



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

Centro de Ciências e Tecnologia

Departamento de Engenharia Agrícola

Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas



DISSERTAÇÃO

**SECAGEM DA BANANA DA TERRA (*Musa sapientum* L) COM PRÉ-
SECAGEM OSMÓTICA PARA ELABORAÇÃO DE CHIPS**

Francisco Diniz da Silva

Campina Grande – PB

Julho / 2004

Francisco Diniz da Silva

**SECAGEM DA BANANA DA TERRA (*Musa sapientum L*) COM PRÉ-
SECAGEM OSMÓTICA PARA ELABORAÇÃO DE CHIPS**

*Dissertação apresentada ao curso
de Pós-Graduação em Engenharia
Agrícola da Universidade Federal
de Campina Grande, em
cumprimento às exigências para
obtenção do grau de Mestre.*

Orientadores:

Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

Prof^a. Dr^a. Maria Elita Martins Duarte

Campina Grande – PB

Julho 2004

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S586s Silva, Francisco Diniz da
2004 Secagem da banana da terra (*Musa sapientum* L) com pré-secagem osmótica para elaboração de chips/ Francisco Diniz da Silva. -- Campina Grande, 2004. 107f. il.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) -- Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia.

Orientador: Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata, Maria Elita Martins Duarte.

1— Banana da terra - Chips 2— Banana da terra - Pré-secagem osmótica 3— Banana da terra - Secagem - Microondas 1— Título

CDU 634.772

DIGITALIZAÇÃO:

SISTEMOTECA - UFCG



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

FRANCISCO DINIZ DA SILVA

SECAGEM DA BANANA DA TERRA (*Musa sapientum* L.) COM PRÉ-
SECAGEM OSMÓTICA PARA ELABORAÇÃO DE CHIPS

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Mário R. M. Cavalcanti Mata

APROVADO

Dr. Mário Eduardo R.M. Cavalcanti Mata-Orientador

Maria Elita Martins Duarte

APROVADO

Dra. Maria Elita Martins Duarte-Orientadora

Juarez Paz Pedroza

Aprovado

Dr. Juarez Paz Pedroza-Examinador

Romeu Fioreze

Aprovado

Dr. Romeu Fioreze-Examinador

JULHO - 2004

A Deus por ter iluminado a minha vida.

*A minha mãe Maria José, que com amor e carinho lutou para dar-me uma boa
educação, te amo muito.*

*Ao meu pai, Miguel Jorge, com sua simplicidade e paciência, ajudou-me a
encontrar o caminho certo.*

A todos os meus sobrinhos e em especial Victor, Vinícius, Michael, Jeissy e Kauê.

Dedico

1

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me ter dado forças e perseverança durante todo o período deste curso.

À Universidade Federal de Campina Grande pela oportunidade oferecida para realização deste curso de Mestrado em Engenharia Agrícola.

Aos Professores Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata e Maria Elita Martins Duarte pela orientação e ensinamentos recebidos no decorrer deste Curso.

A meu grande amigo Adson pelo valiosa amizade, companheirismo e compreensão no decorrer deste Curso.

Aos meus pais Miguel Jorge e Maria José que deu muito carinho e amor para seus filhos.

Aos meus irmãos Euda, Euza, Euzani, Yonara, Naldinho, Neguinho, Edivanio e Eliandro, que tanto amo.

A todos os professores da Pós-Graduação (Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas), em especial Rossana F. Figueirêdo.

A meu primo Cláudio pela a amizade e companheirismo.

A Coordenação do curso, em especial a Rivanilda pela atenção e dedicação.

Aos funcionários da Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, em especial a Luciene.

A meu amigo Rodrigo pela grande amizade.

Aos amigos, Yvson, Carmel, Jorge, Sheyla, Concita, Luciclea, Granjeiro, Ranilda, Sckaymenn, Marcelo, Josilene, Publicia, Silvana, Douglas, Lenildo, Marileudo, Pompom, Maria Regina, Fabio, Jacinta, Daniel e Célia.

SUMÁRIO

	Páginas
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	06
2.1. Origem e história.....	06
2.2 Distribuição Geográfica.....	06
2.3 Aspectos socioeconômico.....	07
2.4 Estrutura da Bananeira.....	07
2.5 Características botânicas.....	09
2.6 Variedades	10
2.7 Banana da terra.....	11
2.7.1 Descrição da Planta	11
2.8 Características Químicas	12
2.9 Características físicas e físico-química da Banana.....	13
2.9.1 Polpa/ Casca	13
2.9.2 Coloração.....	14
2.9.3 Textura.....	14
2.9.4 Conteúdo de água.....	14
2.9.5 Acidez orgânica.....	14
2.9.6 pH.....	15
2.10 Transformações da banana no amadurecimento	16
2.10.1 Polpa/Casca.....	17
2.10.2 Coloração.....	17
2.10.3 Textura.....	18
2.10.4 Conteúdo de água.....	18
2.10.5 Acidez orgânica.....	19
2.10.6 Carboidratos.....	19
2.10.7 Sólidos solúveis e totais	19

2.10.8 Materiais Minerais.....	20
2.10.9 Proteínas.....	20
2.10.10 Vitaminas.....	21
2.10.11 Enzimas.....	21
2.10.12 Acidez total titulável (ATT).....	22
2.10.13 pH.....	22
2.11 Secagem.....	23
2.11.1 Taxa de secagem.....	24
2.11.2 Secagem á taxa constante.....	25
2.11.3 Secagem a taxa decrescente.....	25
2.11.4 Modelos matemáticos de secagem.....	26
2.12 Desidratação Osmótica.....	27
2.13 Secagem em secador convencional.....	29
2.14 Secagem com Microonda.....	30
2.15-Análise sensorial.....	32
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1 Matéria- prima (Banana da Terra)	34
3.2 Primeira etapa do processo de obtenção da banana chips.....	37
3.2.1 Recepção e lavagem.....	37
3.2.2 Branqueamento e descascamento.....	37
3.2.3 Fatiamento.....	38
3.2.4 Pré-secagem osmóticas.....	39
3.2.4.1. 1ª Etapa da pré-secagem osmótica.....	39
3.2.4.2. 2ª Etapa da pré-secagem osmótica.....	39
3.2.5 Fritura.....	40
3.2.6 Analise sensorial para a determinar a espessura adequada para a confeção da banana chips.....	41
3.3 Segunda etapa do processo de obtenção da banana chips.....	42
3.3.1 Leve fritura com secagem complementar.....	42
3.3.2 Ajuste dos modelos.....	43
3.3.3 Análise estatística.....	44
3.4 Análise sensorial.....	44
3.5 Características físico-química.....	44
3.5.1 pH.....	44
3.5.2 Conteúdo de água.....	45

3.5.3 Cinzas.....	45
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4.1 Pré-secagem osmótica.....	46
4.2 Escolha da espessura ideal e concentração ideal da solução osmótica para a confecção da banana chips.....	49
4.2.1 Aparência.....	49
4.2.2 Cor.....	50
4.2.3 Odor.....	51
4.2.4 Sabor.....	52
4.2.5 Teor de sal.....	53
4.2.6 Crocância.....	54
4.3 Secagem complementar da banana chips em secador convencional.....	55
4.3.1 Equação de Page.....	55
4.3.2 Equação de Fick.....	57
4.4 Secagem complementar da banana chips em secador por microonda.....	59
4.4.1 Equação de Page.....	59
4.4.2 Equação de Fick.....	60
4.5 Análise sensorial da banana chips.....	63
4.5.1 Análise sensorial final da banana chips obtida com secagem complementar em secador de bandeja.....	63
4.5.1 Análise sensorial final da banana chips obtida com secagem complementar em secador de forno microondas.....	64
4.6 Características físico-química.....	71
5. CONCLUSÕES.....	73
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
APÊNDICE A.....	84
APÊNDICE B.....	86
APÊNDICE C.....	92
APÊNDICE D.....	96
APÊNDICE E.....	98
APÊNDICE F.....	102

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Planta da bananeira, com suas diversas partes.....	08
2	Fruto da banana da terra	12
3	Composição da banana.....	16
4	Banana desidratada.....	28
5	Primeira etapa do processo de obtenção da banana chips.....	35
6	Segunda etapa do processo de obtenção da banana chips.....	36
7	Banana verde inatura.....	37
8	Imersão banana verde em água em temperatura entre 60 e 80 °C.....	38
9	Fatiador de banana projetado para cortar fatias de banana em diferentes espessuras.....	38
10	Sistema usado para desidratação osmótica	40
11	Banana chips frita.....	41
12	Curvas de pré-secagem osmótica da banana verde, na concentração de 1:10 de cloreto de sódio em diferentes espessuras.....	46
13	Curvas de pré-secagem osmótica da banana verde, na concentração de 1:15 de cloreto de sódio em diferentes espessuras.....	47
14	Curvas de pré-secagem osmótica da banana verde, na concentração de 1:20 de cloreto de sódio em diferentes espessuras.....	47
15	Valores médios da análise sensorial quanto à aparência da banana chips para as diferentes espessuras (1,0, 1,25, 1,5 e 1,75 mm) e concentrações de cloreto de sódio (1:10, 1:15 e 1:2), e ajuste, segundo a equação exponencial.....	49

16	Valores médios da análise sensorial quanto à cor banana chips para as diferentes espessuras (1,0, 1,25, 1,5 e 1,75 mm) e concentrações de cloreto de sódio (1:10, 1:15 e 1:2), e ajuste, segundo a equação exponencial.....	50
17	Valores médios da análise sensorial quanto ao odor banana chips para as diferentes espessuras (1,0, 1,25, 1,5 e 1,75 mm) e concentrações de cloreto de sódio (1:10, 1:15 e 1:2), e ajuste, segundo a equação exponencial.....	51
18	Valores médios da análise sensorial quanto ao sabor banana chips para as diferentes espessuras (1,0, 1,25, 1,5 e 1,75 mm) e concentrações de cloreto de sódio (1:10, 1:15 e 1:2), e ajuste, segundo a equação exponencial.....	52
19	Valores médios da análise sensorial quanto ao teor de sal da banana chips para as diferentes espessuras (1,0, 1,25, 1,5 e 1,75 mm) e concentrações de cloreto de sódio (1:10, 1:15 e 1:2), e ajuste, segundo a equação exponencial.....	53
20	Valores médios da análise sensorial quanto à crocância da banana chips para as diferentes espessuras (1,0, 1,25, 1,5 e 1,75 mm) e concentrações de cloreto de sódio (1:10, 1:15 e 1:2), e ajuste, segundo a equação exponencial.....	54
21	Curva de secagem complementar da banana chips em secador de bandeja, nas temperaturas de 60, 70 e 80°C: Equação de Page.....	56
22	Curva de secagem complementar da banana chips em secador de badeja, nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C. Equação de Fick.....	57
23	Curva de secagem complementar da banana chips em forno microondas nas potências, de 220, 330 e 440 W: Equação de Page.....	59
24	Curva de secagem complementar da banana chips em forno em microonda, nas potências de 220, 330 e 440 W. Equação de Fick.....	61
25	Valores médios da análise sensorial quanto à aparência da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio a diferentes temperaturas de 60, 70 e 80°C...	65
26	Valores médios da análise sensorial quanto à cor da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de coreto de sódio a diferentes temperaturas de 60, 70 e 80 °C.....	66

27	Valores médios da análise sensorial quanto a odor da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio a diferentes temperaturas de 60, 70 e 80 °C.....	66
28	Valores médios da análise sensorial quanto ao sabor da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio a diferentes temperaturas de 60, 70 e 80 °C.....	67
29	Valores médios da análise sensorial quanto ao teor de sal da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio a diferentes temperaturas de 60, 70 e 80 °C..	67
30	Valores médios da análise sensorial quanto a crocância da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio a diferentes temperaturas e 60, 70 e 80 °C....	68
31	Valores médios da análise sensorial quanto à aparência da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio a diferentes potências de 220, 330 e 440W...	68
32	Valores médios da análise sensorial quanto á cor da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio a diferentes potências de 220, 330 e 440W.....	69
33	Valores médios da análise sensorial quanto a odor da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio a diferentes potências de 220, 330 e 440W.....	69
34	Valores médios da análise sensorial quanto ao sabor da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio a diferentes potências de 220, 330 e 440W	70
35	Valores médios da análise sensorial quanto ao teor de sal da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio diferentes potências de 220, 330 e 440 W.....	70
36	Valores médios da análise sensorial quanto a crocância da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio a diferentes potências de 220, 330 e 440 W..	71

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Comparação entre banana verde e madura.....	15
2	Escala de maturação de banana, segundo o aspecto e os teores de amido e de açúcares.....	22
3	Parâmetros da equação de Page obtidos através dos dados experimentais.....	48
4	Resultado preferencial da banana chips para as diferentes espessuras e concentrações de cloreto de sódio.	55
5	Constantes de secagem e coeficiente de difusão da equação de Fick para a banana chips, proveniente da secagem em camada fina nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C.....	58
6	Constante de secagem e coeficiente de difusão, proveniente da secagem complementar da banana chips utilizando o forno microonda nas potências de 220, 330 e 440 W.....	62
7	Determinações físico-químicas da polpa da banana verde e da banana chips.....	71

RESUMO

A transformação de frutos perecíveis em novos produtos com maior vida de prateleira e maior valor agregado vem se tornando uma alternativa para a indústria de alimentos. A pré-secagem osmótica seguida de secagem complementar é uma técnica de grande potencial industrial. Portanto, este trabalho teve como objetivos: a) Estudar a cinética de pré-secagem osmótica da banana da terra nas concentrações osmóticas de 1:10, 1:15 e 1:20, nas espessuras de 1,0; 1,25; 1,5 e 1,75 mm; b) Realizar uma análise sensorial de bananas fritas para determinação da espessura ideal e da melhor concentração de cloreto de sódio para a elaboração da banana chips; c) Estudar a cinética de secagem complementar da banana chips com leve fritura em secador de bandeja nas temperaturas de 60, 70 e 80°C e em microonda nas potências de 220, 330 e 440 W; d) Realização de uma análise sensorial final, quantos os atributos aparência, cor, odor, sabor, crocância e teor de sal da banana chips. A metodologia consistiu em mergulhar em soluções osmóticas de diferentes concentrações de NaCl fatias de banana verdes cortadas em varias espessuras para definir o tempo de tratamento osmótico. Definido o tempo, fez-se novamente uma pré-secagem osmótico seguida de uma leva fritura com secagem complementar em secador de bandejas e em microondas. Depois da secagem fez-se uma análise sensorial para a avaliação do produto final. Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que: a) Com relação à cinética de pré-secagem osmótica em diferentes espessuras e concentrações de cloreto de sódio: Existe uma tendência de aumento do coeficiente de secagem "k" com o aumento da espessura da fatia de banana verde para as três concentrações de cloreto de sódio estudadas; o melhor tempo para o tratamento osmótico foi no período de três horas, após este tempo foi observada perda de constituintes químicos. b) Com relação à análise sensorial para os atributos aparência, cor, odor, sabor, teor de sal e crocância, para definir a espessura ideal da banana chips e a melhor concentração de cloreto de sódio os provadores atribuíram, em geral, as melhores notas para a banana chips elaborada com uma pré-secagem osmótica na concentração de 1:15 de cloreto de sódio por três horas, na espessura de 1,0 mm. c) com relação à cinética de secagem complementar da banana chips em secador de bandeja as temperaturas de 60, 70, e 80 °C e em forno microondas nas potências de 220, 330 e 440 W, das equações propostas, o melhor coeficiente de determinação "R²" foi obtido utilizando-se a equação de Page; d) A preferência da banana chips foi obtida pelos provadores quando essas foram elaboradas a partir de uma pré-secagem osmótica na concentração de 1:15 de NaCl por 3 horas e uma leve fritura, seguida de uma secagem complementar em secador de bandeja a temperatura de 70°C ou em microondas na potencia de 330 W, isto para todos os atributos (aparência, cor, odor, sabor, teor de sal e crocância) com exceção do atributo cor que onde a banana chips preferida foi a banana seca a temperatura de 80°C.

Palavras-chave: banana da terra, banana chips, pré-secagem osmótica, secagem, microondas

ABSTRACT

The transformation of perishable fruits into new products, with bigger shelf life, becomes an alternative to food industry. The osmotic pre-drying followed by complementary drying is a big industrial potential technique. Thus, this work aims to: a) Study the banana osmotic pre-drying in osmotic concentrations of 1:10, 1:15 and 1:20, in thickness of 1,0; 1,25; 1,5 and 1,75 mm; b) Accomplish a sensorial analysis of the fried bananas to determine the ideal thickness and the best sodium chlorite concentration to develop banana chips; c) Study the complementary drying kinetics of banana chips, softly fried in fixed bed dryer at the temperatures of 60, 70 and 80 °C and in microwave oven, at the potencies of 220, 330 and 440 W; d) Accomplishment of a final sensorial analysis with relationship to the attributes: appearance, color, smell, taste, crispy and salt content of the banana chips. The methodology consisted in immerse green banana slices of several thickness in osmotic solution with different concentrations of NaCl to define the osmotic treatment time. When the time was defined, an osmotic pre-drying was did again, followed by a softly fry with a complementary drying in fixed bed dryer and in microwave oven. After the drying, a sensorial analysis was done to evaluate the final product. From the obtained results, it can be concluded that: a) About the osmotic pre-drying kinetics in different thickness and sodium chlorite concentrations: There is a tendency of increasing the drying coefficient "k" with the increase of the green banana slice thickness for the three studied concentrations of sodium chlorite; the best time for osmotic treatment was the period of three hours, after this time a chemical constituent loss was observed. B) About the sensorial analysis for the attributes: appearance, color, smell, taste, salt content and crispy, the testers attributed, in general, the best notes to the banana chips elaborated with osmotic pre-drying with sodium chlorite concentration of 1:15 for three hours, with thickness of 1,0 mm to define the ideal thickness of the banana chips and the best sodium chlorite concentration. c) About the banana chips complementary drying kinetics in fixed bed at the temperatures of 60, 70 and 80 °C and in microwave oven at the potencies of 220, 330 and 440 W, the best determination coefficient "R²" was obtained through Page's equation, among the proposed equations; d) The preference was obtained by the testers when the banana chips were elaborated from an osmotic pre-drying with NaCl concentration of 1:15 for 3 hours and a softly fry, followed by a complementary drying in a fixed bed dryer at the temperature of 70°C or in a microwave oven with potency of 330W, for almost all attributes (appearance, smell, taste, salt content and crispy) except the color attribute in that the preferred banana chips was the one dried at the temperature of 80°C.

Key-words: banana, banana chips, osmotic pre-drying, drying, microwave

1.0 INTRODUÇÃO

A banana é conhecida no mundo todo como um símbolo dos países tropicais e no Brasil, esta fruta é a mais popular. Embora não seja nativa do continente americano (originária do Sul da Ásia e da Indonésia), adaptou-se muito bem ao nosso solo e clima e transformou-se em um dos principais produtos de exportação do país (BANANA, 2003).

Existem relatos sobre a presença de bananeiras no Brasil, antes mesmo do descobrimento. Acredita-se que os indígenas consumiam bananas “*in natura*” de um cultivar muito digestivo que se supõe tratar-se do cultivar Prata e/ou Branca (BANANA PRATA, 2003).

Atualmente, o maior produtor da fruta é a Índia, seguida pelo o Brasil, Filipinas Equador e Indonésia. No Brasil, o vale do Ribeira em São Paulo é a principal região produtora de banana, sendo que na Agroindústria, o maior valor econômico é atribuído a banana “*in natura*”, muito utilizada como fruto de mesa (CEACE, 2003).

A banana é uma fruta de alto valor nutritivo, muito rica em açúcar e sais minerais, principalmente cálcio, fósforo, ferro, potássio, e vitaminas A, B1, B2 e C. Fácil de digerir, pode ser dada às crianças a partir dos 6 meses de idade. Como quase não tem gordura, é indicada nas dietas para redução do colesterol. O potássio, elemento abundante na banana, cumpre o papel de manter o equilíbrio hidrelétrico do organismo. Além disso, fixa os ácidos estomacais e atua como protetor contra o estresse do estômago. O magnésio, também presente em elevada porcentagem, é parte essencial das moléculas de diversos reguladores metabólicos, mais conhecidos como enzimas. Os músculos quando desempenham esforços intensos, sofrem faltam de magnésio, e como consequência surgem câimbras paralisantes. Para evitá-las os esportistas recorrem à banana (BANANA, 2003; O PODER, 2003).

Segundo TRAVAGLINI et al. (1993), a casca da banana representa cerca de 47 a 50% em peso da fruta, mas até o presente momento, as aplicações de ordem industriais são praticamente inexistentes, porém tem sido utilizado esporadicamente na alimentação animal.

Existem cerca de cem tipos de cultivares de bananas no mundo todo, porém os mais conhecidos no Brasil são: banana nanica, banana prata, banana da terra, banana maçã, banana de São Tomé, banana ouro e banana sapo (BANANA, 2003).

A banana da terra, cujo nome científico é *Musa sapientum L.* são as maiores bananas conhecidas, chegando a pesar 500g cada fruta e a ter um comprimento de 30cm. É achatada em um dos lados, tem casca amarela escura, e polpa bem consistente, de cor rosada e textura macia e compacta, sendo mais rica em amido do que em açúcar, tornando-a ideal para cozinhar, assar ou fritar, podendo ser transformada pela agroindústria em purês, doce de banana, banana passa, banana chips, etc.

Banana chips é o produto obtido a partir de pedaços de banana verde fritos em óleo comestível até adquirir um aspecto semelhante ao da batata frita (CASTRO, 1982).

Antes da fritura de alguns alimentos, torna-se necessário realizar uma pré-secagem osmótica, onde o material sofre uma perda parcial de água devido a sua imersão em solução osmótica de sal ou açúcar, por um período de tempo determinado, cujo objetivo é aumentar a conservação de produtos desidratados.

WALISZEWSKI et al. (1997) relata que a desidratação osmótica é uma técnica de alto valor potencial industrial, que consiste na remoção de água do alimento enquanto este é imerso em uma solução de um agente de alta pressão osmótica. O gradiente de concentração que existe entre a solução e o alimento age na remoção de água, do alimento para o meio osmótico, ocorrendo simultaneamente uma transferência do soluto da solução para o alimento.

De acordo com BARBOSA-CÁNOVAS & VEGA-MERCADO (1996), a osmose consiste em movimentos moleculares de certos componentes de uma solução, através de uma membrana semipermeável, para outra solução menos concentrada destas moléculas em particular. TONON et al. (2001) acrescentam ainda que a desidratação osmótica é um meio de reduzir o desperdício de frutas, pois produz alimentos estáveis e que possuem um tempo de prateleira maior que a própria fruta “*in natura*”.

Após a pré-secagem osmótica, para a confecção de um produto com características de chips ou de elevada conservação, devem ser submetidos à fritura semelhante à batata frita, em que são utilizados processos simples, pelo uso de fritadeiras, por batelada, ou mesmo por equipamento, contínuos de custos mais elevados usados pelas grandes indústrias, e que até o momento são importados.

A fritura é uma técnica que utiliza a gordura como meio de transporte de calor e é um processo muito rápido (minutos), devido às altas temperaturas em que se encontra o meio. Os alimentos ideais para fritura são aqueles que possuem um alto teor de amido, pois permitem que suas superfícies fiquem bem douradas. Durante a fritura verifica-se a formação de uma crosta na superfície do alimento que de certa forma, impede a saída de alguns nutrientes, embora ocorra perda de elementos, como em especial, vitamina C e as do complexo B. A fritura não melhora apenas o sabor, o cheiro e a aparência de certos alimentos, mas também aumenta a sua digestibilidade.

O óleo a ser utilizado na fritura deve ser de boa qualidade para evitar a oxidação rápida do produto e a diminuição de seu prazo médio de vida. O óleo ou gordura utilizado na fritura deve ter uma porcentagem muito pequena de gordura saturada, pois ela aumenta a taxa de colesterol no sangue, e essa alta taxa de colesterol estimula a produção de placas de gordura que se acumulam nas artérias, obstruindo-as, ocasionando problemas cardíacos. O ideal é usar gorduras insaturadas, pois não prejudicam as artérias e ainda ajudam a tirar de circulação o colesterol do sangue.

A banana chips passando por uma pré-secagem osmótica e seguida de uma leve fritura, a sua secagem final pode ser completada por um fluxo de ar aquecido ou por microondas.

Operações de secagem têm sido usadas há muito tempo em indústrias de processamento de alimentos para uma eficiente preservação dos produtos finais por longos períodos. O objetivo básico é a remoção de água do sólido até o nível onde os danos por microorganismos sejam evitados (DROUZAS & SHUBERT, 1996)

Uma das maiores desvantagens do processo convencional de secagem por ar quente em materiais biológicos é a baixa eficiência energética causada pelo longo período de taxa decrescente de secagem, o que é consequência da baixa condutividade térmica destes produtos nesta etapa do processamento (ADU & OTTEN, 1996; FENG & TANG, 1998). O desejo de eliminar esses problemas, assim como de manter as propriedades nutritivas e sensoriais do produto, mediante um processo térmico rápido e eficiente, tem incentivado o aumento do uso da energia por microondas no processamento de materiais biológicos, especificamente no processo de secagem.

Produtos processados por microondas têm sido reportados como de qualidade superior, melhor aroma, cor e considerável economia energética, além de um reduzido tempo de processamento em comparação com o processo convencional de secagem (LIN et al., 1998).

A aplicação da energia de microondas no processamento de alimentos vem aumentando consideravelmente, sendo especialmente aplicada nos processos de secagem. A secagem através de microondas é mais rápida, mais uniforme e energeticamente econômica comparado com o processo convencional (MASKAN, 2000).

No Brasil, a banana chips é um produto incipiente no mercado; só no Norte do País a banana Chips é popularmente consumida. Contudo, em outras regiões do país, inclusive no Nordeste, é um produto pouco conhecido e consumido.

Devido à importância econômica e social da cultura da banana aliada à escassez de informações a respeito das diferentes tecnologias do processamento dessa fruta, o presente trabalho teve os seguintes objetivos:

- a) Estudar a cinética de pré-secagem osmótica da banana da terra nas concentrações osmóticas de 1:10, 1:15 e 1:20 nas espessuras de 1,00; 1,25; 1,50 e 1,75 mm.
- b) Realizar uma análise sensorial da banana frita para determinação da espessura ideal (1,0; 1,25; 1,5 e 1,75 mm) e da melhor concentração de cloreto de sódio para a elaboração da banana chips.
- c) Estudar a cinética de secagem complementar da banana chips com leve fritura em secador de bandeja nas temperaturas de 60, 70 e 80°C e em microondas nas potências de 220, 330 e 440 W.
- d) Realização de uma análise sensorial do produto final, quanto aos atributos aparência, cor, odor, sabor, crocância e teor de sal da banana chips.

2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origem e história

A palavra banana é originária das línguas Serra-Leonesa e Liberiana (costa ocidental da África), a qual simplesmente foi incorporada pelos portugueses a sua língua.

Não se pode indicar com exatidão a origem da bananeira, pois ela se perde na mitologia grega e indiana. Atualmente admite-se que seja oriunda do oriente, do sul da China ou da Indochina. Há referências da sua presença na Índia, Malásia e Filipinas, onde tem sido cultivada a mais de 4000 anos. Na África foi introduzida nos anos 500 d.C., e no Novo Mundo por volta do ano de 1516. Escritos antigos citam relatos da presença da banana na América Pré-Colombia. No Brasil, ao que se sabe, a banana foi aqui constatada pelos primeiros imigrados, e atualmente é cultivada de Norte a Sul, numa área aproximada de 522 mil hectares, desde a faixa litorânea até os planaltos interioranos, sendo as regiões Sudeste e Nordeste onde se concentra o maior número de bananais, respondendo juntas por 66% da produção nacional, destacando-se os estados da Bahia, com cerca de 850 mil toneladas por ano e São Paulo com 600 mil toneladas por ano (ALVES, 1999).

2.2 Distribuição geográfica

A bananeira é uma planta tipicamente tropical, cujo bom desenvolvimento exige calor constante e elevada umidade. Essas condições são registradas na faixa compreendida entre os paralelos de 30 ° de latitude norte e sul, nas regiões onde as temperaturas se situam entre os limites de 10 e 40 °C. Há, entretanto, a possibilidade de seu cultivo em latitudes acima de 30 °, desde que a temperatura seja adequada (MOREIRA, 1999).

