



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**



**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**OBTENÇÃO DE ABACAXI SECO POR PROCESSO COMBINADO DE
DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E SECAGEM CONVECTIVA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

JONAS DOS SANTOS SOUSA

Campina Grande – PB

Fevereiro - 2007

JONAS DOS SANTOS SOUSA

**OBTENÇÃO DE ABACAXI SECO POR PROCESSO COMBINADO DE
DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E SECAGEM CONVECTIVA**

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola da
Universidade Federal de Campina Grande,
como parte dos requisitos necessários para
obtenção do título de Mestre em Engenharia
Agrícola.**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

ORIENTADORES: Prof^a. Dra. Josivanda Palmeira Gomes - UAEAg/UFCG

Prof. Dr. Francisco de Assis Cardoso Almeida – UAEAg/UFCG

DIS
631.563-2:634.474(043
S7250

**Campina Grande - Paraíba
Fevereiro, 2007**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S725o Sousa, Jonas dos Santos
2007 Obtenção de abacaxi seco por processo combinado de desidratação osmótica e secagem convectiva/ Jonas dos Santos Sousa. — Campina Grande, 2007.
77f.: il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.
Orientador: Profª. Drª. Josivanda Palmeira Gomes e Prof. Dr. Francisco de Assis Cardoso Almeida.
Referências.

1— Abacaxi Passa 2— Secagem 3— Ananás Comosus I— Título
CDU- 631.563.2:634.774(043)





UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

JONAS DOS SANTOS SOUSA

**OBTENÇÃO DE ABACAXI SECO POR PROCESSO COMBINADO DE DESIDRATAÇÃO
OSMÓTICA E SECAGEM CONVECTIVA**

BANCA EXAMINADORA

PARECER


Dra. Josivanda Palmeira Gomes - Orientadora

APROVADO


Dr. Francisco de Assis Cardoso Almeida - Orientador

APROVADO


Dr. Eliseu Marlônio Pereira de Lucena - Examinador

APROVADO


Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva - Examinador

Aprovado

FEVEREIRO - 2007

*Aos meus queridos Pais João
Alves de Sousa (in memoriam) e
Naide dos Santos Sousa, por toda a
vida de amor dedicada aos filhos. A
minha querida tia Sindalva Alves
de Sousa (in memoriam), por todo o
incentivo, atenção e carinho.*

DEDICO

As Minhas Marias: Maria Imaculada e Maria Célia, meus Valiosos Tesouros. Por tudo o que representam na minha vida. Sem vocês não teria conseguido.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao meu Senhor e Meu Deus, por ter me dado forças, perseverança e benção durante toda a minha vida. “Senhor meu Deus, obrigado Senhor por que tudo é Teu”!

À Santíssima Virgem Mãe Imaculada, por todo o carinho de mãe e socorro nas horas de tribulação .

Ao meu “Padim” Padre Cícero, por todos os momentos de intercessão junto ao Senhor Jesus nas horas difíceis durante o curso. ‘A sua benção meu Padim Ciço Romão”.

Aos Irmãos João Paulo e Janaisa pela força e motivação.

À Universidade Federal de Campina Grande, pela possibilidade de cursar o mestrado

À Capes, pelo financiamento dos meus estudos.

À Professora Dra. Josivanda Palmeira Gomes pela orientação, amizade, confiança e ensinamentos recebidos no decorrer do Curso.

Ao Professor Dr. Francisco de Assis Cardoso Almeida pela orientação, atenção e correções indispensáveis a este trabalho.

Ao Professor Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva, pela contribuição nas correções e pelos ensinamentos transmitidos na disciplina de Planejamento Experimental, indispensável a realização desse trabalho.

Ao Professor Dr. Eliseu Marlônio Pereira de Lucena por ter aceitado o convite para participar da banca, e ter me iniciado na pesquisa científica no período da graduação.

Ao Instituto CENTEC, nas pessoas do Professor Dr. Antônio Amaury Oriá Fernandes e do Professor Dr. Antônio Belfort Cavalcante, por todo o incentivo nessa conquista.

Ao meu eterno amigo e Professor M.Sc. Antenor Silva Júnior por ter permitido usar os Laboratórios da Faculdade de Tecnologia e também por ter sido responsável pelo meu crescimento profissional na área de Tecnologia.

À todos os professores do mestrado pelo carinho e atenção.

À coordenação do curso, em especial à Rivanilda pela atenção e dedicação.

Aos meus amigos Ticiano, Jardel e Luciana, pelo incentivo e ajuda nessa conquista.

Aos alunos da Faculdade de Tecnologia CENTEC, Fábيا, Francinalva, Layrton, Márcia, Emanuel, Edilberto e Esdras por terem auxiliado nos experimentos e ao meu estimado cunhado Marcelino pelo apoio técnico, sem o qual não teria conseguido, a vocês minha eterna gratidão.

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho e que não estão aqui citados. Meu muito obrigado.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 objetivos.....	3
<i>1.1.1 Objetivo geral</i>	<i>3</i>
<i>1.1.2 Objetivos específicos</i>	<i>3</i>
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Abacaxi	4
2.2 Sacarose e maltodextrina	7
2.3 Desidratação osmótica	8
<i>2.3.1 Definição e características do processo</i>	<i>8</i>
<i>2.3.2 Vantagens e desvantagens do processo</i>	<i>10</i>
<i>2.3.3 Variáveis que afetam o processo.....</i>	<i>11</i>
<i>2.3.4 Trabalhos desenvolvidos com desidratação osmótica</i>	<i>13</i>
2.4 Secagem	16
<i>2.4.1 Produto seco</i>	<i>19</i>
2.5 Planejamento experimental	19
2.6 Análise sensorial.....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Matéria-prima	21
3.2 Planejamento experimental	21
3.3 Processamento	23
3.4 Determinações analíticas.....	25
<i>3.4.1 Umidade</i>	<i>25</i>
<i>3.4.2 Açúcares redutores totais (ART)</i>	<i>25</i>
<i>3.4.3 Cinzas.....</i>	<i>25</i>

