valor nutritivo;
j) interação com as embalagens − contaminação por odores estranhos (provenientes tanto da embalagem como do ambiente em que o alimento está estocado) e migração de componentes indesejáveis sob aspecto toxicológico e sensorial;
l) infestação por insetos e roedores.

4 METODOLOGIA

4.1 − Matéria-Prima

As matérias-primas utilizadas foram cascas de banana (*Musa sapientum*) das variedades Prata, Pacovan e Maçã, adquiridas direto da CEASA, no município de João Pessoa, Estado da Paraíba, Brasil.

4.2 − Locais de experimentos

As análises foram realizadas nos seguintes locais:

a) Laboratório de Operações Unitárias;

b) Laboratório de Bioquímica de Alimentos, onde ambos estão localizados no Departamento de Tecnologia e Química de Alimentos, no centro de Tecnologia da UFPB.

4.3 − Caracterização físico-química da matéria-prima

As análises descritas a seguir foram todas feitas em triplicata. Portanto, o valor final de cada análise corresponde à média das três repetições.

4.3.1 − Umidade

Este método baseia-se na determinação da perda de peso do produto submetido ao aquecimento até peso constante (BRASIL, 2005).

4.3.2 − Atividade de água

Baseia-se na determinação direta, em equipamento (Modelo CX-2), da atividade de água a 25^0C da amostra acondicionada em cápsula plástica, em equilíbrio com a atmosfera interna do equipamento. O valor de atividade de água é registrado quando há a formação da primeira gota de orvalho em função do equilíbrio alcançado entre a fase líquida, presente na amostra, e a fase gasosa.

4.3.3 − Sólidos solúveis ou Brix

Baseia-se na leitura direta dos graus Brix, a 20^0C, utilizando refratômetro de campo (ATAGO N° 1) (AOAC, 1984).

4.3.4 − Determinação de acidez

Baseia-se na neutralização dos íons H^+ com solução alcalina (BRASIL, 2005).

4.3.5 − Determinação do pH

Consiste da medida da diferença de potencial de uma membrana de vidro que separa a solução desconhecida de uma solução de referência cuja concentração de íons H^+ é conhecida. O vidro, neste caso, funciona com uma fina película que separa as duas soluções aquosas com concentrações de íons H^+ distintas, o que origina a diferença de potencial ente elas (BRASIL, 2005).

4.3.6 − Determinação do amido

O amido é um polissacarídeo de elevado peso molecular que não apresenta reação redutora. Uma hidrólise energética em meio fortemente ácido produz exclusivamente glicose (AOAC, 1996).

4.3.7 − Determinação de cálcio

Baseia-se na determinação por espectrometria de absorção atômica do referido mineral em uma amostra representativa do alimento, previamente digerida (BRASIL, 2005).

4.3.8 − Determinação de sódio

Baseia-se na determinação por espectrometria de absorção atômica do referido mineral em uma amostra representativa do alimento, previamente digerida (BRASIL, 2005).

4.3.9 − Determinação de magnésio

Baseia-se na determinação por espectrometria de absorção atômica do referido mineral em uma amostra representativa do alimento, previamente digerida (BRASIL, 2005).

4.3.10 − Determinação de potássio

Baseia-se na determinação por espectrometria de absorção atômica do referido mineral em uma amostra representativa do alimento, previamente digerida (BRASIL, 2005).

4.3.11 − Determinação de açúcares redutores e totais

É a capacidade dos açúcares reduzir o Cobre (Cu^{2+}) à óxido cuproso (Cu_2O) sob aquecimento em solução alcalina. Os teores de açúcares foram determinados pelo método Lane e Enyon (1934) na forma publicada pela AOAC (1984).

4.3.12 − Determinação de proteínas (Método de Kjeldahl)

Baseia-se na determinação de nitrogênio total da amostra, que através do cálculo é transformado em nitrogênio protéico (proteína na amostra). Esse método é dividido em três etapas: digestão, destilação e titulação (BRASIL, 2005).

4.3.13 − Determinação de lipídeos (Método de Soxhlet)

Processo gravimétrico, baseado na perda de peso do material submetido à extração com éter de petróleo, hexano ou éter etílico, ou na quantidade de material dissolvido e extraído pelo solvente (BRASIL, 2005).

4.3.14 − Determinação de cinzas

Método gravimétrico, baseado na determinação de perda de peso da amostra submetido ao aquecimento a 550°C (BRASIL, 2005).

4.4 Descrição das etapas do processamento

A metodologia para obtenção da farinha de casca de banana consiste em se desenvolver as etapas contidas no fluxograma da Figura 4.1, a seguir.

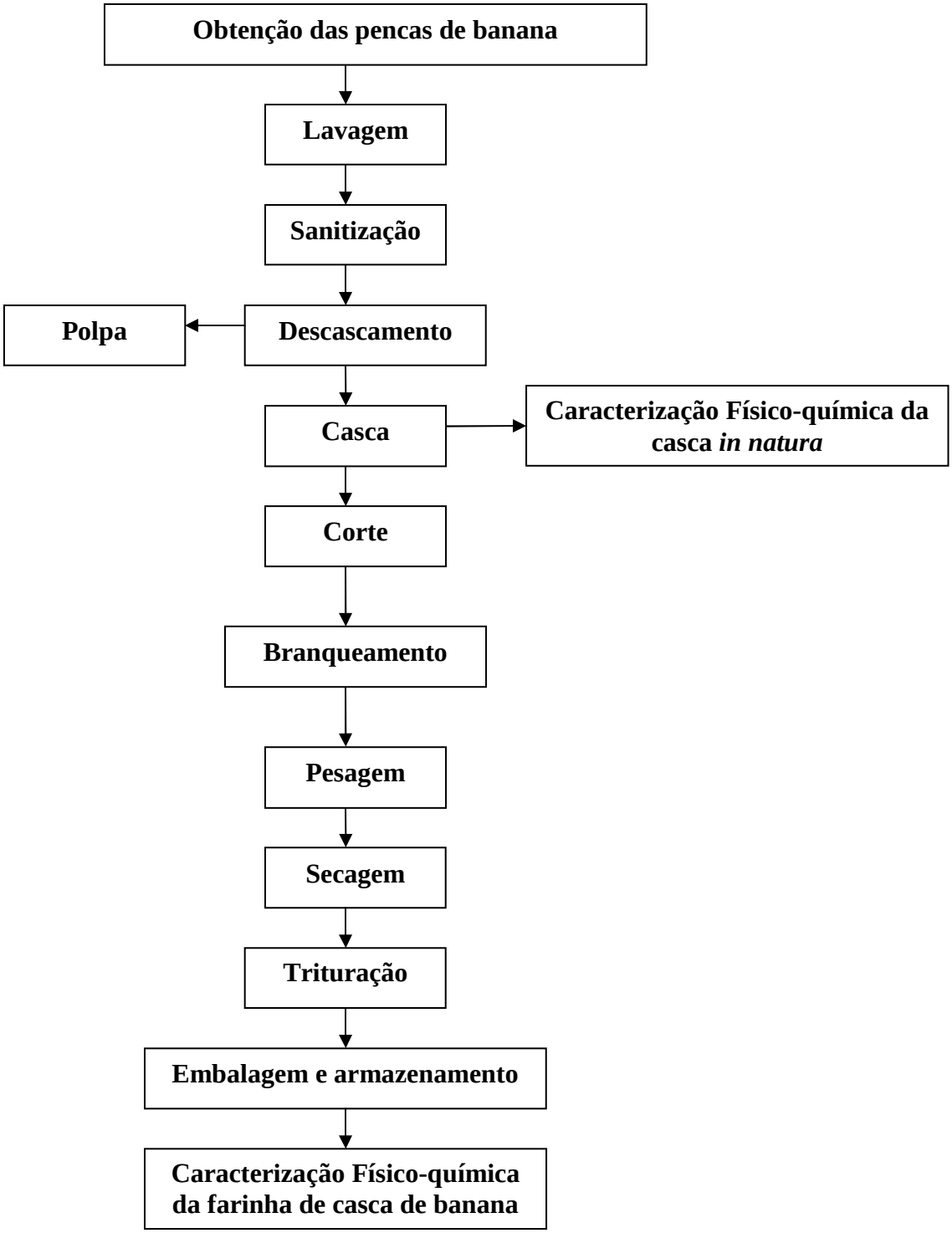

Figura 4.1 − Fluxograma do processamento da farinha de casca de banana.

4.4.1 Obtenção das pencas de banana

A matéria-prima foi adquirida diretamente na CEASA. Foram escolhidas pencas de bananas com cascas sadias, firmes, livres de irregularidades, para que não influenciasse na qualidade do processo. Para a seleção foram observados também a coloração da casca de banana de acordo com os estágios 4 e 5 da Figura 3.6, apresentada na página 30 o que corresponderam com teor de sólidos solúveis entre 6 a 8°Brix para Prata e Pacovan, e 7 a 10°Brix para Maçã. A matéria-prima foi transportada em embalagens de polietileno de alta densidade até o Laboratório de Operações Unitárias da UFPB.

4.4.2 Lavagem

Foi realizada uma primeira lavagem com água potável fria, usada diretamente da rede pública, permitindo assim eliminar da superfície sujeiras tais como, terra, detritos ou impurezas de diversas espécies que viessem a prejudicar a qualidade do produto.

4.4.3 Sanitização

Os frutos, juntamente com as cascas, foram imersos em solução de hipoclorito de sódio (50ppm) durante 10 minutos.

4.4.4 Descascamento

As cascas da banana foram retiradas manualmente com o devido cuidado a fim de separá-las da polpa da fruta.

4.4.5 Corte

As cascas de banana foram cortadas com auxílio de uma faca de aço inoxidável, aproximadamente, nas dimensões de 4,3 x 4,8 cm². A espessura considerada para o estudo foi natural da própria casca, como os ensaios foram realizados em triplicata, considerou-se a espessura média para as três variedades analisadas, sendo 1,41mm para casca de banana Prata, 1,97mm para casca de banana Pacovan e 0,89mm para casca de banana Maçã.

4.4.6 Branqueamento

As cascas de banana foram colocadas em água fervente numa temperatura de 100°C, por 5minutos e, em seguida, foram resfriadas rapidamente em água gelada 0,5 a 1ºC por 1 minuto.

O teste de constatação da atividade de enzima peroxidase foi realizado adicionando 1mL da solução de guaiacol 0,5% e 5 gotas de água oxigenada 0,3%, após 3 minutos foi observado se houve mudança na coloração da casca, o que não ocorreu , verificando que a enzima Peroxidase foi inativada , portanto a polifenoloxidase também, que é menos termorresistente.

4.4.7 Pesagem

As cascas branqueadas e cortadas foram pesadas antes da operação de secagem para determinação da massa seca ao final do processo. Esta operação foi realizada em balança semi-analítica, modelo SR-600 com exatidão de duas casas decimais.

4.4.8 Secagem convectiva

O secador usado nessa pesquisa foi um secador de bandejas com leito fixo e fluxo ascendente de ar (Figura 4.2 a seguir), conectado a um sistema de aquecimento elétrico de ar e convecção forçada.

Foram realizados três experimentos no mesmo secador de bandejas utilizando temperaturas de 40°C, 50°C, e 60°C, com velocidades do ar de secagem de 1.0 m/s respectivamente.

O secador e as resistências elétricas foram ligados até que atingissem a temperatura desejada para cada experimento. Foram realizadas as medidas das velocidades do ar, com auxílio do anemômetro (marca TSI) e das temperaturas e umidade relativa do ar, com auxílio do higrômetro (marca ALLA FRANCE). As amostras foram pesadas a cada 15 minutos até a segunda hora de processo e a cada 30 minutos até peso constante. Ao término da secagem, foi realizada a determinação de massa seca das amostras mediante estufa a 70°C por 24 horas. Todos os ensaios foram feitos em triplicata para as três variedades de casca de banana.

O sistema de secagem utilizado para a obtenção das farinhas de casca de banana é mostrado esquematicamente na Figura 4.2, a seguir.

Um ventilador centrífugo de 1HP (1) impulsiona o ar ambiente, cujo fluxo pode ser controlado por uma válvula (2), através de um conjunto de resistências elétricas (3). Esse conjunto é formado por duas resistências de 1.000W, três de 500 W e uma de 1500W. Em seguida na entrada da câmara temos um termômetro (5) que serve para medir a temperatura do ar quente que passa pelas bandejas. A câmara de secagem é constituída de 5 bandejas de tela de aço inoxidável, medindo 0,40x 0,40m. Toda a câmara é revestida interna e externamente por uma fina chapa de aço inoxidável.

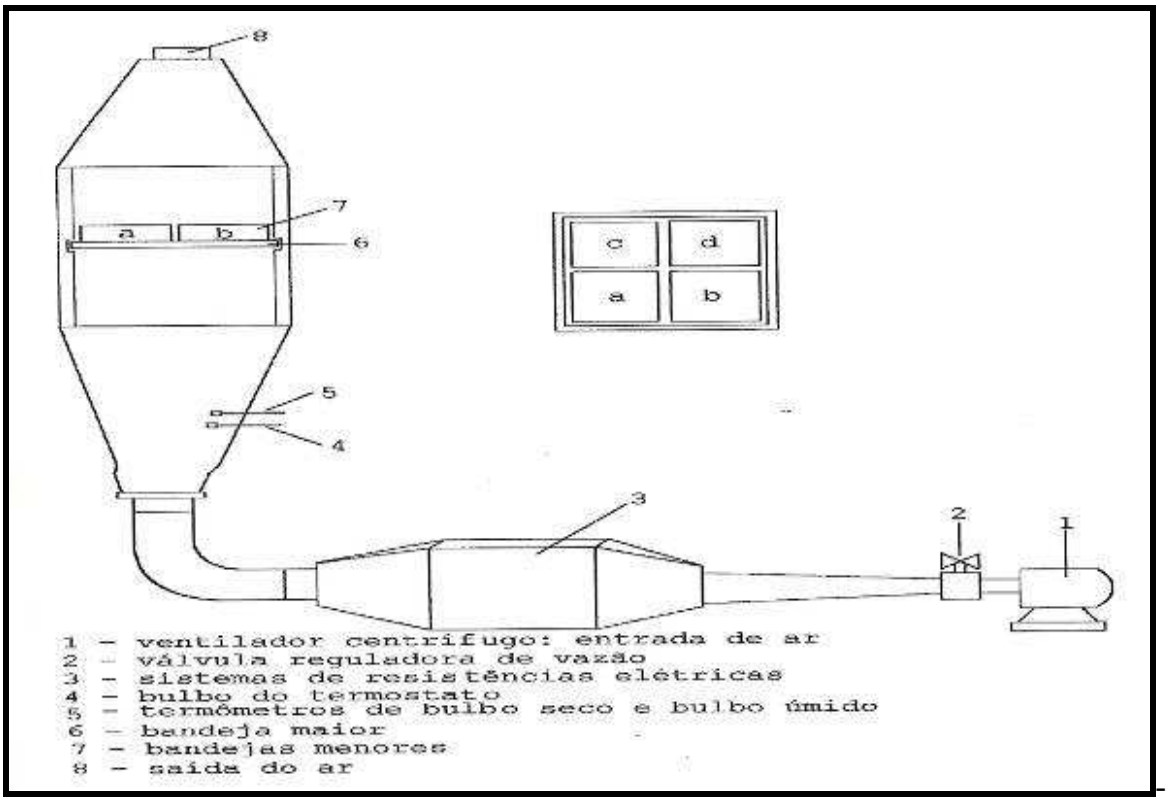

Figura 4.2 − Esquema do sistema de secagem: secador de badeja.
Fonte: FIOREZE (2004).