Graças a sua ampla adaptação, a bananeira é cultivada em quase todos os países tropicais. Segundo a FAO (1991), em 1990 o principal país produtor foi a Índia, seguindo-se o Brasil, Filipinas, Equador e China. Nesse ano, os países que mais exportaram bananas foram o Equador, Honduras, Costa Rica, Colômbia, Panamá e Guatemala, os quais

responderam, respectivamente por 25,0%, 12,6%, 12,0%, 11,7%, 9,0%, e 4,4% das exportações mundiais.

2.3 Aspectos socioeconômico

O Brasil é o maior produtor de frutas, segundo as estatísticas da FAO (1991), com uma produção superior a 30 milhões de toneladas. Apesar da expressiva participação no cenário mundial, cerca de 10% do total produzido, o Brasil não tem conseguido se impor no importante mercado de frutas frescas, não passando de 2% de determinadas frutas, estando a sua produção voltada para o mercado interno. Exceção faz-se a produção de suco concentrado de laranja, considerando a hegemonia brasileira no mercado mundial deste produto.

Neste contexto a banana ocupa o segundo lugar dentre as frutíferas cultivares no Brasil, após os cítricos, com uma produção estimada de 6 milhões de toneladas anuais e uma área cultivada próxima de 500 mil hectares.

A produção brasileira de banana é particular no sentido de sua distribuição espacial, estando presente em todos os estados do Brasil. A banana cabe papel fundamental como importante fonte de alimentação, fixadora de mão-de-obra no meio rural e geradora de divisas para o País.

2.4 Estrutura da bananeira

A bananeira é uma planta herbácea, caracterizada pela exuberância de suas formas e dimensões das folhas. Possui tronco curto e subterrâneo, denominado de rizoma, que constitui um órgão de reserva, onde se inserem as raízes adventícias e fibrosas. O pseudo-caule, resultante da união das bainhas foliares, termina com copa de folhas e largas, com nervura central desenvolvida, Figura 1. Do centro da copa emerge a inflorescência com brácteas ovaladas de coloração normalmente roxo-avermelhada, em cujas axilas nascem as flores. Cada grupo de flores reunidas forma uma penca (mão) com um número variável de

frutos (dedos), originados por partenocarpia. Os frutos inicialmente são verdes, tornando-se amarelos com a maturação, posteriormente começam a escurecer e nesse estágio diz-se que a planta morreu. Entretanto, durante o desenvolvimento há formação de rebentos (filhos), que surgem na base da planta, possibilitando a constante renovação e a vida permanente dos bananais (DANTAS, et al. 1999).

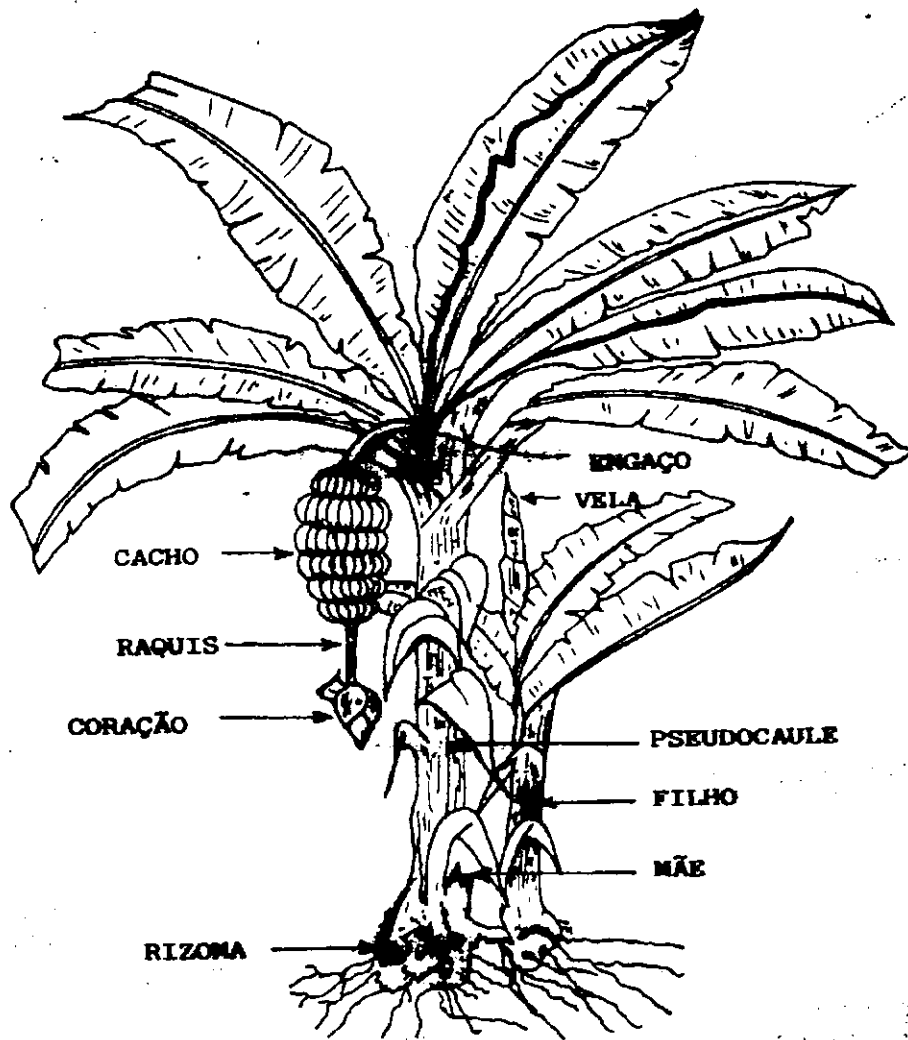


Figura 1: Planta da bananeira, com suas diversas partes.

2.5 Características botânicas

As bananeiras produtoras de frutos comestíveis foram classificadas, pela primeira vez, por Linneu, que as agrupou no gênero *Musa* com as espécies: *Musa cavendishii*, *Musa sapientum*, *Musa paradisiaca* e *Musa corniculata*.

Essa classificação foi abandonada porque, dado seu empirismo, não seria possível incluir todos os cultivares hoje conhecidos, sem provocar grandes conflitos dentro da mesma espécie.

Segundo SIMMINDS (1973) atualmente as bananeiras produtoras de frutos comestíveis são classificadas como plantas da:

Classe Monocotyledonea

Ordem Scitaminea

Família Musaceae

Subfamília Musoideae

Gênero Musa

Subgênero (ou seção) .. Eumusa

Espécies comestíveis .. Musa acuminata Colla e Musa balbisiana Colla

A bananeira, planta típica das regiões tropicais úmidas, é um vegetal herbáceo completo, pois apresenta raiz, tronco, folhas, flores, frutos e sementes. O tronco é representado pelo rizoma e o conjunto de bainhas das folhas de pseudocaule. Entretanto, no linguajar popular este é chamado de tronco da bananeira (COELHO, 2000).

A multiplicação da bananeira se processa, naturalmente no campo, por via vegetativa, pela emissão de novos rebentos. Entretanto, o seu plantio também pode ser feito por meio de sementes, processo este usado mais freqüentemente quando se pretende fazer a criação de novas variedades ou híbridos (MANICA, 1997).

De acordo com MOREIRA (1999), a bananeira tem um ciclo de vida definido. Sua fase de gestação começa com a geração de um broto-rebento em outra bananeira, mas como nos animais, o início da contagem de sua vida somente se faz com seu aparecimento ao nível do solo. Com seu crescimento, há a formação de uma bananeira que irá produzir um cacho, cujas frutas se desenvolvem, amadurecem e caem, verificando-se em seguida o secamento de todas as suas folhas, quando se diz que a planta morreu. A morte encerra o ciclo de vida, o qual também pode ser abreviada como a colheita do cacho, que corresponde a eliminação da bananeira.

Como esse processo é contínuo e extremamente dinâmico, uma bananeira adulta apresenta sempre ao seu redor, em condições naturais, outras bananeiras em diversos estádios de desenvolvimento. Esse conjunto de bananeiras interligadas, com diferentes idades, oriundas de uma única planta e crescendo desordenadamente, denomina-se touceira.

2.6 Variedades

Banana nanica (conhecida como banana d'água, banana da china, banana anã ou banana chorona) - tem casca fina e amarela esverdeada (mesmo na fruta madura) e polpa doce, macia e de aroma agradável. Cada cacho tem por volta de duzentas bananas.

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

Banana da terra (banana chifre de boi, banana comprida ou pacovan) – Ao contrário das outras como a banana prata, nanica ou ouro, destinada ao abastecimento do mercado interno e a exportação. A fruta não é produzida em escala comercial.

Banana maçã (ou banana branca) - de tamanho variado, pode atingir, no máximo, 15 cm e pesar 160 g. É ligeiramente curva, tem casca fina, amarelo clara, e polpa branca,

bem aromática, de sabor muito apreciado. Recomendada como alimento para bebês, fica muito saborosa amassada e misturada com aveia, biscoito ralado ou farinhas enriquecidas.

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

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

Banana sapo - fruto curto, grosso e anguloso, com casca espessa e dura, e polpa pouco delicada, mais usada como alimento de animais domésticos.

2.7 Banana da terra

Nome Científico: *Musa sapientum*, Linneo

Nome Popular: Bananeira da terra, Banana comum, Banana comprida, Pacovan e Pacoba

Habitat: Em diversas tribos indígenas é chamada de banala ou banará, de onde os portugueses tiraram a denominação vulgar.

2.7.1 Descrição da Planta

É uma mutação da 'Prata'. A planta é vigorosa, um pseudo-caule um pouco mais alto que a 'Prata' e coloração mais clara. As folhas são menos eretas. O engaço tem cor verde-clara. A inflorescência é posicionada a 45°. A ráquis masculina é compacta, mais ou menos vertical, e as cicatrizes são proeminentes e totalmente limpas. Na colheita o cacho tende a ficar na vertical, pesa em média 16 kg, com número de frutos em tornos de 85 (Figura 2).

Os frutos são em média 40% maiores que os da 'Prata', apresenta quinas mesmo quando gordos e pedúnculo de cor verde-clara, igual ao que já apresenta no florescimento. Em locais frios alonga o ciclo de produção e diminui o tamanho e peso dos cachos.

Apresenta um bom potencial de produtividade sob irrigação, podendo atingir 35-40 t/ha/ciclo em cultivo bem conduzido.

Apresenta também um bom vigor, não sendo necessário o escoramento.



Figura 2 – Banana da terra

2.8 Características químicas

A banana da terra contém 3,208% de substância azotada, a maçã 2,607%, a ouro 2,517%, a prata 2,443% e a S. Thomé 2,191%; de onde se deduz quimicamente que apesar da banana da terra ser a mais nutritiva, a maçã e a ouro contem menos substância azotada, especialmente a maçã, são as mais saborosas, não pela quantidade de sacarina que encerram, mas pela pouca porcentagem de ácidos orgânicos, vindo em seguida a banana prata e a de S. Thomé, sendo ambas pouco nutritivas, principalmente a última, que contem muita água (PECKOLT, 1989).

De acordo com o mesmo autor, o tronco da bananeira ou pseudo-colmo contém um suco aquoso, transparente, levemente azulado ou amarelado, de sabor adstringente, sem aroma, de reação ácida, e quando em contato com o ar forma-se na sua superfície uma camada preta azulada e o líquido cora-se em castanho claro e torna-se mais ou menos opalescente.

As raízes cortadas ao meio apresentam superfície branca, cheia de poros, por onde sai um suco leitoso, viscoso, que em contato com o ar cora-se em amarelo, que passa a pardacento e depois ao castanho roxeado.

O princípio que se denomina Musaina é um glicoside que cristaliza em prismas transparentes incolores, de sabor fracamente salino, solúvel na água, pouco no éter e no álcool, insolúvel no clorofórmio, no éter de petróleo e na benzina.

A solução aquosa deste princípio dá com o bicloreto de platina um precipitado amarelo, e com alguns reativos dos alcalóides também precipita.

O ácido Musainico cristaliza em agulhas finas, incolores e semi transparentes de sabor ácido stíptico: na platina incandescente volatiliza-se completamente: é solúvel na água, no álcool e no éter a quente; a solução aquosa tem reação fortemente ácida, tratada pelo perclorureto de ferro não dá reação, neutralizada (PECKOLT, 1989).

2.9 Características físicas e físico-química da banana

2.9.1 Polpa/ casca

No seu estado verde, a casca retém muita água o que acarreta pouca polpa. À medida que a fruta vai amadurecendo, a polpa começa a absorver água da casca e engarço e aumenta o seu peso consideravelmente (TECNOLOGIA, 2002).

2.9.2 Coloração

A casca da banana apresenta uma coloração que vai do verde ao amarelo. Isso se deve ao fato da ação da clorofila, xantofila e o caroteno. O processo de transformação de cores se dá durante o amadurecimento. A clorofila é gradualmente destruída e a presença do caroteno e xantofila se tornam cada vez mais evidentes (TECNOLOGIA, 2002).

2.9.3 Textura

A polpa de banana é composta por um grande número de pequenas células. Em estado verde, cada célula interna possui uma membrana constituída de protopectina, uma substância insolúvel. Durante o amadurecimento, a protopectina é convertida em pectina pela ação das enzimas, acarretando o amolecimento das células e proporcionando o estado de maciez da banana quando madura. A grande quantidade de amido se transforma em açúcares caracterizando o sabor doce da fruta. (TECNOLOGIA, 2002).

2.9.4 Conteúdo de água

O conteúdo de água da polpa de banana verde em geral é em média de 70% que se eleva para 75% quando completamente madura. Durante a maturação, uma maior pressão na polpa e uma menor na casca pode ser notada. Essa diferença de pressão, resulta na transferência de água da casca para a polpa aumentando o seu conteúdo de água (TECNOLOGIA, 2002).

2.9.5 Acidez orgânica

A acidez na banana caracteriza-se por ser baixa quando verde e máxima quando madura. Essa variação da acidez está ligada à velocidade de hidrólise do amido e ao processo de respiração da banana. Dentre os ácidos encontrados na banana estão: ácido málico, ácido cítrico e ácido oxálico como os predominantes (TECNOLOGIA, 2002).

2.9.6 pH

Na banana verde, quando o teor de acidez orgânica é baixo, o pH varia de 5,0 a 5,6 . Já quando a banana está madura, o potencial hidrogeniônico varia de 4,2 a 4,7 (TECNOLOGIA, 2002).

Na Tabela 1 estão os dados dos nutrientes da banana verde e da banana madura e na Figura 3 se encontram os nutrientes da banana de acordo com BOGERT (1955).

Tabela 1- Comparação entre banana verde e madura

Nutrientes	Banana verde	Banana madura
Água	78,11	73,9
Matéria-graxa	0,19	0,6
Glicose	0,29	-
Açúcar e pectose	-	22,8
Amido	11,11	-
Celulose	-	0,2
Albuminóides	1,35	-
Fibras digestíveis	10,07	-
Fibras linhosas	0,66	0,8
Cinzas e subst. Minerais	0,87	-
Gomas	0,36	1,7

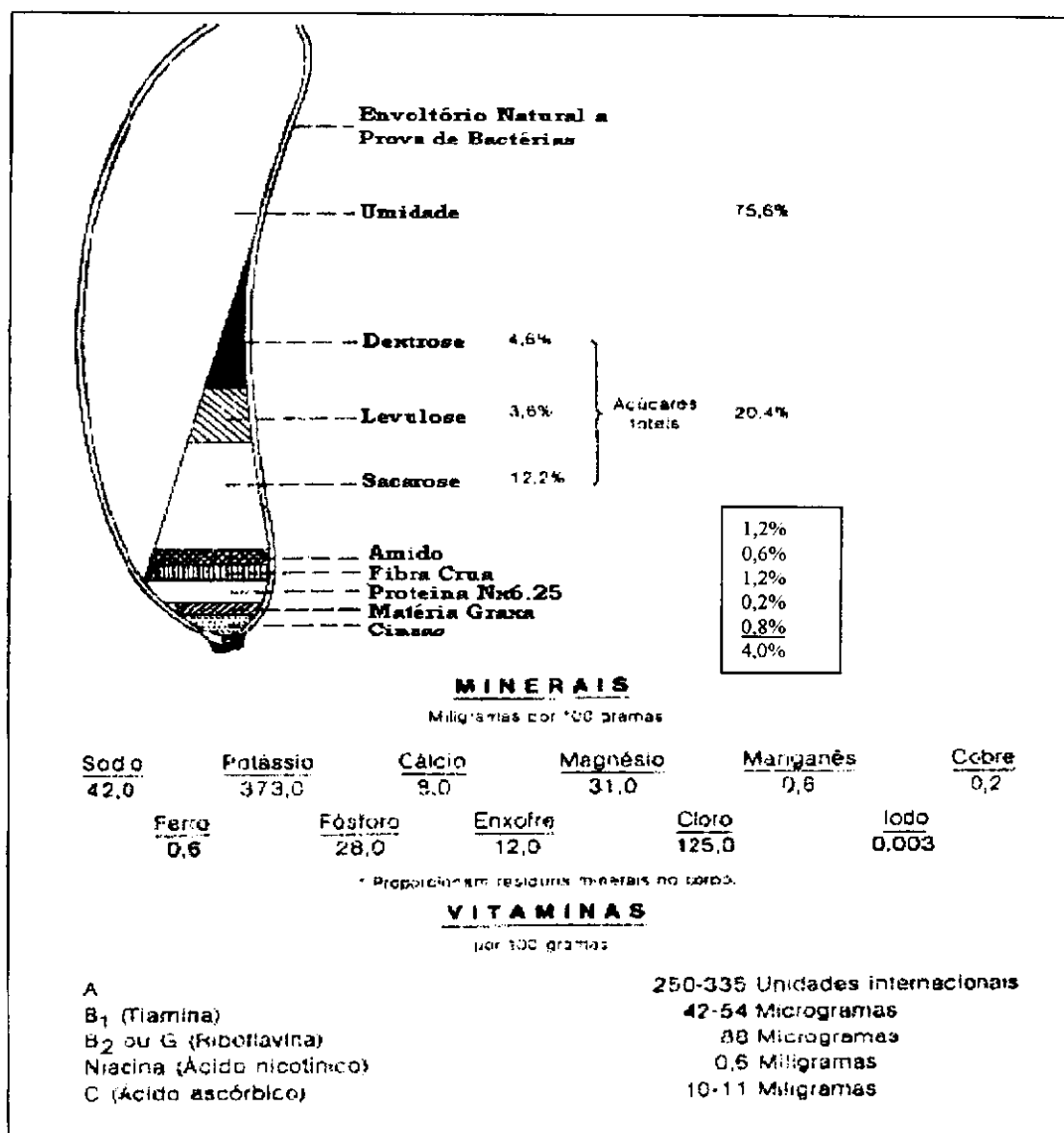


Figura 3 -. Composição da banana.

2.10 Transformações da banana no amadurecimento

As transformações que ocorrem na constituição da banana durante a maturação tem sido objeto de constantes estudos nos diversos centros de pesquisa do mundo, procurando-se obter resultado satisfatório sobre o comportamento da fruta em todo o processo, desde o transporte até a maturação final, o que é de grande importância, tanto para o mercado de fruta fresca como para a indústria.

A qualidade pós-colheita de frutos relaciona-se com o conjunto de atributos ou propriedades que se tornam apreciadas como alimentos. Esses atributos, por sua vez, dependem do mercado de destino: armazenamento, consumo “*in natura*” ou processamento. De modo abrangente, a qualidade pode ser definida como o conjunto de inúmeras características que diferenciam componentes individuais de um mesmo produto e que têm significância na determinação de grau de aceitação pelo comprador. Os atributos de qualidade dos produtos dizem respeito a sua aparência, sabor, odor e textura, valor nutritivo e segurança. Estes atributos têm importância variada, de acordo com os interesses de cada segmento da comercialização, ou seja, deste do produtor até o consumidor (CHARLES & TUNG, 1973).

2.10.1 Polpa/casca

Durante a maturação da banana, a polpa aumenta de maneira contínua o seu peso, devido à absorção da água proveniente da casca e provavelmente também do engaço. Com isto, a casca perde peso e pode-se levar em consideração a relação polpa/casca como índice de maturação da banana. Esta relação também é conhecida como coeficiente de maturação e tem uma alteração muito rápida, pois valores na banana verde entre 1,3 a 1,4, pode significar, quando madura, valores acima de e 2,0 (CHARLES & TUNG, 1973).

2.10.2 Coloração

A casca da banana apresenta uma coloração que vai do verde ao amarelo na sua fase de maturação e que é devido à clorofila, xantofila e caroteno. Porém, dois outros pigmentos são encontrados no protoplasma da célula, que são os flavonóides e as antocianinas. Os demais pigmentos são encontrados nos plastídios. No decorrer da maturação, a clorofila é gradualmente destruída pela ação enzimática, o que determina que o caroteno e a xantofila se tornem cada vez mais evidentes com o progresso da maturação. As variações no procedimento da maturação fazem com que a rapidez da perda da coloração verde seja maior ou menor, dependendo do efeito da atividade enzimática (TECNOLOGIA, 2002).

2.10.3 Textura

A polpa da banana é composta por um grande número de pequenas células. Na banana verde, cada uma dessas células possui uma rígida membrana, composta principalmente de substâncias insolúveis, conhecidas como protopectina. Internamente, encontram-se numerosos grãos sólidos de amido. Na maturação, a protopectina é parcialmente transformada pela ação de enzimas, formando pectina solúvel, da qual resulta o amolecimento das células da membrana. Ao mesmo tempo, o amido é transformado pelos enzimas em açúcares solúveis, que começam a se dispersar na matéria sólida do interior da célula, formando uma massa semi-sólida. Assim, por meio das alterações químicas que amolecem a membrana da célula, dissolvendo parcialmente o seu conteúdo, a banana verde e dura se torna macia e saborosa (TECNOLOGIA, 2002).

2.10.4 Conteúdo de água

Durante a maturação, a quantidade de água da polpa aumenta ligeiramente, devido às transformações que os carboidratos sofrem, e é utilizada na hidrólise do amido. Uma parte do aumento de água na polpa é atribuída às trocas da pressão osmótica, que resulta na transferência da água da casca para a polpa. Durante a maturação pode-se notar uma maior pressão na polpa e uma menor na casca. Esta diferenciação de pressão entre polpa e casca resulta numa migração de água desta última para a primeira. O conteúdo de umidade da polpa de banana verde em geral é em média de 70% que se eleva para 75% quando completamente madura (TECNOLOGIA, 2002).

O conteúdo de água em qualquer alimento é de grande importância sob vários aspectos. Na realidade, é uma das determinações de difícil execução, visto que métodos usuais para a quantificação envolvem a evaporação da água presente no alimento e, com isto, outros compostos voláteis também são evaporados. Na determinação do conteúdo de água de um produto alimentício, o termo umidade refere-se a somatória da água volatilizada nas condições do método analítico e dos demais componentes também

volatilizados ou decomposto, valor igual ou inferior ao valor real (ANGELUCCI et al. 1987).

2.10.5 Acidez orgânica

A banana caracteriza-se por apresentar uma baixa acidez quando verde e que aumenta com a maturação até atingir um máximo, quando a casca está totalmente amarela, para depois decrescer. O aumento da acidez deve estar ligado ao mecanismo do processo de respiração da banana (TECNOLOGIA, 2002).

2.10.6 Carboidratos

A alteração mais perceptível em relação à maturação da banana, que ocorre na polpa, é a transformação do amido em açúcares. A banana verde contém um alto teor de amido, que se situa em torno de 20%, o que, durante a maturação, se converte em açúcares, com predominância dos redutores - glicose e frutose - encontrados na proporção de 8 a 10% da polpa, e da sacarose, com 10 a 12%, além de outros açúcares presentes em menores quantidades. A porcentagem de amido na banana completamente madura é muito baixa. Há um pequeno decréscimo dos carboidratos totais em todas as cultivares durante o amadurecimento, devido à utilização de parte da glicose na respiração (TECNOLOGIA, 2002).

2.10.7 Sólidos solúveis e totais

Os sólidos totais da banana apresentam uma pequena redução à medida que a fruta amadurece, o que se atribui a uma absorção de água pela polpa. No entanto, os sólidos solúveis aumentam rapidamente com a maturação da fruta, em decorrência de uma degradação do amido em açúcares solúveis. Segundo EVANGELISTA (1990) os frutos, quando imaturos, apresentam baixos teores de SST que vão aumentando gradativamente com a maturidade até a época da colheita. NASCIMENTO e DONI (1986) acrescentam

ainda que as mudanças dos sólidos solúveis totais da polpa associam-se com o processo de amadurecimento, e portanto, com o processo respiratório.

2.10.8 Materiais minerais

Os sais minerais apresentam pequena variação com a maturação da fruta, sendo sempre maior nas bananas verdes que nas maduras. Encontra-se na banana grandes quantidades de sais minerais, entre eles: potássio, fósforo, cálcio, sódio, magnésio, e outros em menores quantidades, como o ferro, manganês, iodo, cobre, alumínio e zinco (TECNOLOGIA, 2002).

As cinzas em alimentos correspondem ao resíduo inorgânico remanescente da queima da matéria orgânica, sem resíduo de carvão (ANGELUCCI et al. 1987). Frutas, vegetais e seus derivados como qualquer outro alimento, contém material orgânico que deve ser destruído antes da estimativa dos minerais. Diversos minerais encontram-se presente em frutos e hortaliças, notadamente: cálcio, ferro, potássio e magnésio, porém têm pequena contribuição nos requerimentos dietários do homem, mas em alguns casos, os níveis encontrados podem ser elevados (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

2.10.9 Proteínas

Estão presentes em baixas porcentagens, sendo representadas pela albumina e globulina, com a possibilidade da presença de glutelina, proteases, prolamina e outras frações não identificadas. Em relação aos aminoácidos das proteínas (frações insolúveis), não há grandes variações durante o desenvolvimento e o amadurecimento das frutas. De modo geral, na fração solúvel, as substâncias asparagina, glutamina e histidina são as predominantes, seguindo-se em abundância o ácido aspártico, o a-amino butírico, a-alamina e o ácido pipercolico (TECNOLOGIA, 2002).

2.10.10 Vitaminas

As análises químicas demonstraram que a banana não é somente rica em carboidratos, fornecendo energia, mas também um alimento de alto valor nutritivo, contendo elevadas proporções de vitaminas e sais minerais. Sabe-se que a vitamina C na banana atinge seu máximo teor na primeira fase da maturação, isto é, na coloração verde-amarelada, decrescendo rapidamente à medida que vai surgindo a cor amarelada e atinge a proporção mais baixa quando a fruta apresenta manchas marrom na casca. Inúmeros são os componentes voláteis encontrados na banana, constituídos pelos aldeídos e cetonas, assim como os ésteres e os álcoois metílicos e isomílicos que, somados ao agradável sabor, tornam a banana uma fruta de alta qualidade. A produção desses componentes está em função da temperatura na qual se encontra a fruta. Portanto, a composição dos aromas na banana varia em função do tempo em que a fruta permanece estocada na temperatura crítica. (TECNOLOGIA, 2002).

2.10.11 Enzimas

Na banana são encontrados os seguintes enzimas: peroxidase, fenolase, catalase, oxidases do ácido ascórbico. Deve-se levar em consideração, dentre os enzimas da banana, a invertase, que transforma a sacarose em açúcares redutores. Este enzima é de grande atividade quando a polpa é desintegrada e deixada em repouso por muito tempo, antes de receber o tratamento térmico, causando a inversão da sacarose. Se, de um lado, a banana oferece todas as características de uma fruta de alto valor nutritivo, por outro lado, existem sérios problemas que são enfrentados pelas indústrias, em relação à atividade dos enzimas oxidantes que atuam durante a elaboração do produto, em conjunto com outros componentes da polpa, tais como os açúcares e as substâncias aminadas, que favorecem o escurecimento do produto industrializado. (TECNOLOGIA, 2002).

Na Tabela 2 encontra-se uma escala de maturação da banana, conforme seu aspecto e os teores de amido e de açúcar.

Tabela 2-Escala de maturação de banana, segundo o aspecto e os teores de amido e de açúcares.

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

Fonte: Tecnologia 2002.