3.4.4 Sólidos solúveis totais (SST).....	25
3.4.5 pH.....	26
3.4.6 Acidez total titulável (ATT).....	26
3.4.6 Vitamina C	26
3.5 Secagem	26
3.5.1 Razão de umidade.....	27
3.5.2 Modelos matemáticos	28
3.6 Análise sensorial.....	29
3.7 Análises estatísticas dos resultados	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1 Caracterização de matéria-prima.....	29
4.2 Desidratação osmótica	29
4.2.1 Variação de peso	31
4.2.2 Perda de umidade	38
4.2.3 Incorporação de sólidos.....	45
4.2.4 Otimização do processo de desidratação osmótica	52
4.3 Secagem convectiva.....	54
4.3.1 Cinética de secagem	54
4.3.2 Ajuste dos modelos matemáticos para a cinética de secagem.....	57
4.4 Caracterização do produto final seco	60
4.5 Análise sensorial.....	61
5 CONCLUSÕES.....	66
6 SUGESTÕES	67
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
8. APÊNDICE	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Principais fluxos de transferência de massa que ocorrem durante a desidratação osmótica.....	09
Figura 2.2 - Principais fluxos de transferência de massa que ocorrem durante a secagem.....	16
Figura 2.3 - Evolução da umidade, temperatura e velocidade de secagem ao longo do tempo.....	17
Figura 3.1 - Fluxograma do processamento.....	24
Figura 3.2 - Estufa com circulação forçada de ar, fechada (A) e aberta (B) Gráfico de Pareto para variação de peso na desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina)	27
Figura 4.1 - Superfície de resposta e curva de nível para variação de peso da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de maltodextrina fixado no ponto central (5%).....	33
Figura 4.2 - Superfície de resposta e curva de nível para variação de peso da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de sacarose fixado no ponto central (55%).....	36
Figura 4.3 - Superfície de resposta e curva de nível para variação de peso da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de temperatura fixado no ponto central (60 °C)	37
Figura 4.4 - Gráfico de Pareto para perda de umidade na desidratação osmótica de abacaxi 'Pérola' em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina)	38
Figura 4.5 - Superfície de resposta e curva de nível para perda de umidade da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de maltodextrina fixado no ponto central (5%).....	41
Figura 4.6 - Superfície de resposta e curva de nível para perda de umidade da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de maltodextrina fixado no ponto central (5%).....	43
Figura 4.7 - Superfície de resposta e curva de nível para perda de	

	umidade da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de sacarose fixado no ponto central (55%).....	44
Figura 4.8 -	Superfície de resposta e curva de nível para perda de umidade da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de temperatura fixado no ponto central (60 °C).....	45
Figura 4.9 -	Gráfico de Pareto para incorporação de sólidos na desidratação osmótica de Abacaxi ‘Pérola’ em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina).....	47
Figura 4.10 -	Superfície de resposta e curva de nível para incorporação de sólidos da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de maltodextrina fixado no ponto central (5%).....	50
Figura 4.11 -	Superfície de resposta e curva de nível para incorporação de sólidos da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de sacarose fixado no ponto central (55%).....	51
Figura 4.12 -	Superfície de resposta e curva de nível para incorporação de sólidos da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de temperatura fixado no ponto central (60 °C).....	52
Figura 4.13 -	Curvas de nível para relação IS/ PU da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de maltodextrina, sacarose e temperatura fixado no ponto central (5%; 55%; 60 °C).....	54
Figura 4.14 -	Efeito dos tratamentos e das temperaturas na secagem de abacaxi ‘Pérola’ desidratado osmoticamente (DO) e abacaxi sem tratamento osmótico (STO).....	56
Figura 4.15 -	Efeito do tratamento na secagem do abacaxi pérola desidratado osmoticamente (DO) e abacaxi sem tratamento osmótico (STO) na temperatura de 50 °C (A), 60 °C (B), 70 °C (C).....	57

Figura 4.16 - Curva secagem do abacaxi sem e com tratamento osmótico para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C , com ajuste pelo modelo de Page, Lewis e Henderson & Pabis.....	60
Figura 4.17 - Perfil dos provadores no teste de aceitação.....	62
Figura 4.18 - Histograma de frequência dos valores arrogados ao atributo aparência das amostras abacaxi sem tratamento osmótico (STO) e desidratado osmoticamente(DO) nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.....	63
Figura 4.19 - Histograma de frequência dos valores arrogados ao atributo aroma das amostras do abacaxi sem tratamento osmótico (STO) e desidratado osmoticamente (DO) nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.....	63
Figura 4.20 - Histograma de frequência dos valores arrogados ao atributo sabor das amostras do abacaxi sem tratamento osmótico (STO) e desidratado osmoticamente (DO) seco temperaturas de 50, 60 e 70 °C.....	64
Figura 4.21 - Histograma de frequência dos valores arrogados ao atributo textura das amostras do abacaxi sem tratamento osmótico (STO) e desidratado osmoticamente (DO) seco nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.....	64
Figura 4.22 - Histograma de frequência dos valores arrogados ao atributo cor das amostras do abacaxi sem tratamento osmótico (STO) e desidratado osmoticamente (DO) seco nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.....	65
Figura 4.23 - Histograma de intenção de compra.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Composição da polpa de abacaxi ‘Pérola’ e ‘Smooth Cayenne’ nos estádios verde e maduro.....	7
Tabela 3.1 - Níveis codificados das variáveis para os ensaios.....	22
Tabela 3.2 - Níveis decodificados das variáveis.....	22
Tabela 4.1 - Resultados da caracterização físico-química de abacaxi ‘Pérola’ <i>in natura</i>.....	30
Tabela 4.2 - Ensaios realizados no planejamento experimental fatorial.....	31
Tabela 4.3 - Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística, para cada fator no modelo decodificado para variação de peso em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina).....	32
Tabela 4.4 - Resultados da ANOVA para o modelo ajustado para a variação de peso na desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina).....	34
Tabela 4.5 - Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística, para cada fator no modelo decodificado para perda de umidade em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina)...	39
Tabela 4.6 - Resultados da ANOVA para o modelo ajustado para a perda de umidade da desidratação osmótica de abacaxi ‘Pérola’ em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina).....	42
Tabela 4.7 - Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística, para cada fator no modelo decodificado para incorporação de sólidos em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina).....	46
Tabela 4.8 - Resultados da ANOVA para o modelo ajustado para a incorporação de sólidos da desidratação osmótica de abacaxi ‘Pérola’ em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina)....	49
Tabela 4.9 - Parâmetros de ajuste dos modelos da cinética de secagem convectiva do abacaxi ‘Pérola’ desidratado osmoticamente (DO) em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina) e sem tratamento osmótico (STO), à velocidade do ar de 2 m s^{-1}	59
Tabela 4.10 - Resultado da caracterização físico-química do produto final seco de abacaxi sem tratamento osmótico e desidratado	

osmoticamente (DO).....	61
Tabela 4.11 - Teste de Tukey dos atributos avaliados na análise sensorial para os abacaxis sem tratamento osmótico (STO) e desidratado osmoticamente (DO) seco nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.....	65