4.4.8.1 Cinética de secagem

A cinética de secagem foi estudada mediante as curvas do adimensional de umidade em função do tempo de processo, assim como também pelas curvas de taxa de secagem em função do conteúdo de umidade das amostras. Os dados experimentais da cinética de secagem se encontram no Apêndice A.

4.4.8.2 Modelagem matemática da secagem

Para a modelagem foram utilizados o Modelo Difusional (2ª Lei de Fick) (CRANK, 1975) para uma geometria de placa plana infinita e os modelos semi-empírico de Page (PAGE, 1949) e empírico exponencial de dois parâmetros.

4.4.9 Trituração

As cascas de bananas desidratadas foram submetidas a um trituramento em multiprocessador (marca MALLORY).

4.4.10 Embalagem e armazenamento

A farinha de casca de banana foi acondicionada em filme de polietileno de baixa densidade e selado a vácuo em seladora modelo 120 B. Cada embalagem possuía quantidades exatas de amostras para cada análise, estas ficaram acondicionadas por no máximo uma semana a temperatura ambiente, para posteriores análises.

4.4.11 Tratamento estatístico dos dados

Os ajustes dos modelos aos dados experimentais foram realizados mediante regressão não linear utilizando o pacote estatístico Statistica 7.0 (STATSOFT, 2004). O critério de escolha dos melhores ajustes foi o coeficiente de determinação (R^2) (BARROS NETO; SCARMÍNIO; BRUNS, 2003) e o desvio relativo médio (E), cuja definição encontra-se descrita pela (Equação 8) (LOMAURO; BAKSHI; LABUSA, 1985):

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{100}}{\mathbf{N}} \sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{N}} \frac{\left|\mathbf{V_E} - \mathbf{V_P}\right|}{\mathbf{V_E}} \qquad (8)$$

4.4.12 Qualidade do produto final processado

Os produtos finais obtidos foram submetidos a determinações de atividade enzimática, minerais e atividade de água, para avaliar a influência da temperatura em cada tratamento sobre a qualidade do produto final. O procedimento para tais análises já foram descritos anteriormente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1−Caracterização físico-química da matéria-prima

A caracterização físico-química das cascas de banana Prata, Pacovan e Maçã *in natura* foram feitas de acordo com os métodos referenciados na Seção 4.3. A Tabela 5.1 ilustra os resultados obtidos:

Tabela 5.1− Caracterização físico-química da casca de banana *(Musa sapientum) in natura*, das variedades Prata, Pacovan e Maçã.

Análise	Valor médio Prata	Valor médio Pacovan	Valor médio Maçã
Atividade de água (%)	0,981± 0,000	0,981± 0,000	0,975 ± 0,000
Conteúdo de umidade (%)	86,51 ± 0,62	87,87 ± 1,08	82,92 ± 1,09
Sólidos Solúveis (°Brix)	6,50 ± 0,41	6,30 ± 0,61	10,00 ± 1,21
Açúcares redutores (%)	2,80 ± 0,027	2,77 ± 0,10	2,63 ± 0,48
Açúcares totais (%)	3,39 ± 0,10	3,26 ± 0,26	4,23 ± 0,05
Acidez (%)*	0,58 ± 0,00	0,59 ± 0,01	0,57 ± 0,02
pH	5,67 ± 0,05	5,55 ± 0,17	5,86 ± 0,74
Amido (%)	0,29 ± 0,00	0,38 ± 0,0065	0,70 ± 0,00
Cinzas (%)	1,50 ± 0,08	1,87 ± 0,08	1,58 ± 0,08
Potássio (mg/100g de produto)**	81,11 ± 0,00	70,89 ± 0,00	143,78 ± 27,34
Cálcio (mg/100g de produto)**	50,28 ±37,92	42,82 ±83,80	83,00 ± 49
Magnésio (mg/100g de produto)**	12,97 ± 4,24	11,20 ± 4,03	23,46 ± 5,59
Sódio (mg/100g de produto)**	2,40 ± 0,00	1,97 ± 0,48	4,59 ± 0,67

* Expressa em % de ácido málico.
**Por 100g de massa inicial do produto.

Como não foram obtidos dados da literatura sobre a composição físico-química da casca de banana, com exceção dos minerais, cinzas e umidade, os outros dados da Tabela 5.1 foram comparados com os da polpa de banana, portanto as diferenças apresentadas entre os valores obtidos neste estudo e os da literatura são perfeitamente compreensíveis, além de que, a composição centesimal de uma fruta é função de diversos fatores, tais como: época do ano, técnica de irrigação utilizada para o plantio, região da qual a fruta é oriunda, dentre outros.

Comparando os resultados da casca de banana na Tabela 5.1 aos obtidos da polpa de banana por Medina et al., (1995), observa-se que o conteúdo de açúcares redutores e totais e amido apresentam valores inferiores aos encontrados pela literatura. Com relação aos resultados da casca de banana obtidos por Gondim et al., (2005), e os obtidos na Tabela 5.1, observa-se que o conteúdo de umidade e o teor de Sódio são ligeiramente inferiores ao da

literatura. O mesmo não acontece com as cinzas e os outros minerais, os quais apresentam valores superiores aos encontrados pela literatura.

5.2−Secagem convectiva

5.2.1 Cinética de secagem para as cascas de banana Prata, Pacovan e Maçã.

A Tabela 5.2 ilustra as temperaturas (°C) e umidades relativas médias do ar de secagem (UR%), para cada condição estudada. Ilustra também as umidades de equilíbrio X_e (b_s), que foram obtidas dinamicamente pesando-se as amostras até que se atingisse peso constante durante o processo de secagem das cascas de banana Prata, Pacovan e Maçã. O parâmetro estudado foi a temperatura do ar de secagem, a qual variou de 40 a 60°C.

Tabela 5.2−Parâmetros de processo da secagem convectiva das cascas de banana (*Musa sapientum*), variedades Prata, Pacovan e Maçã.

Variedades	**Condições do processo**		**Umidade de equilíbrio**
	T (°C)	**UR (%)**	**Xe (bs)**
Prata	40°C	43,80	0,30
Prata	50°C	26,14	0,09
Prata	60°C	17,57	0,14
Pacovan	40°C	43,80	0,12
Pacovan	50°C	26,14	0,14
Pacovan	60°C	17,57	0,04
Maçã	40°C	43,80	0,09
Maçã	50°C	26,14	0,19
Maçã	60°C	17,57	0,04

As “pseudo-umidades de equilíbrio” foram obtidas a partir das curvas de secagem e não em ensaio de equilíbrio através das isotermas de sorção, este fato explica a discrepância nos valores das mesmas.

As cascas de frutas das três variedades de banana possuíam estrutura física e composição química parecidas.

As Figuras 5.1 a 5.6, a seguir, mostram os adimensionais de umidade em função do tempo de processo, nas várias temperaturas do ar de secagem. Analisando tais figuras de

maneira geral, podemos notar que quanto maior a temperatura de processo, mais acentuada é a curva de secagem para todas as variedades, isto é, quando comparamos as amostras secas a uma temperatura maior com aquelas secas em uma temperatura menor observamos que, para que as últimas alcancem um mesmo conteúdo de umidade das anteriores, faz-se necessário um maior tempo de processo. De acordo com a Figura (5.1), (5.2) e (5.3) para faixa de temperaturas diferentes e variedades iguais das amostras estudadas, não houve diferença significativa entre as cinéticas de secagem das cascas de banana secas a 40°C e 50°C, na 1º fase de taxa decrescente, ou seja, na fase intermediária, mas houve diferença significativa nessa fase entre as cinéticas de secagem das cascas de banana secas a 40 e 60°C e 50 e 60°C. Nota-se ainda, que na Figura (5.1) e (5.2) existe uma tendência ao equilíbrio dinâmico de umidade após um tempo de processo de 120 minutos para as cascas de banana Prata secas a 40°C e 50°C, e para as cascas de banana Pacovan secas a 50 e 60°C. As cascas de banana Prata, secas a 60°C, atingiram o equilíbrio dinâmico de umidade após um tempo de processo de 60 minutos, e a casca de banana Pacovan seca a 40°C, atingiu o equilíbrio dinâmico de umidade após um tempo de processo de 180 minutos. Na Figura (5.3), as cascas de banana Maçã secas a várias temperaturas do ar de secagem, atingiu o equilíbrio dinâmico de umidade após um tempo de processo de 77 minutos.

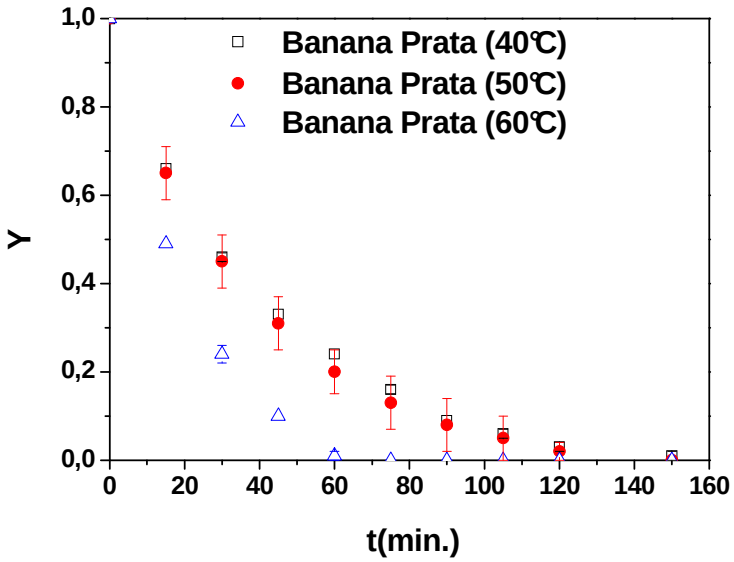

Figura 5.1−Adimensional de umidade em função do tempo para o processo de secagem da casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Prata, cinética de secagem da casca de banana Prata a várias temperaturas de processo.

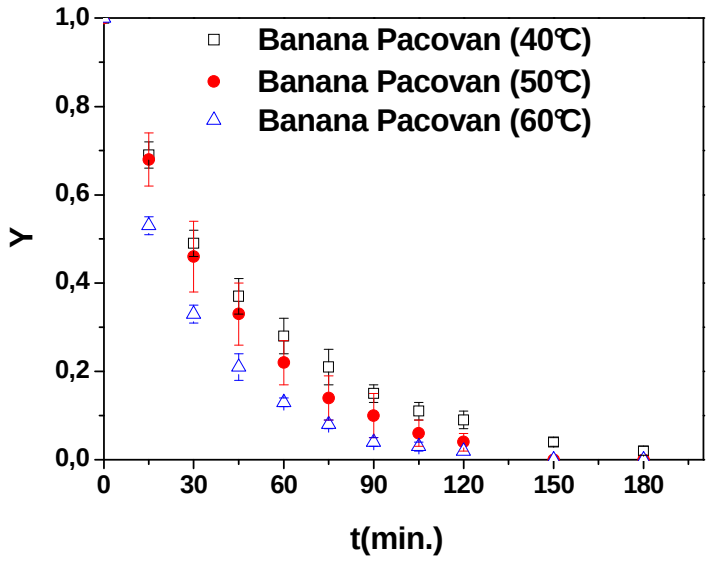

Figura 5.2−Adimensional de umidade em função do tempo para o processo de secagem da casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Pacovan, cinética de secagem da casca de banana Pacovan a várias temperaturas de processo.

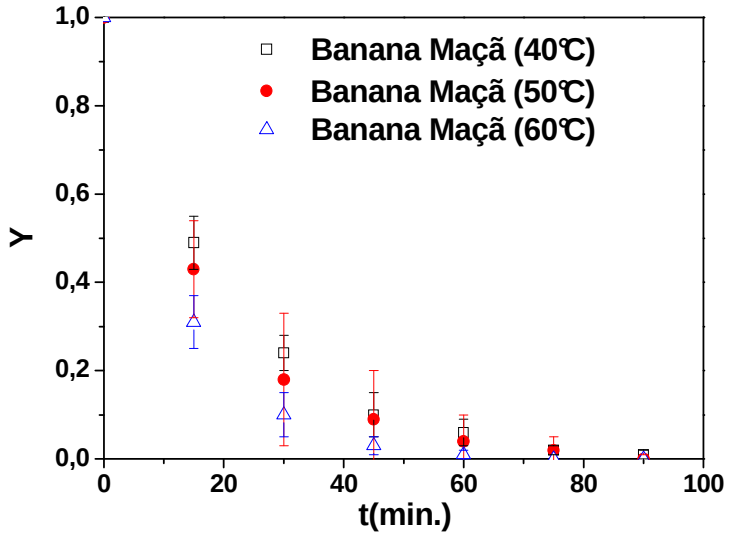

Figura 5.3−Adimensional de umidade em função do tempo para o processo de secagem da casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Maçã, cinética de secagem da casca de banana Maçã a várias temperaturas de processo.

Na Figura (5.4), (5.5) e (5.6), a seguir, para faixas de temperaturas iguais e variedades diferentes das amostras estudadas, não houve diferença significativa entre as cinéticas de secagem das cascas de banana Prata e Pacovan, secas a 40°C, 50°C e 60°C, na 1º fase de taxa decrescente, ou seja, na fase intermediária, mas houve diferença significativa entre as cinéticas de secagem das cascas de banana Prata e Maçã, secas a 40°C, 50°C e 60°C, e Pacovan e Maçã, secas a 40°C, 50°C e 60°C. Observa-se ainda que, a casca de banana Maçã comparada com as demais variedades de amostras estudadas a várias temperaturas de processo, secou mais rápida.