2.10.12 Acidez total titulável (ATT)

Segundo NASCIMENTO & DONI (1986), as mudanças na acidez total titulável (ATT) da polpa associam-se com o processo de amadurecimento e, portanto, com o processo respiratório. O teor ácido é importante na determinação do estágio de maturação ou, ainda, é indicativo do aroma e sabor do fruto. A alteração mais perceptível em relação a maturação da banana que ocorre na polpa, é a transformação do amido em açúcares. A percentagem de amido na banana completamente madura é muito baixa, situando-se, de modo geral, torno de 0,5 a 2% (LAL, et al. 1974).

2.10.13 pH

Segundo LEITÃO (1980), o pH é uma característica intrínseca do alimento, imprescindível na limitação dos tipos de microrganismo, capazes de se desenvolver, e na maior ou menor facilidade de conservação.

É a acidez da fruta ou de um alimento qualquer. Isto se deve ao fato de que os ácidos presentes nos alimentos encontram-se parcialmente na forma molecular e,

parcialmente, na forma dissociada, que é a que apresenta a propriedade ácida (FAPEP/SINE-PB, 1997).

A concentração de íons hidrogênio (pH) de um alimento é importante pela influência que exerce sobre os tipos de microrganismos aptos a sua multiplicação e, portanto, sobre as alterações que, logicamente deveria produzir (GAVA, 1979).

Vários fatores tornam importante a determinação de pH de um alimento, tais como: influência na palatabilidade, desenvolvimento de microrganismos, definição da temperatura do tratamento térmico a ser utilizado, indicação da embalagem, seleção do tipo de material de limpeza e desinfecção, definição do equipamento com a qual a indústria vai trabalhar, seleção de aditivos e vários outros (CIABOTTI et al. 2000).

2.11 Secagem

A secagem tem por objetivo assegurar a conservação da fruta por meio da redução do seu conteúdo de água. Essa redução deve ser efetuada até um ponto onde a concentração de açúcares, ácidos, sais e outros componentes sejam suficientemente elevados para reduzir a atividade de água e inibir portanto, o desenvolvimento de microrganismos e das reações enzimáticas(COUTINHO, et al. 1997; FELLOWS, 1994).

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

Dois processos básicos ocorrem simultaneamente durante o processo de secagem: a transferência de calor e transferência de massa.

Várias teorias de secagem têm sido descritas para explicar a secagem de alimentos, mas a teoria de pressão de vapor pode ser utilizada para explicar a secagem de produtos

biológicos. De acordo com esta teoria, a pressão do vapor dentro do produto aumenta com o aumento da temperatura (ALMEIDA, et. al. 1997)

De acordo com NEVES (1982), várias teorias foram desenvolvidas para explicar os mecanismos de movimentos de água através de um sólido, entre as quais pode-se citar:

- 1) Teoria de difusão líquida;
- 2) Teoria capilar;
- 3) Teoria da vaporização-condensação;
- 4) Teoria de Luikov;
- 5) Teoria de Philip e De Vries;
- 6) Teoria de Berger e Pei;
- 7) Teoria de Fortes e Okos.

As transferências internas de massa são influenciadas por dois fenômenos importantes em matérias biológicos: a migração de soluto (formação de crosta), e de deformação do produto (encolhimento) (DAUDIM 1983).

2.11.1 Taxa de secagem

A taxa de secagem pode ser acelerada com o aumento de temperatura do ar de secagem e/ou, com o aumento da quantidade do ar que passa pelo produto por unidade de tempo. No entanto, a condição de aumento taxa de secagem por aumento da quantidade de ar só se verifica para determinadas condições de secagem e para a velocidade do ar dentro de determinados limites.

Segundo BROOKER et al. (1992), existem dois períodos de secagem de um produto agrícola: o de taxa de secagem constante, que normalmente ocorre em produtos com mais de 70% de conteúdo de água, e o período de taxa de secagem decrescente. O conteúdo de água que separa estes dois períodos (conteúdo de água crítico) depende da forma do produto e das condições de secagem.

2.11.2 Secagem a taxa constante

Segundo PUZZI (1997), a secagem a taxa constante ocorre em produtos nos quais a resistência externa para evaporar e remover o vapor de água na superfície para o meio, é maior que a resistência interna à migração do conteúdo de água.

De acordo com CHIRIFE (1982), no período de secagem á taxa constante são as transferências de calor e massa na interface ar-produto que governam e fixam a velocidade de secagem. O produto permanece com a superfície coberta por uma camada de líquido, constituindo umidade não ligada, e com temperatura de bulbo úmido de ar. O líquido absorve calor e se vaporiza a uma taxa constante. Nesse período, a migração de umidade do interior para a superfície compensa a perda por vaporização; a secagem se comporta como a evaporação de uma superfície líquida. Para alimentos de uma maneira geral, o período de taxa de secagem constante pode ser observado quando o potencial de secagem do ar é muito baixo ou o conteúdo de água do produto é muito alto.

2.11.3 Secagem a taxa decrescente

MOURA et al. (2001) relata que o período de secagem a taxa decrescente é mais observado em produtos agrícolas. Como o prosseguimento de secagem, a migração da água para superfície diminui, não mais compensando a vaporização superficial. A superfície portanto, deixa de ficar saturada, causando redução na pressão de vapor superficial e da taxa de secagem. As forças motrizes de transportes são as forças capilares e de difusão, que atuam de acordo com as propriedades do material a ser seco. Assim, em um campo de umidade mais reduzido, o qual depende da natureza da substância e das condições de secagem, a taxa de secagem é influenciada fortemente pelas leis de migração da umidade no interior dos materiais sólidos. O período de taxa decrescente pode ser bem mais dilatado que o período de taxa constante, embora a remoção de umidade seja muito menor.

Segundo DAUDIN (1983), as análises feitas com a utilização de lei de Fick, enfocam principalmente o estudo dos efeitos globais do fenômeno interno e, conseqüentemente, não

descrevem os possíveis mecanismos de migração. Para descrever o processo de secagem no período de secagem decrescente, utilizam-se modelos teóricos, semi teóricos e empíricos. Esses modelos são geralmente de transferência de massa, negligenciando-se o efeito de transferência de calor.

2.11.4 Modelos matemáticos de secagem

Para expressar a secagem em alimentos, muitos autores, entre eles, MAURO & MENEGALLI (1995), RASTOGI et al. (1997), SOUSA (1999), ARAUJO, (2000) e KROSS (2002), têm utilizado a equação de Fick (Equação 1) para expressar a perda de água dos alimentos, no entanto, os autores, em todos os trabalhos, têm relatado as limitações dessa equação quer seja pela necessidade de um grande número de termos quer seja por não representar os dados experimentais em trechos das curvas.

$$\frac{X - X_e}{X_0 - X_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left[\frac{-(2n+1)^2 \pi^2 D_{ef} t}{4L^2}\right] \quad (\text{Eq. 1})$$

em que,

X = conteúdo de água, decimal base seca;

X_e = conteúdo de água de equilíbrio, decimal base seca;

X_0 = conteúdo de água inicial, decimal base seca;

$\frac{X - X_e}{X_0 - X_e}$ = razão de umidade, adimensional

$X_0 - X_e$

D_{ef} = difusividade efetiva, ($\text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$)

Alguns desses autores têm sugerido a utilização do Modelo de Page (Equação 2) que é uma simplificação do modelo de Fick com algumas considerações, sendo considerado um modelo semi-teórico.

No modelo de Page, considera-se a equação de Fick, tomando-se, apenas, o primeiro termo da série. Neste caso a Equação 1 ficaria:

$$RX = \frac{X - X_e}{X_o - X_e} = \frac{\delta}{\pi^2} \cdot \exp\left[\frac{-\pi^2 D_{ef} t}{4L^2}\right] \quad (\text{Eq. 2})$$

Na Equação 2, considera-se que o termo δ/π^2 estaria próximo de 1, o que satisfaria a condição inicial, ou seja para $t = 0$, $RX = 1$. Outra consideração feita para chegar ao Modelo de Page é que $\pi^2 D_{ef} / 4 L^2$ é igual a K que é denominada de constante de secagem desta forma a Equação 2, se tornaria:

$$RX = \frac{X - X_e}{X_o - X_e} = \exp[-Kt] \quad (\text{Eq. 3})$$

A ultima consideração feita para o Modelo de Page é a introdução de um coeficiente de correção no tempo t de ordem potencial (N). Desta forma o Modelo de Page para secagem de produtos agrícolas seria:

$$RX = \frac{X - X_e}{X_o - X_e} = \exp[-Kt^N] \quad (\text{Eq. 4})$$

2.12 Desidratação Osmótica

A desidratação osmótica, também denominada atualmente "dewatering impregnation soaking process" (DIS process), é uma técnica utilizada para desidratação parcial de alimentos sólidos, especialmente frutas e vegetais (Figura 4). Pode ser aplicada como pré-tratamento para algum processo complementar e reconduzir a economia de energia e melhorias de energia na qualidade dos produtos, no entanto ainda é industrialmente limitada no que se refere a produtos finais. (TORREGIANI, 1993; RAOULTWACK, 1994; SANKAT et al. 1996).

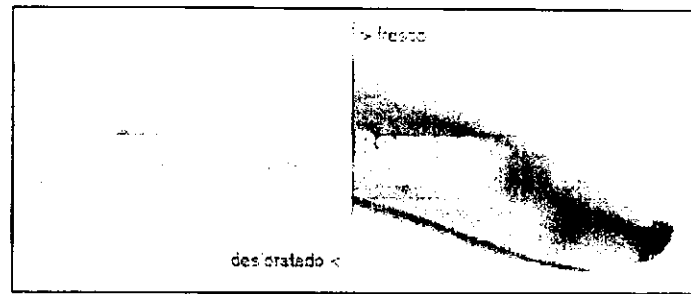


Figura 4 - Banana desidratada

A perda de água durante a desidratação osmótica pode ser dividida em dois períodos. No período inicial ocorre uma alta taxa de remoção de água, e no posterior, ocorre um decréscimo desta taxa. A taxa inicial de perda de água não é sensível a circulação da solução osmótica. O branqueamento, como pré-tratamento, afeta a fase inicial da desidratação osmótica, embora na fase final, não existe diferença significativa da taxa de perda de água de um produto que não sofre este pré-tratamento. A temperatura e a concentração da solução osmótica afeta a taxa de perda de água. (BARBOSA-CÁNOVAS & VEGA-MERCADO, 1996)

Os solutos mais comumente usados para desidratação osmótica são o cloreto de sódio, sacarose, lactose, frutose e glicose.

A osmose reduz o conteúdo de água e promove a melhoria das características texturas, aroma e aumento no teor de açúcar de fruto (BRANDÃO et al. 2003).

De acordo com TORREGGIANI, (1993) e RAOULTWACK, (1994), duas transformações são alcançadas com a desidratação osmótica: a desidratação parcial do alimento e a formulação direta e específica do produto, pela incorporação de solutos, sem alterar sua integridade.

Segundo PONTING (1973), os efeitos que ajudam a produzir um produto de alta qualidade pela desidratação osmótica são: a) inibidor efetivo da polifenoloxidase, a enzima que catalisa o escurecimento oxidativo em algumas frutas fatiadas e: b) é preventivo da perda de substâncias voláteis durante a desidratação.

SANKAT et al. (1996) investigando o comportamento da secagem com ar de fatias de banana desidratada osmoticamente e fresca, verificaram que a secagem de ambas ocorrem no período de taxa decrescente e que a velocidade do ar até 1.03 m/s não teve qualquer efeito na cinética. O efeito do tratamento osmótico foi que, o nível de açúcar nas fatias de bananas foi aumentado e ocorreu decréscimo do seu conteúdo de água. Contudo, na secagem convencional subsequente desta mesma fatia, a taxa de secagem foi diminuída.

2.13 Secagem em secador convencional

A secagem convencional consiste em submeter o produto à ação de uma corrente de ar quente que atravessa a massa do material. Entretanto, alguns fatores como a temperatura de secagem, tipo de estufa, grandeza da amostra, tempo de secagem, etc., devem ser controlados para que a exatidão dos resultados não se altere.

Na secagem convencional de um produto, o ar ambiente aquecido atinge duas finalidades:

- A pressão de vapor da água existente nos produtos é aumentada pelo aquecimento do produto, facilitando assim a saída do conteúdo de água. Parte do calor do ar secante proporciona um aumento da temperatura do produto (calor sensível) e parte fornece o calor necessário para a vaporização da água contida nos alimentos (calor latente).
- Aumentando-se a temperatura do ar ambiente o seu conteúdo de água relativa diminui e, conseqüentemente, sua capacidade de absorver umidade diminui.

Processos adequados de secagem tornam possível o processamento dos frutos e sua transformação, a custo relativamente baixo, em produtos de maior valor agregado (GRABERT et al. 2001).

Vários processos de secagem têm sido desenvolvidos e testados visando melhorar o aproveitamento das condições disponíveis, tanto para matéria prima como para a fonte de energia empregada na secagem. Dentro eles, destacam-se a utilização da convecção natural, que consiste na transferência de calor por grupos de moléculas que se movem por diferença de densidade, devido a mudanças na sua temperatura (FELLOWS, 1994).

BANSAL & GARG (1987) recomendam que a máxima temperatura para a secagem de banana seja de 70°C, sendo a secagem realizada com um conteúdo de água inicial de 80% (b.u.) e o final de 15%(b.u.).

2.14 Secagem com microondas

Os fornos microondas são aparelhos eletrônicos que aquecem o alimento utilizando um tipo de radiação eletromagnético: as microondas.

Dentro do forno existe um dispositivo denominado Megnetron que, usando a energia elétrica, gera microondas, sendo esta direcionada para a parte interna do forno denominado de cavidade. Após ricochetear nas paredes do metal, as ondas atingem o alimento e o aquecem.

O princípio desse aquecimento é devido a dipolaridade das moléculas de água presente em todos alimentos, que associada à emissão das microondas interagem com o dipolo da água, provocando seu aquecimento (PERUZZO et al. 1999).

Nos últimos anos muitos trabalhos de pesquisas foram desenvolvidos utilizando a secagem através de microondas como método alternativo para uma grande variedade de produtos alimentícios, tais como frutas, legumes, temperos e grãos, podendo ser citado alguns, como: secagem de banana: MASKAN (2000), secagem de cenoura: LIM et al. (1998) e secagem de uva: TULASIDAS et al. (1996).

GARCIA et al. (1988) secaram bananas “Nanica” (*Musa cavendish* L) fatiadas com 1 e 2 cm de espessura em forno doméstico de microondas adaptado (1600W), com ar de secagem à temperatura ambiente e vazão de 0,014 m³/s; o produto final foi comparado com o obtido por processo convencional de secagem (ar forçado), à temperatura constante de 60°C e velocidade de 1 m/s. Os resultados mostraram a ocorrência de taxas decrescentes de secagem para os dois processos, com os teores finais de umidade variando entre 10 e 12%, com tempo médio do processamento por microondas de 28 minutos e do processo convencional, 24 horas. Avaliações sensoriais (cor, aparência, aroma e textura) produziram valores superiores para o processamento por microondas. As eficiências energéticas também foram avaliadas, demonstrando economia de 30% no processamento por microondas em relação ao processo convencional convectivo.

MASKAN (2000) secou bananas (*Musa spp*) fatiadas com 4,3; 7,4 e 14 mm de espessura em forno doméstico de microondas adaptado, utilizando potências de 350, 490 e 700 W. As fatias de bananas também foram secas em forno convencional com injeção forçada de ar quente com temperatura de 60 °C e velocidade de 1,45 m/s. Foram determinadas algumas características de secagem, entre as quais tempo de secagem, taxa de secagem e constante de secagem. Em média, a secagem por microondas teve taxas entre 10 a 20 vezes superiores às da secagem convencional. No microondas, para secar até 0,1 kg água/kg matéria seca, o tempo variaram entre 13 a 27 min., essa variação foi de 8 a 15 horas, para a secagem em forno convencional. As constantes de secagem variaram de 0,141 a 0,268 min.⁻¹, para a secagem por microondas e de 0,003 a 0,0086 min.⁻¹ para a secagem convencional. Avaliações colorimétricas demonstraram que os produtos obtidos por microondas apresentaram coloração mais clara que o os obtidos por secagem convencional. O modelo difusional e Fick (modelo simplificado) foi testado nos dois processos, sendo verificado excelente ajuste na secagem por microondas e baixo ajuste para a secagem convencional.

DROUZAS & SCHUBERT (1996) processaram fatias de bananas em um forno doméstico de microondas modificado com uma cuba a vácuo, com pressões variando entre 15 mbar a 300 mbar, com potência de microondas de 150 W, 280 W e 850 W, com a

temperatura de secagem controlada entre 60°C e 70°C, tendo obtido um produto com teor de umidade de 14% base seca, e com atividade de água inferior a 0,7, após tempos de processamento que variaram entre 4 e 16 minutos. O produto foi qualificado como de excelente qualidade quanto ao sabor, aroma e teste de reidratação. Secagem que utilizaram microondas em sistema de vácuo foram comparadas ao processo convencional convectivo e, em alguns casos, também ao processo de liofilização, tendo sido reportadas por DURANCE & LIU (1996) para a secagem de batatas, MUI et al. (2002) para secagem de banana.

NIJHUIS et al. (1998) secaram banana em microondas e o produto obtido foi de excelente qualidade e com tempo de processamento 16 vezes inferior ao do processamento convencional.

2.15-Análise sensorial

Por meio da análise sensorial pode-se determinar a aceitação e a qualidade dos alimentos, constituindo-se ainda como uma poderosa ferramenta nas pesquisas para o desenvolvimento de novos produtos. Com o auxílio dos órgãos humanos dos sentidos, as sensações resultantes das interações destes órgãos com alimentos são usados para inferir e analisar as diferentes características organolépticas dos alimentos (TEXEIRA et al. 1987).

Este conjunto de característica que diferenciam unidades individuais de um produto e que são significativas para determinação de seu grau de aceitação pelo consumidor é denominado qualidade sensorial (KRAMER & TWIGG, 1970).

A aceitação de um produto alimentício pelos consumidores está relacionada a várias características do produto, sobretudo aquelas que podem ser avaliadas pelos seus próprios sentidos, como a cor e o sabor (CAMPOS, 1989).

De acordo com TEXEIRA et. al. (1987), a análise sensorial de frutos “in natura” e de produtos processados (frutas) devem ser realizadas a fim de se verificar a aceitação dos

mesmos por parte dos consumidores. Essa análise é feita mediante a utilização dos sentidos humanos: visão, gustação, olfato, audição e sensibilidade-cutânea. Desta forma, as sensações que resultam da interação dos órgãos humanos dos sentidos com os alimentos são usadas para avaliar sua qualidade, aceitabilidade por parte do consumidor e nas pesquisas para o desenvolvimento de novos produtos.

Os atributos sensoriais, como aroma, sabor, textura e cor, são influenciados significativamente pela composição química e, nas bananas, principalmente pelos ácidos, açúcares e compostos fenólicos (SOTO BALLESTERO, 1992).

3.0 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande.

3.1 Matéria-prima (Banana da Terra)

As bananas da variedade banana da terra (*Musa sapientum L*), foram adquiridas no comércio local de Campina Grande, procedente de pomares de produtores da região de Maceió.

O estágio de maturação da banana da terra para a elaboração da banana chips foi verde e com um teor de açúcar de 0,1 a 2%.

Para a elaboração da banana chips o trabalho foi conduzido em duas etapas conforme os diagramas expostos na Figura 5 e 6.

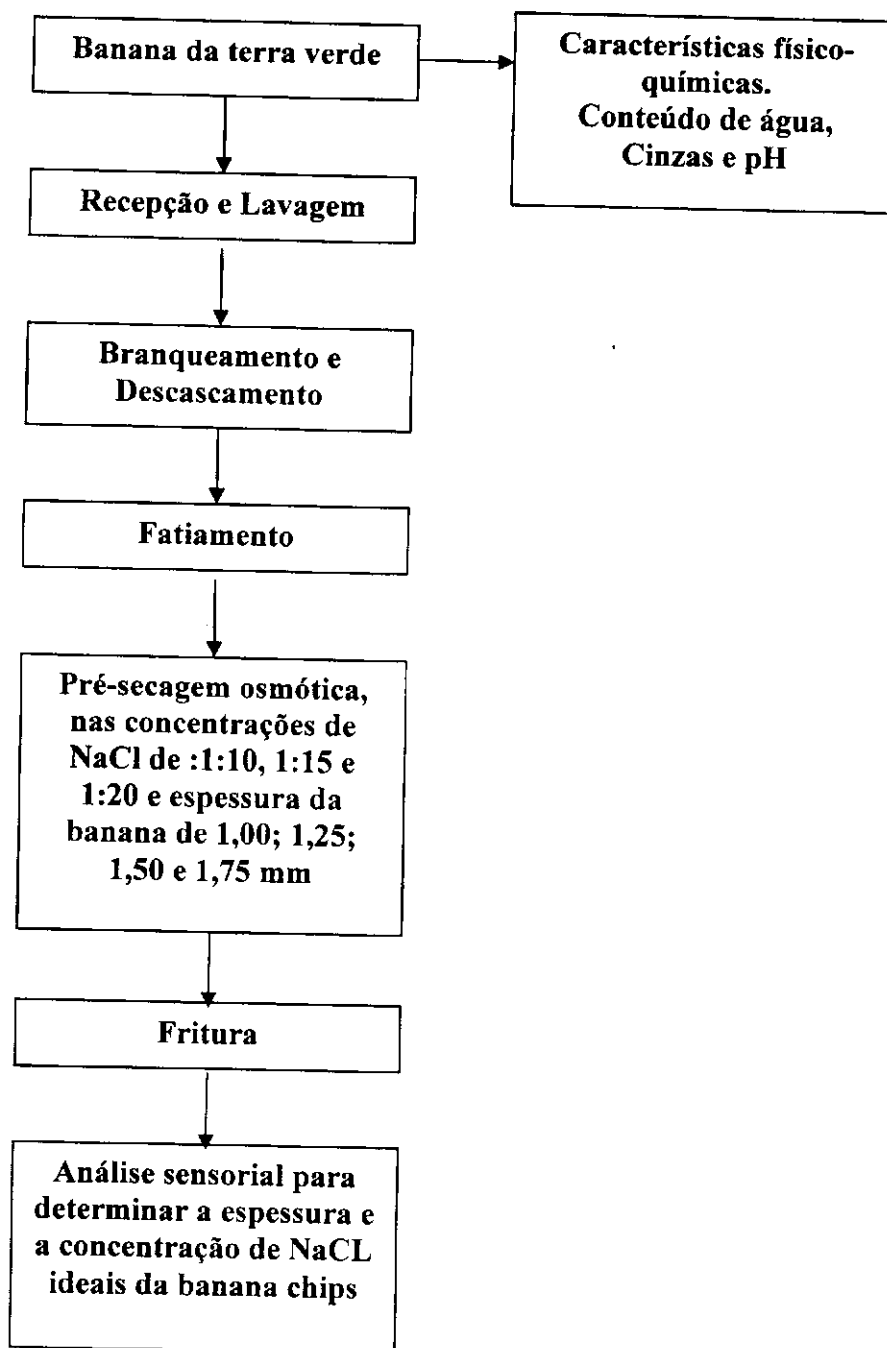


Figura 5- Primeira etapa do processo de obtenção da banana chips.

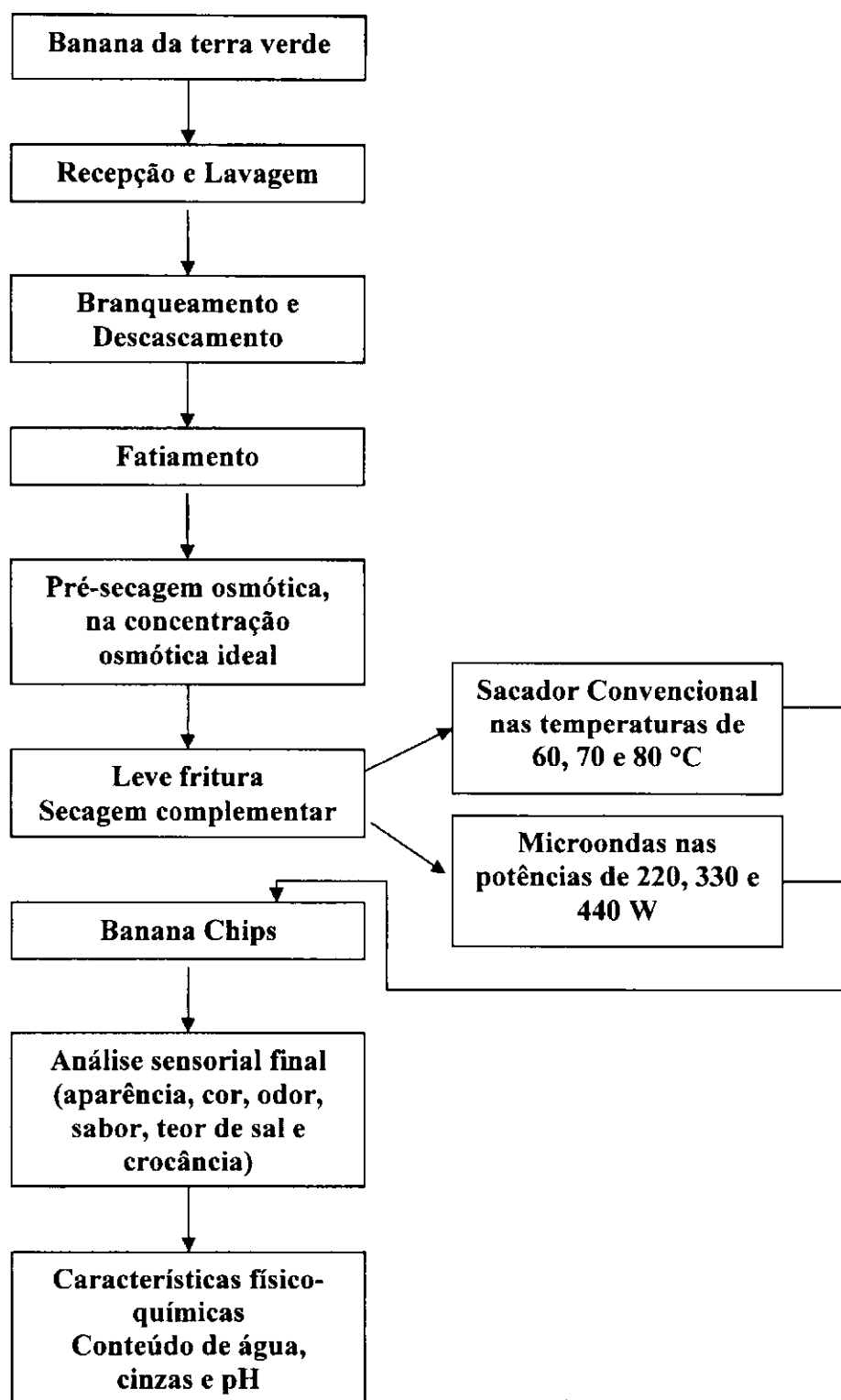


Figura 6- Segunda etapa do processo de obtenção da banana chips.

3.2. Primeira etapa do processo de obtenção da banana chips

3.2.1. Recepção e lavagem

Na primeira etapa do processo para obtenção de banana chips, as bananas da terra verde (Figura 7) ao chegarem no Laboratório de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas foram lavadas em água corrente, para que fossem retiradas sujidades provenientes da colheita e transporte.

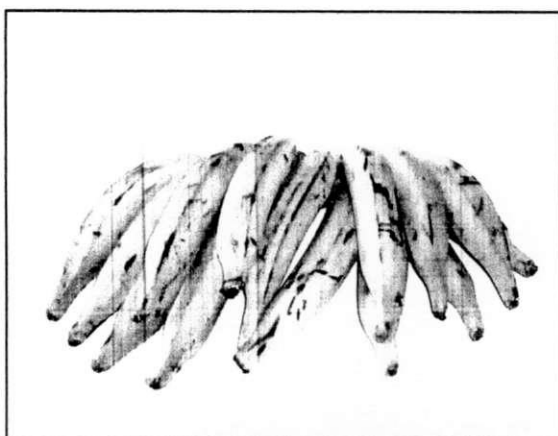


Figura 7- Banana verde in-natura.

3.2.2. Branqueamento e descascamento

O branqueamento das bananas foi realizado imergindo-as em água quente entre as temperaturas de 60 a 80 °C por um período de 20 minutos aproximadamente (Figura 8). Após a imersão em água quente, as bananas foram descascadas manualmente.