RESUMO

O presente trabalho foi realizado com a finalidade de obter abacaxi em passa utilizando processos combinados de desidratação osmótica e secagem convectiva. Foi estudada a influência da desidratação osmótica em solução ternária (água + sacarose + maltodextrina) na secagem convectiva de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill), cv 'Pérola'. Para os pré-tratamentos foram avaliadas a influência da temperatura (43,2 -76,8 °C), concentração de sacarose (43,2-66,7%) e concentração da maltodextrina (0-10%) e como resposta: variação de peso, perda de umidade e incorporação de sólidos e na relação incorporação de sólidos / perda de umidade. Os pré-tratamentos foram otimizados baseados em um planejamento fatorial completo 2³, com pontos centrais e axiais, totalizando 17 ensaios. A influência das variáveis independentes e suas interações sobre as respostas foram analisadas estatisticamente através de análise de variância (ANOVA), teste F e coeficiente de determinação (R²). Verificou-se que estes fatores mostraram efeito significativo sobre as respostas do abacaxi desidratado osmoticamente, dentro das faixas estudadas, sendo os modelos obtidos considerados preditivos para o processo. Foi escolhida uma condição para se proceder a secagem convectiva a qual foi determinada pelo menor valor da relação incorporação de sólidos/perda de umidade. A melhor condição foi à temperatura de 60 °C, concentração de sacarose 55% e concentração de maltodextrina de 5%. A etapa de secagem convectiva das amostras sem tratamento osmótico e desidratadas osmoticamente foi realizada em estufa com circulação forçada de ar, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e velocidade do ar de 2 ms⁻¹. Para o ajuste dos dados experimentais foram utilizados o modelo de Lewis, Henderson & Pabis e Page, sendo este último o que melhor representou os dados experimentais. Observou-se que tanto a temperatura do ar como o tratamento osmótico tiveram influência na secagem convectiva. A avaliação do produto final foi feita mediante análise físico-química de umidade, pH, açúcares redutores totais (ART), sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), relação SST/ATT, cinzas e o teste sensorial de aceitação. Sendo a amostra desidratada osmoticamente na condição de secagem convectiva de 70 °C a mais aceita pelos provadores situando-se entre as categorias de gostei ligeiramente e gostei moderadamente.

Palavras-chave: abacaxi passa, secagem, *Ananas comosus*

ABSTRACT

The aim of this work was to obtain dehydrated pineapple using combined process of osmotic dehydration and convective air-drying. For the osmotic dehydration a ternary solution (water + sucrose + maltodextrin) was used. The effect of temperature (43.2–76.8 °C), sucrose (43.2–66.7 %) and maltodextrin (0–10 %) concentration on responses of weight and moisture loss, solid gain and solid/water loss were investigated. Complete experimental design 2^3 , with central and axial points were used. The influences of the independent variables and its interactions on the responses were analyzed through variance analysis (ANOVA), test F and determination coefficient (R^2). It was verified that the input variable studied showed significant effect on the responses of the osmotic dehydration. The mathematical models obtained were considered predictive for the osmotic dehydration. For the convective air-drying it was chosen the best condition for the samples osmotically dehydrated, with respect to relation between solid gain/moisture content losses. The best condition was at 60 °C with sucrose and maltodextrin concentration of 55 and 5%, respectively. The convective air-drying of samples with and without osmotic treatment were done in an oven with forced air circulation at 50, 60 and 70 °C and air-drying velocity of 2 m s⁻¹. The mathematical models of Lewis, Henderson & Pabis and Page were applied to describe the behavior of the experimental data. According of obtained results the osmotic treatment and the increase of temperature showed a great influence on the convective air-drying of samples. The final product was assessed by means of physical chemical analysis of moisture content, pH, total reducing sugar, total soluble solids, acid value, ashes and sensory analysis of acceptance. The osmotically dehydrated samples dried at 70 °C showed the best sensory analysis.

Keywords: dehydrated pineapple, drying, *Ananas comosus*

1. INTRODUÇÃO

O Brasil pelo seu vasto território apresenta diversas condições de clima e solo que possibilitam o desenvolvimento das mais variadas espécies vegetais de interesse econômico, especialmente as frutículas normalmente consumidas pelo homem.

Neste contexto é o 3º maior produtor de frutas do mundo, com produção de 39 milhões de toneladas em 2004, ficando atrás apenas da China, com 161 milhões de toneladas e da Índia com 58 milhões de toneladas (FAO, 2005). A base agrícola da cadeia produtiva brasileira de frutas abrange 2,2 milhões de hectares, gerando 4 milhões de empregos diretos e um PIB agrícola de US\$ 11 bilhões (IBRAF, 2005).

Apesar do seu grande potencial de produção, o Brasil apresenta também o maior índice de perdas entre os 10 maiores produtores mundiais de frutas, estimadas em 30-50% pela Food and Agriculture Organization (FAO, 2005), enquanto nos países desenvolvidos estas são estimadas entre 5 a 25%. Esses valores representam um descarte aproximado de 15 milhões de toneladas/ano (DI RIENZO, 2001). A redução nas perdas pós-colheita pode significar maior disponibilidade de alimentos com custos mais baixos, uma vez que qualquer perda após a colheita resulta em acréscimo no custo da comercialização (YAMASHITA, 2004).

Como relação ao abacaxi o Brasil é o maior produtor da América do Sul o qual encontra-se disponível no mercado durante o ano inteiro (BOTELHO et al., 2002), onde mais de 90% é consumido in natura, com perdas entre 10 e 15%, e uma produção de 1,8 milhão de toneladas, a qual se tem mantido estável nos últimos anos (AGRIANUAL, 2001).

Entretanto, apesar do Brasil ter na fruticultura um setor de potencial econômico muito grande, está distante de ser considerado um país que trata com eficiência suas frutas após a colheita, apresentando perdas vergonhosas neste período devido ao desconhecimento da fisiologia pós-colheita e de técnicas adequadas para a sua conservação e/ou processamento.

A secagem ou desidratação é uma técnica utilizada desde a antiguidade para a conservação de alimentos, uma vez que a água afeta de maneira decisiva o tempo de preservação dos produtos, influenciando diretamente sua qualidade e durabilidade (LENART, 1996; GREENSMITH, 1998). A remoção parcial ou total de água de um alimento implicará na inibição do crescimento microbiano, na prevenção de reações bioquímicas responsáveis pela deterioração

e em menores custos de transporte, embalagem e estocagem, constituindo um método importante para prolongar a vida útil de diversos produtos (BOLIN et al., 1983; PARK et al., 2002).