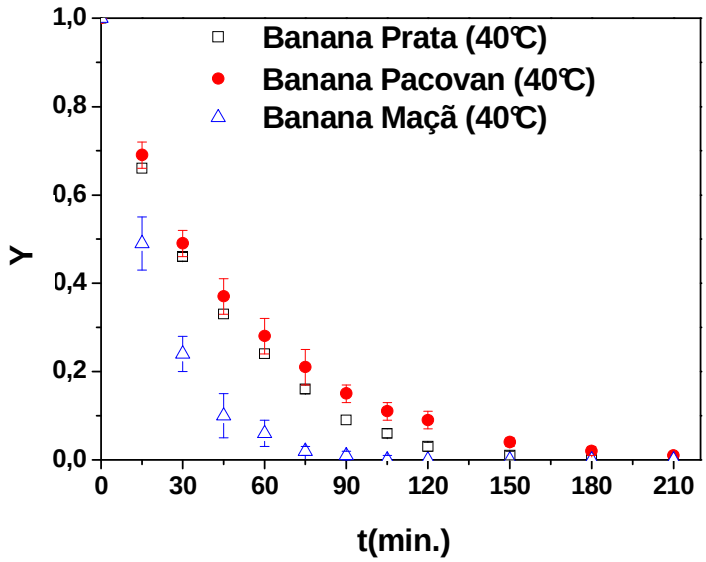

Figura 5.4−Adimensional de umidade em função do tempo para o processo de secagem da casca de banana *(Musa sapientum)*, variedades Prata, Pacovan e Maçã à temperatura de 40°C.

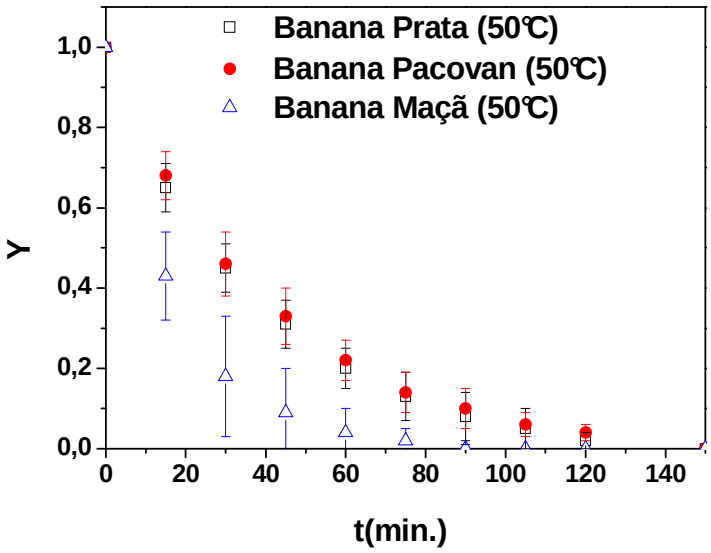

Figura 5.5− Adimensional de umidade em função do tempo para o processo de secagem da casca de banana *(Musa sapientum)*, variedades Prata, Pacovan e Maçã à temperatura de 50°C.

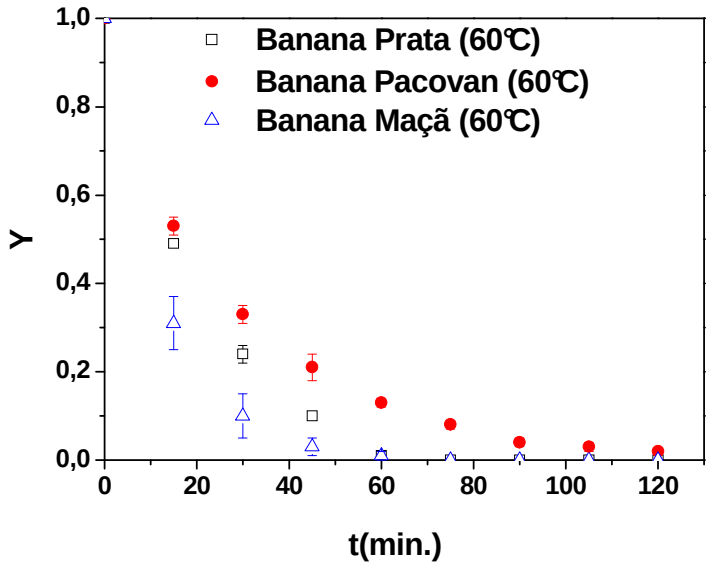

Figura 5.6− Adimensional de umidade em função do tempo para o processo de secagem da casca de banana *(Musa sapientum)*, variedades Prata, Pacovan e Maçã à temperatura de 60°C.

As Figuras 5.7 a 5.12 (a) e (b), a seguir, mostram a taxa de secagem em função do conteúdo de umidade das amostras durante o processo de secagem das cascas de banana Prata, Pacovan e Maçã.

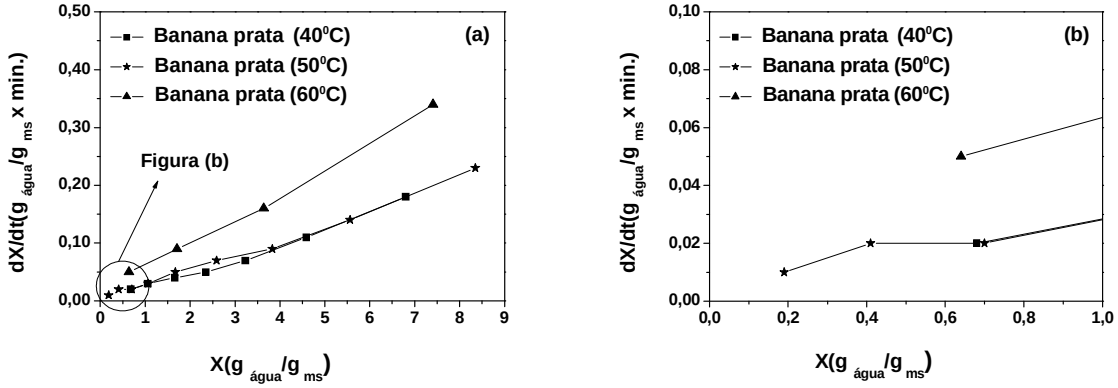

Figura 5.7−Taxa de secagem em função do conteúdo de umidade das amostras para o processo de secagem da casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Prata. (a)−Considerando todos os pontos da Taxa de secagem e do conteúdo de umidade; (b) −Ampliação do gráfico (a), considerando apenas um ponto da Taxa de secagem e do conteúdo de umidade.

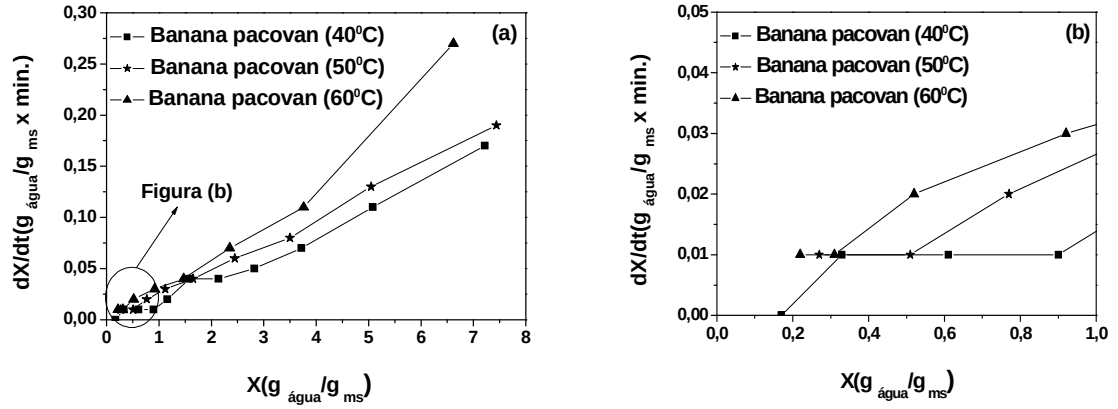

Figura 5.8−Taxa de secagem em função do conteúdo de umidade das amostras para o processo de secagem da casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Pacovan. (a)−Considerando todos os pontos da Taxa de secagem e do conteúdo de umidade; (b) −Ampliação do gráfico (a), considerando apenas um ponto da Taxa de secagem e do conteúdo de umidade.

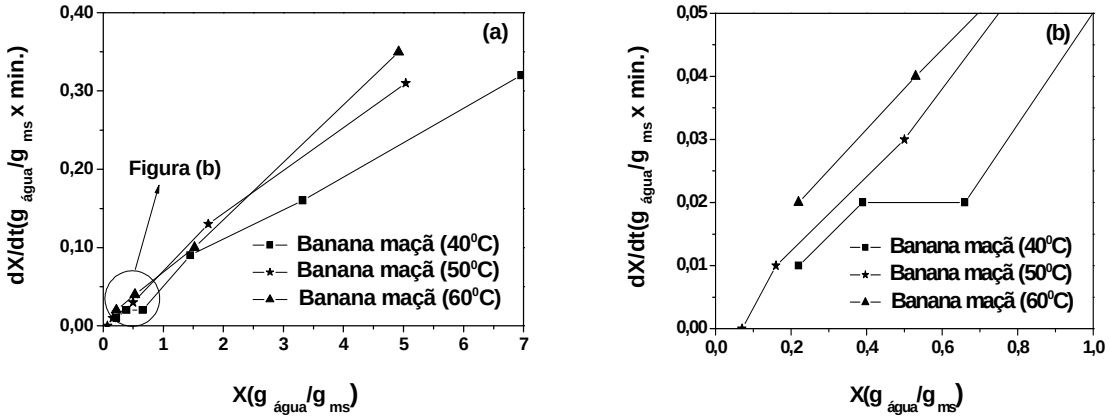

Figura 5.9−Taxa de secagem em função do conteúdo de umidade das amostras para o processo de secagem da casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Maçã. (a)−Considerando todos os pontos da Taxa de secagem e do conteúdo de umidade; (b) −Ampliação do gráfico (a), considerando apenas um ponto da Taxa de secagem e do conteúdo de umidade.

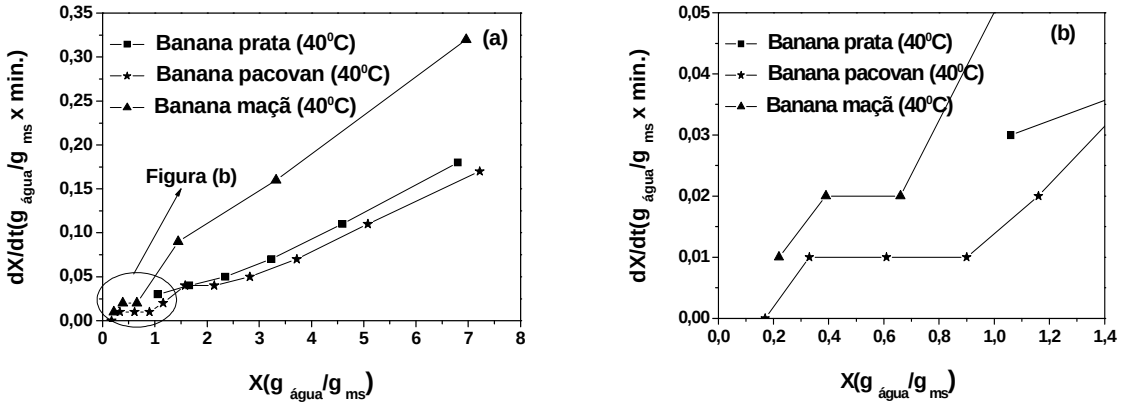

Figura 5.10−Taxa de secagem em função do conteúdo de umidade das amostras para o processo de secagem das cascas de banana *(Musa sapientum)*, variedades Prata, Pacovan e Maçã à 40°C. (a)−Considerando todos os pontos da Taxa de secagem e do conteúdo de umidade; (b) −Ampliação do gráfico (a), considerando apenas um ponto da Taxa de secagem e do conteúdo de umidade.

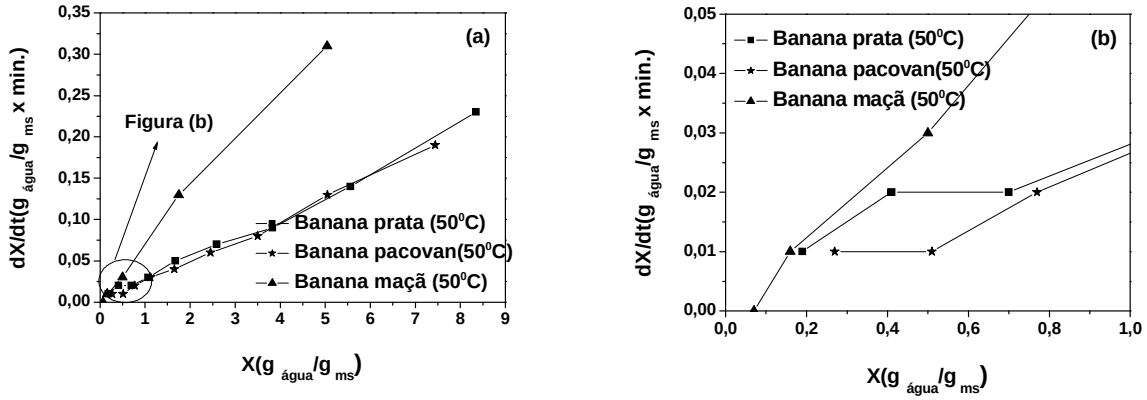

Figura 5.11− Taxa de secagem em função do conteúdo de umidade das amostras para o processo de secagem das cascas de banana *(Musa sapientum)*, variedades Prata, Pacovan e Maçã à 50°C. (a)−Considerando todos os pontos da Taxa de secagem e do conteúdo de umidade; (b) −Ampliação do gráfico (a), considerando apenas um ponto da Taxa de secagem e do conteúdo de umidade.