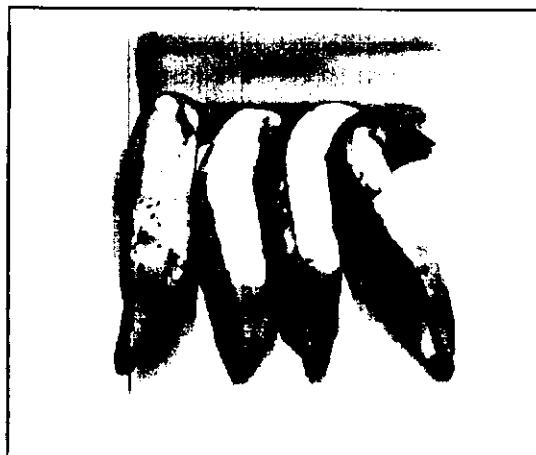


Figura 8- Imersão banana verde em água em temperatura entre 60 e 80 °C

3.2.3. Fatiamento

Para se efetuar o corte nas bananas, foi utilizado um fatiador de inox projetado para cortar as bananas em várias espessuras (Figura 9). O fatiamento foi feito nas espessuras de 1,00 mm 1,25 mm, 1,50 mm e 1,75 mm.

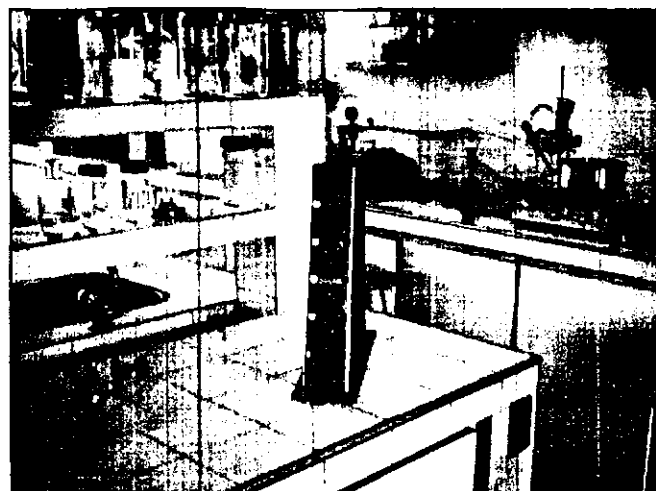


Figura 9- Fatiador de banana projetado para cortar fatias de banana em diferentes espessuras.

3.2.4 Pré-secagem osmótica

3.2.4.1. 1ª Etapa da pré-secagem osmótica

As amostras com espessuras de 1,00 mm, 1,25 mm, 1,50 mm e 1,75 mm permaneceram em soluções osmóticas de cloreto de sódio (NaCl) nas proporções de 1:10, 1:15 e 1:20 por um período de tempo de oito horas, com a finalidade de verificar o tempo de processamento osmótico. A perda de peso foi acompanhando através de uma balança analítica, com precisão de 0,001g, com passagens de uma em uma hora até o peso constante.

As formulações analisadas foram as seguintes:

Solução de 1:10: 100g de sal para um litro de água destilada.

Solução de 1:15: 66,67g de sal para um litro de água destilada.

Solução de 1:20: 50g de sal para um litro de água destilada.

3.2.4.2. 2ª Etapa da pré-secagem osmótica

Uma vez fixado o tempo de pré-secagem osmótica uma nova partida de rodela de banana, com as espessuras de 1,00 mm, 1,25 mm, 1,50 mm e 1,75 mm foram imersas em um recipiente contendo solução de cloreto de sódio (NaCl) nas concentrações de 1:10, 1:15 e 1:20.

O equipamento utilizado para realizar a pré-secagem osmótica da banana (Figura 10) foi construído utilizando-se um recipiente de 1,5 litro e um agitador magnético com a finalidade de manter a solução em movimento.

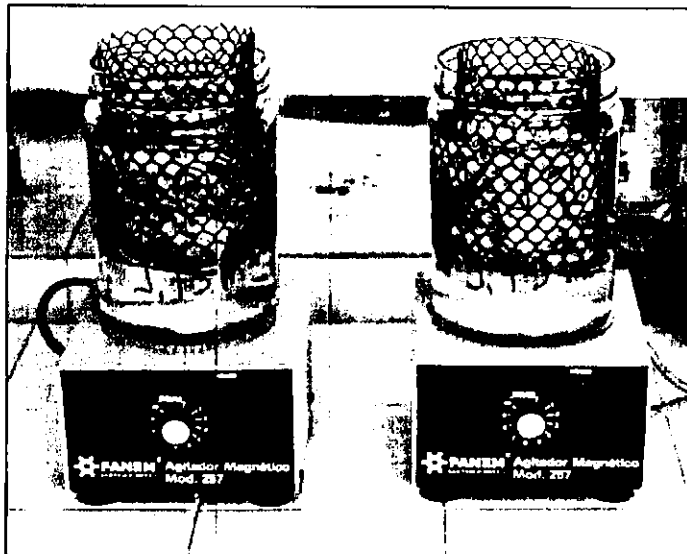


Figura 10- Sistema usado para desidratação osmótica.

Decorrido o tempo de pré-secagem osmótica as amostras foram retiradas dos recipientes e colocadas em lenço de papel absorvente para retirada do excesso de solução osmótica e em seguida foram fritas em óleo vegetal.

3.2.5. Fritura

As bananas foram fritas em óleo a temperatura de 290°C em um recipiente inoxidável por um minuto aproximadamente, até adquirir um aspecto semelhante ao da batatinha frita (Figura 11). Ao serem retiradas do óleo as amostras foram envolvidas em lenço de papel absorvente para retirada do excesso de óleo.



Figura 11- Banana chips frita

3.2.6. Análise sensorial para a determinar a espessura adequada para a confecção da banana chips.

Logo após, a fritura, as bananas chips confeccionadas em diferentes espessuras e concentrações de cloreto sódio, foram submetidas a uma análise sensorial de crocância e teor de sal para determinar a espessura e a concentração de cloreto de sódio adequada para a produção da banana chips. Todos os testes foram feitos com 30 provadores não treinados. Os mesmos receberam três amostras de banana chips (referentes às concentrações de NaCl de 1:10, 1:15 e 1:20 nas espessuras de 1,0; 1,25; 1,5 e 1,75 mm) apresentadas em copos plásticos descartáveis, com capacidade de 50 ml, contendo cinco rodela de banana chips em cada copo, codificados, servidas juntamente com água, para serem consumidos entre as degustações e assim impedir a interferências do sabor de uma e outra amostra.

Para a avaliação da banana chips mediante análise sensorial, os 30 provadores receberam um questionário (Figura 1 F) que se encontra no apêndice F, onde a banana chips foi submetida a uma avaliação de sua aparência, cor, odor, sabor e espessura, mediante a utilização de uma escala hedônica de 1 a 9, onde o valor 1 corresponde ao atributo “desgostei muitíssimo” e o valor 9 corresponde ao atributo “gostei muitíssimo”.

Para avaliar o teor de sal foi utilizando uma escala hedônica reduzida de 1 a 5, onde a nota 1 corresponde ao atributo “sem sal” e a nota 5 corresponde ao atributo “muito sal”.

Para avaliar a crocância da banana chips foi utilizada uma escala hedônica reduzida de 1 a 4, onde a nota 1 corresponde ao atributo “sem crocância” e a nota 4 corresponde ao atributo “muito crocante”.

3.3. Segunda etapa do processo de obtenção da banana chips

Para a segunda etapa do processo de obtenção da banana chips os itens Recepção e lavagem, Branqueamento e descascamento e Fatiamento foram conduzidos segundo o mesmo procedimento descrito nos itens 3.1; 3.2; 3.3, respectivamente. Após o fatiamento a pré-secagem osmótica da banana foi feita na concentração de cloreto de sódio e na espessura ideal, obtida na primeira etapa do processo.

3.3.1. Leve fritura com secagem complementar

Depois de realizada a pré-secagem osmótica, as rodela de banana receberam uma leve fritura, sendo em seguida, feita uma secagem complementar em secador de bandeja e em microondas. Este procedimento teve como finalidade confeccionar banana chips com pouco teor de gordura.

No método da secagem em secador de bandeja as amostras foram secas as temperaturas de 60, 70 e 80 °C. As secagens foram acompanhadas pela perda de peso com o tempo até atingirem um teor de água de aproximadamente 4% base seca. Para esta finalidade utilizou-se uma balança semi-analítica, com precisão de 0,001g.

Na secagem por microondas as amostras foram colocadas em um prato giratório e as potências aplicadas foram de 220, 330 e 440 W. A perda de peso em função do tempo foi obtida por meio de uma balança eletrônica acoplada a um computador 486DX100, onde dados da secagem eram registrados, em tempo real, em uma planilha Excel.

3.3.2 Ajuste das equações

A partir dos dados de variação da massa obtêm-se as curvas de secagem e as equações utilizadas para expressar essas variações, neste caso, foram às equações propostas por Page (equação 1) e Fick utilizando o primeiro termo da série (equação 2) e considerando o chips da banana como uma placa plana.

Equação de Page

$$RX = \exp(-K t^b) \quad (\text{Eq, 1})$$

em que,

b = coeficiente do modelo;

K = constante de secagem;

t = tempo.

Equação de Fick (Segunda Lei de Fick)

Para uma placa plana infinita (modelo de difusão unidimensional):

$$RX \equiv \frac{8}{\pi^2} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{(2i+1)^2} \exp\left(- (2i+1)^2 \pi^2 D_{ef} \frac{t}{4L^2}\right) \quad (\text{Eq, 2})$$

em que,

D = difusividade efetiva de sólidos ou de água, $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$;

T = tempo, s;

L = comprimento característico, semi-espessura da amostra (m).

Para representar a cinética de secagem em microondas utilizou-se também a equação de Page e de Fick utilizando o primeiro termo da série.

Para as equações de Page e Fick a razão de água, (RX) foi obtida utilizando-se o teor de água adimensional X/X_0 , em que X é o teor de água num instante t qualquer e X_0 o teor de água inicial do produto.

3.3.3. Análise estatística

As constantes da equação de Page, os coeficientes de difusão da equação de Fick e os resultados da análise sensorial para a determinação da espessura e concentração de cloreto de sódio da banana chips, foram obtidos por meio do programa computacional *Statistica 5.0*. A análise entre as médias da análise sensorial da banana chips obtida por uma leve fritura com secagem complementar em secador convencional e em microondas foram feitas, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições e as análises de variância usando-se o programa computacional *Assistat*.

3.4 Análise sensorial

Foi realizada uma análise sensorial para avaliar a banana chips obtida na segunda etapa do processo. A avaliação foi feita para os atributos aparência, cor, odor, sabor e crocância. Utilizou-se para este fim as mesmas escalas hedônicas que se encontra no apêndice F e que foram descritas no item 3.2.6.

3.5- Características físico-química

3.5.1 pH

O pH foi determinado através do método do potenciométrico, calibrando-se o potenciômetro (DIGIMED modelo DMPH-2), com soluções tampão (pH 7,0 e 4,0), a 20°C, imergindo-se em seguida o eletrodo em um Becker, expressando-se os resultados em unidade de pH.

3.5.2 Conteúdo de água

O conteúdo de água das amostras foi determinada pelo método descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). As amostras de 10g foram levadas à estufa a uma temperatura de 105°C por 24 horas. Todas as pesagens foram feitas em balança de precisão de 0,0001g. Os resultados foram expressos em percentagem (%).

3.5.3 Cinzas

O método de calcinação consiste em levar a amostra em cápsula de porcelana previamente aquecida para a mufla a uma temperatura de 550 °C até adquirir a cor cinza.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Pré-secagem osmótica

Nas Figuras 12, 13 e 14, encontram-se os dados experimentais e as curvas de secagem ajustadas por meio de regressão não linear para a equação de Page, para a pré-secagem osmótica da banana da terra nas várias concentrações de cloreto de sódio (1:10, 1:15 e 1:20) e para espessuras 1,0; 1,25; 1,5 e 1,75 mm.

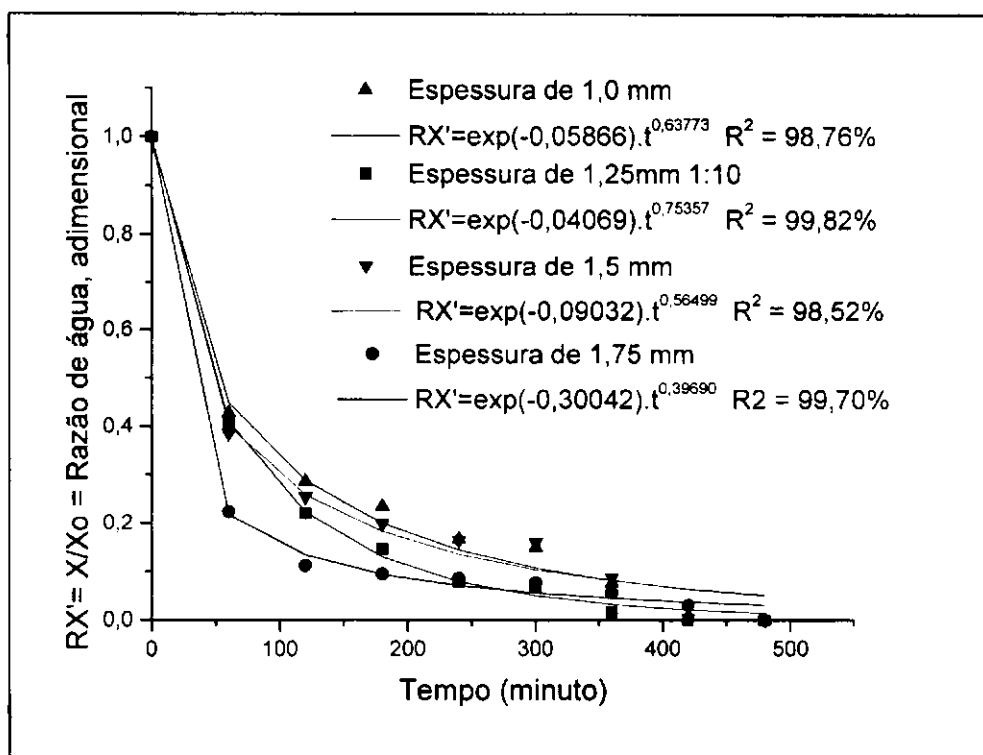


Figura 12- Curvas de pré-secagem osmótica da banana verde, na concentração de 1:10 de cloreto de sódio em diferentes espessuras.

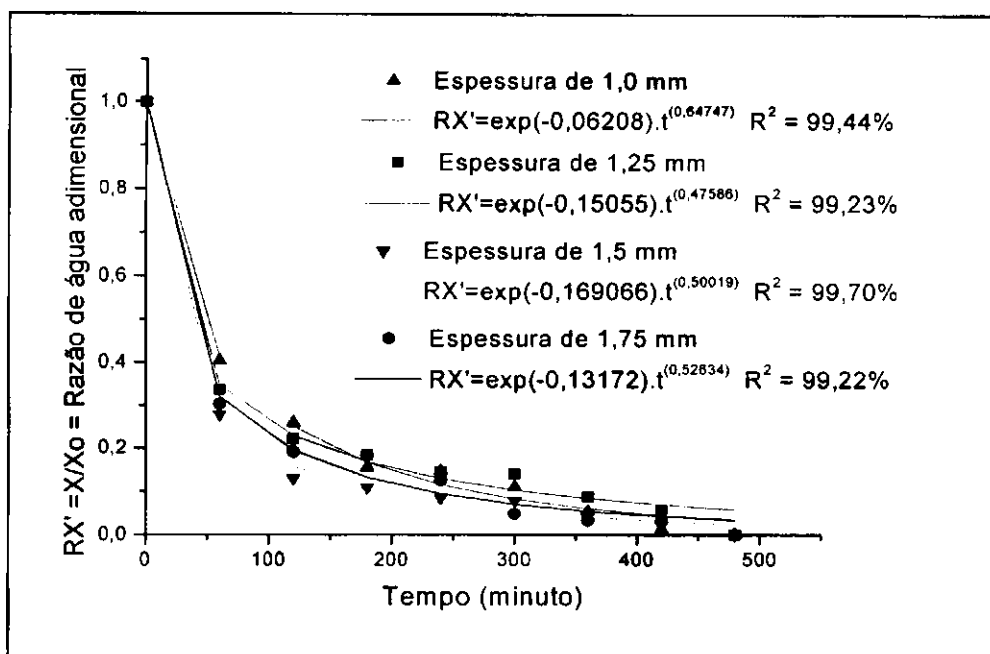


Figura 13- Curvas de pré-secagem osmótica da banana verde, na concentração de 1:15 de cloreto de sódio em diferentes espessuras.

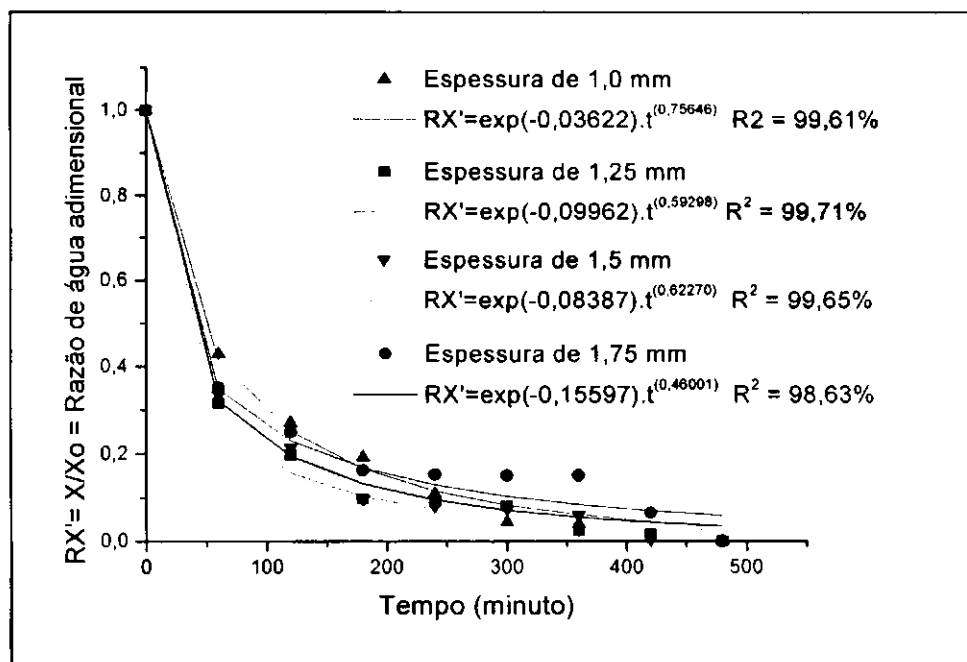


Figura 14: Curvas de pré-secagem osmótica da banana verde, na concentração de 1:20 de cloreto de sódio em diferentes espessuras.

Observa-se nas Figuras 12, 13 e 14, que a espessura influenciou no comportamento da curva de secagem, no entanto é observado um comportamento sequencial de perda de conteúdo de água em função da espessura de fatias de banana verde.

Na Tabela 3 estão os coeficientes das equações de Page, para cada concentração de cloreto de sódio e espessura, proveniente da pré-secagem osmótica.

Tabela 3 – Parâmetros da equação de Page obtidos através dos dados experimentais.

Equação de Page				
$RX' = \exp(-k.t^n)$				
Concentração	Espessura	K (min ⁻¹)	n	R ²
1:10	1,00	0,0586	0,6377	0,988
	1,25	0,0407	0,7537	0,998
	1,50	0,0903	0,5650	0,985
	1,75	0,3004	0,3969	0,997
1:15	1,00	0,0621	0,6475	0,994
	1,25	0,1505	0,4758	0,992
	1,50	0,1691	0,5002	0,997
	1,75	0,1320	0,5260	0,992
1:20	1,00	0,0362	0,7565	0,996
	1,25	0,0996	0,5929	0,997
	1,50	0,0838	0,6227	0,997
	1,75	0,1559	0,4600	0,996

Verifica-se nestas mesmas tabela que o coeficiente de determinação variou de 0,985 a 0,998, indicando um bom ajuste da equação proposta por Page. Observa-se ainda que o coeficiente “k” tende a aumentar em função do aumento da espessura das fatias de banana. Constata-se também, que a maior perda de conteúdo de água das fatias de banana durante a pré-secagem osmótica ocorre nos primeiros 60 minutos, e que após três horas se inicia a perda de constituintes químicos, não sendo, portanto, recomendável que o processo continue após este tempo, dessa forma ficou estabelecido para este experimento que o processo de pré-secagem osmótica se encerra com 3 horas de operação.

4.2 Escolha da espessura ideal e concentração ideal da solução osmótica para a confecção da banana chips.

Os resultados da análise sensorial realizada para os atributos aparência, cor, odor, sabor, teor de sal e crocância para a banana chips em diferentes concentrações de cloreto de sódio e espessura, estão descritos abaixo. Utilizou-se a escala hedônica para os atributos aparência, cor, odor e sabor, onde as notas variaram de 1 a 9 e para os atributos teor de sal e crocância essa escala foi de 1 a 5.

4.2.1 Aparência

Os resultados da análise sensorial, para a aparência da banana chips, encontra-se na Figura 15.

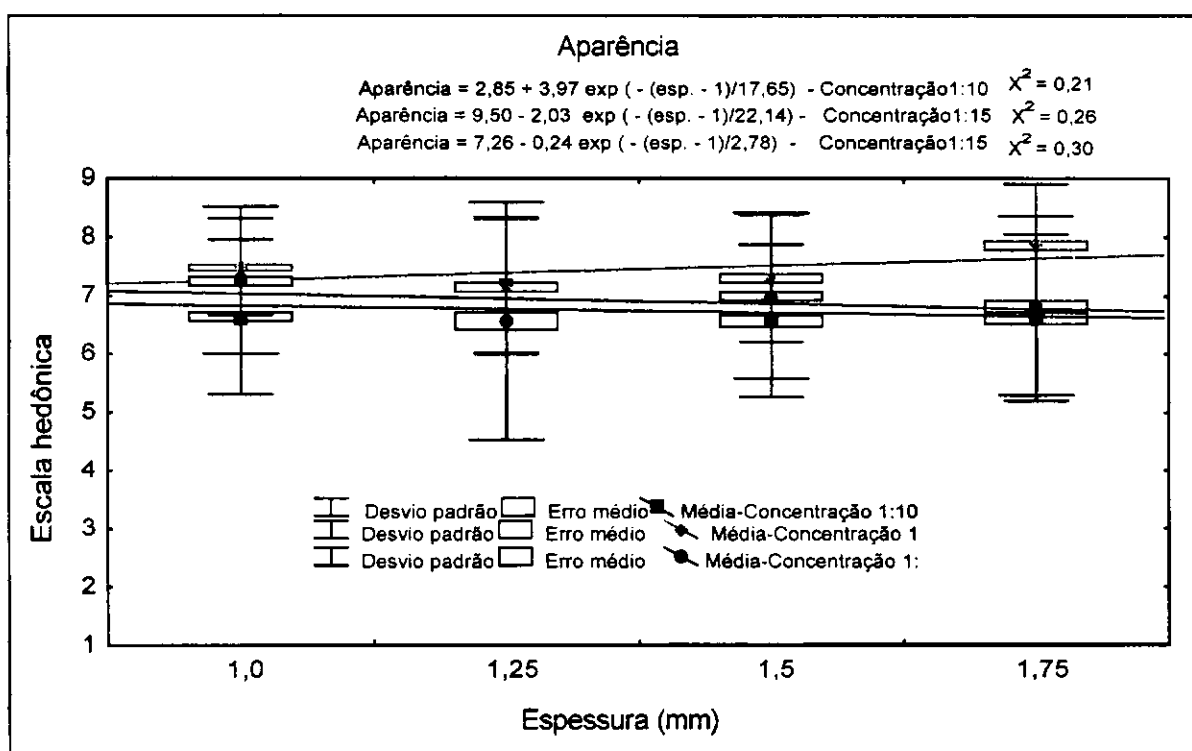


Figura 15 - Valores médios da análise sensorial quanto à aparência da banana chips para as diferentes espessuras (1,0, 1,25, 1,5 e 1,75 mm) e concentrações de cloreto de sódio (1:10, 1:15 e 1:20), e ajuste, segundo a equação exponencial.

Observa-se, na Figura 15, que houve uma boa aceitação em relação à aparência para todos os tratamentos. No entanto, houve maior preferência para a espessura 1,0 mm e de 1,75 mm na concentração de 1:15, (média de 7,5 e 7,87 na escala hedônica, que corresponde a “gostei” e “gostei muito”). A de menor aceitação foi à banana fatiada na espessura de 1,25 mm na concentração de 1:20, com uma média aproximadamente de 6,57 na escala hedônica que corresponde a “gostei pouco”.

4.2.2 Cor

Os resultados da análise sensorial quanto à cor da banana chips, encontram-se representados na Figura 16. Verifica-se que a cor é um atributo muito importante na escolha de um produto.

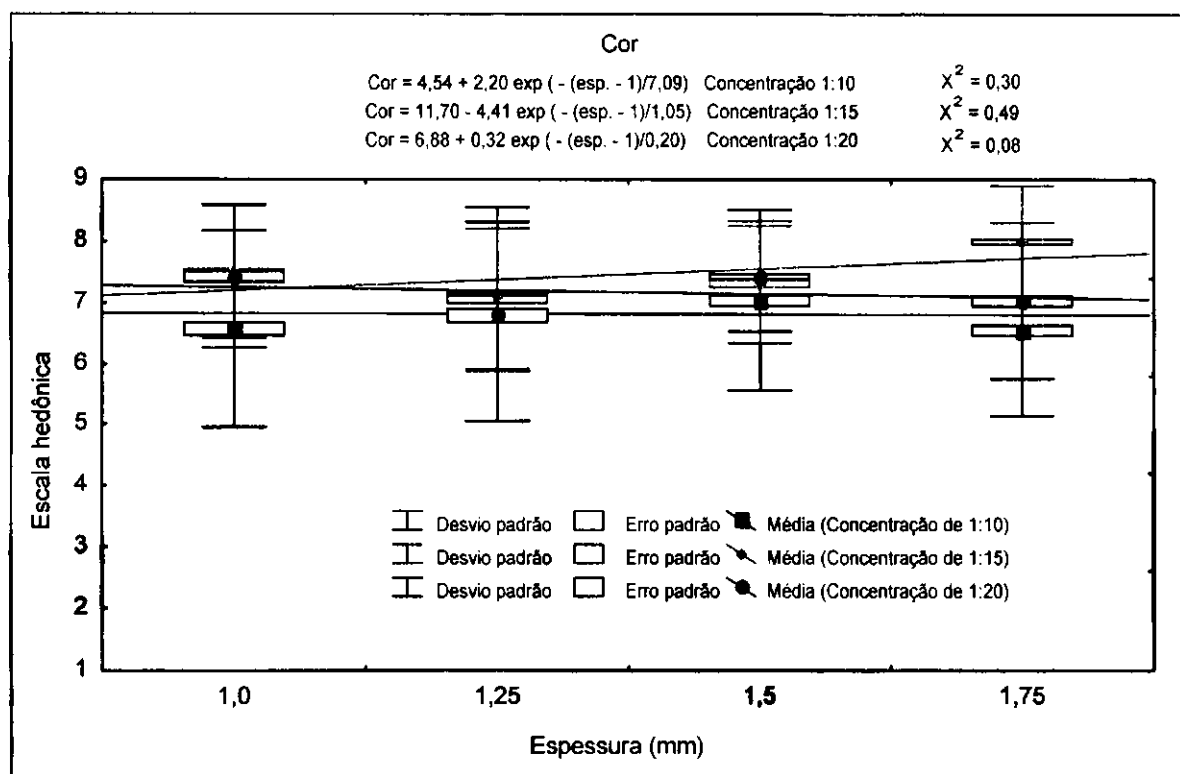


Figura 16 - Valores médios da análise sensorial quanto à cor da banana chips para as diferentes espessuras (1,0, 1,25, 1,5 e 1,75 mm) e concentrações de cloreto de sódio (1:10, 1:15 e 1:20), e ajuste, segundo a equação exponencial

Foi observado, Na Figura 16, que os provadores preferiram a espessura de 1,75 mm na concentração de 1:15. Contudo a menor preferência foi para a espessura 1,25 mm na concentração de 1:20. A cor da banana chips obteve médias entre 6,56 a 8,0 de aceitabilidade, que corresponde na escala hedônica a “gostei pouco” e “gostei muito” respectivamente, demonstrando ser um produto de boa aceitabilidade. O motivo para essa diferença, pode ser atribuído ao fato de que houve uma variação de temperatura durante a fritura, o que ocasionou diferenças de coloração entre as amostras.