Apesar dos aspectos positivos, a remoção de água pode alterar as características sensoriais e o valor nutricional dos alimentos, sendo a intensidade das alterações dependente das condições empregadas no processo de secagem e das características próprias de cada produto. As técnicas convencionais de secagem, que utilizam altas temperaturas, levam, freqüentemente, a alterações que resultam na diminuição da qualidade final de produtos secos, como modificações na textura, na reidratabilidade e na aparência do alimento (NIJHUIS et al., 1998). Frutas desidratadas devem preservar o “flavor” e a cor original, devendo também, preferencialmente, estar livres de antioxidantes ou outros compostos químicos e apresentar textura semelhante ao do produto fresco (MALTINI et al., 1993).

A desidratação osmótica consiste na remoção parcial de água do alimento por meio de seu contato direto com uma solução hipertônica. É um processo que vem sendo amplamente estudado nas últimas décadas. Porém esse processo não é capaz de reduzir a atividade de água dos alimentos em níveis suficientemente baixos que garantam sua estabilidade, dessa forma é usado como um pré-tratamento de vegetais em combinação com outras técnicas de preservação como secagem com ar aquecido, liofilização e secagem a vácuo.

Segundo RIBEIRO (2004) algumas das vantagens de se utilizar à desidratação osmótica comparada ao processo convencional de secagem são: a otimização no uso da energia térmica, capacidade de conferir à fruta maior qualidade à sua textura, permitir a incorporação de solutos, maior retenção de vitaminas, intensificação do flavor e estabilização da cor, além de permitir a criação de um meio desfavorável às reações enzimáticas e ao crescimento microbiológico.

1.1 - Objetivos

1.1.1 - Objetivo geral

Foi objetivo desse trabalho estudar a viabilidade do processo de desidratação osmótica seguida de secagem convectiva de rodela de abacaxi cv. 'Pérola' .

1.1.2 - Objetivos específicos

- ❖ Caracterizar o abacaxi cv. 'Pérola' mediante análises físico-química antes e após a secagem;
- ❖ Estudar a influência da solução ternária (sacarose/maltodextrina/água) em concentrações e temperaturas distintas de processamento sobre a desidratação osmótica de abacaxi 'Pérola';
- ❖ Estudar o processo de desidratação osmótica e determinar a melhor condição em função das respostas de interesse: perda de umidade, incorporação de sólidos, variação de peso, otimizar o processo de desidratação osmótica para o abacaxi cv. 'Pérola' utilizando um planejamento experimental;
- ❖ Estudar a cinética de secagem convectiva do abacaxi cv. 'Pérola' desidratado osmoticamente na melhor condição.
- ❖ Avaliar através de teste de análise sensorial a qualidade do produto final.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Abacaxi

No cenário mundial de frutas, o abacaxi é cultivado em mais de 70 países, e ocupou Segundo dados da FAO (2005) em 2005 a quarta posição de maior produtor no mundo, com uma produção de 1,41 milhão de toneladas, sendo superado apenas pela Tailândia (2,05 milhões de toneladas), Filipinas (1,80 milhão de toneladas) e China (1,46 milhão de toneladas).

A produção brasileira de abacaxi está distribuída principalmente nas regiões Nordeste, Sudeste e Norte, sendo responsáveis por 42,22, 28,72 e 24%, respectivamente. O estado do Pará, com uma participação de 21,33% da produção nacional de abacaxi, destacou-se como o maior produtor brasileiro em 2006, seguido da Paraíba, Minas Gerais, Bahia e Rio Grande do Norte, com uma produção que corresponde a 20,70, 14,68, 8,10 e 6,24%, respectivamente (IBGE, 2007).

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merrill) é uma planta originária da região compreendida entre 15 °N e 30 °S de latitude e 40 °L e 60 °W de longitude, o que inclui a zona central do Brasil, o nordeste da Argentina e o Paraguai (CUNHA et al., 1999). Segundo estudos de distribuição do gênero *Ananas* na Venezuela e na América do Sul, deve-se considerar que seu centro de origem é a região da Amazônia compreendida entre 10 °N e 10 °S da latitude e entre 55 °L e 75 °W de longitude, por se encontrar nessa região o maior número de espécies consideradas válidas até o momento. É uma planta perene, monocotiledônea, pertencente à família *Bromeliaceae*, cujo ciclo varia de 12 a 30 meses. É composta por uma haste central curta e grossa, em cuja volta crescem folhas em forma de calha, estreitas e rígidas, e na qual também se inserem raízes axilares. O sistema radicular é fasciculado, superficial e fibroso, encontrado, em geral, à profundidade de 15 a 30 cm e raramente a mais de 60 cm da superfície do solo. A haste central, ao término do desenvolvimento vegetativo, dá origem à inflorescência, que possui cerca de 150 a 200 flores orientadas em espiral, que se abrem da base para o ápice. A completa floração se dá em 3 a 4 semanas. O fruto, botanicamente denominado sincarpo, é constituído por 100 a 200 frutinhos (bagas), normalmente partenocárpico, fundidos entre si sobre o eixo central (SIMÃO, 1998).

O abacaxi apresenta excelente qualidade organoléptica, decorrente do sabor e aroma característicos que lhe são atribuídos por diversos constituintes químicos, ressaltando os açúcares e os ácidos responsáveis pelo sabor e os compostos voláteis associados ao aroma. Os carotenóides são responsáveis pela coloração amarela da polpa de algumas cultivares, estando, as vitaminas e os minerais, relacionados ao valor nutritivo (GONÇALVES, 2000).

Quando recém colhido contém em média de 80 a 85% de água, 12 a 15% de açúcares, 0,6% de ácidos, 0,4% de proteínas, 0,5% de cinzas, 0,15% de gordura, algumas fibras e várias vitaminas, principalmente A e C (SALUNKE & DESAI, 1984). A sacarose representa em média 66% dos açúcares, correspondentes a teores de 5,9 a 12%, sendo no abacaxi, muito mais importante que os açúcares redutores, glicose de 1,0 a 3,2% e frutose de 0,6 a 2,3%. Ressalta-se, ainda, que o abacaxi é um dos frutos que apresentam maior teor de sacarose. Por outro lado, o amido apresenta-se em valores muito baixos, 0,002% (DULL, 1971).