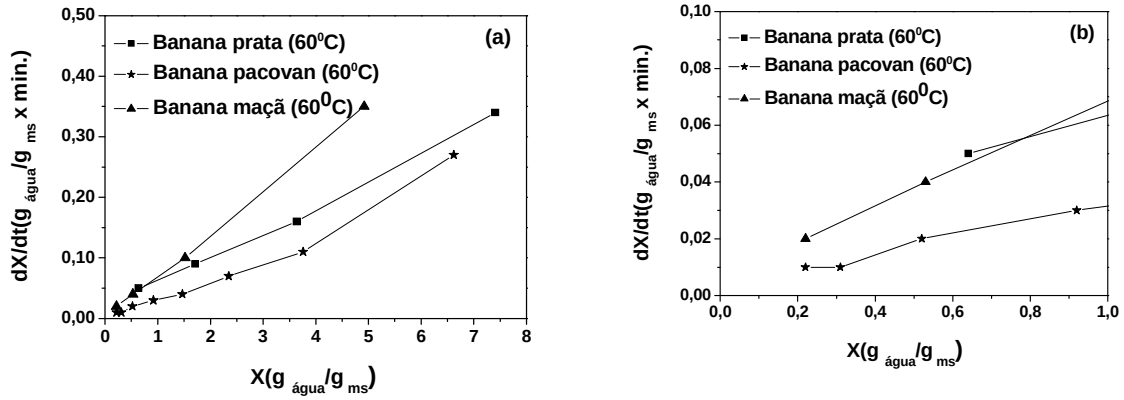

Figura 5.12− Taxa de secagem em função do conteúdo de umidade das amostras para o processo de secagem das cascas de banana *(Musa sapientum)*, variedades Prata, Pacovan e Maçã à 60°C. (a)−Considerando todos os pontos da Taxa de secagem e do conteúdo de umidade; (b) −Ampliação do gráfico (a), considerando apenas um ponto da Taxa de secagem e do conteúdo de umidade.

Analisando as Figuras 5.7 a 5.12 (a) e (b), logo acima, observa-se que, do início ao final do processo, a temperatura do ar de secagem exerceu uma influência diretamente proporcional sobre a taxa de secagem, ou seja, quanto maior a temperatura, maior a taxa de secagem para todas as variedades. Tal comportamento, com relação à temperatura, foi semelhante ao encontrado por Park, Yado e Brod (2001) e El-Aouar, Azoubel e Murr (2003), trabalhando com secagem convectiva de frutas. Nota-se que altas taxas de secagem foram obtidas no início do processo, quando o conteúdo de umidade das amostras foi maior.

Pelas Figuras acima, 5.7 a 5.12 (b), é possível perceber que, para um conteúdo médio de umidade inferior a 1g $_{água}$/ g $_{ms}$ as maiores taxas foram apresentadas pelas amostras das cascas das três variedades Prata, Pacovan e Maçã a 60°C.

Observa-se nas Figuras acima, 5.10, 5.11 e 5.12 (b) maiores taxas de secagem nas cascas da banana Maçã. Tal comportamento ocorreu, certamente devido à estrutura física da matéria-prima, onde a espessura natural da mesma é menor do que as espessuras naturais das cascas da Pacovan e Prata.

5.2.1.1 – Modelagem matemática da cinética de secagem

Os dados experimentais foram ajustados pelo Modelo Difusional (2ª Lei de Fick), considerando uma geometria de placa plana infinita, para o cálculo da difusividade efetiva (D_{ef}). Também foram utilizados os modelos semi-empírico de Page e empírico exponencial de dois parâmetros.

As Figuras 5.13 a 5.21, a seguir, mostram a modelagem utilizando os Modelos Difusional, empírico exponencial de dois parâmetros e semi-empírico de Page. Os valores de difusividade efetiva da água se encontram nas Tabelas 5.3, 5.4 e 5.5 (p.94 a 96), assim como os coeficientes de determinação (R^2) e os valores de desvio relativo médio (E). Os gráficos da modelagem representam visualmente os modelos que melhor se ajustaram aos dados experimentais.

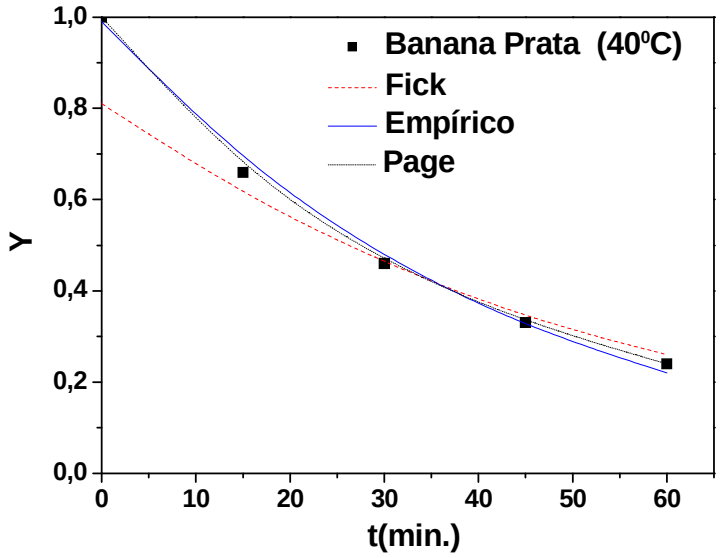

Figura 5.13−Modelo Difusional, empírico exponencial de dois parâmetros e semi-empírico de Page para o processo de secagem de casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Prata, 40°C.

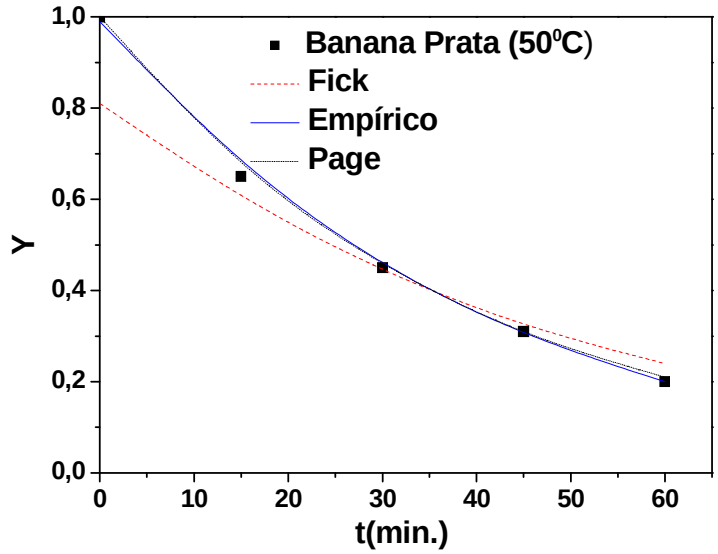

Figura 5.14−Modelo Difusional, empírico exponencial de dois parâmetros e semi-empírico de Page para o processo de secagem de casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Prata, 50°C.

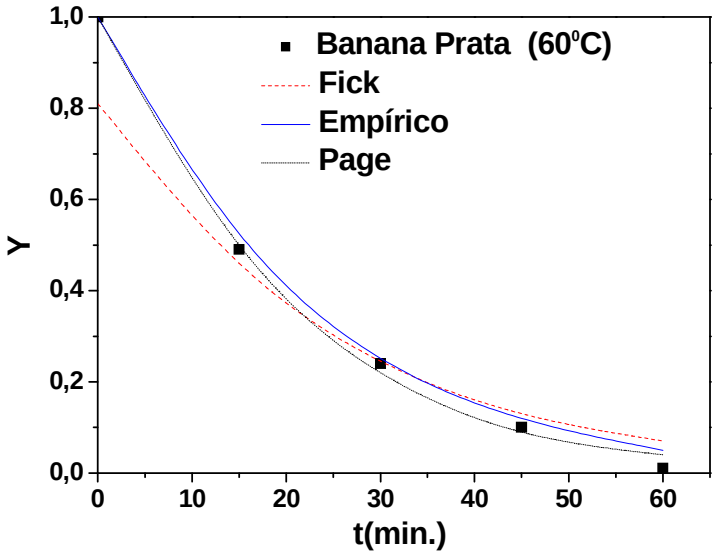

Figura 5.15−Modelo Difusional, empírico exponencial de dois parâmetros e semi-empírico de Page para o processo de secagem de casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Prata, 60°C.

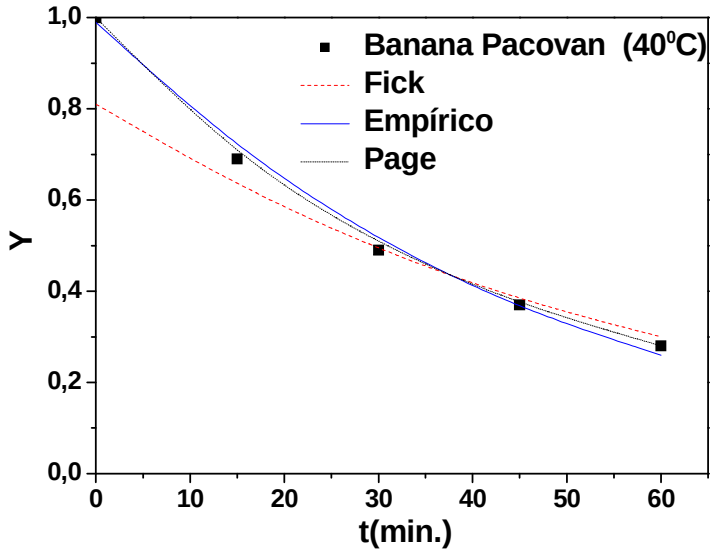

Figura 5.16−Modelo Difusional, empírico exponencial de dois parâmetros e semi-empírico de Page para o processo de secagem de casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Pacovan, 40°C.

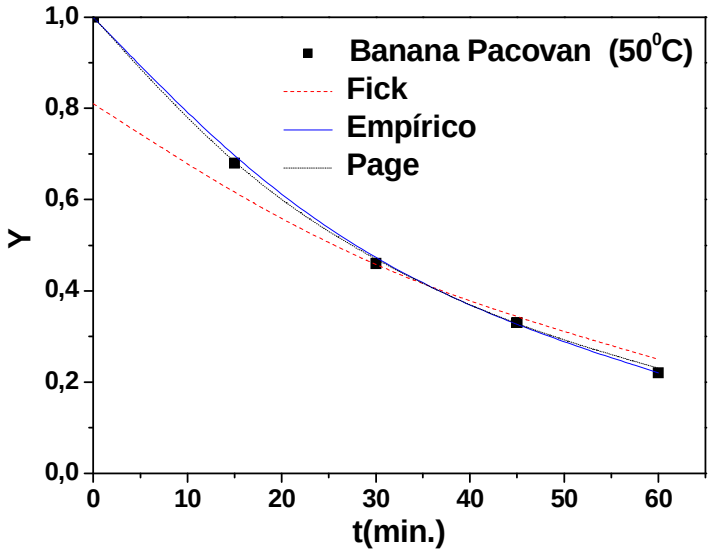

Figura 5.17−Modelo Difusional, empírico exponencial de dois parâmetros e semi-empírico de Page para o processo de secagem de casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Pacovan, 50°C.

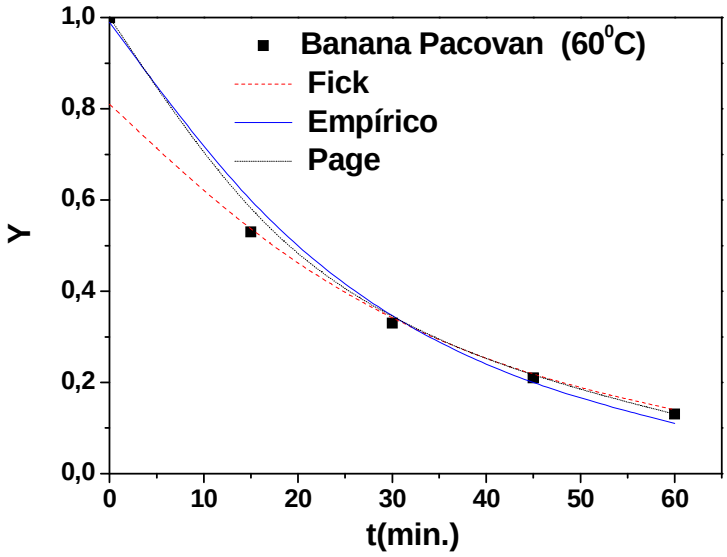

Figura 5.18−Modelo Difusional, empírico exponencial de dois parâmetros e semi-empírico de Page para o processo de secagem de casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Pacovan, 60°C.

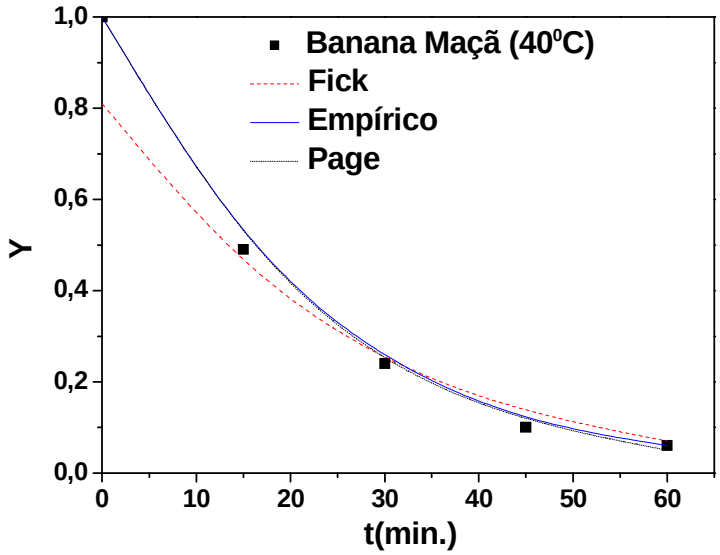

Figura 5.19−Modelo Difusional, empírico exponencial de dois parâmetros e semi-empírico de Page para o processo de secagem de casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Maçã, 40°C.

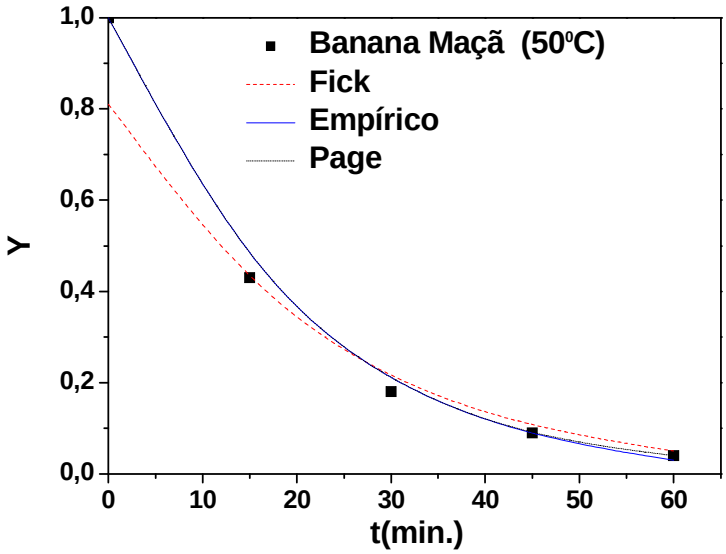

Figura 5.20−Modelo Difusional, empírico exponencial de dois parâmetros e semi-empírico de Page para o processo de secagem de casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Maçã, 50°C.