4.2.3 Odor

O sentido do olfato é muito mais complexo e sujeito a muitas variáveis tais como fadiga e adaptação, principalmente, para provadores com pouca experiência. Na Figura 17 constata-se que o odor da banana chips para as diferentes concentrações e espessuras foi bem aceito pelos os provadores, onde as notas variaram de 6,0 a 7,0 na escala hedônica o que corresponde a “gostei pouco” e “gostei”, respectivamente.

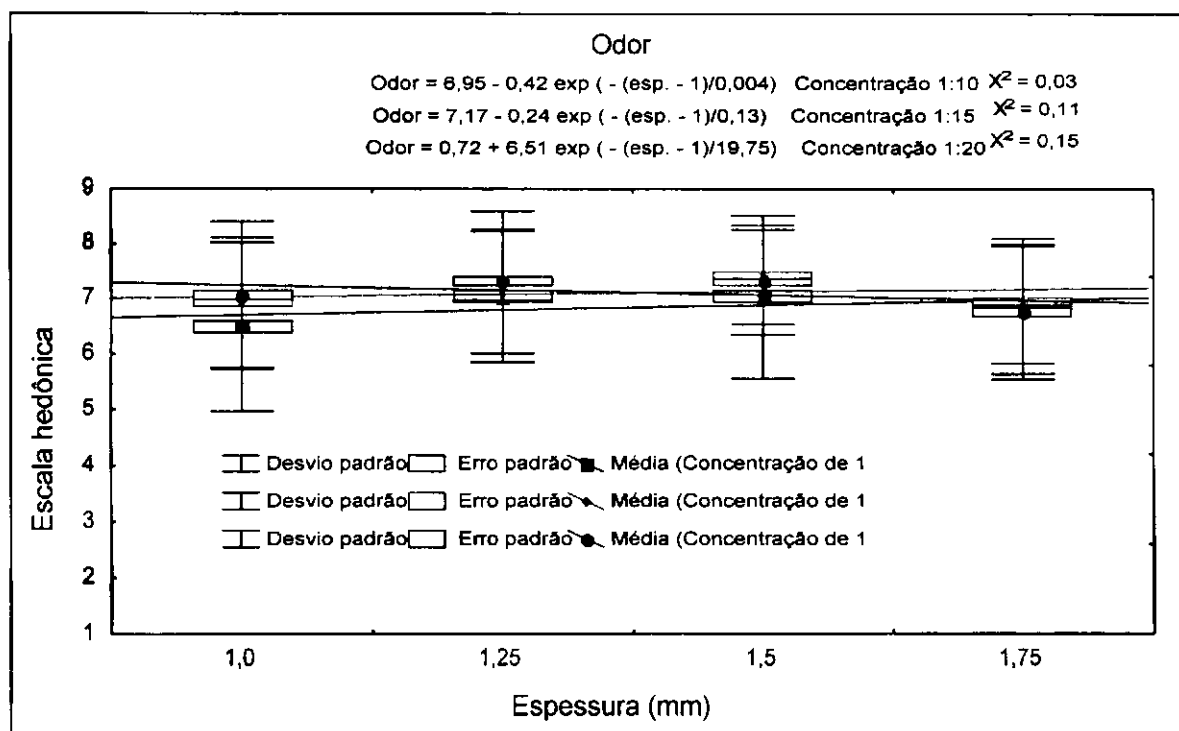


Figura 17 - Valores médios da análise sensorial quanto ao odor da banana chips para as diferentes espessuras (1,0, 1,25, 1,5 e 1,75 mm) e concentrações de cloreto de sódio (1:10, 1:15 e 1:20), e ajuste, segundo a equação exponencial.

Na Figura 17, entre todas as diferentes espessuras e concentrações analisadas a de maior aceitabilidade foi na espessura 1,5 mm na concentração de 1:15 e de menor aceitabilidade de acordo com os provadores, foram na espessura de 1,0 mm na concentração de 1:10.

4.2.4 Sabor

Os resultados da análise sensorial para o sabor da banana chips, nas diferentes concentrações de cloreto de sódio e espessuras estão representados na Figura 18. Observa-se que houve maior aceitabilidade para a espessura 1,0 mm na concentração de 1:15, onde, obteve-se média na escala hedônica de 7,6 que corresponde a “gostei” e a de menor aceitabilidade foi à espessura 1,25 mm na concentração 1:20. Percebe-se que neste atributo os provadores tiveram a mesma preferência quanto à concentração e espessura da aparência.

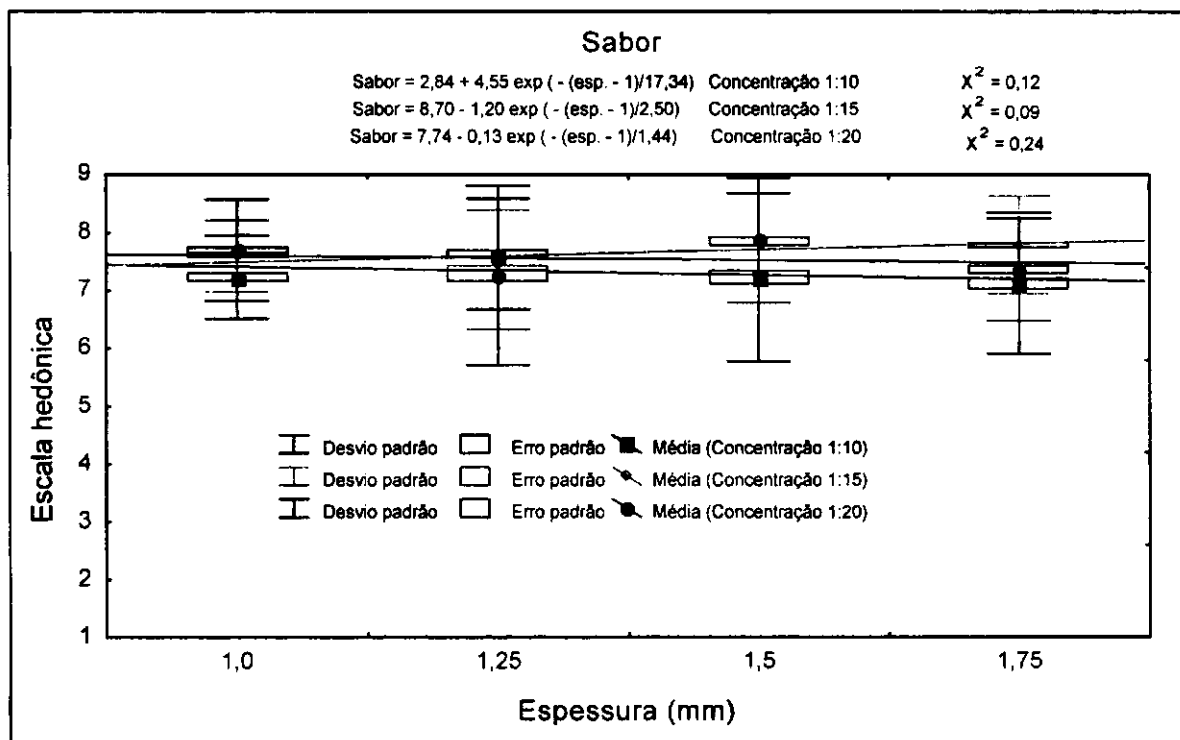


Figura 18 - Valores médios da análise sensorial quanto ao sabor da banana chips para as diferentes espessuras (1,0, 1,25, 1,5 e 1,75 mm) e concentrações de cloreto de sódio (1:10, 1:15 e 1:20), e ajuste, segundo a equação exponencial.

4.2.5 Teor de sal

Com relação a este atributo observa-se na Figura 19 que houve uma maior aceitabilidade para a espessura 1,5 mm na concentração de 1:15, ou seja, os provadores consideram a concentração 1:15 como ideal para a elaboração da banana chips, no entanto os mesmos consideraram como salgada e sem sal as concentrações de 1:10 e 1:20 na espessura 1,75 e 1,25 mm, respectivamente.

Esse resultado é compreensível devido ao fato de que à concentração 1:10 apresenta um conteúdo de sal muito maior em relação à concentração 1:20, sendo esta a de menor quantidade de sal. Na concentração de 1:15 o conteúdo de sal é intermediário as outras duas concentrações. Nesta houve uma maior aceitabilidade tanto para o sal como para o sabor, visto que, o sabor se da pela concentração de cloreto de sódio.

No atributo sabor houve maior aceitabilidade pela a concentração de 1:15, o que prova ser a concentração preferida pelos os provadores.

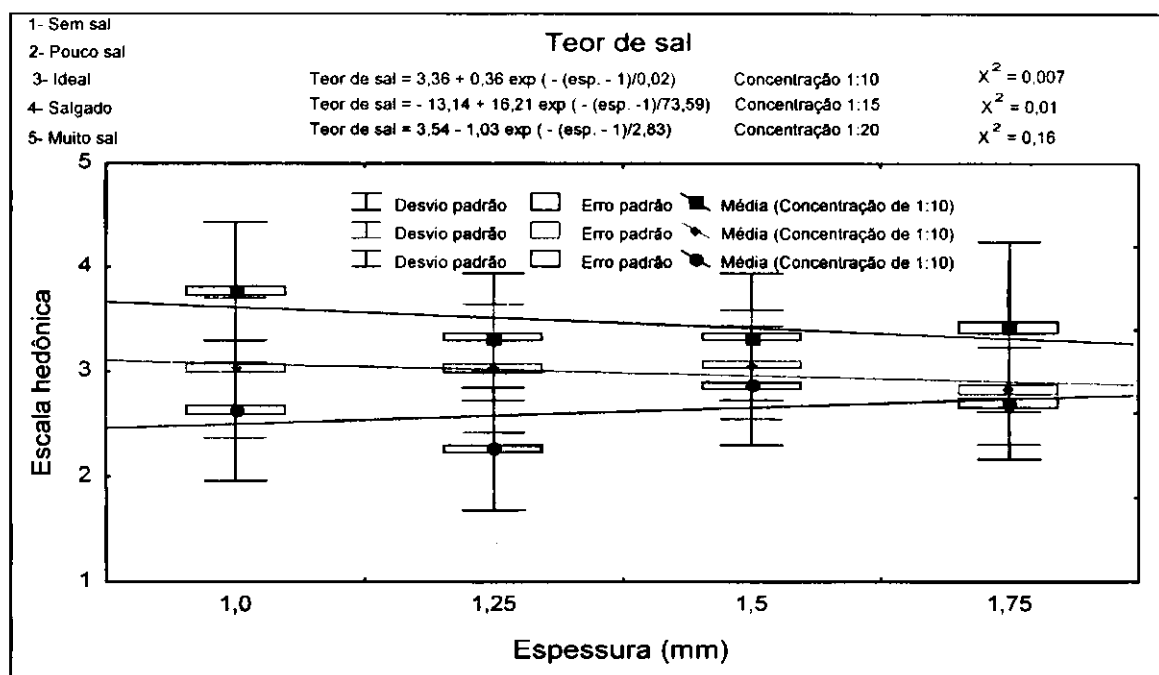


Figura 19 - Valores médios da análise sensorial quanto ao teor de sal da banana chips para as diferentes espessuras (1,0, 1,25, 1,5 e 1,75 mm) e concentrações de cloreto de sódio (1:10, 1:15 e 1:20), e ajuste, segundo a equação exponencial.

4.2.6 Crocância

Percebe-se na Figura 20 que a crocância da banana da terra torna-se ideal quando esta tem uma espessura de 1,0 mm e concentração de 1:20. Nesta Figura observa-se também que a menor crocância foi obtida com a banana fatiada na espessura 1,75 mm na concentração de 1:10. Era previsto que os provadores tivessem maior preferência pela a espessura de 1,0 mm e menor preferência para espessura de 1,75 mm, pois quanto menor a espessura melhor a crocância.

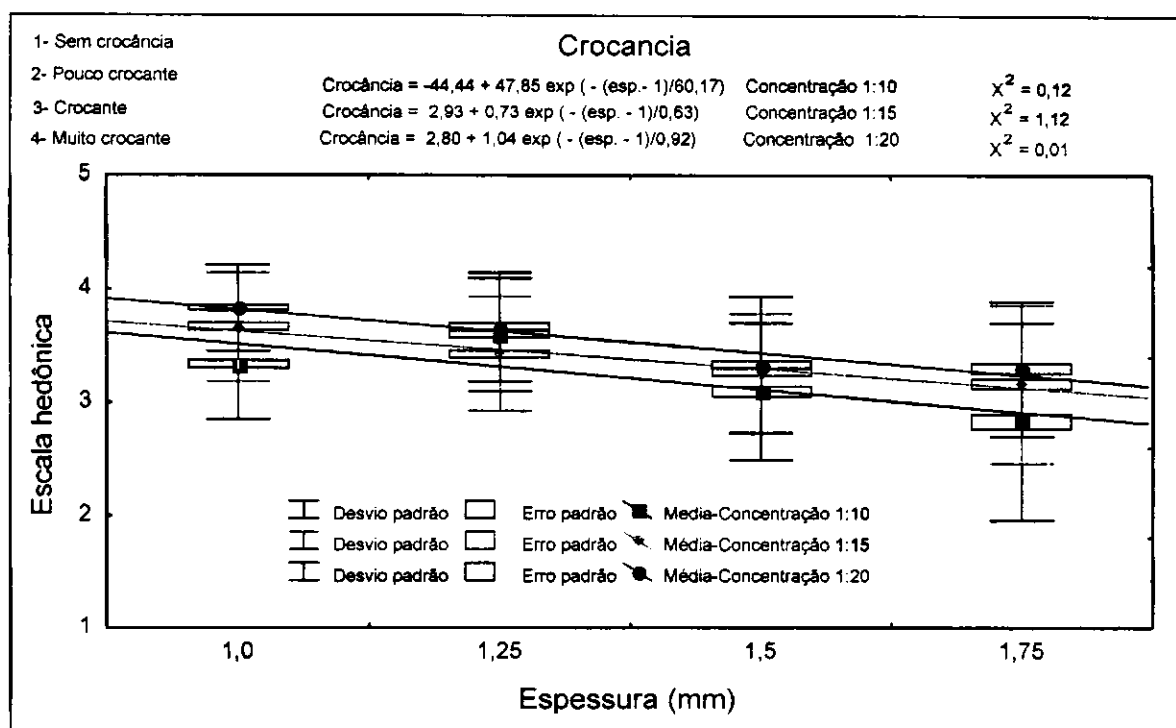


Figura 20 - Valores médios da análise sensorial quanto à crocância da banana chips para as diferentes espessuras (1,0, 1,25, 1,5 e 1,75 mm) e concentrações de cloreto de sódio (1:10, 1:15 e 1:20), e ajuste, segundo a equação exponencial.

Observa-se que em todos os atributos analisados a maioria dos provadores preferiu a concentração 1:15 com exceção a crocância onde a preferência foi pela concentração de 1:20. Constatou-se também que houve uma variação na preferência em relação a espessuras, contudo a mais aceita foi à espessura da banana de 1,0 mm. Esses resultados preferenciais podem ser melhor visualizado na Tabela 4.

Tabela 4- Resultado preferencial da banana chips para as diferentes espessuras e concentrações de cloreto de sódio.

Atributos	Espessuras (mm)	Concentração de NaCl
Aparência	1,0 e 1,75	1:15
Cor	1,75	1:15
Odor	1,5	1:15
Sabor	1,0	1:15
Teor de sal	1,5	1:15
Crocância	1,0	1:20

Após a análise sensorial prévia para todos os atributos, a crocância e o teor de sal definiram a espessura e a concentração de cloreto de sódio final para a elaboração banana chips.

A partir deste resultado, a pré-secagem osmótica seguida de secagem em camada fina e de secagem em microondas foram feitas na espessura de 1,0 mm e na concentração de cloreto de sódio de 1:15, depois foram feitas novas análises sensoriais para os atributos aparência, cor, odor, sabor, crocância e teor de sal para banana chips os quais serão descritas nos itens que se seguem.

4.3 Secagem complementar da banana chips em secador convencional

4.3.1 Equação de Page

As curvas de secagem da banana chips é referente à secagem complementar dessa banana de 1,0 mm de espessura depois de sofrer uma pré-secagem osmótica por três horas e uma leve fritura em óleo vegetal por 60 segundos. Na Figura 21 pode-se observar os dados experimentais e as curvas ajustadas pela a equação de Page, obtidas por meio de regressão não linear.

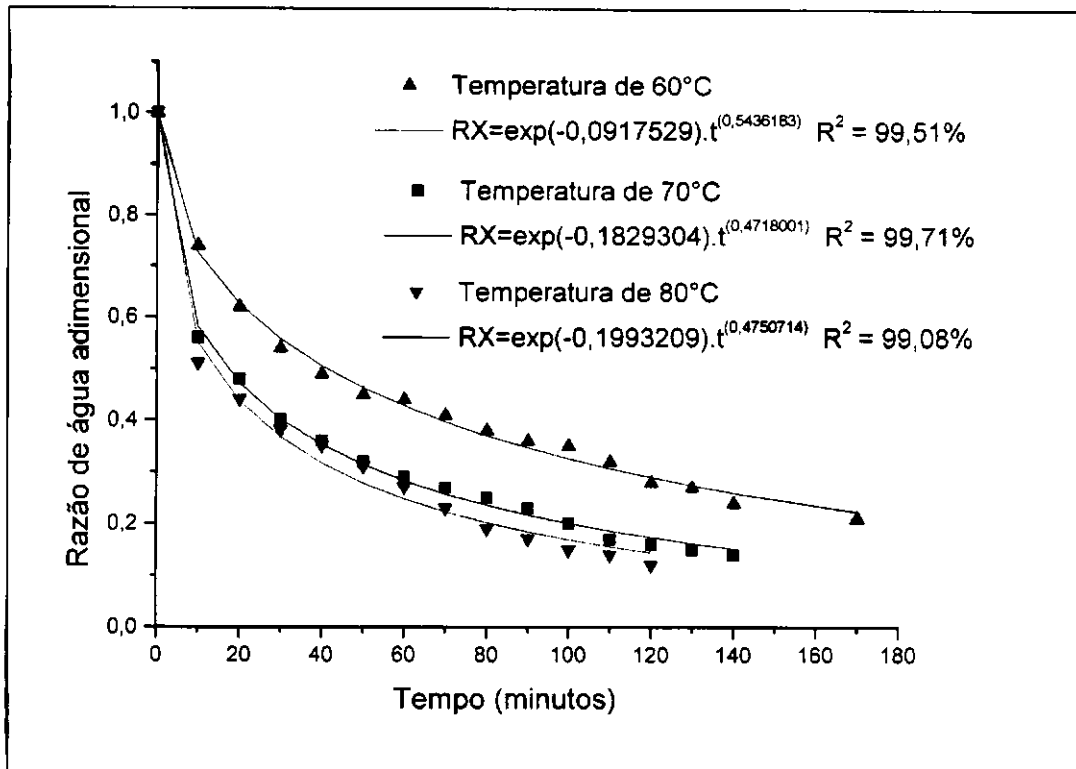


Figura 21 - Curva de secagem complementar da banana chips em secador de bandeja, nas temperaturas de 60, 70 e 80°C: Equação de Page.

Verifica-se na Figura 21 que todas as curvas encontram-se com coeficiente de determinação entre 99,08% e 99,71%, indicando um bom ajuste da equação proposta por Page aos dados experimentais, o que justifica a afirmação feita por diversos autores (SOUSA, 1999; KROSS, 2002; SANTOS, et al. 2001) de que esta equação é a que melhor se ajusta para representar a curva de secagem em camada fina.

Nesta mesma figura pode-se observar que o coeficiente “k” variou de 0,091753 a 0,199321 e o coeficiente “n” de 0,471800 e 0,543618. Constata-se que o coeficiente “k” cresce com o aumento da temperatura, enquanto que o coeficiente “n”, tende a diminuir de aproximadamente 0,5436 para 0,475.

4.3.2 Equação de Fick

A equação de Fick também foi utilizada para representar as curvas de secagem da banana chips referente à secagem complementar dessa banana de 1,0 mm de espessura depois de sofrer uma pré-secagem osmótica por três horas e uma leve fritura em óleo vegetal por 60 segundos.

Na Figura 22 estão os dados experimentais e ajustados para a equação de Fick utilizando o primeiro termo da série para a secagem da banana chips em camada fina nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C. As curvas de secagem e os dados experimentais foram obtidos por meio de regressão não linear.

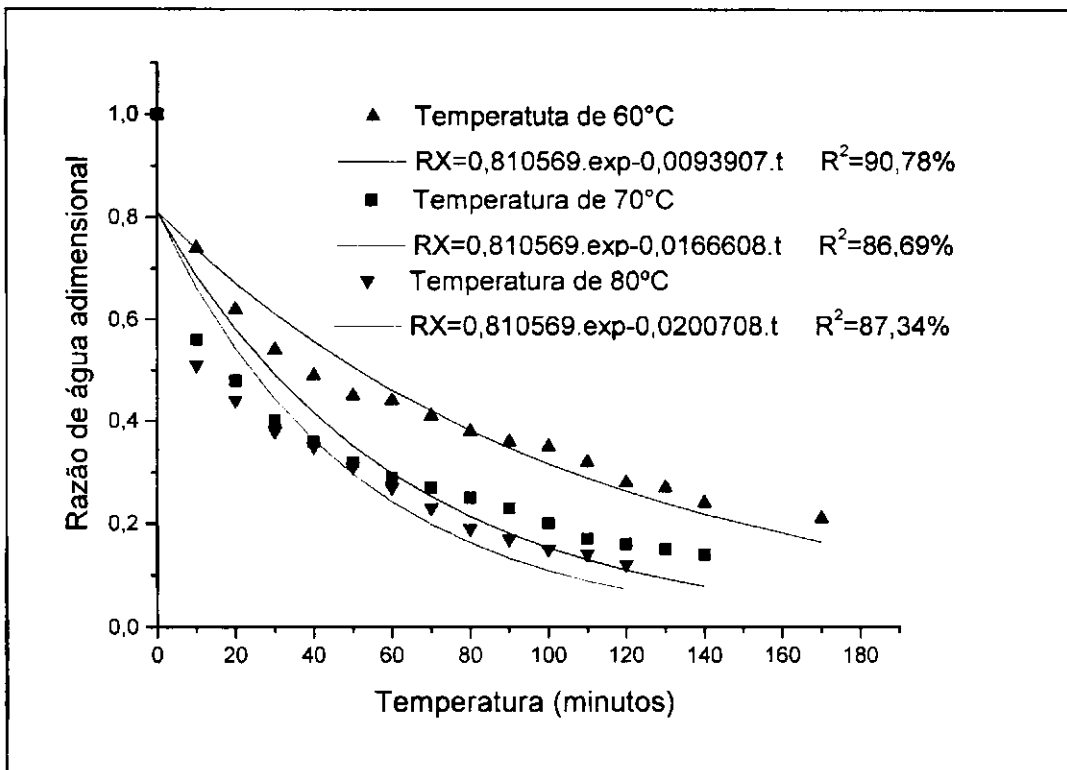


Figura 22 - Curva de secagem complementar da banana chips em secador de badeja, nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C. Equação de Fick.

De acordo com a Figura 22 o coeficiente de determinação foi inferior ao obtido pela a equação de Page, apresentando valores entre 86,69% a 90,78%. Isto é decorrente de se assumir que a equação de secagem proposta por Fick pode ser representada por o primeiro termo da série. Percebe-se ainda que a secagem para as temperaturas estudadas atinge uma razão de umidade (X/X_0) no período de tempo de 120 minutos para a temperatura de 80 °C, 140 minutos para a temperatura de 70 °C e 170 minutos para a temperatura de 60 °C.

O coeficiente de difusão e a constante de secagem foram determinadas por meio da equação de Fick, considerando um termo da série.

Na Tabela 5 encontram-se as constantes de secagem e os coeficientes de difusão da secagem complementar da banana chips em camada fina as temperaturas de 60, 70 e 80 °C.

Tabela 5 - Constantes de secagem e coeficiente de difusão da equação de Fick para a banana chips, proveniente da secagem em camada fina nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C.

Equação de Fick			
$RU=8/\pi.exp[\pi.D.t/4L^2]$			
Temperatura (°C)	Constante. de secagem	L (m)	Coefficiente de difusão m^2/s
60	0,0093	0,0005	$3,0 \times 10^{-9}$
70	0,0166	0,0005	$5,0 \times 10^{-9}$
80	0,0200	0,0005	$6,0 \times 10^{-9}$

Os valores do coeficiente de difusão, Tabela 4, variam de $3,0 \times 10^{-9}$ a $6,0 \times 10^{-9} m^2.s^{-1}$. Nessa tabela pode-se observar que o coeficiente de difusão aumenta em função do aumento da temperatura. Este mesmo fato foi constatado por SOUSA (1999), na obtenção de passa de umbu pelo processo de secagem com pré-secagem osmótica.

4.4 Secagem complementar da banana chips em secador por microondas

4.4.1 Equação de Page

Os resultados experimentais da secagem complementar da banana chips em secador por microondas em diferentes potências de 220, 330 e 440 W foram realizadas para análise de regressão não linear para determinar os coeficientes da equação de Page que podem ser observados na Figura 23.

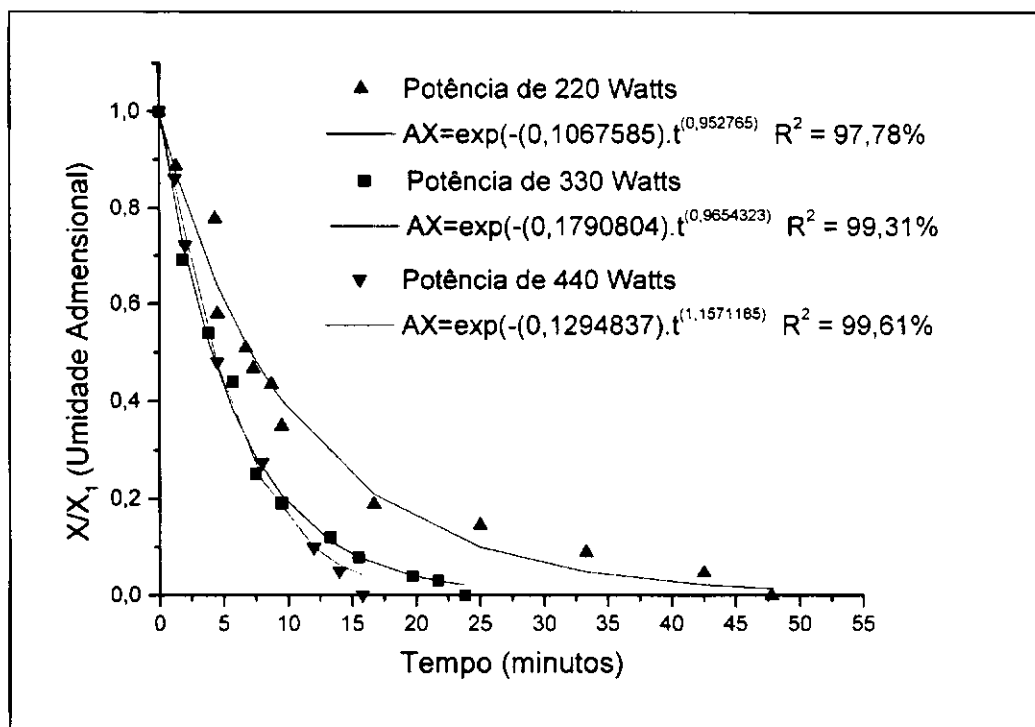


Figura 23 - Curva de secagem complementar da banana chips em forno microondas nas potências, de 220, 330 e 440 W: Equação de Page.