A acidez do abacaxi é devido, principalmente, aos ácidos cítrico e málico, que contribuem, respectivamente, com 80 e 20% da acidez total (DULL, 1971). No interior do fruto, a acidez aumenta da região basal para a apical, acompanhando o gradiente de maturação. Observa-se que a acidez é muito mais acentuada na região próxima à casca quando comparada ao cilindro central (BOTREL & ABREU, 1994).

É classificado como fruto não climatérico, isto é, só amadurece enquanto estiver ligado à planta. Segundo MEDLICOTT (1986) após a colheita os frutos não climatéricos não melhoram suas qualidades sensoriais e nutricionais, embora ocorra pequena mudança na textura (amaciamento) e perda da coloração verde, não apresentando, portanto, uma mudança súbita na demanda de energia, como ocorre nos frutos climatéricos, responsável pela ascensão na taxa respiratória (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

O ponto de colheita é dependente do destino que será dado à produção, sendo a maturação avaliada, na prática, pela coloração da casca, que passa de verde para amarelada (BOTREL & ABREU, 1994).

De acordo com o PBMH (2003), o abacaxi é classificado em grupo, subgrupo, classe e categoria de qualidade. Quanto ao grupo, o abacaxi é classificado de acordo com a coloração da polpa. O subgrupo está relacionado à coloração externa da infrutescência, sendo discriminado como: verde ou verdoso - frutos que apresentam a casca completamente verde; pintado - frutos com o centro dos frutinhos amarelo; colorido - frutos que apresentam até 50% dos frutinhos

completamente amarelo; amarelo - frutos que apresentam mais de 50% dos frutinhos completamente amarelo. Quanto à classe, o fruto é classificado com relação à sua massa, enquanto a categoria de qualidade estabelece tolerâncias diferentes aos defeitos leves e graves.

As principais cultivares de abacaxi exploradas em todo o mundo são: 'Smooth Cayenne', 'Singapore Spanish', 'Queen', 'Red Spanish', 'Pérola' e 'Perolena', sendo que as cultivares Smooth Cayenne e 'Pérola' lideram o mercado brasileiro. A primeira é bastante explorada no Triângulo Mineiro, enquanto a cv. 'Pérola' é cultivada na região Nordeste e no Estado do Pará. O Estado do Tocantins vêm se destacando na abacaxicultura com o cultivo da cv. Jupi (GONÇALVES, 2000).

Os frutos da cv. 'Pérola' apresentam formato cônico com polpa de coloração branco-'Pérola', muito suculenta e de sabor muito agradável, com valores de textura em torno de 2,4 kgf. Os teores de sólidos solúveis variam entre as porções do fruto, sendo que a região basal apresenta valores sempre superiores às regiões mediana e apical (USBERTI FILHO et al., 1999). Tais valores podem variar entre 13,10 e 15,10 °Brix para frutos maduros (MANICA, 1999). A acidez total titulável varia entre 0,57 e 0,67%, sendo expressa como porcentagem de ácido cítrico, enquanto o pH da polpa se enquadra na faixa de 3,5 a 3,9. Dentre os componentes vitamínicos, destaca-se o ácido ascórbico, com teores médios de 26,6 mg /100g de polpa (USBERTI FILHO et al., 1999).

O abacaxi apresenta grande variação em sua composição química. Diversos autores mencionam que as variações existentes nos valores de pH, acidez total, açúcares totais e sólidos solúveis dependem da variedade cultivada, do estágio de maturação, do clima e da época do ano em que é produzido, entre outros fatores. Alguns dados da composição química do abacaxi são apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Composição da polpa de abacaxi ‘Pérola’ e ‘Smooth Cayenne’ nos estádios verde e maduro

COMPOSIÇÃO	‘Pérola’		Smooth Cayenne	
	Fruto Verde	Fruto Maduro	Fruto Verde	Fruto Maduro
pH	3,60	4,15	3,20	3,70
Sólidos solúveis (°Brix)	11,60	16,20	11,60	18,20
Acidez total (% ácido cítrico)	0,81	0,35	0,96	0,47
Açúcares redutores (%)	2,82	5,06	4,16	5,35
Açúcares totais (%)	9,73	15,01	9,85	16,17
Vitamina C (mg/100g)	32,00	9,00	17,00	10,00

Fonte: BLEINROTH (1978)

2.2. Sacarose e maltodextrina

Os carboidratos são cadeias carbônicas hidratadas $(CH_2O)_n$, onde n é maior ou igual a três. Os carboidratos são divididos em monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos sendo os monossacarídeos a unidade básica dos carboidratos e a fonte de maior parte da energia utilizada pelo organismo animal (VIEIRA, 2002).

Os oligossacarídeos contêm de 2 a 10 monossacarídeos conectados por meio de ligações glicosídicas que ocorrem entre o carbono 1 de uma molécula e o grupo hidroxila ligado ao carbono do outro monossacarídeo. Os oligossacarídeos de importância para os animais são: sacarose, lactose, maltose e isomaltose. A sacarose é um dissacarídeo formado pelos monossacarídeos glicose e frutose ligados entre si por uma ligação glicosídica entre os carbonos 1 da glicose e o carbono 2 da frutose. A sacarose é normalmente encontrada com o nome comercial de sacarose de cana ou açúcar cristal e refinado. A sacarose tem fórmula molecular $C_{12}H_{22}O_{11}$ e massa molar de $342,3 \text{ g mol}^{-1}$. Cristaliza no sistema monoclinico e tem densidade de $1,588 \text{ g L}^{-1}$. Funde a 188°C e

quando o aquecimento é mantido, observa-se lentamente o aparecimento da cor amarela, marrom, até atingir coloração bastante escura. A decomposição da sacarose inicia-se primeiramente pelo rompimento da ligação glicosídica com a formação de uma mistura de pigmentos chamados caramelos (CHEN, 1999). É um açúcar não redutor, obtido principalmente a partir da cana-de-açúcar ou da beterraba açucareira. Dentre os compostos orgânicos naturais, é o que se produz em maior quantidade na forma pura, sendo disponível comercialmente em vários tamanhos de cristais, desde o extremamente fino até o mais grosso (GARCIA et al., 1992).

As dextrinas apresentam muitas aplicações industriais e alimentícias. Na área alimentar, as dextrinas entram no preparo de alimentos, como agente espessante e têm aplicações em cervejarias, panificação, sucos e bebidas à base de cacau, licores destilados, produtos de confeitaria (CEREDA & VILPOUX, 2003).