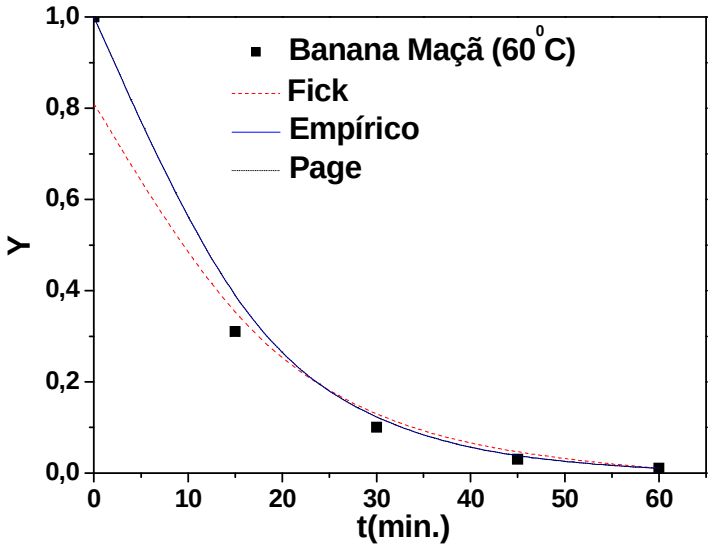

Figura 5.21−Modelo Difusional, empírico exponencial de dois parâmetros e semi-empírico de Page para o processo de secagem de casca de banana *(Musa sapientum)*, variedade Maçã, 60°C.

Tabela 5.3−Parâmetros de ajuste obtidos do Modelo Difusional, durante a secagem convectiva da casca *in natura* de banana *(Musa sapientum)*, variedades Prata, Pacovan e Maçã a várias temperaturas de processo.

Variedades	**Temperatura (°C)**	**Modelo de Fick**		
		Def x10^{10} (m²/s)	**R²**	**E (%)**
Prata	40°C	2,60	0,8934	7,80
Prata	50°C	2,78	0,8978	10,41
Prata	60°C	5,63	0,9324	120,16
Pacovan	40°C	2,24	0,8779	7,77
Pacovan	50°C	2,64	0,8907	10,22
Pacovan	60°C	4,01	0,9253	6,17
Maçã	40°C	5,41	0,9341	18,65
Maçã	50°C	6,37	0,9399	15,61
Maçã	60°C	9,10	0,9474	40,61

De acordo com a Tabela 5.3, observa-se que, na temperatura de 60°C, para todas as variedades, foram obtidos maiores valores de difusividade efetiva de água, condizendo com os gráficos de taxa (Figuras 5.7 a 5.9, p.86 a 87). Comparando com as outras variedades, a casca de banana Maçã obteve os maiores valores de difusividade efetiva da água nas três temperaturas do ar de secagem, em seguida veio a casca de banana Prata e por último a casca de banana Pacovan, condizendo com os gráficos de taxa (Figuras 5.10 a 5.12, p.87 a 88).

Ainda pela Tabela 5.3, analisando os coeficientes de determinação (R^2), verifica-se que em, praticamente, todas as condições estudadas, os valores obtidos se encontram

próximos à unidade. Já para os valores dos desvios relativos médios (E), foram obtidos valores relativamente altos, os quais variaram de 6,17 a 120,16%, o que significa dizer que o Modelo Difusional só foi capaz de predizer a cinética de secagem representando satisfatoriamente as mesmas, para as temperaturas que apresentou valores de desvio relativo médio (E) inferiores que 10%. O Modelo Difusional produziu fielmente a cinética, embora tenha produzido valores de desvio relativo médio (E) altos.

Tabela 5.4−Parâmetros de ajuste obtidos do modelo empírico exponencial de dois parâmetros durante a secagem convectiva da casca *in natura* de banana *(Musa sapientum)*, variedades Prata, Pacovan e Maçã a várias temperaturas de processo.

Variedades	**Temperatura (°C)**	**Modelo de Empírico**				
		Def x10^{10} (m^2/s)	**R²**	**E (%)**	**A**	**B**
Prata	40°C	3,38	0,9975	3,20	0,9890	-0,0250
Prata	50°C	3,60	0,9993	1,15	0,9944	-0,0266
Prata	60°C	6,74	0,9968	80,72	1,0049	-0,0498
Pacovan	40°C	3,00	0,9971	2,89	0,9886	-0,0222
Pacovan	50°C	3,45	0,9997	0,98	0,9972	-0,0255
Pacovan	60°C	4,94	0,9955	6,46	0,9857	-0,0365
Maçã	40°C	6,53	0,9996	3,93	1,0021	-0,0482
Maçã	50°C	7,60	0,9998	4,42	1,0001	-0,0561
Maçã	60°C	10,6	1,0000	11,72	0,9999	-0,0783

De acordo com a Tabela 5.4, observa-se que na temperatura de 60°C, para todas as variedades, foram obtidos os maiores valores de difusividade efetiva da água, condizendo com os gráficos de taxa (Figuras 5.7 a 5.9, p.86 a 87). Comparando com as outras variedades, a casca de banana Maçã obteve os maiores valores de difusividade efetiva nas três temperaturas do ar de secagem, em seguida veio a casca de banana Prata e por último a casca de banana Pacovan, condizendo com os gráficos de taxa (Figuras 5.10 a 5.12, p.87 a 88). Ainda pela Tabela 5.4, analisando os coeficientes de determinação (R²), verifica-se que em praticamente todas as condições estudadas, os valores obtidos foram encontrados próximos à unidade. Os valores dos desvios relativo médio (E) obtidos variaram de 0,98 a 80,72%.

Observando os valores de B, os mesmos parecem diminuir com o aumento da temperatura do ar de secagem, e A, parece não haver um comportamento bem definido com relação à temperatura do ar de secagem. O modelo empírico exponencial de dois parâmetros foi o que melhor representou as cinéticas de secagem das amostras em questão, se ajustando bem aos dados experimentais, condizendo com as (Figuras 5.13 a 5.21, p. 90 a 94), o que não ocorreu para as cascas de banana Prata e Maçã secas a 60°C, cujos valores do desvio relativo

médio (E) foram maiores que 10%. De maneira geral, os valores de desvio relativo médio (E), foram menores do que os obtidos no Modelo de Difusional.

Tabela 5.5−Parâmetros de ajuste obtidos do modelo de Page durante a secagem convectiva da casca *in natura* de banana*(Musa sapientum)*, variedades Prata, Pacovan e Maçã a várias temperaturas de processo.

Variedades	**Temperatura (°C)**	**Modelo de Page**				
		Def x10^{10} (m²/s)	**R²**	**E (%)**	**K**	**b**
Prata	40°C	4,98	0,9999	0,62	0,0368	0,8961
Prata	50°C	4,26	0,9997	1,35	0,0315	0,9545
Prata	60°C	4,71	0,9981	56,21	0,0348	1,1088
Pacovan	40°C	4,48	0,9998	0,66	0,0331	0,8936
Pacovan	50°C	4,74	0,9989	1,88	0,0350	0,9135
Pacovan	60°C	8,48	0,9998	1,31	0,0626	0,8471
Maçã	40°C	5,78	0,9997	4,51	0,0427	1,0366
Maçã	50°C	7,71	0,9998	4,08	0,0569	0,9954
Maçã	60°C	10,80	1,0000	13,36	0,0801	0,9919

Os parâmetros do modelo de Page (K e b) se encontram na Tabela 5.5, juntamente com os valores do coeficiente de determinação (R^2) e desvio relativo médio (E). Verifica-se que este modelo foi o que menos se ajustou aos dados experimentais porque mostrou que os valores de difusividade efetiva não aumentaram de acordo com a temperatura para as cascas de banana Prata, secas nas três temperaturas, não condizendo assim, com o gráfico de taxa (Figuras 5.7 p. 86), embora, no geral tenha apresentado baixos valores de desvio relativo médio (E), exceto para as cascas da banana Prata e Maçã secas a 60°C, onde estes foram maiores que 10%. Os valores de desvio relativo médio (E) variaram de 0,62 a 56,21% e os coeficientes de determinação (R^2) foram encontrados próximos à unidade.

Os valores de difusividade foram da ordem de 10^{-10} m²/s para todas as temperaturas. Park, Bin e Brod (2002), secando frutas, encontraram difusividades da ordem de 10^{-10} m²/s, ou seja, a mesma magnitude de valores obtida neste trabalho.

5.3 − Qualidade do produto seco

Os produtos finais tiveram sua qualidade avaliada mediante a análise de atividade de água (a_w) e umidade final, após cada experimento a diferentes temperaturas do ar de secagem, a fim de avaliar a influência de cada temperatura no produto seco.

Tabela 5.6−Valores de Umidade e Atividade de água da farinha de casca de banana *(Musa sapientum)*, variedades Prata, Pacovan e Maçã em diferentes temperaturas.

Variedades	Condições do processo T (°C)	Umidade (%)	a_w da farinha
Prata	40°C	22,646 ± 11,30	0,666 ± 0,01
Prata	50°C	8,250 ± 8,33	0,532 ± 0,01
Prata	60°C	4,44 ± 1,44	0,434 ± 0,01
Pacovan	40°C	11,018 ± 0,49	0,627 ± 0,02
Pacovan	50°C	11,797 ± 12,98	0,575 ± 0,00
Pacovan	60°C	4,036 ± 4,94	0,451 ± 0,01
Maçã	40°C	8,016 ± 7,79	0,487 ± 0,01
Maçã	50°C	14,215 ± 17,47	0,551 ± 0,00
Maçã	60°C	5,967 ± 6,54	0,448 ± 0,01

De acordo com a Tabela 5.6 os melhores valores de Atividade de água obtidos foram na temperatura de 60°C para todas as variedades, porque além de serem menores, também estão abaixo dos valores mínimos de Atividade de água para o desenvolvimento dos microorganismos patogênicos dispostos na Tabela 3.10.

O teor de umidade encontrado nas farinhas de casca de banana (*Musa sapientum*) das três variedades secas a 60°C encontra-se dentro do padrão estabelecido pela ANVISA (1978) que exige o máximo de 15% de umidade em farinhas.

5.4−Caracterização físico-química da farinha de casca de banana *(Musa sapientum)* das variedades Prata, Pacovan e Maçã.

Tabela 5.7− Caracterização físico-química da farinha de casca de banana *(Musa sapientum)* variedades Prata, Pacovan e Maçã secas a 60°C.

Análise	Valor médio Prata	Valor médio Pacovan	Valor médio Maçã
Atividade de água (%)	0,434 ± 0,010	0,451± 0,010	0,448± 0,010
Conteúdo de umidade (%)	4,44 ± 1,44	4,04 ± 4,94	5,97 ± 6,54
Açúcares redutores (%)	7,60 ± 0,00	7,18 ± 0,00	7,38 ± 0,14
Açúcares totais (%)	9,14 ± 0,00	9,55 ± 0,00	17,64 ± 0,67
Acidez (%)*	4,99 ± 0,14	6,15 ± 0,014	4,87 ± 0,26
pH	5,56 ± 0,02	5,53 ± 0,01	5,44 ± 0,02
Amido (%)	12,14 ± 0,00	12,70 ± 0,69	1,65 ± 0,76
Cinzas (%)	7,91 ± 0,40	9,37 ± 0,24	7,97 ± 0,30
Potássio (mg/100g de produto)**	623,91 ± 0,00	590,73 ± 0,00	845,74 ± 27,34
Cálcio (mg/100g de produto)**	386,76 ± 37,92	356,82 ±83,80	488,26 ± 49,00
Magnésio (mg/100g de produto)**	99,78 ± 4,24	93,36 ± 4,03	138,01 ± 5,59
Sódio (mg/100g de produto)**	18,48 ± 0,00	16,38 ± 0,48	26,99 ± 0,67
Proteínas (%)	6,58 ± 0,32	4,59 ± 0,08	8,77 ± 0,11
Lipídeos (%)	10,59± 0,94	10,24 ± 0,40	7,49 ± 1,56

* Expressa em % de ácido málico.
** Por 100g de massa inicial de produto após secagem.

Verifica-se na Tabela 5.7 que o teor de umidade encontrado nas farinhas de casca de banana (*Musa sapientum*) das variedades Prata, Pacovan e Maçã foram menores do que o encontrado por Moraes Neto et al. (1998), em experimento com farinha de banana (*Musa sapientum*), variedade Prata, detectara-se 7,20% de umidade em secagem solar por 18 horas.

Os valores de açúcares totais encontrados neste trabalho foram: 9,14%, 9,55% e 17,64% , para as farinhas de casca de banana (*Musa sapientum*) das variedades Prata, Pacovan e Maçã respectivamente, valores estes que diferem dos encontrados por Fasolin et al. (2007), quando observaram traços de açúcares totais em farinha de banana (*Musa sapientum*) verde. As farinhas de casca de banana (*Musa sapientum*) das três variedades podem ser usadas na formulação de produtos dietéticos por apresentar baixo teor de açúcares totais.

Os valores de acidez total titulável observados nestes experimentos foram de 4,99%, 6,15% e 4,87% , para as farinhas de casca de banana (*Musa sapientum*) das variedades Prata, Pacovan e Maçã respectivamente, no entanto, Borges et al. (2009), trabalhando com farinha de banana *(Musa sapientum)* verde, da variedade Prata, obtiveram um valor bem inferior 0,63%, Chisté et al. (2006), trabalhando com farinha de mandioca, obtiveram um valor próximo 4,11%.

Os valores de pH registrados neste trabalho foram de 5,44%, 5,53%, e 5,56% para as cascas de banana (*Musa sapientum*) das variedades Prata, Pacovan e Maçã respectivamente. Neste sentido, tendo em vista os efeitos tóxicos sofridos pelos microrganismos, quando estão em pH desfavorável, isto é, muito ácido, podemos constatar que valores de pH ácido (5,44; 5,53 e 5,56) verificados neste experimento é benéfico ao produto final, pois promove uma maior vida de prateleira para este. Este comportamento ratifica alguns estudos realizados, tais como, o trabalho realizado por Borges et al. (2009), pois constataram na farinha de banana *(Musa sapientum)* verde, variedade Prata, um pH de 5,30 e a pesquisa realizada por Fernandes (2006), o qual estudou a composição da farinha da casca da batata verificou um pH de 4,96.