Verifica-se na Figura 23 que todas as curvas tiveram um bom ajuste quando se utiliza equação de Page, onde o coeficiente de determinação variou entre 97,78% a 99,61%. Após a fritura, o conteúdo de água inicial da banana chips variou entre 26% a 7,0% de base seca e atingindo no final da secagem um teor de água de 4,5% b.s. para as potências de 220, 330 e 440 W que confere a banana uma certa crocância. Pode constatar-se ainda que existe

uma mudança de curvatura nas potências de 330 e 440 W, e partir da razão de conteúdo de água (X/X_1) igual 0,2, os dados experimentais começam a se distanciar, sendo que, a secagem a potência de 440 W atinge uma razão de conteúdo de água (X/X_1) em 16 minutos e a de 330 W em 24 minutos. Como a potência de 440 W atingiu uma razão de conteúdo de água (X/X_1) em menos tempo deu a banana chips uma crocância, além do ideal, pois neste caso a banana chips exige um esforço desconfortável na dentição.

De acordo com resultados dessa mesma figura percebe-se que os coeficientes “k” e “n” da equação de Page variaram de 0,106758 a 0,179080 e 0,952765 e 1,157119 respectivamente. Verifica-se que o coeficiente “n” se comporta de forma crescente com o aumento da potência. Comportamento diferente do que ocorreu com o coeficiente “k”, onde não se observa uma tendência de aumento ou diminuição com a potência.

4.4.2 Equação de Fick

Na Figura 24 pode-se observar os dados experimentais e ajustados segundo a equação de Fick considerando o primeiro termo da série para a secagem complementar da banana chips utilizando o forno microondas nas diferentes potências de 220, 330 e 440 W.

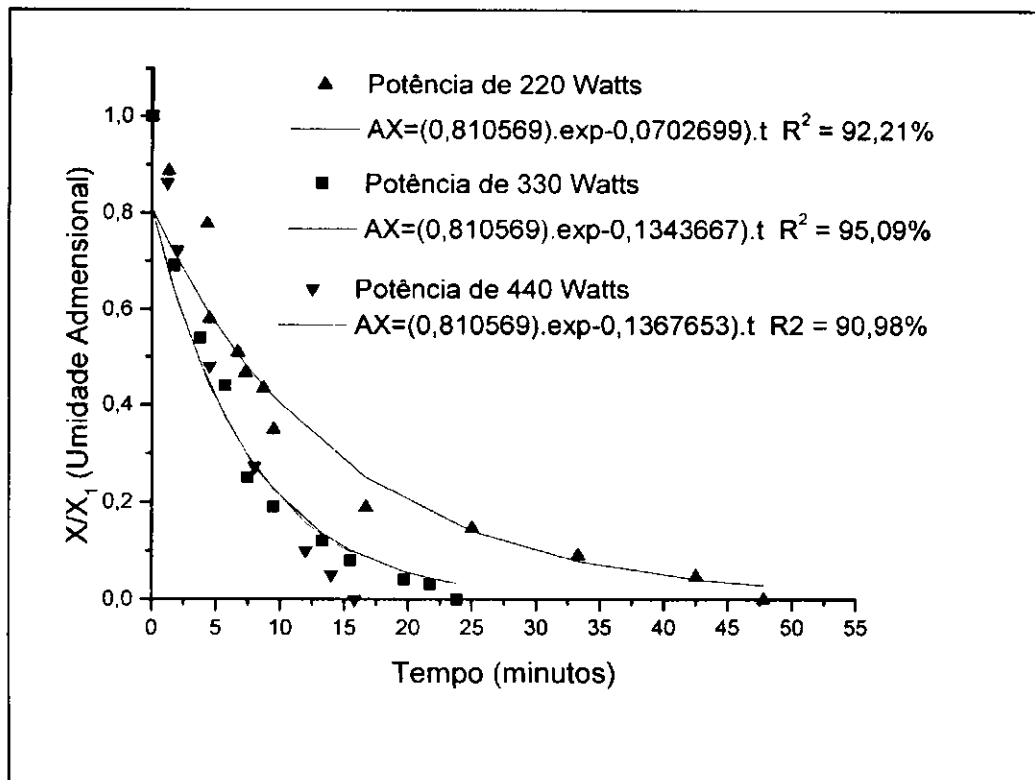


Figura 24 - Curva de secagem complementar da banana chips em forno em microonda, nas potências de 220, 330 e 440 W. Equação de Fick.

As curvas de secagem foram obtidas por meio de regressão não linear, encontrando-se coeficiente de determinação entre 90,98% a 95,09%. Esses valores são inferiores ao obtido pela a equação de Page ao se utilizar o primeiro termo da série da equação de Fick, uma vez que, a curva parte da razão de conteúdo de água igual a 0,8, por esta razão o coeficiente de determinação é abaixo de 0,99. Esse valor só se aproxima de 0,99 quando no início da secagem existir uma perda de água muito rápida, desse modo, o conteúdo de água em poucos segundos é abaixo de 0,8 e que passa a refletir no comportamento da curvatura abaixo de 0,8. Pode-se verificar ainda que a secagem para as potências estudadas, atingiu uma razão de conteúdo de água (X/X_1) no período de tempo de 16 minutos para a potência de 440 W, 24 minutos para a potência de 330 W e 48 minutos para a potência de 220 W.

A constante de secagem e o coeficiente de difusão proveniente dos ajustes da equação de Fick para o primeiro da série para a secagem complementar da banana chips por microondas a diferentes potências encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 - Constante de secagem e coeficiente de difusão, proveniente da secagem complementar da banana chips utilizando o forno microonda nas potências de 220, 330 e 440 W.

Equação de Fick			
$RX=8/\pi.\exp[\pi.D.t/4L^2]$			
Potência (W)	Constante de secagem.	L(m)	Coeficiente de difusão m^2/s
220	0,0703	0,0005	$2,0 \times 10^{-8}$
330	0,1343	0,0005	$4,3 \times 10^{-8}$
440	0,1367	0,0005	$4,4 \times 10^{-8}$

Constata-se nesta mesma tabela que o coeficiente de difusão variou entre $2,0 \times 10^{-8}$ a $4,4 \times 10^{-8} m^2/s$, apresentando comportamento crescente com o aumento da potência, o mesmo comportamento é observado para a constante de secagem.

Comparando-se a equação de Page com a equação de Fick observa-se que na equação de Fick tanto o coeficiente de difusão como a constante de secagem aumenta com o aumento da temperatura de secagem, embora os coeficientes de determinação sejam inferiores ao da equação de Page.

A equação de Page por sua vez tem um coeficiente de determinação superior ao da equação de Fick com um termo da série, no entanto, não foi observados em todas as secagem um comportamento consistente de aumento do coeficiente de secagem com o aumento de temperatura.

4.5 Análise sensorial da banana chips

4.5.1 Análise sensorial final da banana chips obtida com secagem complementar em secador de bandeja.

A análise sensorial final foi feita com uma banana chips elaborada a partir de uma pré-secagem osmótica na concentração de 1:15 (uma parte de cloreto de sódio para 15 parte de água destilada), por três horas, e espessura de 1,0 mm seguida de uma leve fritura, e submetida a uma secagem complementar em secador de bandeja a temperatura de 60, 70 e 80 °C. Na análise sensorial foram analisados os atributos aparência, cor, odor, sabor, teor de sal e crocância e os valores médios desses atributos encontram-se nas Figuras de 25 a 30.

Os resultados da análise de variância para os atributos citados anteriormente encontram-se no anexo E.

De acordo com os resultados da análise sensorial final, (Figuras 24 a 29), para aparência, cor, odor e sabor da banana chips constata-se que todos os tratamentos não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste tukey. As médias destes mesmos atributos encontram-se entre 7 e 8 na escala hedônica, que corresponde a valores entre “gostei” e “gostei muito”. Embora não exista diferença estatística entre as médias, observa-se que a banana chips com secagem complementar a 70 °C teve uma média superior as demais temperaturas estudadas, exceção se fez para o atributo cor onde a maior média foi obtida na secagem a 80 °C.

Relativo ao teor de sal e a crocância da banana chips, (Figura 29 e 30), onde se considera o atributo ideal na escala hedônica, o valor 3, verifica-se que em ambos os atributos a secagem a temperatura de 70 °C é a que se aproxima do valor ideal. Portanto, conjugando-se todos os atributos pode-se dizer que a temperatura de 70 °C deve ser a recomendada para realizar a secagem complementar da banana chips em secador de bandeja.

4.5.1 Análise sensorial final da banana chips obtida com secagem complementar em secador de forno microondas.

A análise sensorial final foi feita com uma banana chips elaborada a partir de uma pré-secagem osmótica na concentração de 1:15 (uma parte de cloreto de sódio para 15 parte de água destilada), por três horas, e espessura de 1,0 mm seguida de uma leve fritura, e submetida a uma secagem complementar em secador de forno microondas a potência de 220, 330 e 440 W. Nesta análise sensorial foram analisados os atributos aparência, cor, odor, sabor, teor de sal e crocância e os valores médios desses atributos encontram-se nas Figuras de 31 a 36.

Os resultados da análise de variância para os atributos citados anteriormente encontram-se no anexo E.

De acordo com os resultados da análise sensorial final (Figuras 30 a 35), para aparência, cor, odor e sabor da banana chips constata-se que todos os tratamentos diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste tukey. As médias destes mesmos atributos encontram-se entre 7 e 8 na escala hedônica, que corresponde a valores entre “gostei” e “gostei muito”. Apesar da diferença estatística entre as médias, percebe-se que a banana chips com secagem complementar à potência de 330 W obteve uma média superior as demais potências estudadas, embora para o atributo sabor a potência de 330 W não difere de 220 W.

Com relação ao teor de sal e crocância da banana chips (Figura 35 e 36) observa-se que as potências de 220 e 330 W tendem ao valor 3,0 que corresponde ao teor de sal e crocância ideal; quando utiliza-se a potência de 440 W observa-se que existe uma maior concentração de sal e que a crocância passa do ideal tornando-se um pouco mais consistente o que não é desejável.

Desta forma, ao analisar-se o conjunto dos atributos pode-se afirmar que a potência de 330 W deve ser a recomendada para realizar a secagem complementar da banana chips em forno microondas.

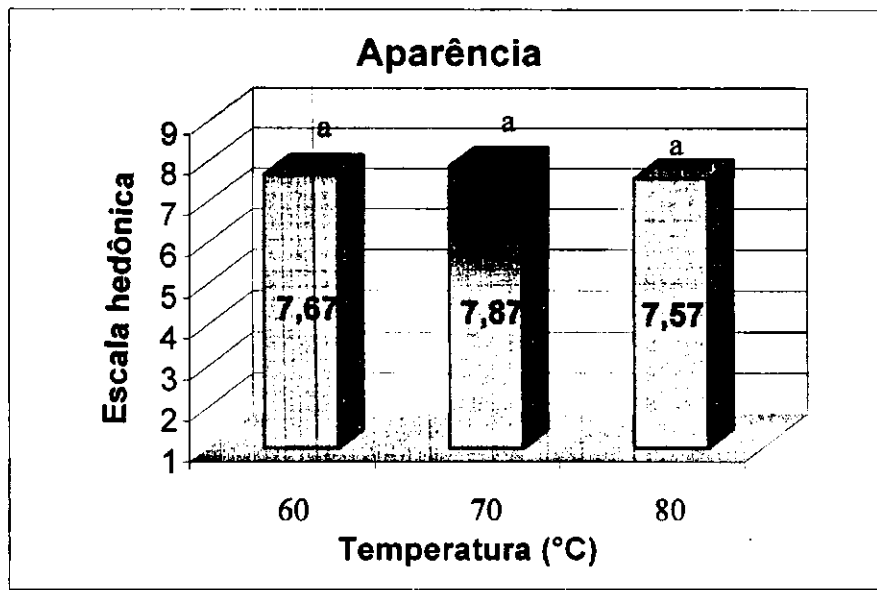


Figura 25 - Valores médios da análise sensorial quanto à aparência da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio (NaCl) nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C

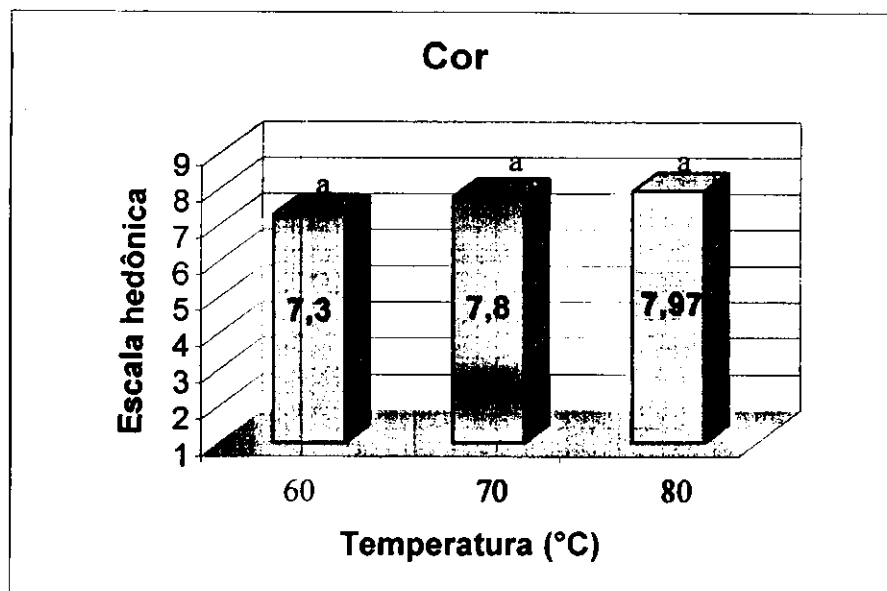


Figura 26 - Valores médios da análise sensorial quanto à cor da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio (NaCl) nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C.

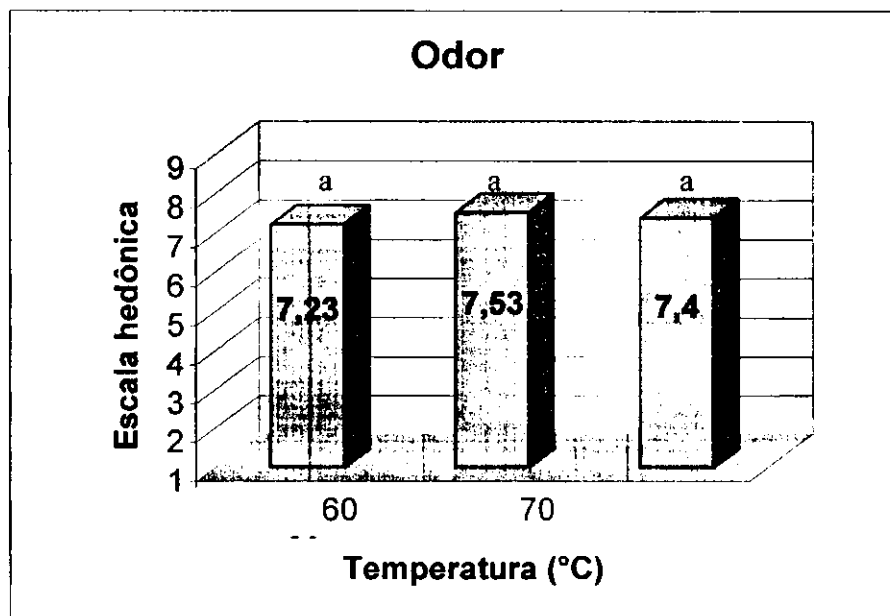


Figura 27 - Valores médios da análise sensorial quanto a odor da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio (NaCl) nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C.

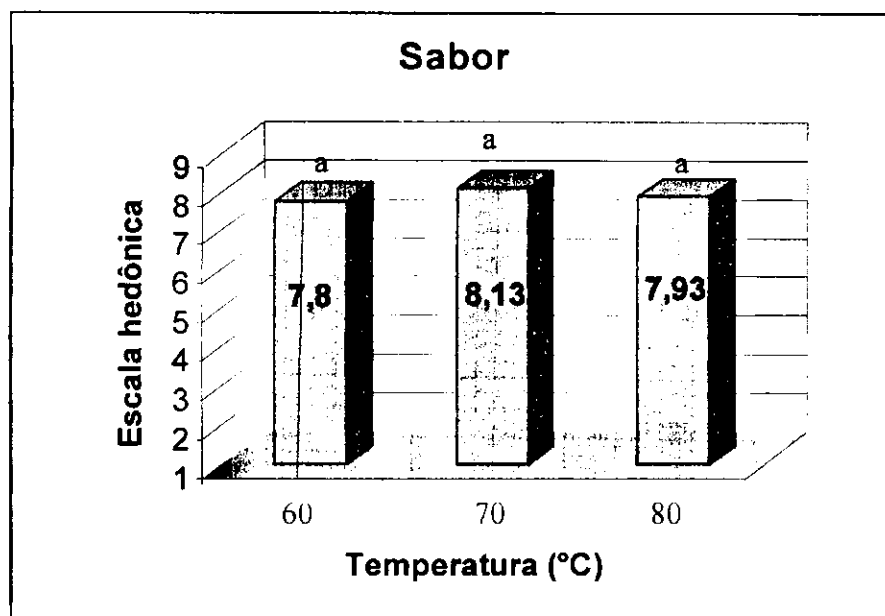


Figura 28 - Valores médios da análise sensorial quanto ao sabor da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio (NaCl) nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C.

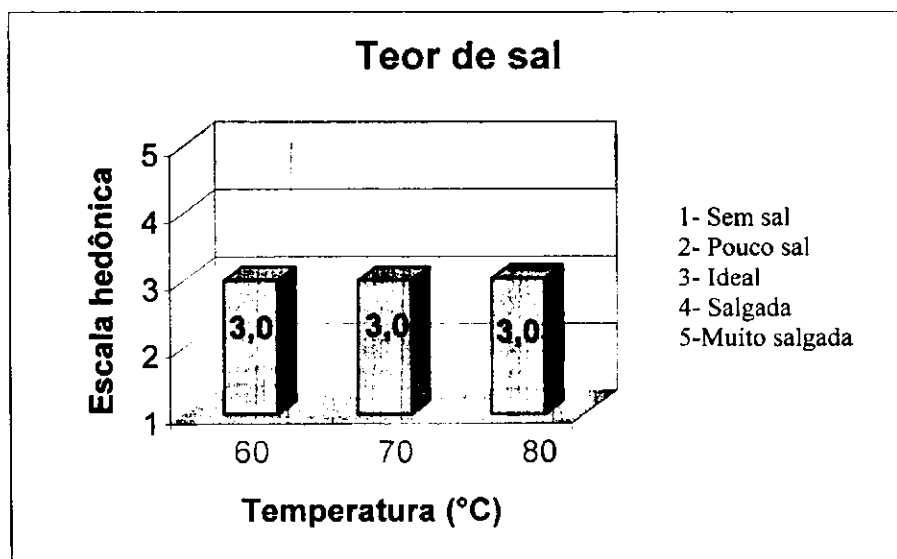


Figura 29 - Valores médios da análise sensorial quanto ao teor de sal da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio (NaCl) a diferentes temperaturas de 60, 70 e 80 °C.

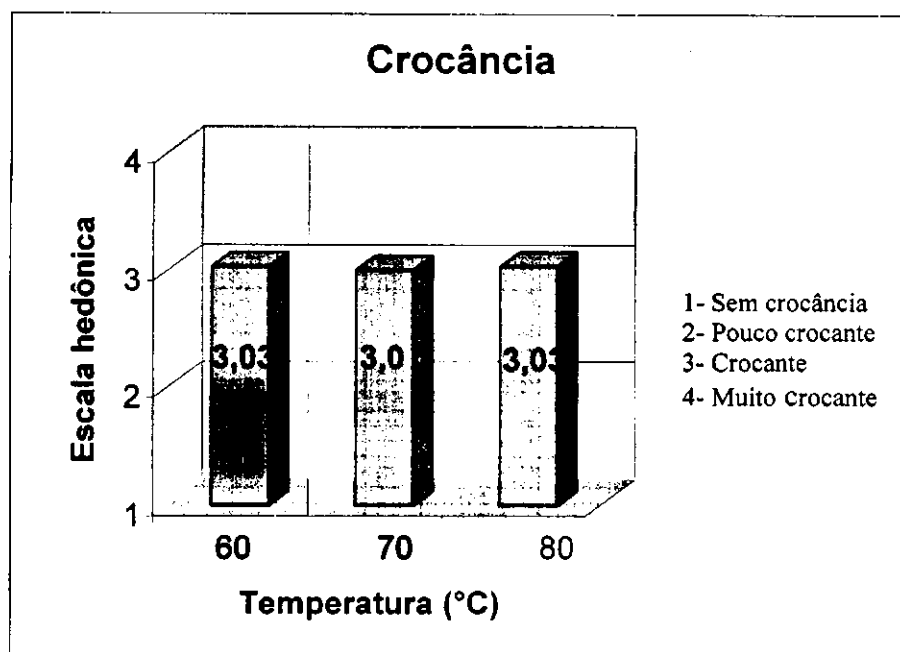


Figura 30 - Valores médios da análise sensorial quanto a crocância da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio (NaCl) nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C.

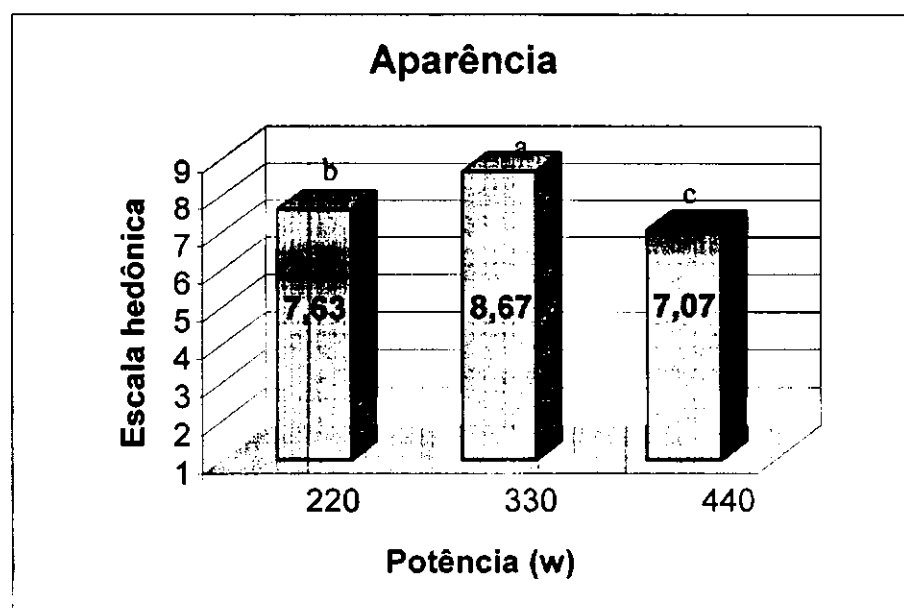


Figura 31 - Valores médios da análise sensorial quanto à aparência da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio (NaCl) nas potências de 220, 330 e 440 W.

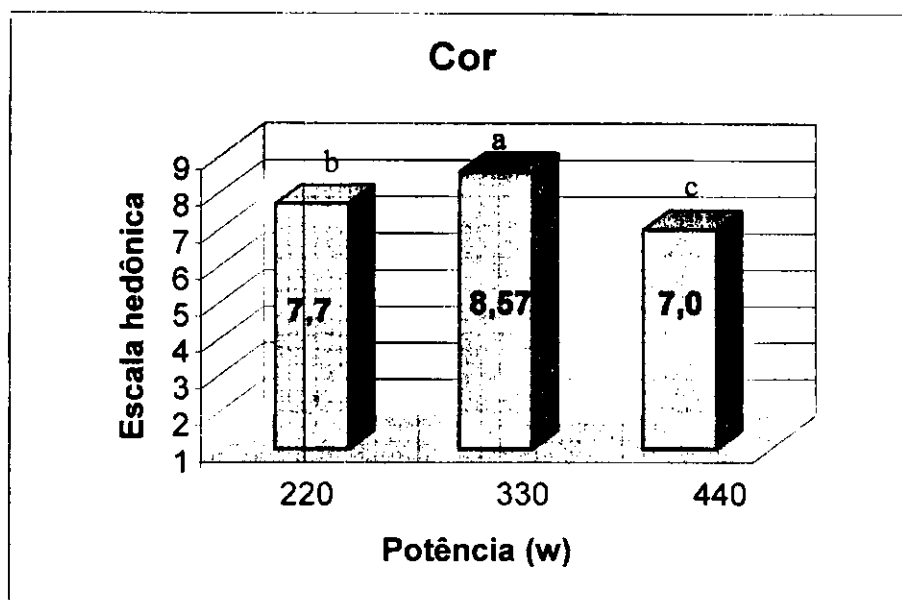


Figura 32 - Valores médios da análise sensorial quanto a cor da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio (NaCl) nas potências de 220, 330 e 440 W.

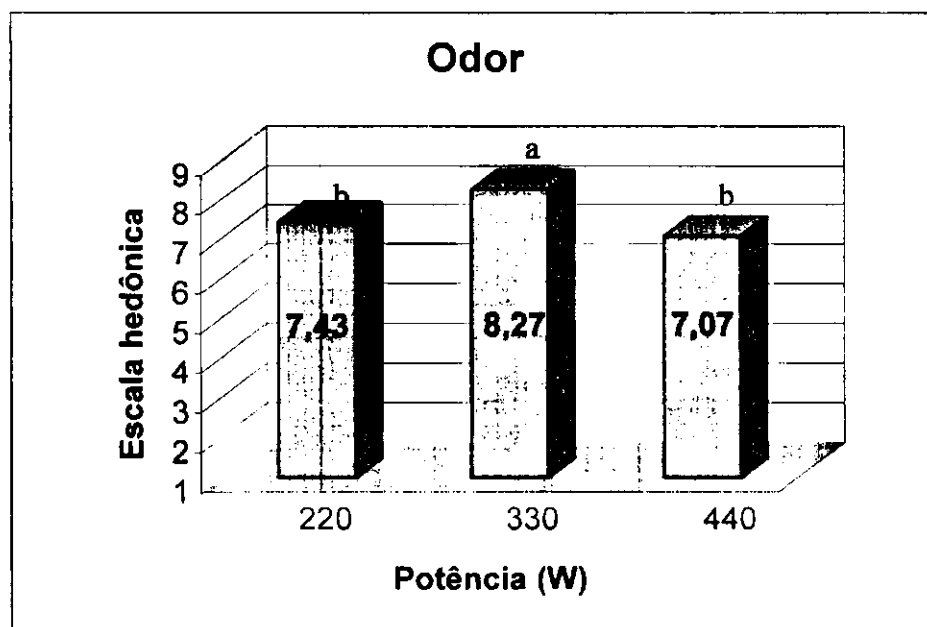


Figura 33 - Valores médios da análise sensorial quanto a odor da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio (NaCl) nas potências de 220, 330 e 440 W.

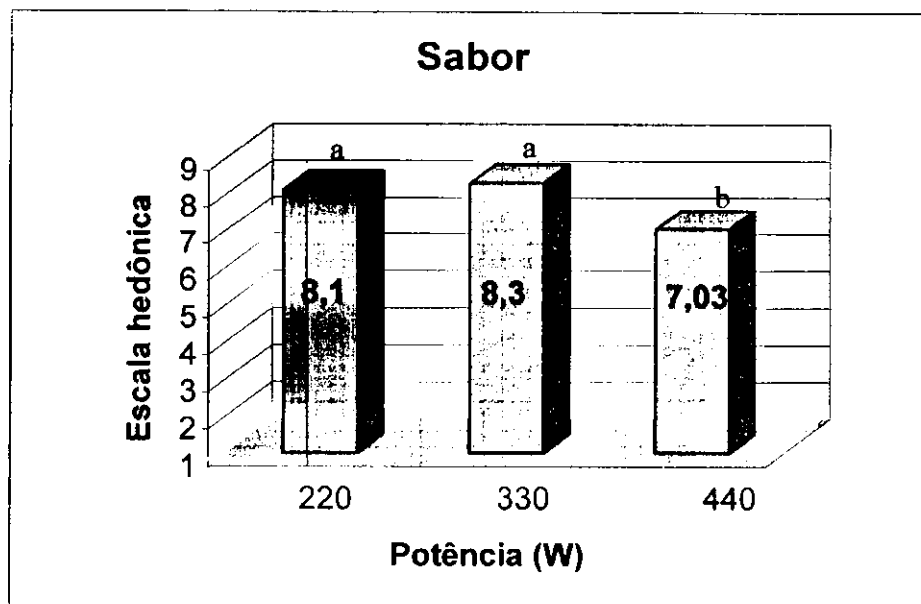


Figura 34 - Valores médios da análise sensorial quanto ao sabor da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio (NaCl) nas potências de 220, 330 e 440 W.