As dextrinas ou maltodextrinas são polissacarídeos de menor peso molecular, derivados da hidrólise do amido. A degradação pode ser via ácida ou enzimática, ou ainda ocorrer pela combinação destes dois métodos (KERR, 1950). Na sua composição é encontrada uma mistura contendo glicose, maltose, maltotriose e outros sacarídeos, cujo valor de Dextrose Equivalente (DE) é inferior a 20, ou seja, um grau de hidrólise menor que os xaropes de glicose e maltose (ALEXANDER, 1992).

O processo mais simples de hidrólise do amido é a via ácida, em que uma pasta de amido com concentração em torno de 50% em massa seca, recebe ácido, geralmente HCl concentrado, na proporção de 0,1 a 0,2% sobre o peso seco de amido. Esta suspensão é então submetida à ação do calor por período de tempo que depende do processo. Quando é utilizado ácido clorídrico a neutralização é feita com NaOH, resultando em NaCl, que é solúvel e proporciona xarope mais transparente que a hidrólise com ácido sulfúrico. A neutralização com carbonato de cálcio gera gesso (sulfato de cálcio), que é insolúvel. A formação de NaCl, entretanto, tem a desvantagem de proporcionar sabor salgado ao produto e exigir o tratamento em coluna de resina de troca iônica para sua remoção. A hidrólise com ácido sulfúrico exige uma filtração mais fina, porém em compensação, não requer tratamento com resina de troca iônica (CEREDA & VILPOUX, 2003).

2.3. Desidratação osmótica

2.3.1. Definição e características do processo

A remoção de água do alimento se realiza com o fim de diminuir sua atividade de água e assim inibir o desenvolvimento microbiano e as reações de deterioração. Uma das formas mais eficientes para remover água dos alimentos é através da osmose, já que não tem que sofrer uma mudança de estado (BOLIN et al., 1983).

A desidratação osmótica é uma técnica de concentração de sólidos (ou remoção de água) que consiste em submergir frutas ou verduras, em pedaços ou inteiras, numa solução hipertônica composta por açúcares, NaCl, maltodextrinas e outros solutos capazes de gerar uma pressão osmótica alta.

É uma técnica freqüentemente utilizada como pré-tratamento, seguida por um tratamento complementar como secagem com ar aquecido, secagem a vácuo, congelamento, podendo levar a uma melhor qualidade sensorial do produto (MIZRAHI et al., 2001).

Assim durante a desidratação osmótica se originam dois fluxos principais e um terceiro pouco apreciável (Figura 2.1):

- uma importante saída de água desde o produto para a solução;
- uma entrada de soluto desde a solução para o alimento, e
- uma mínima perda de solutos próprios do alimento (açúcares, sais minerais, ácidos orgânicos, outros) que apesar de ser quantitativamente insignificante, pode ter alguma importância em nível nutricional e organoléptico.

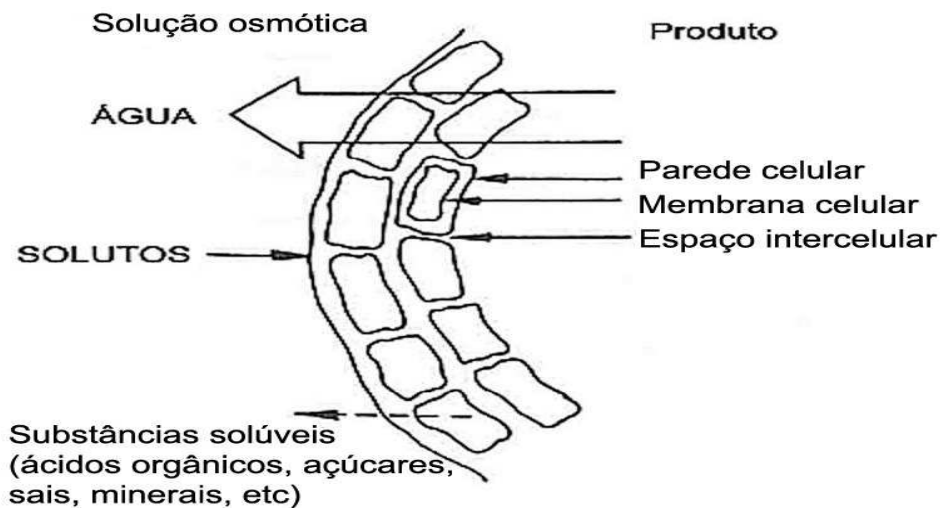


Figura 2.1. Principais fluxos de transferência de massa que ocorrem durante a desidratação osmótica

Fonte:(FIOREZE, 2004)

Segundo PONTING et al. (1966), a desidratação osmótica é eficiente na redução de 30 a 50% do peso do material, pelo motivo de que com o passar do tempo há uma diminuição da taxa de osmose. E, a eficiência desse processo pode ser quantificada por meio de valores de perda de massa, perda de umidade e incorporação de sólidos.

É importante salientar que o pré-tratamento osmótico é descrito como um processo parcial na desidratação de frutas. Após a desidratação por osmose, um método complementar como secagem convencional, congelamento ou pasteurização deve ser utilizado a fim de se obter um produto com boas características de conservação no que diz respeito a sua umidade. Quando combinada à secagem convencional, esse processo permite uma maior retenção da cor natural do produto, preservação de componentes voláteis e minimização do encolhimento e a redução no consumo de energia durante a etapa de secagem (EL-AOUAR et al., 2003).

2.3.2. Vantagens e desvantagens do processo

A desidratação osmótica é um processo que tem limitações, sendo utilizada para produtos com alto teor de umidade inicial, tais como frutas, vegetais, carne, peixe e queijo, onde a água retirada do produto é apenas parcial, não o levando a níveis estáveis de umidade. Sendo assim um processo empregado principalmente como um pré-processamento, para depois ser continuado a desidratação em um processo convectivo com ar quente (FIOREZE, 2004).

As principais vantagens da desidratação osmótica são: inibição do escurecimento enzimático, retenção da cor natural do produto sem a adição de sulfitos, alta retenção dos compostos voláteis durante a posterior desidratação com ar quente e não há mudança de fase no processo, o que significa menor consumo de energia (TORREGGIANI, 1993).

Segundo PONTING et al. (1966) podem se ressaltar como vantagens do pré-tratamento osmótico o tempo reduzido a altas temperaturas, baixas alterações em relação a cor e ao sabor, e a remoção de alguns ácidos que foram substituídos pelos açúcares conferindo assim um sabor mais agradável às frutas.