Os teores de amidos encontrados nesta pesquisa foram 12,14 %, 12,70% e 1,65% para as cascas de banana (*Musa sapientum*) das variedades Prata, Pacovan e Maçã respectivamente, valores estes, bem menores do que os encontrados por Damiani (1989) e Oliveira (1997), que constataram respectivamente 69 e 70% de amido na farinha de banana verde.

Quanto às cinzas, os valores encontrados neste trabalho foram de 7,91% , 9,37% e 7,97% para as cascas de banana (*Musa sapientum*) das variedades Prata, Pacovan e Maçã respectivamente. Já Moraes Neto et al. (1998), com a variedade Prata, encontraram 4,14%, no entanto, Torres et al. (2005) encontraram 2 % em farinha de banana verde, variedade Nanicão. A Tabela do NEPA (2006) apresenta 0,8% para a farinha de trigo. Os teores de cinzas encontrados nesta pesquisa para as três variedades apresentaram-se cerca de nove vezes superior ao da farinha de trigo, o que significa dizer que as farinhas da casca de banana (*Musa sapientum*) das três variedades possuem maior quantidade de minerais em relação à farinha de trigo.

Os valores de potássio detectados neste trabalho foram de 623,91 mg/100g, 590,73 mg/100g e 845,74 mg/100g para as cascas de banana (*Musa sapientum*) das variedades Prata, Pacovan e Maçã respectivamente, o que é considerado como uma fonte rica deste mineral, por outro lado, Ascheri et al. (2006) encontraram na farinha de arroz polido apenas 97,22 mg/100g, portanto, uma fonte pobre deste mineral. A Tabela do NEPA (2006) constatou valores de 358 mg/100g, 267 mg/100g e 264 mg/100g para a polpa de banana das variedades Prata, Pacovan e Maçã respectivamente. A partir desses dados, constata-se que os teores de potássio nas farinhas da casca de banana (*Musa sapientum*) das três variedades são cerca de duas vezes superior ao da polpa de banana.

Os conteúdos de cálcio verificados nestas pesquisas foram de 386,76 mg/100g, 356,82 mg/100g e 488,26 mg/100g para as farinhas da casca de banana (*Musa sapientum*) das

variedades Prata, Pacovan e Maçã respectivamente. Por outro lado, Borges et al. (2009), trabalhando com farinha de banana *(Musa sapientum)* verde, variedade Prata, obtiveram um valor bem inferior de 130 mg/100g e a tabela do NEPA (2006) apresentou valores de 8 mg/100g, 5 mg/100g e 3 mg/100g para a polpa de banana das variedades Prata, Pacovan e Maçã respectivamente. Os teores do cálcio nas farinhas de casca da banana (*Musa sapientum*) das três variedades são cerca de quarenta vezes superior ao da polpa de banana.

Medina et al. (1985) afirmam que o teor de cálcio em bananas maduras secas varia de 21 a 35,30 mg/100g. Comportamento diferente foi constatado por Ascheri et al. (2006) analisando farinha de arroz polido, pois apenas 6,49 mg/100g foi evidenciado. Portanto, constata-se um valor alto de cálcio nas farinhas de casca de banana (*Musa sapientum*) das variedades Prata, Pacovan e Maçã, credenciando as farinhas como uma rica fonte deste mineral no enriquecimento de alimentos. Conforme Maia et al. (2000), o cálcio participa de várias funções corporais, sendo a estrutural a principal.

As quantidades de magnésio observadas neste trabalho foram de 99,78 mg/100g, 93,36 mg/100g, 138,01 mg/100g para as farinhas das cascas de banana (*Musa sapientum*) das variedades Prata, Pacovan e Maçã respectivamente. Borges et al. (2009), trabalhando com farinha de banana (*Musa sapientum*) verde, variedade Prata, constatou 70 mg/100g. Já Oliveira (1997) banana madura constatou apenas 25 a 35 mg/100g, portanto, à medida que a maturação avança, o teor de magnésio no fruto é reduzido. A Tabela do NEPA (2006) encontrou valores de 26 mg/100g, 30 mg/100g e 24 mg/100g para a polpa de banana das variedades Prata, Pacovan e Maçã respectivamente. Este resultado denota que as farinhas de casca de banana (*Musa sapientum*) das três variedades são fontes ricas de magnésio, possuindo teor deste mineral cerca de duas vezes superior ao da polpa, podendo vir a serem utilizadas no enriquecimento de alimentos.

Quanto aos teores de proteínas encontrados neste trabalho, foram: 6,58%, 4,59%, 7,49%, para as farinhas de casca de banana (*Musa sapientum*) das variedades Prata, Pacovan e Maçã respectivamente. Neste sentido, Moraes Neto et al. (1998), estudando a variedade Prata, encontraram valores médios de 3,2% e 3,3% em farinha de banana verde e madura, respectivamente. Travaglini et al. (1993) afirma que o teor de proteína da casca de banana é cerca de 8% no produto seco. A Tabela do NEPA (2006) apresentou valores de 1,3%, 1,2% e 1,8% para a polpa de banana das variedades Prata, Pacovan e Maçã respectivamente, e apresentou valor de 9,8% para a farinha de trigo. Os valores de proteína constatados nessa pesquisa credenciam as farinhas de casca de banana (*Musa sapientum*) das três variedades

como uma rica fonte de proteína possuindo teor da mesma cerca de cinco vezes superior ao da polpa da banana.

Os valores de lipídeos obtidos neste trabalho foram: 10,59%, 10,24% e 7,49%, para as farinhas de casca de banana (*Musa sapientum*) das variedades Prata, Pacovan e Maçã respectivamente, valor bastante superior ao encontrado por Borges et al. (2009), que constataram um valor de 0,70% em farinha de banana (*Musa sapientum*) verde, variedade Prata. Torres et al. (2005) encontraram na farinha de banana (*Musa acuminata*) verde apenas um valor de 0,53% de lipídeos, que é bastante inferior aos valores encontrados nesta pesquisa e a Tabela do NEPA (2006) encontrou valores de 0,1% para a polpa de banana das três variedades, e 1,4% para a farinha de trigo. Os altos valores de lipídeos constatados credenciam as farinhas de casca de banana (*Musa sapientum*) das três variedades, como alimentos com alto teor de gorduras de acordo com a Portaria n°27, de 13 de Janeiro de 1988. Vale salientar que a gordura vegetal possui grau considerável de insaturações o que a torna mais saudável que a gordura animal que é altamente saturada sendo responsável por diversos problemas de saúde tais como trombose das coronárias, enfartes e etc.

As farinhas de cascas de banana (*Musa sapientum*) das variedades Prata, Pacovan e Maçã são consideradas como fonte rica de cálcio e magnésio para todos os grupos de indivíduos (adultos, crianças, gestantes e lactantes). As farinhas da casca de banana (*Musa sapientum*) das variedades Prata e Maçã são fontes de proteínas para todos os grupos de indivíduos e a farinha da casca de banana (*Musa sapientum*) da variedade Pacovan é fonte de proteínas para crianças, de acordo com a Portaria n°27, de 13 de Janeiro de 1988 e a Resolução n° 269 de 22 de setembro de 2005.

6 CONCLUSÕES

- A inativação enzimática das cascas de banana das variedades Prata, Pacovan e Maçã ocorreu numa temperatura de branqueamento de 100°C, durante um tempo mínimo de 5 minutos.

- Os valores de Atividade de água da farinha seca a 60°C para as três variedades estão abaixo dos valores mínimos para o desenvolvimento dos microorganismos patogênicos dispostos na Tabela 3.10

- De acordo com as características físico-químicas, as farinhas de cascas de banana (*Musa sapientum*), encontram-se com valores de pH e acidez total titulável dentro dos limites, quando comparadas com outras fontes de farinhas encontradas no mercado.

- O teor de sais minerais da matéria-prima não foi afetado, pois estes não sofreram perdas, havendo maior concentração no produto seco e tornando as farinhas de casca de banana das três variedades uma fonte rica de Potássio, Cálcio e Magnésio, quando comparadas aos demais tipos de farinhas existentes no mercado.

- Mediante os parâmetros analisados podemos concluir que as farinhas das cascas de banana (*Musa sapientum*) das variedades Prata e Maçã são fontes de proteínas para todos os grupos de indivíduos, já a farinha da casca de banana (*Musa sapientum*) da variedade Pacovan só é fonte de proteína para crianças, podendo também substituir outras fontes de alimentos;

- As maiores taxas de secagem obtidas foram na temperatura de 60°C para a casca de banana (*Musa sapientum*) Maçã, Prata e Pacovan respectivamente;

- A melhor temperatura de secagem para todas as variedades foi a de 60°C;

- O modelo que melhor se ajustou às curvas de secagem foi o empírico exponencial de dois parâmetros, pois este obteve os valores de desvio relativo médio (E) em sua

maioria menor que 10% , coeficientes de determinação (R^2) próximos da unidade, e reproduziu fielmente as cinéticas de secagem;

- Os valores de difusividade efetiva de água foram da ordem de 10^{-10} m^2/s;

- As cascas de banana (*Musa sapientum*) Prata, Pacovan e Maçã são viáveis para o processo de obtenção das farinhas de casca de banana, visando o enriquecimento dos alimentos ou a substituição parcial da farinha de trigo, podendo ser utilizada em panificação, alimentos infantis e produtos dietéticos.

REFERÊNCIAS

ABMC.**Associação Brasileira de Medicina Complementar** . Disponível em: http://www.medicinacomplementar.com.br. Acesso em: 08/07/09.

ABRAMS, S. A., ATKINSON, S. Calcium, Magnesium, Phsphorus and Vitamin D Fortification of Complementary Foods. **Nutrient Composition of Fortified Complementary Foods**. 2003.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. Resolução CNNPA n. 12 de 1978. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 de Julho de 1978. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 16 de Fevereiro de 2007.

AGUIAR, A. M. L. **Avaliação do processo de concentração osmótica para obtenção de banana passa.** 2006.104f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

ALDRIGUE, M. L., MADRUGA, M. S., FIOREZE, R., SOARES, J. **Aspectos da Ciênica e Tecnologia de alimentos**. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB/ Idéia, 2003.

ALMEIDA, G. L.**Conhecendo um pouco de massas** : um trabalho para área comercial. Cabedelo, p. 12-16, 2002.

ALVES, E.J. **A cultura da banana:** aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. 2.ed. Brasília: Embrapa/Cruz das Almas: Embrapa-CNPMF, 1999. 585p

ALVES, E. J. **A cultura da banana**: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. Brasília: Embrapa-SPI/Cruz das Almas: Embrapa-CNPMF, 1997. 585 p.

ALVES, E.J., DANTAS, J.L.I., SOARES FILHO, W.S., SILVA, S. O., OLIVEIRA, M.A., SOUZA L.S., CINTRA, F.L.D., BORGES, A.L., OLIVEIRA, A.M.G., OLIVEIRA, S.L., FANCELLI, M., CORDEIRO, Z.J.M., SOUZA, J.S. **Banana para exportação:** aspectos técnicos da produção. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997a. 106 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 18).

ANTÔNIO, G. C. Avaliação do Efeito dos Pré-Tratamentos de Desidratação Osmótica e Secagem HSTST na Obtenção de *Snacks* de Batata Doce (*Ipomoea Batatas* Lam). 2006. 185f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16. ed. v. 2, cap.27, 1996, 35p.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International**. 14 ed. Arlington. 1984.

ARAÚJO, J. M. A. **Química dos alimentos**. Viçosa: UFV, 1999.

ASCHERI, D.P.R.; ASCHERI, J.L.R.; CARVALHO, C.W.P. Caracterização da farinha de bagaço de jabuticaba e propriedades funcionais dos extrusados**. Ciência e Tecnologia de Alimentos ,**Campinas, v. 26, n. 4, p. 897-905, out./dez. 2006b.

AZEREDO, M. A. A.; AZEREDO, L. C.; SOARES, J. C. A. Determinação de potássio em méis após precipitação com tetrafenilborato de sódio e separação em coluna de troca-iônica. **Química Nova**, Seropédica, v. 21, n. 5, p. 651-654, 1998.

BARBANTI, D.; MASTROCOLA, D.; SEVERINI, C. Air drying of plums. A comparison among twelve cultivars. **Sciences des Aliments**, n. 14, p. 61-73, 1994.

BARROS NETO, B.; SCARMÍNIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e Otimização de Experimentos.** Campinas: Editora da UNICAMP, 2003.

BARTHOLO, G. F. Perdas e qualidade preocupam. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 179, p. 4. 1994.

BOBBIO, P.A; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo: Varela, 1992.

BORGES, A. L.; ALVES, E. J.; SILVA, S. O.; SOUZA, L. S.; MATOS, A. P.; FANCELLI, M.; OLIVEIRA, A. M. G.; CORDEIRO, Z. J. M.; SILVEIRA, J. R. S.; COSTA, D. C.; MEDINA, V. M.; OLIVEIRA, S. L.; SOUZA, J. S.; OLIVEIRA, R. P.; CARDOSO, C. E. L.; MATSUURA, F. C. A. U.; ALMEIDA, C. O. **O cultivo da banana**.Cruz das Almas: Embrapa/CNPMF,1997. 109p. (Circular Técnica, 27).

BORGES, A. L.; SILVA, S. O.; CALDAS, R. C.; LEDO, C. A. S. Teores foliares de nutrientes em genótipos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n.2. p. 314 – 318, ago. 2006.

BORGES, A. M., PEREIRA, J., LUCENA, E. M. P. Caracterização da farinha de banana verde. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas,v. 29, n.2, p. 333-339, abr./jun. 2009
BORGES, R. F. **Panela Furada**: o incrível desperdício de alimentos no Brasil. 3ed. São Paulo: Editora: Columbs, 1991. 124p.

BRASIL. Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n° 12 de 24 de julho de 1978. Aprova Normas Técnicas Especiais, do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativas a alimentos (e bebidas), para efeito em todo território brasileiro.**Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 de Julho de 1978.

BRASIL. Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n° 354 22 de julho de 1996. Aprova a Norma Técnica referente à farinha de trigo. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 julho de 1996. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos Físicos-Químicos para Análise de Alimentos** / Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Ministério da Saúde, 2005b. 1018p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência de Vigilância Sanitária. Portaria n^0 27 de 13 de janeiro de 1998. Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (conteúdo de nutrientes). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 de janeiro de 1998. Seção 1.p.1789.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência de Vigilância Sanitária. Resolução n^0 269 de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 de setembro de 2005c.