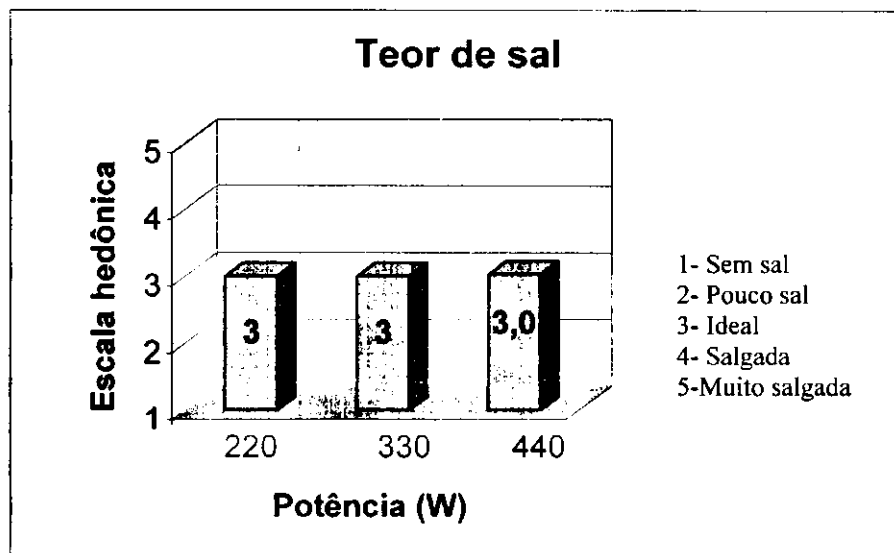


Figura 35 - Valores médios da análise sensorial quanto ao teor de sal da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio (NaCl) nas potências de 220, 330 e 440 W.

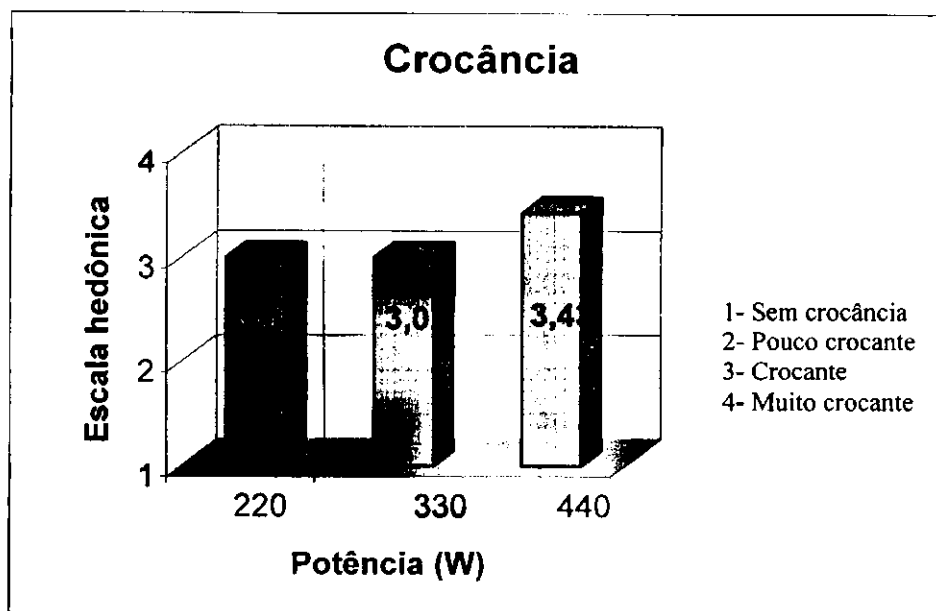


Figura 36 - Valores médios da análise sensorial quanto a crocância da banana chips elaborada a partir da espessura de 1,0 mm na concentração de 1:15 de cloreto de sódio (NaCl) nas potências de 220, 330 e 440 W.

4.6 Características físico-químicas

Na Tabela 7 estão os valores médios das análises físico-químicas para a polpa da banana da terra verde e da banana chips.

Tabela 7 – Determinações físico-químicas da polpa da banana verde e da banana chips.

Composição	Valores médios obtidos	
	Banana verde	Banana chips
PH	5,83	6,05
Cinzas (%)	0,83	4,58
Conteúdo de água (%b.u)	62,53	0,53

De acordo com os resultados da Tabela 7 existem variações nos valores médios dos componentes físico-químicos da polpa da banana verde e da banana chips, observando-se um aumento do pH da polpa da banana verde para a banana chips que foi de ordem de 0,22 e também um aumento nas cinzas de 0,83% para 4,58%, essa diferença provavelmente é ocasionada pela a perda de água do produto que provoca uma concentração de componentes químicos no produto durante fritura. Os conteúdos de água encontrados para a polpa da banana verde e banana chips foram de 62,23% de b.u. e 0,53% de b.u. respectivamente, apresentando uma grande perda de água, o que deu uma certa crocância ao produto e um aumento higroscópico, portanto a banana chips uma vez elaborada deve receber uma embalagem adequada que evite essa umidificação.

5.0 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos para as condições em que foi realizado o trabalho pode-se concluir que:

Com relação à cinética da pré-secagem osmótica da banana verde e nas concentrações de cloreto de sódio em proporções de 1:10, 1:15 e 1:20 nas espessuras de 1,0; 1,25; 1,5 e 1,75 mm.

- O coeficiente de determinação da equação proposta por Page variou de 0,985 a 0,998.
- Existe uma tendência de aumento do coeficiente de secagem “k” com o aumento da espessura da fatia de banana verde para as três concentrações de cloreto de sódio estudadas (1:10; 1:15 e 1:20).
- A pré-secagem osmótica deve ser conduzida até um período de tempo de três horas, após este tempo foi observada perda de constituintes químicos na banana verde.

Com relação à definição da espessura e concentração de cloreto de sódio ideal.

- A preferência da banana chips para os atributos aparência, cor, odor, sabor, teor de sal e crocância pelos os provadores foi para a banana elaborada com uma pré-secagem osmótica na concentração de 1:15 de cloreto de sódio por três horas, na espessura de 1,0 mm seguida de uma fritura.

Com relação à cinética de secagem complementar da banana chips em secador de bandeja as temperaturas de 60, 70, e 80 °C.

- Das equações propostas, o melhor coeficiente de determinação “R²” foi obtido utilizando-se a equação de Page, que variou de 99,08% a 99,71%.

- A constante de secagem “k” da equação de Page cresce com o aumento da temperatura e o coeficiente “n” não apresentou uma dependência sistemática com a temperatura.
- O coeficiente de difusão e a constante de secagem da equação de Fick utilizando o primeiro termo da série, crescem com o aumento da temperatura de 60 para 80°C, onde estes variaram de 3×10^{-9} a 6×10^{-9} m²/s e 0,0093 a 0,020, respectivamente.

Com relação à cinética de secagem complementar da banana chips em forno microondas nas potências de 220, 330 e 440 W.

- Das equações propostas, o melhor coeficiente de determinação “R²” foi obtido utilizando-se a equação de Page, que variou de 97,70% a 99,61%.
- O coeficiente “n” da equação de Page cresce em função da potência e a constante de secagem “k” não apresentou uma dependência sistemática com a potência.
- O coeficiente de difusão e a constante de secagem crescem em função da potência de 220 para 400 W, variando de $2,2 \times 10^{-8}$ a $4,4 \times 10^{-8}$ m²/s e 0,0703 a 0,1367, respectivamente.

Análise sensorial final

- A análise sensorial final da banana chips para os atributos aparência, cor, odor, sabor, teor de sal e crocância proveniente da pré-secagem osmótica e leve fritura seguida de uma secagem complementar em secador de bandeja nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C indicou uma maior preferência pelos provadores para a banana seca a temperatura de 70 °C, isto para todos os atributos com exceção do atributo cor que foi para a banana chips seca a temperatura de 80 °C.
- A análise sensorial final da banana chips para os atributos aparência, cor, odor, sabor, teor de sal e crocância proveniente da pré-secagem osmótica e leve fritura, seguida de

uma secagem complementar em forno microondas nas potências de 220, 330 e 440 W, indicou uma maior preferência pelos provadores pela a banana chips seca em forno microondas a potência de 330 W.

Com relação às características físico-químicas

- Os valores do pH e cinzas da banana verde aumentam em relação ao da banana chips da ordem de 5,83 para 6,05 e 0,83% para 4,58%, respectivamente, e o conteúdo de água diminui na ordem de 62,353 %b.u. para 0,53 %b.u.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADU, B.; OTTEN, L. Effect of increasing hygroscopicity on the microwave heating of solid foods. **Journal of Food Engineering**, v.27, p.35-44, 1996.

ALMEIDA, F. de A. C.; HARA, T.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. **Armazenamento de grãos e sementes nas propriedades rurais**. ed. Campina Grande: SBEA/EFPB, 1997. 291 p.

ALVES, J. A. Aspectos socioeconômicos. 2 ed. rev. In: **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1999a. cap.17, p.507 -509.

ALVES, E. J.; DANTAS, A. C. V. L.; DANTAS, J. L. L. Estrutura da Planta. 2 ed. rev. In: **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1999. cap.3, p.47-48.

ANGELUCCI, E. Análise química de alimentos. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimento, 1997. 124 p.

ARAÚJO, E. A. F. **Estudo da cinética de secagem de fatias de banana nanica (*Musa acuminiata* var. Cavendish) osmoticamente desidratadas**. 2000. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas.

BANSAL, N. K.; GARG, H. P. Solar crop drying, In: A. S. MUJUMDAR (Ed.). **Advances in drying**. New York: Hemisphere Publishing Corporation. 1987. v. 4, Chapter 6, p. 293-294.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; VEGA-MERCADO, H. **Dehydration of foods**, International Thomson Publishing – Chapman & Hall, p.265-281, 1996.

BOGERT, J. L. Dietary uses of banana in health and disease. **United Fruit Company**, New York, N. Y., 1995.

BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P.; PARENTE, E. J. S.; CAMPELLO, C. C.; NASSU, R. T.; FEITOSA, T.; SOUSA, P. H. S. **Análise físico-química, microbiológica de frutos de manga submetido à desidratação osmótica-solar**. Revista Brasileira de Fruticultura. V.25 n. 1, Jaboticabal, 2003.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. Theory and simulation of grain drying. In: **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: AVI Publishing Company, 1992. 360 p.

BANANA: Disponível em: <<http://www.geocities.com/atine50/fruta/banana.htm>>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2003.

BANANA, Prata. Disponível em: <<http://www.brazilianfruit.com.br>>. Acesso em: 09 de maio de 2003.

CAMPOS, S. D. S. **Reologia e textura em alimentos**. Campinas: ITAL, 1989, 84p.

CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/tecvege/feira/mpfruta/banana/cabot.htm>> Acesso em: 20 de setembro de 2002.

CASTRO, F. A. de. **Processamento de banana chips**. Fortaleza: NUTEC, 1982. 18 p. (NUTEC. Série Informação Tecnológica).

CECAE – Disque tecnologia da Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.cecade.usp.br/aprotec/RESP53.htm>> Acesso em: 10 setembro de 2002.

CHIRIFE, J. Fundamentals of the drying mechanism during air dehydration of foods, In: A. S. MUJUNDAR (Ed.). **Advances in drying**. New York: Hemisphere Publishing Coperations, 1983. p.73-102.

CHARLES, R. J.; TUNG, M. A. Physical rheological and chemical properties of banana during repening. **Journal. Food Science**; v.3, n.38, p.456-459, 1973.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293p.

CIABOTTI, E. D.; BRAGA, M. E. D.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M. Alterações das características físico-químicas da polpa de maracujá amarelo submetido a diferentes técnicas de congelamentos inicial. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. Campina Grande, v.2, n.1, p.51-60, 2000.

COELHO, R. R. P. **Possibilidade de utilização do pseudocaule da bananeira (*Musa sp*) para a produção de palmito**. 2000. 79 f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

COUTINHO, S. A.; ALSINA, A. L. S.; SILVA, O. S. **Efeito da espessura na secagem de banana em monocamada**. Departamento de Engenharia Química. PIBIC/CNPq. EFPB

DANTAS, A.C.V.L., DANTAS, J.L.L., ALVES, E.J. **Estruturas da planta**. EMBRAPA. p.47-58, 1999.

DAUDIN, J.D. Calcul des cinétiques de séchage par Lair chaud des produits biologiques solides. **Sciences des Aliments**, v.3, n.1, p. 1-35, 1983.

DROUZAS, A. E.; SCHUBERT, H. Microwave application in vacuum drying of fruit. **Journal of Food Engineering**, v.28, p.203-209, 1996.

- DURANCE, T.D.; LIU, F. **Production of potato chips**. U.S. Patent 5.676.989. 1996.
- EVANGELISTA, J., **Tecnologia de alimento**. São Paulo: Atheneu, 1990, 446 p.
- FAO PRODUCTION YEARBOOK. Roma: **FAO**, 1991. (FAO Statistics Series).
- FAPEP/SINE-PB (FUNDAÇÃO DE AMPARO Á PESQUISA DO ESTADO DA PARAÍBA – SISTEMA NACIONAL DE EMPREGO). **Curso de tecnologia de industrialização de frutas**. João Pessoa, nov. 1997. 24p.
- FENG, H; TANG, J. Microwave finish of diced apples in a spouted bed. **Journal of Food Science**, v. 63, p.679 – 683, 1998.
- FELLOWS, P. **Tecnologia del procesado de los alimentos: principios e prácticas**. Zaragoza. ACRIBIA, 1994. 549 p.
- GARCIA, R.; LEAL, F.; ROLZ, C. Drying of bananas using microwave and air ovens. **International Journal of Food Science and Technology**, v.23, p.73-80. 1988.
- GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. 2.ed. São Paulo. Nobel, 1979. 284p.
- GRABERT, M.; FILHO, N. P.; FÁVARO, S. P.; MUSIS, C. R. de. Avaliação da qualidade da sensorial da banana passa obtida em secador de fruta por convecção natural. **Revista Brasileira de Armazenamento**. Viçosa, v.2, n. 1, p. 11-15, 2001.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físico para análise de alimentos**. 3 ed. São Paulo, 1985, 533p.
- KRAMER, A. & TWIGG, B. A. **Quality control for the food industry**. v. 1. Fundamentals. AVI, Westport. 1970. 556 p.

KROSS, R. K. **Estudo de secagem de tomate (*Lycopersicon esculentum L.*) com pré-tratamento osmótico: Efeito do epicarpo e do encolhimento.** 2002. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

LAL, R. K.; GARG, M.; KRISHNAN, P. S. **Biochemical aspect of the developing and ripening banana.** *Phytochemistry*, v.11 n.133, p.61-64, 1986

LEITÃO, M. F. de F. **Microbiologia de frutas tropicais e seus produtos.** In: Instituto de tecnologia de Alimentos. Alguns aspectos tecnológicos das frutas tropicais e seus produtos. São Paulo: ITAL, p.83-126, 1980. (Série Frutos Tropicais).

LIN, T. M.; DURANCE, T. D.; SCAMAN, C. H. Characterization of vacuum microwave air and freeze carrot slice. **Food Research International**, v.4, p. 111-117. 1998.

MANICA, I. **Fruticultura tropical: banana.** Porto Alegre: Cinco continentes, v. 4, 1997, 485 p.

MASKAN, M. Microwave/air and microwave finish drying of banana. **Journal of Food Engineering**, v. 44, p.71-78, 2000.

MAURO, M. A., MENEGALLI, F. Evaluation of diffusion coefficients in osmotic concentration of banana (*Musa Cavendish Lambert*). **International Journal of Food Science and Technology**, v.30, p. 199-213, 1995.

MOREIRA, R. S. **Banana: teoria e pratica de cultivo.** 2. ed. São Paulo: Fundação Cargill, 1999, 335 p. 1 CD ROM).

MOURA, R. S. F.; ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P .G.; SILVA, M. M.; FIGUEIRÊDO, N. A. Efeito da temperatura e da velocidade do ar na secagem de caju In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32, 2001, Foz do Iguaçu, PR: ABEA/UFPR. 2001. 1 CD-ROM. **Anais...**

MUI, W.W.Y.; DURANCE, T.D.; SCAMAN, C.H. Flavor and texture of banana chips dried by combinations of hot air, vacuum, and microwave processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p.1883-1889, 2002.

NASCIMENTO, A. S.; DONI, E. **Subsídios para documentos e implantação de Centro de Pesquisa em Mandioca e Fruticultura**. Cruz da Almas: EMBRAPA, 1986, 21 p.

NEVES, M. J. B. **Processo de seca-aeração**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1982. 188p. (Tese de Mestrado).

NIJHUIS, H.H.; TORRINGA, H.M.; MURESAN, S.; YUKSEL, D.; LEGUIJT, C.; KLOEK, W. Approaches to improving the quality of dried fruit and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v. 9, p.13-20, 1998.

O PODER da banana. Disponível, em: <<http://www.savive.com.br/poder.htm>>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2003.

PERUZZO. T. M.; CANTO, E. L. do; **Química. manual do professor**. ed. Editora moderna, 1999, 55 p.

PECKOLT, História das plantas medicinais e úteis do Brasil, 1989. Disponível em:<<http://www.tomdaserva.com.br/banana.htm>>. Acesso em: 20 setembro. 2002

PONTING, J. D. Osmotic dehydration of fruits recent modifications and applications. **Process Biochemistry**, v 18 p. 18-20. 1973.

PUZZI, D. **Manual de armazenamento de grãos – Armazéns e silos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977, 405 p.

RAOULTWACK, A. Recent advance in the osmotic dehydration of foods. **Food Science & Technology**, Oxford, v. 5, n. 8, p. 60-255, 1994.

RASTOGI, N. K.; RAGHAVARAO, K. S. M. S.; NIRANJAN, K. Mass transfer during osmotic dehydration of banana. Fickian diffusion in cylindrical configuration. **Journal of Food Engineering**, v. 31, p. 423-432, 1997.

SANKAT, C. K.; CASTAIGNE, MAHARAJ, R. The air drying behavior of fresh and osmotically dehydrated banana. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 31, p. 123-135, 1996.

SANTOS, I.J.; COUTO, S.M.; ANDRADE, E.T. Cinética de secagem em camada fina do malte verde de cevada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.3, n.1, p.53-59, 2001.

SIMMINDS, N. W. **Los platanos**. Barcelona: Blume, 1973, 530 p.

SOTO BALLESTERO, M. **Banana – cultivo y comercialización**. 2 ed. San José: Litografía e Imprenta LII., 1992, 674 p.

SOUSA, de S. **Desenvolvimento experimental de passa de umbu (*Spondias tuberosa*, Arruda Câmara)**. 1999. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

TECNOLOGIA de Fabricação: Disponível em: <<http://www.engalimentos.hpg.ig.com.br/trabalhos/banana-tecnologia.htm>>. Acesso em: 20 de março de 2002.

TEXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial dos alimentos**. Florianópolis: UFSC, 1987, 180 p. (Série Didática).

TORREGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, Amsterdam, v. 26, n. 1, p. 59-68, 1993.

TONON, R. V.; MURR, F. E. X. **Otimização do processo de desidratação impregnação por imersão do pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale L.*)**. In: Congresso Interno de iniciação científica da UNICAMP. Campinas. 2001

TRAVAGLINI, D. A.; NERO, 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, 73 p.

TULASIDAS, T. N.; RAGHAVAN, G. S. V.; NORRIS, E. R. Effects of dipping and washing pre-treatments on microwave drying of grapes. **Journal of Food Process Engineering**, v. 19, p. 15-25, 1996.

WALISZEWSKI, K. N.; TEXON, N. I.; SALGADO, M. A.; GARCIA, M. A. Mass transfer in banana chips during osmotic dehydration – **Drying Technology**, v.15, n.10, p. 2597-2607, 1997.

VILLAR, C. G. **Estudo do desempenho de um secador convectivo de bandejas para a secagem de banana: análise da influência das variáveis operacionais**. 1999. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

Apêndice A

TABELA 1A: Dados experimentais da pré-secagem osmótica da banana chips, em diferentes espessuras (1,0 1,25, 1,5 e 1,75 mm) na concentração de cloreto de sódio 1:10.

Concentração de cloreto de sódio (1:10)								
Tempo (min)	Espessura 1,0 (mm)		Espessura 1,25 (mm)		Espessura 1,5 (mm)		Espessura 1,75 (mm)	
	UBs	RU	UBs	RU	UBs	RU	UBs	RU
0	1,7965	1	2,0038	1	1,8115	1	1,4323	1
60	1,3809	0,4277	1,5259	0,4063	1,3681	0,3844	1,1244	0,2235
120	1,2776	0,2855	1,3760	0,2200	1,2745	0,2545	1,0803	0,1122
180	1,2407	0,2346	1,3167	0,1464	1,2341	0,1984	1,0734	0,0948
240	1,1908	0,1659	1,2623	0,0788	1,2096	0,1644	1,0699	0,0860
300	1,1791	0,1498	1,2539	0,0683	1,2060	0,1594	1,0664	0,0772
360	1,1254	0,0759	1,2119	0,0162	1,1534	0,0864	1,0581	0,0562
420	1,0764	0,0084	1,1995	0,0007	1,0930	0,0025	1,0478	0,0303
480	1,0703	0	1,1989	0	1,0912	0	1,0358	0

TABELA 2A: Dados experimentais da pré-secagem osmótica da banana chips, em diferentes espessuras (1,0 1,25 , 1,5 e 1,75 mm) na concentração 1:15.

Concentração de cloreto de sódio (1:15)								
Tempo (min)	Espessura 1,0 (mm)		Espessura 1,25 (mm)		Espessura 1,5 (mm)		Espessura 1,75 (mm)	
	UBs	RU	UBs	RU	UBs	RU	UBs	RU
0	1,8458	1	1,0939	1	1,5839	1	1,8480	1
60	1,3619	0,4044	1,3504	0,3374	1,1476	0,2584	1,3395	0,3032
120	1,2447	0,2602	1,2544	0,2225	1,0573	0,1290	1,2578	0,1913
180	1,1595	0,1553	1,2219	0,1836	1,0449	0,1085	1,2514	0,1825
240	1,1534	0,1478	1,1897	0,1451	1,0306	0,0848	1,2095	0,1251
300	1,1233	0,1108	1,1856	0,1402	1,0265	0,0781	1,1533	0,0481
360	1,0771	0,0539	1,1416	0,0875	1,0072	0,0461	1,1420	0,0326
420	1,0440	0,0133	1,1168	0,0578	0,9925	0,0218	1,1410	0,0312
480	1,0333	0	1,0685	0	0,9793	0	1,1182	0

TABELA 3A: Dados experimentais da pré-secagem osmótica da banana chips, em diferentes espessuras (1,0 1,25 , 1,5 e 1,75 mm) na concentração de cloreto de sódio 1:20.

Concentração de cloreto de sódio (1:20)								
Tempo (min)	Espessura 1,0 (mm)		Espessura 1,25 (mm)		Espessura 1,5 (mm)		Espessura 1,75 (mm)	
	UBs	RU	UBs	RU	UBs	RU	UBs	RU
0	1,9940	1	2,0067	1	2,0782	1	1,8992	1
60	1,4610	0,4292	1,3309	0,3163	1,4027	0,3342	1,4029	0,3520
120	1,3130	0,2707	1,2124	0,1965	1,2799	0,2132	1,3242	0,2492
180	1,2399	0,1924	1,1148	0,0977	1,1611	0,0961	1,2575	0,1622
240	1,1612	0,1082	1,1078	0,0906	1,1445	0,0797	1,2499	0,1522
300	1,1010	0,0437	1,0975	0,0802	1,1359	0,0713	1,2484	0,1503
360	1,0966	0,0390	1,0407	0,0228	1,1232	0,0587	1,2483	0,1502
420	1,0682	0,0086	1,0345	0,0165	1,0665	0,0029	1,1833	0,0653
480	1,0602	0	1,0182	0	1,0636	0	1,1333	0

Apêndice B

TABELA 1B: Valores obtidos na análise sensorial da aparência da banana chips para as diferentes espessuras (1,0, 1,25, 1,5 e 1,75 mm) e concentrações de cloreto de sódio (1:10, 1:15 e 1:20).

Aparência											
Concentração de NaCl 1:10				Concentração de NaCl 1:15				Concentração de NaCl 1:20			
Espessura (mm)				Espessura (mm)				Espessura (mm)			
1,0	1,25	1,5	1,75	1,0	1,25	1,5	1,75	1,0	1,25	1,5	5
7	6	8	6	7	9	6	9	7	4	3	8
7	8	8	8	8	6	7	8	8	5	9	3
7	7	6	2	8	4	6	8	6	3	6	7
6	7	9	6	7	8	9	8	6	9	9	7
6	6	6	7	8	6	7	7	7	6	5	7
4	8	6	5	7	6	7	7	7	4	6	3
7	8	8	7	7	8	9	7	3	3	7	7
6	8	5	8	6	8	5	9	5	8	5	7
7	4	4	5	7	8	6	9	9	9	7	4
7	7	5	6	7	7	7	8	8	7	9	6
8	8	6	9	9	8	7	9	8	9	7	9
8	7	8	6	8	6	8	7	9	6	7	6
9	7	7	7	9	7	8	9	8	6	8	8
7	8	7	6	8	8	7	9	7	8	7	8
7	8	7	7	7	8	8	8	7	9	8	7
6	8	8	8	8	8	9	9	7	9	6	9
5	7	6	8	7	8	7	9	6	7	7	7
8	8	6	7	8	7	7	7	8	9	6	7
4	8	7	9	8	8	8	9	7	4	8	8
6	8	8	8	8	7	9	8	9	7	9	8
7	8	8	7	9	7	9	7	7	9	8	7
6	7	3	7	8	7	8	9	8	7	8	7
7	7	6	8	7	8	5	8	8	7	7	8
8	7	6	6	8	7	7	7	8	8	6	6
6	6	7	5	6	7	7	7	8	6	7	8
7	9	6	6	7	8	7	8	7	3	9	9
9	4	7	7	7	4	7	6	9	4	6	6
8	7	7	6	7	6	7	7	7	6	6	6
5	6	6	5	8	8	8	5	7	7	8	5
4	8	6	7	6	8	7	8	7	8	6	7
Médias				Médias				Médias			
6,33	7,17	6,67	6,63	7,50	7,17	7,30	7,87	7,27	6,57	7,00	6,83
Desvio padrão				Desvio padrão				Desvio padrão			
1,33	1,15	1,30	1,73	0,82	1,18	1,09	1,04	1,26	2,03	1,41	1,53

TABELA 2B: Valores obtidos na análise sensorial da cor da banana chips para as diferentes espessuras (1,0, 1,25, 1,5 e 1,75 mm) e concentrações de cloreto de sódio (1:10, 1:15 e 1:20).