TORREGGIANI & BERTOLO (2001) apresentam como o grande apelo da impregnação osmótica a intensificação da qualidade nutricional e sensorial dos produtos de fruta, podendo ser uma importante ferramenta para desenvolver novos produtos, agregar valor aos produtos existentes no mercado e preparar frutas com propriedades funcionais.

2.3.3 Variáveis que afetam o processo

As variáveis que influem sobre o processo de desidratação osmótica são: características intrínsecas do alimento, tamanho dos pedaços, tipo de agente osmótico, concentração da solução osmótica, temperatura, pressão, agitação, a razão entre quantidade de alimento e quantidade de solução e o tempo.

O grau de compactação do tecido, atividade enzimática, o estado de maturidade e a cultivar, o conteúdo inicial de sólidos solúveis e insolúveis, espaço intercelular, proporção entre

as diferentes substâncias pécticas e grau de gelificação da pectina são fatores que afetam o grau de desidratação (TORREGGIANI, 1993).

O agente osmótico deve ter uma alta solubilidade, um alto poder de pressão da atividade de água e características organolépticas compatíveis com o alimento (LERICI et al., 1985).

Quando a solução desidratante é constituída de um soluto e o solvente chama-se solução binária; quando há mais de um soluto, chama-se solução de multicomponentes (SACCHETTI et al., 2001).

A utilização de misturas multicomponentes tem sido estudada para melhorar o processo (LERICI et al., 1985). A escolha do soluto depende da taxa de perda de água/ganho de sólidos esperada e das propriedades sensorias do produto.

A concentração e a composição da solução são variáveis que influenciam na perda de água e no ganho de solutos, Neste sentido, RAOULT – WACK et al.(1991) estudaram a influência da concentração e o peso molecular do soluto na perda de água e no ganho de sólido, observaram que em baixas concentrações, o ganho de solutos é maior que a perda da água (efeito de impregnação), mas alcança um máximo, depois do qual o ganho de solutos é muito menor que a perda da água (efeito desidratante) para as mais altas concentrações. Os mesmos autores verificaram que a perda da água se incrementava e o ganho de soluto diminuía com o aumento do peso molecular do soluto.

A impregnação é favorecida por solutos de baixo peso molecular, enquanto que a desumificação é favorecida por solutos de alto peso molecular. Assim, uma solução osmótica à base de cloreto de sódio (NaCl PM = 58,5) será mais eficiente na impregnação do sal no produto, enquanto que uma solução de sacarose ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$: PM = 342) será mais eficiente na desumificação do produto (FIOREZE, 2004).

A transferência de massa, principalmente a perda de água, vê-se favorecida pelo uso de soluções altamente concentradas (LENART & FLINK, 1984).

As taxas de transferência de massa em maçãs desidratadas em diferentes concentrações de sacarose e dextrose foram estudadas por KAYMAK-ERTEKIN & SULTANOGLU (2000) onde observaram que as perdas de peso e de água aumentaram com o aumento da concentração.

Em uma fase inicial do processo, a retirada de água e impregnação do soluto é diretamente proporcional à concentração da solução. Soluções muito concentradas podem causar

um efeito indesejado de mudanças das características no produto final, como excesso de salga, quando o agente osmótico é o cloreto de sódio (FIOREZE, 2004).

A temperatura tem um efeito significativo sobre a desidratação, afetando tanto a taxa osmótica como mudanças bioquímicas. SCHWARTZ et al. (1994) desidrataram por osmose maçã cv. Granny Smith usando diferentes temperaturas e determinaram que à medida que aumenta a temperatura, produz-se uma maior perda de água e peso.

SERENO et al. (2001) trabalhando com cilindros de maçã utilizando soluções binárias de sacarose e cloreto de sódio e soluções ternárias com ambos os solutos em diferentes concentrações e temperaturas concluíram que o aumento da temperatura faz com que a taxa de desidratação aumente.

Temperaturas superiores a 60 °C modificam o tecido, favorecendo os fenômenos de impregnação (LENART & FLINK, 1984).

Baixas condições de vácuo aumenta o ganho de sólidos, possivelmente porque se liberam gases do interior do tecido, deixando o espaço livre para os solutos (HAWKES & FLINK, 1978).

SHI et al. (1995) verificaram a influência de tratamentos a vácuo na perda de água e ganho de sólidos do açúcar no tecido de damasco, morango e abacaxi durante a desidratação osmótica. Eles concluíram que na desidratação osmótica das frutas sob vácuo é possível obter uma taxa mais elevada da perda de água em temperaturas mais baixas da solução.

A desidratação aumenta no início quando se agita a solução (POINTING et al., 1966); posteriormente, a difusão controla a velocidade de saída de água. O efeito favorável da agitação sobre a perda de água pode ser interpretado pela formação de uma camada superficial menos concentrada, isto é, a agitação assegura uma renovação da solução concentrada na superfície da partícula (RAOULT-WACK et al., 1989).

A razão produto-solução representa também uma importante variável do processo de desidratação osmótica. A maior relação fruta-xarope permite manutenção da concentração das soluções osmóticas do início ao final do processo (LAZARIDES, 1994).

A taxa osmótica cresce ao aumentar a razão solução-alimento, mas o efeito é pequeno (BONGIRWAR & SREENIVASAN, 1977).

Na medida em que aumenta o tempo de processamento, se produz uma maior perda de água e um maior ganho de sólidos, no entanto, não convém desidratar além de uma perda de 50% de peso pois, a taxa osmótica diminui no tempo. A principal perda de água ocorre durante as duas

primeiras horas e o maior ganho de sólidos durante os primeiros 30 minutos (RAOULT-WACK et al., 1992).

AZOUBEL & MURR (2003) utilizando desidratação osmótica como pré-tratamento para obtenção de produto seco do pedúnculo de caju, observaram que o tempo teve influência positiva sobre as respostas de perda de peso, perda de água e ganho de sólidos durante o processo.

2.3.4 Trabalhos desenvolvidos com desidratação osmótica

NASSU et al. (2001) avaliando a aceitação global, aparência, aroma, sabor e textura de melão, manga e caju processados por desidratação osmótica, concluíram que os pedúnculos de caju in natura obtiveram notas menores para aceitação se comparados aos processados, enquanto mangas in natura foram mais aceitas do que as processadas e a aceitação de melões in natura e processados foram similar.