BROD, F.P.R. **Avaliação de um secador vibro-fluidizado**. 2003. 336f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BROOKER, D. B.; ARKEMA, F. W. B.; HALL, C. W. **Drying cereal grains. Connecticut,** The AVI Publishing Company, Inc. 265p., 1974.

BRUNAUER, S.; EMMET, T.H.; TELLER, F. Adsorption of gases in multimolecular layers. **Journal of American Oil Chemistry Society**, v. 60, n. 2, p. 309-319, 1938. REVISTA

CÁCERES, E.; GARCÍA, M. L.; SELGAS, M. D. Design of a new cooked meat sausage enriched with calcium. **Meat Science**, v. 73, p. 368-377, 2006.

CANO, P.; MARIN, M. A.; FÚSTER, C. Effects of some thermal treatments on polyphenoloxidase and peroxidase activities of banana (*Musa cavendishii*,var. *enana*). **Journal of the Science of Food and Agriculture,** v. 51, p. 223- 231, 1990.

CARDENETTE, G.H. L. **Produtos derivados de banana verde (*Musa* ssp.) e sua influência na tolerância à glicose e na fermentação colônica**. 2006.Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos Área de Nutrição Experimental) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CHAVES, J. S. M. **Peroxidase em folhas de Juazeiro (*Zizyphus joazeiro Martius*): Semipurificação e Caracterização Parcial**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2003.

CIACCO, C.F.;CHANG Y. F. **Como fazer massas**. Campinas: Editora Ícone, 1986. 127p.

CLEMENTE, E.; PASTORE, G. M. Peroxidase and polyphenoloxidase, the importance for food technology. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 2 p. 167- 171, 1998.

CRANK, J. **The Mathematics of Diffusion**. 2. ed. Oxford: Claredon Press, 1975. 414p.

DAMIANI, C. R. **Avaliação nutricional e aceitabilidade de alimentos formulados utilizados em programas institucionais**. 1989. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1989.

DISILVESTRO, R. A. **Handbook of Minerals as Nutritional Supplements.** CRC Press, 2005.

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

EL-AOUAR, A. A. **Estudo do processo de secagem de mamão formosa fresco e pré-tratado osmoticamente**. 2005.215f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos)- Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

FAO Stastistical Databases. Disponível em <http://www.fao.org.> Acesso em: 04 março 2009.

FASOLIN, L. H.; ALMEIDA, G. C.; CASTANHO, P. S.; NETTO-OLIVEIRA, E. R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 524-529, jul/set. 2007.

FÁVARO, D. I. T.; AFONSO, C.; VASCONCELLOS, M. B. A.; COZZOLINO, S. M. F. Determinação de alimentos minerais e traços por ativação neutrônica, em refeições servidas no restaurante da Faculdade de Saúde Pública/USP. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 176-182, maio/ago. 2000.

FELOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos:** Princípio e Prática. 2.ed. São Paulo: Artmed, 2006. 602p. Universitária/UFPB/Idéia, 2004. 229p.

FREITAS, A. A.; FRANCELIN, M. F.; HIRATA, G. G., SCHMIDT, F. L. Atividades das enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) nas uvas das cultivares benitaka e rubi e em seus sucos e geléias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.1. p. 172-177, jan./mar. 2008.

FRUTHOTEC. **Desidratação de frutas e hortaliças: Manual técnico**. Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), Campinas – SP, 2001.

FULLER, H. L. ; POTTER, D. K. & BROWN, A. R. The feeding value of grain sorghums in relation to their tannin content. University of Georgia, College of Agriculture Experiment Station. **Bulletin N. S**. n. 176, p. 5 – 14, 1996.

GALLANT, D.J.; BEWA, H.; BUY, Q.H.; BOUCHET, B.; SZYLIT, O.; SEALY, L. On ultrastructural and nutritional aspects of some tropical tubers starches. **Starch/Stärke**, v.34, n.8, p.255-262, 1982.

GETACHEW, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER K. Effect of polyethylene glycol on in vitro degradability of nitrogen and microbial protein synthesis from tannin-rich browse and herbaceous legumes. **British Journal of Nutrition**, v. 84, p.73-83, 2000.

GIOVANNINI, E. Aproveitamento de resíduos da industrialização de frutas. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 10, n. 2, p. 67, jun. 1997.

GONDIM, J. A. M.; MOURA, M. F. V.; DANTAS, A. S.; MEDEIROS, R. L. S.; SANTOS, K. M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.4. p. 825-827, out./dez. 2005.

HAENDLER, L. Productos de transformación de banana. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE INDUSTRIAS AGRÍCOLAS Y ALIMENTÍCIOS DE LOS ZONAS TROPICALES Y SUB-TROPICALES, 1., 1964, Ultramar. Anais... Abdjan: Instituto Francês de Investigaciones Fruteras de Ultramar, 1964. p. 14 – 19. (mimeografado).

IBGE. Indicadores conjunturais - produção agrícola/agricultura. Disponível em <http://www.Ibge.gov.br>. Acesso em 29/01/09.

JAYARAMAN, K. S.; DAS GUPTA, D. K. **Handbook of Industrial Drying**. 2.ed. New York: Library of Congress Cataloging, v. 1, cap. 21, p. 643-690, 1987.
JORNAL DO BRASIL. **Desperdício de comida**: um prato cheio. 2003. Disponível em: < http://www.jbonline.com.br > Acesso em: 05 maio 2008.

KEEY, R. B. **Drying:** principles and practice. Oxford: Pergammon Press, 1972. 358p.

LABUZA, T. P. Basic food preservation and degradation modes, In: SHELF-LIFE DATING FOODS, 1982a, Chicago. **Anais…** Chicago: Food & Nutrition Press, Inc., 1982a, p. 25-39.

LANE, J. H.; EYNON, L. Determination of reducing sugars by Fehling's solution with methylene blue indicator, **Norman Rodge, London**, 8p., 1934

LEITÃO, R. F. F.; GONÇALVES, J. R.; EIROA, M. N. U.; GARCIA, E. E. C. **Tecnologia de macarrão: Manual técnico.** Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), Campinas – SP, 1990.

LEWICKI, P. P.; JAKUBCZYK, E. Effect of hot air temperature on mechanical properties of dried apples. **Journal of Food Engineering,** v.64, p.307–314, 2004.

LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUSA, T. P. Evaluation of food moisture sorption isotherm equations. Part I: fruit, vegetable and meat products. **Lebensmittel – Wissenschaft and Technologies**. v.18, p. 112-122, 1985.

LOPES, E. B. **Alternativas técnicas para o cultivo da bananeira na Paraíba.** João Pessoa: EMEPA-PB/EMATER-PB,1998.

MACÊDO, M. L. F. **Estudos Analíticos de Resinas Quelantes Usando AMBERLYST A-26 Modificada com o Corante Eriochromered B para a Pré-Concentração de Traços de Zinco e Determinação por Espectrometria de Absorção Atômica com Chama.** 1995. Dissertação (Mestrado em Química)-Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

MAIA, L.H., WANG, S.H, FERNANDES, M.S., CABRAL, L.C Características químicas de mingaus desidratados de arroz e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.20, n. 3, p. 416-423, set./dez. 2000.

MANICA, I. **Bananas:** do plantio ao amadurecimento. Porto Alegre: Cinco continentes, 1998. 99p.

MARTINS, C. R.; FARIAS, R. M. Produção de alimentos x desperdício: tipos, causas e como reduzir perdas na produção agrícola. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 9, n.1, p.20-32, 2002.

MASCARENHAS, G. C. C. Banana: comercialização e mercados. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p.97 – 108, jan/fev. 1999.

MAURO, M.A. **Cinética da desidratação osmótica de banana nanica**.1992.Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)- Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

MEDEIROS, P. V. D.; MELO, J. L. S.; CARVALHO, F. G.; ALVES, J. K. P.; PEREIRA, P. M. S. **Reaproveitamento de resíduos orgânicos da CEASA/RN para o desenvolvimento de um produto desidratados e avaliação do teor de sais minerais.**
Disponível em:
<http://www.seminagro.com.br/trabalhos_publicados/1jornada/02_ciencia_e_tecnologia_de_alimentos/02cta.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2009.

MEDINA,J.C., BLEINROTH,E.W., MARTI,Z.J.D., TRAVAGLINI,D.A., OKADA,M., QUAST,D.G., HASHIZUME,T., MORETTI,V.A., BICUDO NETO,L.C.,ALMEIDA,L.A.S.B., RENESTO,O.V. **Banana:**cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 2.ed.Campinas: ITAL, 1995. 302 p.

MEDINA, J. C. et al. **Banana**: cultura, material-prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas: ITAL, 1985. 302 p.

MESTRES, C.; MOUQUET, C. Principios físico-químicos de la viscosidad de almidones. In: CONFERENCIA INTERNATIONAL DE ALMIDÓN, 1996, Quito. **Anais**... 1996. p. 23-39.

MORAES NETO, J. M., CINE, L. E. da M. R., PEDROSA, J. P., SILVA, M. G. Componentes químicos da farinha de banana (Musa spp.) obtida por meio de secagem natural. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 316-318, 1998

MOTA, R.V., LAJOLO,F.M., CORDENUNSI,B.R. Composição em carboidratos de alguns cultivares de banana (*Musa* ssp) durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.17, n.2, p. 94-97, mai./ago.1997.

NEPA - Núcleo de Estudos e Pesquisa em Alimentação. Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. TACO - **Tabela de Composição de Alimentos**. Versão II. 2. ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP. 113p., 2006.

OLIVEIRA, D. A. G. **Avaliação química, nutricional e sensorial de uma mistura à base de farinhas de arroz, banana e mandioca, enriquecida com outras fontes protéicas**. 1997. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.
OLIVEIRA, L. F.; NASCIMENTO, M. R. F.;BORGES, S. V.; RIBEIRO, P. C. N.; RUBACK, V. R. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (Passiflora edulis F. Flavicarpa) para produção de doce em calda. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.22, n.3. p. 259-262, set/dez. 2002.

OSTROM, K. M.; BORSCHEZ, M. W.; WESTCOTT, J. E.; RICHARDSON, K. S.; KREBS, N. F. Lower calcium absorption in infant fed casein hydrolysate and soy proteinbased infant formulas containing palm olein versus formulas without palm olein.
Journal of the American college of Nutrition, v. 21, n. 6, p. 564-569, 2002.

PAGE, G.E. **Factors influencing the maximum of air drying shelled corn in thin layer.** 1949. Dissertação (Mestrado) – Purdue University, Indiana, 1949.

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

PARK, K. J. Diffusional model with and without shrinkage during salted fish muscle drying. **Drying Technology**, v.16, p.889–905, 1998.

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

PERALES, S.; BARBERÁ, R.; LAGARDA, M. J.; FARRE, R. Bioavailability of calcium from milk-based formulas and fruit juices containing milk and cereals estimated by *in vitro* methods (solubility, dialyzability, and uptake and transport by CaCo-2-cells). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 3721-3726, 2005.

PEREIRA, G.I.S.; PEREIRA, R.G.F.A; BARCELOS, M. de. F.P; MORAIS, A.R. de. Avaliação química da folha da cenoura visando ao seu aproveitamento na alimentação humana. **Ciências agrotécnicas**, Lavras, v.27, n.4, p. 852-857, jul./ago. 2003.
PEREZ, L. H. Banana: expansão das exportações brasileiras perde fôlego em 2007. **Análise e Indicadores do Agronegócio,** v.3, n.3, mar.2008.

PINTO, L. A. A. **Cinética da secagem de filés de peixes: uso de um modelo difusivo com variação de volume**. 1996. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1996.

PRIM, Maria Benedita da Silva. **Desperdício de Alimentos**. Disponível em: <http://users.matrix.com.br/mariabene/desperdiciodealimentos.htm>. Acesso em: 28 abr. 2008.

PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MELHORIA DOS PADRÕES COMERCIAIS E EMBALAGENS DE HORTIGRANJEIROS. Centro de Qualidade em Horticultura - CEAGESP. 1998.

RAM, H.Y.M.; RAM, M.; WAACHHOLZ, M. Growth and development of the banana plant. 3. A. The Origin of the inflorescence and the development of the flowers. B. The structure and development of the fruit. **Annals of Botany,** London., v.26, n.104, p.657-673, 1962.
RIBEIRO, E. P. SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. 2° ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

RICKARD, J. E.; ASAOKA, M.; BLANSHARD, J. M. V. The physicochemical properties of cassava starch. **Tropical Science**, v. 31, p. 189-207, 1991.

SARANTÓPULOS C. I. G.L.; OLIVEIRA L. M.; CANAVESI E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 215p.

SERAVALLI, E. P.; RIBEIRO, E. P. **Química de Alimentos**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2007.184p.

SCHIEBER, A; STINTZING, F. C; CARLE, R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds: recent developments. **Trends Food Science Technology**, Cambridge, v. 12, p. 401-413, 2001.

SGARBIERI, V. C. **Alimentação e Nutrição:** fator de Saúde e Desenvolvimento. São Paulo: Almed, 1987.

SILVA, C. S.; PEROSA, J. M. Y.; RUA, P. S.; ABREU, C. L. M.; PÂNTANO, S. C.; VIEIRA, C. R. Y. I.; BRIZOLA, R. M. O. Avaliação econômica das perdas de banana no mercado varejista: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25,n.2, p.229-234, ago. 2003.

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

SILVA, R. I. R. S. **Otimização metodológica para a obtenção de farinha de banana(*Musa Sapientum*), variedade Pacovan e sua utilização na elaboração de pães.** 1997. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1997.

SIMMONDS, N.W. **Bananas.** 2. ed. Londres: Longmans, 1966. 512p.

SIMMONDS, N. W. **Los Plátanos**. Barcelona: Editora Blume, 1973. 539p.

SOARES, L. M. V.; SHISHIDO, K.; MORAES, A. M. M.; MOREIRA, V. A. Composição mineral de sucos concentrados de frutas brasileiras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 202-206, abr./jun. 2004.

SOUZA, A. T.; PEIXOTO, A. da N.; WAACHHOLZ, D. **Banana**, Florianópolis: Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina, 1995. 103p. (Estudo de economia e mercado de produtos agrícolas, 2).

STATSOFT. **Statistica for windows**, Tulsa, USA, 2004..