Cor											
Concentração de NaCl 1:10				Concentração de NaCl 1:15				Concentração de NaCl 1:20			
Espessura (mm)				Espessura (mm)				Espessura (mm)			
1,0	1,25	1,5	1,75	1,0	1,25	1,5	1,75	1,0	1,25	1,5	1,75
8	4	6	6	8	9	7	9	8	6	6	8
7	9	5	6	8	6	5	9	9	5	5	6
8	7	6	3	9	6	6	8	7	4	6	7
6	8	9	7	7	9	6	9	6	8	8	7
6	6	9	7	8	6	8	7	7	6	8	7
4	8	7	7	7	6	7	8	7	6	7	6
7	9	8	7	7	7	9	7	4	6	8	7
5	8	7	6	6	8	7	9	6	9	7	7
7	6	4	7	8	6	6	8	8	9	7	4
7	7	8	7	8	8	7	8	8	7	8	7
9	7	8	9	9	8	8	9	8	9	8	8
8	6	5	6	9	7	8	8	9	7	7	7
8	7	8	7	9	7	7	8	8	6	7	9
7	9	7	5	8	9	7	9	7	9	7	6
7	8	6	7	7	8	8	8	7	9	8	7
4	8	8	8	7	8	7	9	6	8	8	9
5	7	7	8	7	7	7	9	6	7	7	7
8	7	6	7	8	6	7	7	8	7	7	7
4	8	8	9	8	8	8	9	7	2	8	9
6	7	6	7	7	7	8	8	9	7	7	7
7	7	9	7	8	7	9	7	9	8	9	8
7	7	3	6	8	6	8	9	8	7	8	7
6	7	9	8	7	7	6	8	8	8	7	8
8	7	7	3	8	7	7	7	8	8	7	3
6	6	8	7	7	6	8	7	8	6	9	8
8	8	7	6	8	8	9	8	8	4	9	8
8	4	7	7	6	4	7	6	9	4	7	7
9	7	8	6	6	6	7	8	7	6	8	7
4	6	8	6	8	7	8	6	7	8	8	6
3	8	7	8	4	8	7	8	6	8	7	7
Médias				Médias				Médias			
6,57	7,10	6,30	6,57	7,50	7,07	7,07	8,00	7,43	6,80	6,83	7,03
Desvio padrão				Desvio padrão				Desvio padrão			
1,61	1,21	1,44	1,43	1,07	1,14	1,28	0,91	1,17	1,75	1,49	1,27

TABELA 3B: Valores obtidos na análise sensorial do odor da banana chips para as diferentes espessuras (1,0, 1,25, 1,5 e 1,75 mm) e concentrações de cloreto de sódio (1:10, 1:15 e 1:20).

Odor											
Concentração de NaCl 1:10				Concentração de NaCl 1:15				Concentração de NaCl 1:20			
Espessura (mm)				Espessura (mm)				Espessura (mm)			
1,0	1,25	1,5	1,75	1,0	1,25	1,5	1,75	1,0	1,25	1,5	1,75
7	5	6	6	7	5	6	6	7	5	7	7
7	7	5	8	8	6	5	8	7	3	5	8
5	7	6	8	5	7	6	8	5	7	6	8
6	8	9	7	7	8	8	8	5	8	6	7
6	6	9	7	6	7	8	7	7	7	8	7
5	8	7	6	5	8	7	5	7	8	7	6
8	9	8	8	8	9	8	7	7	9	9	7
6	8	7	7	7	7	7	9	5	7	7	6
8	6	4	5	7	7	7	5	7	9	6	5
6	8	8	8	6	8	8	8	6	7	7	7
9	8	8	7	8	9	8	7	9	7	8	7
9	7	5	6	9	7	7	7	9	7	8	6
8	8	8	7	8	8	7	6	8	8	7	6
7	8	7	4	8	8	7	7	7	8	7	6
7	7	6	8	7	7	8	8	7	8	8	8
6	7	8	7	6	7	8	7	4	7	7	7
3	7	7	6	4	7	7	7	7	7	7	6
6	9	6	7	6	8	7	7	6	9	7	7
7	7	8	8	8	7	8	8	9	5	8	7
6	8	6	7	8	8	7	7	9	8	8	7
7	7	9	8	8	7	9	7	8	8	9	7
8	6	3	7	8	7	8	8	9	6	8	9
8	7	9	8	6	7	7	8	6	8	6	8
8	6	7	5	8	6	7	5	8	7	7	3
4	7	8	5	7	7	9	5	7	8	8	5
8	7	7	7	8	5	9	8	8	8	9	8
4	7	7	8	6	7	7	7	8	7	7	8
6	7	8	6	6	7	8	6	6	9	7	7
4	6	8	5	7	8	8	5	8	7	8	5
6	3	7	8	6	3	7	8	6	7	7	8
Médias				Médias				Médias			
6,50	7,03	7,03	6,80	6,93	7,07	7,43	6,97	7,07	7,30	7,30	6,77
Desvio padrão				Desvio padrão				Desvio padrão			
1,53	1,19	1,47	1,16	1,17	1,20	0,90	1,13	1,34	1,29	0,95	1,22

TABELA 4B: Valores obtidos na análise sensorial do sabor da banana chips para as diferentes espessuras (1,0, 1,25, 1,5 e 1,75 mm) e concentrações de cloreto de sódio (1:10, 1:15 e 1:20).

Sabor											
Concentração de NaCl 1:10				Concentração de NaCl 1:15				Concentração de NaCl 1:20			
Espessura (mm)				Espessura (mm)				Espessura (mm)			
1,0	1,25	1,5	1,75	1,0	1,25	1,5	1,75	1,0	1,25	1,5	1,75
8	7	8	6	9	7	8	7	9	8	8	7
8	7	3	7	8	6	6	9	8	5	9	6
7	7	3	7	7	6	4	8	7	7	4	8
6	9	7	7	8	8	9	7	6	9	9	8
8	8	8	7	8	7	9	7	8	8	9	7
7	8	7	9	7	6	8	9	7	7	7	7
7	8	9	6	7	7	8	9	7	6	7	7
7	9	7	7	7	8	7	9	7	9	7	7
8	7	6	7	8	8	8	8	8	9	7	6
8	9	8	8	8	9	9	9	8	6	9	9
9	9	8	8	8	8	7	7	9	7	8	9
8	7	9	6	8	4	9	7	9	3	9	7
8	8	8	6	8	8	9	8	9	8	8	7
7	9	7	6	7	9	8	6	7	9	7	7
7	7	7	7	8	8	8	8	7	9	8	7
6	7	8	9	7	8	9	9	6	8	8	9
7	7	6	7	7	8	7	8	7	9	7	7
7	8	7	7	7	8	8	7	7	7	8	7
7	9	6	9	7	7	8	8	7	4	8	7
7	8	7	7	7	7	8	8	7	7	9	8
7	9	9	8	7	8	9	8	8	9	9	8
7	8	7	8	9	8	7	8	9	7	7	7
7	8	8	8	8	7	7	8	8	8	7	8
8	6	8	7	8	8	8	8	8	6	8	6
7	6	9	3	8	7	9	8	9	6	9	9
7	6	6	8	8	8	8	8	8	7	9	8
7	7	8	7	8	7	8	6	8	7	8	7
8	7	8	6	7	6	8	7	7	9	8	6
6	7	8	7	7	8	8	7	8	6	8	7
6	7	7	9	7	7	7	8	8	8	7	8
Médias				Médias				Médias			
7,23	7,63	7,23	7,13	7,60	7,37	7,87	7,80	7,70	7,27	7,87	7,37
Desvio padrão				Desvio padrão				Desvio padrão			
0,73	0,96	1,45	1,22	0,62	1,03	1,07	0,85	0,88	1,55	1,07	0,89

TABELA 5B: Valores obtidos na análise sensorial do teor de sal banana chips para as diferentes espessuras (1,0, 1,25, 1,5 e 1,75 mm) e concentrações de cloreto de sódio (1:10, 1:15 e 1:20).

Teor de sal											
Concentração de NaCl 1:10				Concentração de NaCl 1:15				Concentração de NaCl 1:20			
Espessura (mm)				Espessura (mm)				Espessura (mm)			
1,0	1,25	1,5	1,75	1,0	1,25	1,5	1,75	1,0	1,25	1,5	1,75
3	4	3	4	3	3	3	3	3	2	2	3
4	3	5	4	3	2	4	3	3	1	3	2
4	3	2	4	5	2	2	3	5	2	2	3
4	2	3	3	3	2	2	2	3	1	3	2
4	3	4	3	3	3	4	3	3	2	3	3
5	3	4	3	4	3	3	3	3	2	2	3
3	3	4	2	3	3	4	3	3	2	4	3
4	3	3	4	3	4	2	3	3	2	3	3
3	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2
5	3	4	3	3	4	3	3	2	2	2	2
4	3	4	5	3	3	3	3	2	2	2	2
4	3	3	5	3	3	4	3	2	2	4	3
4	4	4	2	3	3	3	2	2	3	3	2
4	5	3	5	4	4	3	3	3	3	3	2
4	4	4	4	3	3	3	3	2	3	3	3
4	3	3	4	3	3	3	3	3	2	3	3
3	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3
3	3	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3
3	3	3	3	2	3	3	3	2	2	3	3
3	3	4	4	2	3	3	4	2	2	3	3
5	4	3	3	3	4	3	2	3	3	3	3
4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	3	2
3	4	3	4	3	3	3	2	3	3	3	2
4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	4
3	4	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3
4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2
5	3	3	3	3	2	4	2	2	3	4	3
3	4	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3
4	3	4	3	4	3	3	3	3	2	3	3
3	4	3	2	4	4	3	2	2	3	2	3
Médias				Médias				Médias			
3,77	3,33	3,33	3,43	3,03	3,03	3,06	2,83	2,63	2,27	2,87	2,70
Desvio padrão				Desvio padrão				Desvio padrão			
0,67	0,60	0,60	0,81	0,66	0,61	0,52	0,53	0,66	0,58	0,57	0,53

TABELA 6B: Valores obtidos na análise sensorial da crocância banana chips para as diferentes espessuras (1,0, 1,25, 1,5 e 1,75 mm) e concentrações de cloreto de sódio (1:10, 1:15 e 1:20).

Crocância											
Concentração de NaCl 1:10				Concentração de NaCl 1:15				Concentração de NaCl 1:20			
Espessura (mm)				Espessura (mm)				Espessura (mm)			
1,0	1,25	1,5	1,75	1,0	1,25	1,5	1,75	1,0	1,25	1,5	1,75
4	4	3	2	4	4	4	2	4	4	3	2
3	3	3	3	4	3	3	3	4	4	3	3
3	3	2	2	4	3	2	4	4	4	2	3
3	4	3	3	4	3	3	3	4	4	4	4
4	4	3	2	4	3	3	2	4	3	4	2
3	4	3	3	3	3	3	3	4	4	3	4
3	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3
3	4	3	1	4	4	3	2	4	4	3	4
3	3	2	3	4	3	3	4	4	3	4	3
3	4	2	3	4	4	3	4	4	4	4	3
3	4	4	1	3	4	3	2	4	4	4	4
3	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
4	4	3	2	4	4	4	2	4	4	3	3
3	4	3	2	3	4	3	3	4	4	4	4
3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	4
4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
3	4	4	1	4	4	3	4	4	4	2	3
4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	3	3
4	4	3	4	4	3	3	4	4	3	3	3
4	4	2	3	3	3	4	3	4	3	4	3
4	3	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3
4	3	3	4	4	3	3	3	4	4	3	4
3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	4	4	3	3	4	4	3	3
3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	4	4
3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3
3	4	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3
3	4	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4
Médias				Médias				Médias			
3,33	3,60	3,10	2,83	3,67	3,43	3,27	3,17	3,83	3,67	3,33	3,30
Desvio padrão				Desvio padrão				Desvio padrão			
0,48	0,50	0,61	0,87	0,48	0,50	0,52	0,70	0,38	0,48	0,61	0,60

Apêndice C

TABELA 1C: Dados experimentais da cinética de secagem complementar da banana chips em secador de bandeja para temperatura de 60°C.

Pré-secagem osmótica seguida de secagem convencional		
Temperatura de 60°C		
Tempo (minutos)	UBs	RU
0	0,0749	1
10	0,0636	0,74
20	0,0580	0,62
30	0,0546	0,54
40	0,0522	0,49
50	0,0506	0,45
60	0,0502	0,44
70	0,0487	0,41
80	0,0473	0,38
90	0,0466	0,36
100	0,0461	0,35
110	0,0446	0,32
120	0,0430	0,28
130	0,0425	0,27
140	0,0412	0,24
Umidade de equilíbrio	0,0399	

TABELA 2C: Dados experimentais da cinética de secagem complementar da banana chips em secador de bandeja para temperatura de 70°C.

Pré-secagem osmótica seguida de secagem convencional		
Temperatura de 70°C		
Tempo (minutos)	UBs	RU
0	0,0922	1
10	0,0647	0,56
20	0,0599	0,48
30	0,0590	0,40
40	0,0521	0,36
50	0,0498	0,32
60	0,0477	0,29
70	0,0464	0,27
80	0,0451	0,25
90	0,0441	0,23
100	0,0422	0,20
110	0,0405	0,17
120	0,0400	0,16
130	0,0392	0,15
Umidade de equilíbrio	0,0386	

TABELA 3C: Dados experimentais da cinética de secagem complementar da banana chips, em secador de bandeja para temperatura de 80°C.

Pré-secagem osmótica seguida de secagem convencional		
Temperatura de 80°C		
Tempo (minutos)	Ubs	RU
0	0,1056	1
10	0,0687	0,51
20	0,0501	0,44
30	0,0585	0,38
40	0,0561	0,35
50	0,0533	0,31
60	0,0425	0,27
70	0,0408	0,23
80	0,0439	0,19
90	0,0425	0,17
100	0,0409	0,15
110	0,0402	0,14
Umidade de equilíbrio	0,0392	

TABELA 4C: Dados experimentais da cinética de secagem complementar da banana chips, em microondas para potência de 220 W.

Pré-secagem osmótica seguida de secagem em microondas		
Potência de 220 W		
Tempo (minutos)	U_{bs}	RU
0	0,2669	1
1,3	0,2418	0,8868
4,3	0,2178	0,7783
4,5	0,1738	0,5802
6,7	0,1581	0,5094
7,3	0,1487	0,4670
8,7	0,1413	0,4340
9,5	0,1225	0,3491
16,7	0,0869	0,1887
25,0	0,0775	0,1462
33,3	0,0649	0,0896
42,5	0,0555	0,0472
Umidade de equilíbrio	0,0449	

TABELA 5C: Dados experimentais da cinética de secagem complementar da banana chips, em microondas para potência de 330 W.

Pré-secagem osmótica seguida de secagem em microondas		
Potência de 330 W		
Tempo (minutos)	U_{bs}	RU
0	0,1316	1
1,8	0,1048	0,6905
3,8	0,0918	0,5404
5,7	0,0831	0,4400
7,5	0,0667	0,2506
9,5	0,0615	0,1905
13,3	0,0554	0,1201
15,5	0,0519	0,0797
19,7	0,0485	0,0404
21,7	0,0476	0,0300
Umidade de equilíbrio	0,0450	

TABELA 6C: Dados experimentais da cinética de secagem complementar da banana chips, em microondas para potência de 440 W.

Pré-secagem osmótica seguida de secagem em microondas		
Potência de 440 W		
Tempo (minutos)	UBs	RU
0	0,0702	1
1,2	0,0667	0,8611
2	0,0632	0,7222
4,5	0,0571	0,4802
8	0,0519	0,2738
12	0,0475	0,1000
14	0,0462	0,050
Umidade de equilíbrio	0,0450	

Apêndice D

TABELA 1D: Valores obtidos da análise sensorial final da aparência, cor, odor, sabor, teor de sal e crocância da banana chips, obtido a partir de secagem complementar em secador de bandeja.

Análise sensorial da banana chips																	
Aparência			Cor			Odor			Sabor			T. de sal			Crocância		
Temp. (°C)			Temp. (°C)			Temp. (°C)			Temp. (°C)			Temp. (°C)			Temp. (°C)		
60	70	80	60	70	80	60	70	80	60	70	80	60	70	80	60	70	80
8	8	7	7	7	8	7	7	8	8	9	7	3	3	3	3	3	3
8	8	8	7	8	8	8	8	8	8	9	9	3	3	3	3	3	3
9	9	9	8	8	9	7	7	7	7	7	7	3	3	3	3	3	3
8	7	9	7	6	7	7	7	7	8	8	8	3	3	3	3	3	3
9	9	9	9	9	9	9	7	6	9	6	7	3	3	3	3	3	3
6	7	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	3	3	3	4	3	3
7	7	7	7	7	7	6	6	6	7	7	7	3	3	3	3	3	3
8	8	8	7	7	7	6	6	6	8	8	8	3	3	3	3	3	3
8	8	7	8	8	8	8	7	8	8	8	7	3	3	3	3	3	3
4	7	7	6	7	7	6	7	8	6	8	8	3	3	3	3	3	3
7	7	7	8	8	8	7	7	9	6	9	6	3	3	3	3	3	3
9	9	9	9	9	9	9	9	9	7	9	8	3	3	3	3	3	3
7	7	7	8	8	8	8	8	7	9	9	9	3	3	3	3	3	3
6	7	8	6	8	8	7	8	9	9	8	9	3	3	3	3	3	4
8	8	7	8	8	9	8	8	7	8	9	8	3	3	3	3	3	3
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	3	3	3	3	3	3
9	9	9	9	9	9	7	7	7	8	8	8	3	3	3	3	3	3
7	7	7	7	7	7	7	7	7	9	9	9	3	3	3	3	3	3
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3	3	3	3	3	3
7	8	7	6	8	8	7	7	7	6	8	8	3	3	4	3	3	3
7	8	7	7	9	9	9	9	7	8	9	9	3	3	3	3	3	3
9	9	7	9	9	9	8	8	7	9	9	9	3	3	3	3	3	3
8	8	7	7	7	7	7	8	7	7	8	8	3	3	3	3	3	3
7	7	8	8	8	8	9	9	8	9	9	9	3	3	3	3	3	3
8	8	7	8	8	8	7	7	7	7	8	7	3	3	3	3	3	3
9	9	7	9	9	9	6	9	8	9	9	9	3	3	3	3	3	3
9	9	9	9	9	9	6	8	7	8	8	8	3	3	3	3	3	3
7	7	7	7	7	8	7	7	7	7	7	7	3	3	3	3	3	3
9	9	8		7	7	6	8	9	8	8	8	3	3	3	3	3	3
7	7	7	7	7	7	6	8	7	9	8	9	3	3	3	3	3	3
Média			Média			Média			Média			Média			Média		
7,67	7,87	7,57	7,33	7,8	7,97	7,23	7,53	7,4	7,8	8,13	7,93	3,0	3,0	3,03	3,03	3,0	3,03

TABELA 2D: Valores obtidos da análise sensorial da aparência, cor, odor, sabor, teor de sal e crocância da banana chips, obtidos a partir da pré-secagem osmótica seguida de secagem em microondas.

Análise sensorial da banana chips																	
Aparência			Cor			Odor			Sabor			T. de sal			Crocância		
Potência			Potência (W)			Potência (W)			Potência (W)			Potência (W)			Potência (W)		
220	330	440	220	330	440	220	330	440	220	330	440	220	330	440	220	330	440
8	8	8	9	8	7	6	7	7	8	8	6	3	3	3	3	3	3
7	8	7	7	8	6	6	8	8	7	8	7	3	3	3	3	3	3
9	9	7	8	8	7	7	8	7	9	8	7	3	3	3	3	3	3
9	9	9	8	9	8	7	9	8	9	9	8	3	3	3	3	3	3
7	9	8	7	9	8	7	9	6	8	9	9	3	3	3	3	3	4
7	9	7	8	9	8	9	9	8	9	9	6	3	3	3	3	3	4
8	7	6	7	8	6	6	8	7	8	8	7	3	3	3	3	3	4
8	9	6	6	8	8	7	6	7	9	7	6	3	3	3	3	3	4
7	9	7	8	8	8	7	9	7	7	9	7	3	3	3	3	3	3
7	9	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3	3	3	3	3	3
7	9	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	3	3	3	3	3
8	9	8	8	9	7	9	9	6	9	9	9	3	3	3	3	3	3
9	9	8	7	9	7	6	9	6	8	7	7	3	3	4	3	3	4
9	9	7	8	9	7	8	9	7	8	9	7	3	3	3	3	3	4
9	9	8	9	9	8	9	9	8	9	7	8	3	3	3	3	3	4
7	8	7	8	9	6	6	9	8	8	8	8	3	3	3	3	3	3
8	9	8	8	8	6	9	7	7	8	9	8	3	3	3	3	3	4
7	9	7	8	9	8	8	9	6	9	9	6	3	3	3	3	3	4
7	9	6	8	9	6	9	9	6	9	9	6	3	3	3	3	3	4
7	9	7	8	9	6	8	9	6	9	9	6	3	3	3	3	3	3
7	9	6	7	8	6	6	9	6	8	9	6	3	3	3	3	3	3
8	8	8	7	8	8	8	6	8	8	7	8	3	3	3	3	3	4
9	9	8	9	9	7	8	8	8	8	9	7	3	3	3	3	3	4
7	8	7	7	8	7	7	8	7	7	8	7	3	3	3	3	3	3
7	8	7	7	8	7	6	7	6	6	6	6	3	3	3	3	3	4
7	8	6	7	9	6	6	7	7	6	9	6	3	3	3	3	3	3
7	8	7	7	9	7	8	9	7	9	9	7	3	3	3	3	3	3
8	9	6	9	9	5	9	8	7	9	8	7	3	3	3	3	3	3
7	9	6	7	9	7	8	9	8	8	9	6	3	3	3	3	3	3
7	9	7	7	8	6	6	8	6	6	7	6	3	3	3	3	3	3
Média			Média			Média			Média			Média			Média		
7,63	8,67	7,07	7,7	8,57	7,0	7,43	8,27	7,07	8,10	8,30	7,03	3,0	3,0	3,03	3,0	3,0	3,43

Apêndice E

TABELA 1E: Análise de variância dos dados médios da aparência da banana chips, obtidas por meio da secagem complementar em secador de bandeja.

F.V.	G.L	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	1.39990	0.69995	0.7660 ns
Resíduo	87	79.50000	0.91379	
Total	89	80.89990		

ns = não significativo

Tratamento	Aparência
1	7.66667 a
2	7.86667 a
3	7.56667 a

MG = 7.70000 CV% = 12.41461 DMS = 0.58906

TABELA 2E: Análise de variância dos dados médios da cor da banana chips, obtidas por meio da secagem complementar em secador de bandeja.

F.V.	G.L	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	6.46657	3.23328	2.5942 ns
Resíduo	87	108.43333	1.24636	
Total	89	114.89990		

ns = não significativo

Tratamento	Cor
1	7.33333 a
2	7.80000 a
3	7.96667 a

MG = 7.70000 CV% = 14.49877 DMS = 0.68795

TABELA 3E: Análise de variância dos dados médios do odor da banana chips, obtidas por meio da secagem complementar em secador de bandeja.

F.V.	G.L	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	1.35534	0.67767	0.8666 ns
Resíduo	87	68.0333	0.78199	
Total	89	69.38867		

ns = não significativo

Tratamento	Odor
1	7.23333 a
2	7.53333 a
3	7.40000 a

MG = 7.38889 CV% = 11.96801 DMS = 0.54492

TABELA 4E: Análise de variância dos dados médios do sabor da banana chips, obtidas por meio da secagem complementar em secador de bandeja.

F.V.	G.L	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	1.68893	0.84447	1.0783 ns
Resíduo	87	68.13333	0.78314	
Total	89	69.82227		

ns = não significativo

Tratamento	Sabor
1	7.80000 a
2	8.13333 a
3	7.93333 a

MG = 7.95556 CV% = 11.12371 DMS = 0.54533

TABELA 7E: Análise de variância dos dados médios da aparência da banana chips, obtidas por meio da secagem complementar em microonda.

F.V.	G.L	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	39.48877	19.74438	36.1634 **
Resíduo	87	47.50000	0.54598	
Total	89	86.98877		

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tratamento	Aparência
1	7.63333 b
2	8.66667 a
3	7.06667 c

MG = 7.78889 CV% = 9.48662 DMS = 0.45533

TABELA 8E: Análise de variância dos dados médios da cor da banana chips, obtidas por meio da secagem complementar em microonda.

F.V.	G.L	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	36.95540	18.47770	31.1141 **
Resíduo	87	51.66667	0.59387	
Total	89	88.62207		

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tratamento	Cor
1	7.70000 b
2	8.56667 a
3	7.00000 c

MG = 7.75556 CV% = 9.93648 DMS = 0.47488

TABELA 9E: Análise de variância dos dados médios do odor da banana chips, obtidas por meio secagem complementar em microonda.

F.V.	G.L	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	22.68906	11.34453	11.3315 **
Resíduo	87	87.10000	1.00115	
Total	89	109.78906		

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tratamento	Odor
1	7.43333 b
2	8.26667 a
3	7.06667 b

MG = 7.58889 CV% = 13.18473 DMS = 0.61657

TABELA 10E: Análise de variância dos dados médios do sabor da banana chips, obtidas por meio da secagem complementar em microondas..

F.V.	G.L	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	8	27.82240	13.91120	15.5230 **
Resíduo	87	77.96667	0.89617	
Total	89	105.78906		

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tratamento	Sabor
1	8.10000 a
2	8.30000 a
3	7.03333 b

MG = 7.81111 CV% = 12.11943 DMS = 0.58335

Apêndice F

FIGURA 1F – Ficha de avaliação utilizada na análise sensorial para banana chips nas diferentes espessuras (1,0, 1,25, 1,5 e 1,75 mm) e concentrações de cloreto de sódio (1:10, 1:15 e 1:20), para os atributos aparência, cor, odor, sabor, teor de sal e crocância.

Análise sensorial da banana chips

PROVADOR: _____

DATA: ____ / ____ /2003

- Você está recebendo amostras de banana chips
Avaliar cuidadosamente cada um dos atributo sensoriais, de acordo com os seguintes critério de notas.

ATRIBUTOS	NOTAS ATRIBUIDAS		
	1:10	1:15	1:20
Aparência			
Cor			
Odor			
Sabor			
Espessura			

- 1- Desgostei muitíssimo
- 2- Desgostei muito
- 3- Desgostei
- 4- Desgostei pouco
- 5- Indiferente
- 6- Gostei pouco
- 7- Gostei
- 8- Gostei muito
- 9- Gostei muitíssimo

Teor de sal	1:10	1:15	1:20

- 1- Sem sal
- 2- Pouco sal
- 3- Ideal
- 4- Salgado
- 5- Muito sal

Crocância	1:10	1:15	1:20

- 1- **Sem crocância**
- 2- **Pouco crocante**
- 3- **Crocante**
- 4- **Muito Crocante**

Comentários: _____

FIGURA 2F – Ficha de avaliação utilizada na análise sensorial para banana chips elaborada a partir da espessura 1,0, mm na concentrações de 1:15 de cloreto de sódio, proveniente da secagem complementar em secador de bandeja para os atributos aparência, cor, odor, sabor, teor de sal e crocância.

Análise sensorial da banana chips

PROVADOR: _____

DATA: ____ / ____ /2003

- Você está recebendo amostras de banana chips
Avaliar cuidadosamente cada um dos atributos sensoriais, de acordo com os seguintes critério de notas.

ATRIBUTOS	NOTAS ATRIBUIDAS		
	60 °C	70 °C	80 °C
Aparência			
Cor			
Odor			
Sabor			
Espessura			

- 1- Desgostei muitíssimo
- 2- Desgostei muito
- 3- Desgostei
- 4- Desgostei pouco
- 5- Indiferente
- 6- Gostei pouco
- 7- Gostei
- 8- Gostei muito
- 9- Gostei muitíssimo

Teor de sal	60 °C	70 °C	80 °C

- 1- Sem sal
- 2- Pouco sal
- 3- Ideal
- 4- Salgado
- 5- Muito sal

Crocância	60 °C	70 °C	80 °C

- 1 Sem crocância**
- 2 Pouco crocante**
- 3 Crocante**
- 4 Muito Crocante**

Comentários: _____

FIGURA 3F – Ficha de avaliação utilizada na análise sensorial para banana chips elaborada a partir da espessura 1,0, mm na concentrações de 1:15 de cloreto de sódio, proveniente da secagem complementar em microondas para os atributos aparência, cor, odor, sabor, teor de sal e crocância.

Análise sensorial da banana chips

PROVADOR: _____

DATA: ____ / ____ /2003

- Você está recebendo amostras de banana chips

Avaliar cuidadosamente cada um dos atributo sensoriais, de acordo com os seguintes critério de notas.

ATRIBUTOS	NOTAS ATRIBUIDAS		
	220 W	330 W	440 W
Aparência			
Cor			
Odor			
Sabor			
Espessura			

1- Desgostei muitíssimo

2- Desgostei muito

3- Desgostei

4- Desgostei pouco

5- Indiferente

6- Gostei pouco

7- Gostei

8- Gostei muito

9- Gostei muitíssimo

Teor de sal	220 W	330 W	440 W

1- Sem sal

2- Pouco sal

3- Ideal

4- Salgado

5- Muito sal

Crocância	220 W	330 W	440 W

- 1 Sem crocância**
- 2 Pouco crocante**
- 3 Crocante**
- 4 Muito Crocante**

Comentários: _____