STRUMILLO, C.; ADAMIEC, J. Advanced ing of biosynthesis products.In: ENCONTROS SOBRE ESCOAMENTO EM MEIOS POROSO, 19., 1991, Campinas, **Anais...** Campinas: UNICAMP, 1991. p. 17– 61.

STRUMILLO, C.; KUDRA, T. **Drying:** Principles, Aplications and Design. Nova York: Gordeon and Breach Science Publishers, 1986.

SWINKELS, J. J. M. Composition and properties of commercial native starch. **Starch/Starke**, v. 37, n. 1, p. 1-5, 1985.

TORRES, L. G. et al. Efeito da umidade e da temperatura no processamento de farinha de banana verde (Musa acuminata, grupo AAA) por extrusão termoplástica. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 273-290, 2005.

TORREZAN, R. **Preservação de polpa de goiaba por métodos combinados**. 1996. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

TRAVAGLINI, D.A.; NETO, M.P.; BLEINROTH, E.W.; LEITÃO, M.F.F. **Banana-passa: princípios de secagem, conservação e produção industrial.** Campinas, SP: Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL, 1993. 73p. (Manual Técnico n° 12).

UBOLDI-EIROA, M. N. Microbiologia de frutas e hortaliças desidratadas. In: AGUIRRE, J. M., GASPARINO FILHO, J. (coord.). **Desidratação de frutas e hortaliças**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1996.p. 6.1 – 6.26.

VAN DEN BERG, C. **Water Activity, in "Concentration and Drying of Food".** Elselvie Apllied Science Publishers LTD. 1986.

VAN ARDSEL, W. E. **Food dehydration. v.I – principles**. Westport, CT: The AVI Publishing Co., 1963.

VILAS BOAS, E.V.B. Frutas minimamente processadas: banana. In: **ENCONTRO SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS: PALESTRAS, RESUMOS E OFICINAS,3.,** 2004, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV, 2004, p. 111-121.

VILAS BOAS, E.V. de B. Tecnologia de processamento mínimo de banana, mamão e kiwi. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS**,** 2002, Brasília, **Anais...** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2002. p. 1-7. 1 CD-ROM.

YANG, C-P.; FUJITA, S.; ASHRAFUZZMAN, M.D.; NAKAMURA, N.; HAYASHI, N. Purification and characterization of polyphenol oxidase from banana (*Musa sapientum L.*) pulp. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 7, p. 2.732-2.735, 2000.
WHITAKER, J. R. **Principes of enzymology for the food science.** New York: Marcel Dekker, 1972, 636p.

APÊNDICES

APÊNDICE A − Cinética de secagem

Valores experimentais médios de umidade em base seca, úmida e adimensionais da amostra de cascas de banana Prata secas a 40°C.

t(min)	x1t(g/ gms)	UBUT(%)	AD
0	8,17	89,10	1,00
15	5,43	84,46	0,66
30	3,75	78,94	0,45
45	2,71	73,04	0,33
60	1,99	66,57	0,24
75	1,32	56,85	0,16
90	0,80	44,50	0,09
105	0,55	35,30	0,06
120	0,30	22,65	0,03

Valores experimentais médios de umidade em base seca, úmida e adimensionais das amostra de cascas de banana Pacovan secas a 40°C.

t(min)	x1t(g/ gms)	UBUT(%)	AD
0	8,50	89,46	1,00
15	5,93	85,50	0,69
30	4,24	80,80	0,49
45	3,20	76,00	0,37
60	2,44	70,60	0,28
75	1,84	64,40	0,21
90	1,31	56,31	0,15
105	1,01	49,77	0,11
120	0,79	43,75	0,09
150	0,43	29,987	0,04
180	0,23	18,183	0,02
210	0,12	11,018	0,01

Valores experimentais médios de umidade em base seca, úmida e adimensionais das amostras de cascas de banana Maçã secas a 40°C.

t(min)	x1t(g/ gms)	UBUT(%)	AD
0	9,38	90,34	1,00
15	4,66	82,02	0,49
30	2,29	69,39	0,24
45	0,98	48,25	0,10
60	0,58	36,42	0,06
75	0,28	21,44	0,02
90	0,16	13,56	0,01
105	0,09	8,02	0,00

Valores experimentais médios de umidade em base seca, úmida e adimensionais das amostras de cascas de banana Prata secas a 50°C.

t(min)	x1t(g/ gms)	UBUT(%)	AD
0	10,10	90,93	1,00
15	6,59	86,82	0,65
30	4,54	81,93	0,45
45	3,12	75,72	0,31
60	2,05	67,14	0,20
75	1,28	55,29	0,12
90	0,86	44,09	0,08
105	0,54	32,40	0,05
120	0,27	20,47	0,02
150	0,11	9,86	0,01
180	0,09	8,25	0,00

Valores experimentais médios de umidade em base seca, úmida e adimensionais das amostras de cascas de banana Pacovan secas a 50°C.

t(min)	x1t(g/ gms)	UBUT(%)	AD
0	8,87	89,84	1,00
15	6,00	85,72	0,68
30	4,09	80,28	0,46
45	2,92	74,32	0,32
60	1,98	66,17	0,22
75	1,32	56,21	0,14
90	0,92	46,64	0,10
105	0,62	37,09	0,06
120	0,40	27,85	0,03
150	0,14	11,80	0,01

Valores experimentais médios de umidade em base seca, úmida e adimensionais das amostras de cascas de banana Maçã secas a 50°C.

t(min)	x1t(g/ gms)	UBUT(%)	AD
0	7,31	87,95	1,00
15	3,20	75,64	0,43
30	1,35	51,74	0,18
45	0,69	33,69	0,09
60	0,33	19,42	0,04
75	0,19	14,21	0,02

Valores experimentais médios de umidade em base seca, úmida e adimensionais das amostras de cascas de banana Prata secas a 60°C.

t(min)	x1t(g/ gms)	UBUT(%)	AD
0	9,94	90,85	1,00
15	4,87	82,96	0,49
30	2,41	70,54	0,24
45	1,01	50,22	0,10
60	0,15	12,00	0,01
75	0,05	4,44	0,00

Valores experimentais médios de umidade em base seca, úmida e adimensionais das amostras de cascas de banana Pacovan secas a 60°C.

t(min)	x1t(g/ gms)	UBUT(%)	AD
0	8,63	89,57	1,00
15	4,61	82,16	0,53
30	2,90	74,34	0,33
45	1,80	64,30	0,21
60	1,14	53,30	0,13
75	0,69	40,77	0,08
90	0,35	25,98	0,04
105	0,27	21,17	0,03
120	0,17	14,70	0,02
150	0,04	4,04	0,00

Valores experimentais médios de umidade em base seca, úmida e adimensionais das amostras de cascas de banana Maçã secas a 60°C.

t(min)	x1t(g/ gms)	UBUT(%)	AD
0	8,27	89,31	1,00
15	2,47	72,00	0,31
30	0,82	46,52	0,10
45	0,32	25,30	0,03
60	0,12	10,56	0,01
75	0,08	5,97	0,00

Valores experimentais médios de umidade em base seca, e da taxa de secagem das amostras de cascas de banana Prata secas a 40°C.

t(min)	xt(g/ gms)	dX/dt (g/g ms x min)
0	-	-
15	6,80	0,18
30	4,59	0,11
45	3,23	0,07
60	2,35	0,05
75	1,66	0,04
90	1,06	0,03
105	0,68	0,02

Valores experimentais médios de umidade em base seca, e da taxa de secagem das amostras de cascas de banana Pacovan secas a 40°C.

t(min)	xt(g/ gms)	dX/dt (g/g ms x min)
0	-	-
15	7,22	0,17
30	5,08	0,11
45	3,72	0,07
60	2,82	0,05
75	2,14	0,04
90	1,58	0,04
105	1,16	0,02
120	0,90	0,01
150	0,61	0,01
180	0,33	0,01
210	0,17	0,00

Valores experimentais médios de umidade em base seca, e da taxa de secagem das amostras de cascas de banana Maçã secas a 40°C.

t(min)	xt(g/ gms)	dX/dt (g/g ms x min)
0	-	-
15	6,96	0,32
30	3,32	0,16
45	1,45	0,09
60	0,66	0,02
75	0,39	0,02
90	0,22	0,01

Valores experimentais médios de umidade em base seca, e da taxa de secagem das amostras de cascas de banana Prata secas a 50°C.

t(min)	xt(g/ gms)	dX/dt (g/g ms x min)
0	-	-
15	8,35	0,23
30	5,56	0,14
45	3,83	0,09
60	2,59	0,07
75	1,67	0,05
90	1,07	0,03
105	0,70	0,02
120	0,41	0,02
150	0,19	0,01

Valores experimentais médios de umidade em base seca, e da taxa de secagem das amostras de cascas de banana Pacovan secas a 50°C.

t(min)	xt(g/ gms)	dX/dt (g/g ms x min)
0	-	-
15	7,44	0,19
30	5,05	0,13
45	3,50	0,08
60	2,45	0,06
75	1,65	0,04
90	1,12	0,03
105	0,77	0,02
120	0,51	0,01
150	0,27	0,01

Valores experimentais médios de umidade em base seca, e da taxa de secagem das amostras de cascas de banana Maçã secas a 50°C.

t(min)	xt(g/ gms)	dX/dt (g/g ms x min)
0	-	-
15	5,04	0,31
30	1,75	0,13
45	0,50	0,03
60	0,16	0,01
75	0,07	0,00

Valores experimentais médios de umidade em base seca, e da taxa de secagem das amostras de cascas de banana Prata secas a 60°C.

t(min)	xt(g/ gms)	dX/dt (g/g ms x min)
0	-	-
15	7,41	0,34
30	3,64	0,16
45	1,71	0,09
60	0,64	0,05

Valores experimentais médios de umidade em base seca, e da taxa de secagem das amostras de cascas de banana Pacovan secas a 60°C.

t(min)	xt(g/ gms)	dX/dt (g/g ms x min)
0	-	-
15	6,62	0,27
30	3,76	0,11
45	2,35	0,07
60	1,47	0,04
75	0,92	0,03
90	0,52	0,02
105	0,31	0,01
120	0,22	0,01

Valores experimentais médios de umidade em base seca, e da taxa de secagem das amostras de cascas de banana Maçã secas a 60°C.

t(min)	xt(g/ gms)	dX/dt (g/g ms x min)
0	-	-
15	4,92	0,35
30	1,52	0,10
45	0,53	0,04
60	0,22	0,02

APÊNDICE B − Inativação Enzimática

Comparação da Inativação Enzimática nas cascas de banana *(Musa sapientum)* da variedade Prata que sofreu branqueamento de 5 minutos (1b) e que não sofreu branqueamento (1a).

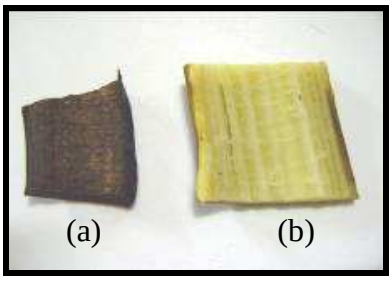

Figura 1b−Inativação enzimática da casca de banana *(Musa sapientum)* da variedade Prata por um tempo de 5 minutos.

Comparação da Inativação Enzimática nas cascas de banana *(Musa sapientum)* da variedade Pacovan que sofreu branqueamento de 5 minutos (2b) e que não sofreu branqueamento (2a).

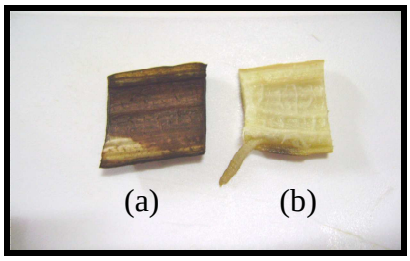

Figura 2b−Inativação enzimática da casca de banana *(Musa sapientum)* da variedade Pacovan por um tempo de 5 minutos.

Comparação da Inativação Enzimática nas cascas de banana *(Musa sapientum)* da variedade Maçã que sofreu branqueamento de 5 minutos (3b) e que não sofreu branqueamento (3a).

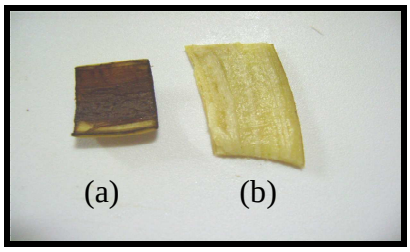

Figura 3b−Inativação enzimática da casca de banana *(Musa sapientum)* da variedade Maçã por um tempo de 5 minutos.

Comparação da Inativação Enzimática nas cascas de banana *(Musa sapientum)* da variedade Prata que sofreu branqueamento de 20 minutos (4b) e que não sofreu branqueamento (5a).

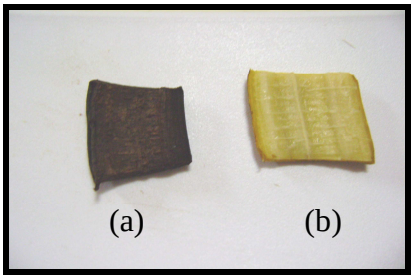

Figura 4b−Inativação enzimática da casca de banana *(Musa sapientum)* da variedade Prata por um tempo de 20minutos.

Comparação da Inativação Enzimática nas cascas de banana *(Musa sapientum)* da variedade Pacovan que sofreu branqueamento de 20 minutos (5b) e que não sofreu branqueamento (5a).

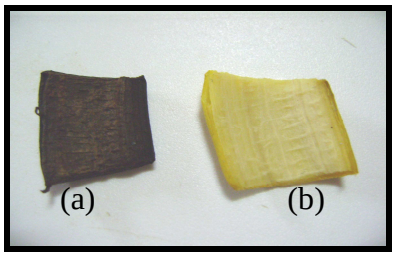

Figura 5b−Inativação enzimática da casca de banana *(Musa sapientum)* da variedade Pacovan por um tempo de 20minutos.

Comparação da Inativação Enzimática nas cascas de banana *(Musa sapientum)* da variedade Maçã que sofreu branqueamento de 20 minutos (6b) e que não sofreu branqueamento (6a).

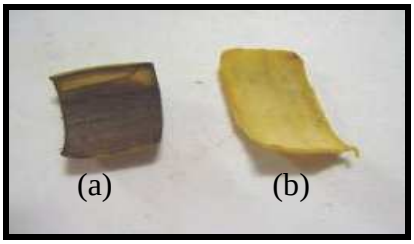

Figura 6b−Inativação enzimática da casca de banana *(Musa sapientum)* da variedade Maçã por um tempo de 20minutos.