Analisando a influência da concentração solução osmótica nas características físico-químicas da banana cv.Prata, SOUSA et al. (2003) concluíram que as características do produto foram influenciadas pela concentração e proporção fruto-xarope do meio osmótico utilizado, como também, pela pressão de trabalho. Sugerindo o tratamento utilizando-se imersão da banana em xarope de sacarose com 65 °Brix e proporção fruto:xarope 1:2 a 65 °C com utilização de vácuo (660 mmHg) por 1 h seguido de secagem em estufa de circulação de ar a 65 °C durante 11 h.

GOULARTE et al. (2000) avaliando as características físicas, químicas e sensoriais de maçã Fuji fisiologicamente maduras e super maduras, osmoticamente desidratadas com solução de 50% de sacarose, maltodextrina e glicose por 6 h e secas a 70 °C até 10% de umidade, verificaram que os agentes osmóticos passaram a fazer parte da composição dos produtos desidratados, alterando as características físicas e químicas em ambos estádios de maturação e

que o rendimento melhorou nos três tratamentos, sendo o melhor com sacarose tanto no rendimento, como na preferência dos consumidores independente do estádio.

LIMA et al. (2004) analisando a estabilidade físico-química, microbiológica e sensorial de melões desidratados osmoticamente a pressão atmosférica 760 mmHg e a vácuo parcial 660 mmHg seguindo de secagem, concluíram que ambos os processos resultou em boa estabilidade durante todo o período de armazenamento.

EL-AOUAR et al. (2003) estudando a cinética e modelagem do processo de desidratação osmótica de mamão Formosa, a 30 °C com agitação de 110 rpm, utilizando solução de sacarose a 70 °Brix com ácido cítrico e solução de sacarose a 70 °Brix com ácido láctico, verificaram que a cinética revelou que a solução contendo ácido cítrico apresentou valor de perda de água as 48 h do processo ligeiramente superior ao encontrado para a solução contendo ácido láctico, apresentando também comportamento contrário para o ganho de sólidos.

AZEREDO & JARDINE (2000) aplicando a tecnologia de métodos combinados em abacaxi *Smooth cayenne*, em que a redução da atividade de água foi combinada a redução de pH e uso de conservantes e utilizando revestimentos comestíveis para minimizar a incorporação de sólidos e máxima perda de água, tendo como agente a sacarose, obtiveram com condição ótimas do processo a fruta com alginato de sódio, na temperatura de 42 a 47 °C em xarope de 66–69 °Brix por 220 a 270 min determinadas pela metodologia de superfície de resposta. O produto obtido sob condições otimizadas foi submetido a avaliação sensorial de aceitação, tendo apresentado boa aceitação geral.

UDDIN & HAWLADER (1990) secaram amostras de abacaxi in natura e submetidas ao processo de desidratação osmótica com 5,0 a 20,0 mm de espessura, em temperaturas entre 50 a 80 °C; em qualquer um dos experimentos não foi observado o período de taxa constante de secagem. Os coeficientes de difusão efetiva das amostras secas (pré-tratadas ou não) aumentaram à medida que a espessura da amostra foi maior. Os autores concluíram que este comportamento pode ter ocorrido porque as amostras mais espessas desenvolveram estruturas internas diferentes das amostras mais finas durante a secagem devido ao encolhimento.

NICOLETI et al. (2001) também secaram amostras de abacaxi in natura e submetidas ao processo de desidratação osmótica, na forma de fatias de 10 mm de espessura. As velocidades do gás de secagem utilizadas estiveram entre 1,5 e 2,5 m s⁻¹. A temperatura foi controlada de duas maneiras: por meio do controle do gás de secagem (40 a 70 °C) e por meio do controle da temperatura do produto (35 a 50 °C). Os autores também não verificaram o período da taxa constante de secagem, indicando que a difusão foi o mecanismo dominante no transporte de umidade nas fatias de abacaxi. As curvas de secagem a 35 e a 50 °C, quando a temperatura do processo foi controlada pela temperatura da amostra, foram similares às curvas a 50 e 70 °C (controle feito pela temperatura do gás de secagem), respectivamente, para a mesma velocidade do gás de secagem. O controle da temperatura na fatia permitiu que a temperatura do gás de secagem pudesse ser elevada no início do processo, quando a umidade do material está alta; à medida que a secagem avança, a temperatura do agente secante vai diminuindo, pela gradual redução de umidade da amostra. A vantagem desse tipo de controle é que no fim da secagem, a temperatura do gás tende a se aproximar à temperatura do sólido, prevenindo assim danos na amostra devido ao calor.

VÉLEZ-RUIZ et al. (2000) realizaram um estudo da secagem de fatias de abacaxi cv. Smooth Cayenne, pré-tratados osmoticamente ou não, com 1,0 cm de espessura ($\pm 0,1$ cm) e 10 cm de diâmetro, em temperaturas entre 65 e 85 °C, atividades de água: 0,97 (33 °Brix); 0,98 (24 °Brix); 0,99 (11°Brix) e velocidades de ar entre 0,55 e 1,6 m s⁻¹. A secagem foi realizada até atingir-se uma atividade de água final de 0,70 ou 0,45 g umidade/ g sólido seco. A curva de secagem do abacaxi in natura exibiu um breve período de taxa constante e um período de taxa decrescente. Já o abacaxi pré-tratado exibiu uma curva de secagem com apenas um período de taxa decrescente. A isoterma de dessorção para o abacaxi ajustou-se muito bem ao modelo de GAB.

KAYMAK-ERTEKIN & SULTANOGLU (2000) estudaram a desidratação osmótica de maçã em soluções de sacarose, dextrose e a combinação sacarose + dextrose, para diferentes temperaturas. Os resultados obtidos mostraram que o aumento da concentração e temperatura provocaram um aumento na perda de água do material. Os autores observaram também que a solução composta de sacarose + dextrose apresentou maiores perdas de água quando a concentração de dextrose foi aumentada.

2.4. Secagem

Segundo SILVA (1995) a secagem é uma operação unitária em que a umidade de um material sólido é retirada pela ação de uma fase gasosa insaturada e por meio de mecanismos de vaporização térmica. Normalmente a umidade a ser removida do sólido é água, podendo esta estar na forma de água líquida ou no estado vapor. Para a sua remoção, a fase gasosa insaturada mais comumente utilizada é o ar.

A secagem é um processo de transferência de energia e massa entre o produto e o ar, em que um fluxo de ar aquecido passa através da camada do produto evaporando a água existente. Este processo pode envolver três meios de transferência de calor: convecção, condução e radiação. A transferência de calor por convecção é o meio utilizado em grande escala na secagem comercial que consiste na migração de umidade do interior para a superfície do produto, de onde se evapora para o ambiente (AKYILDIZ et al., 2004).

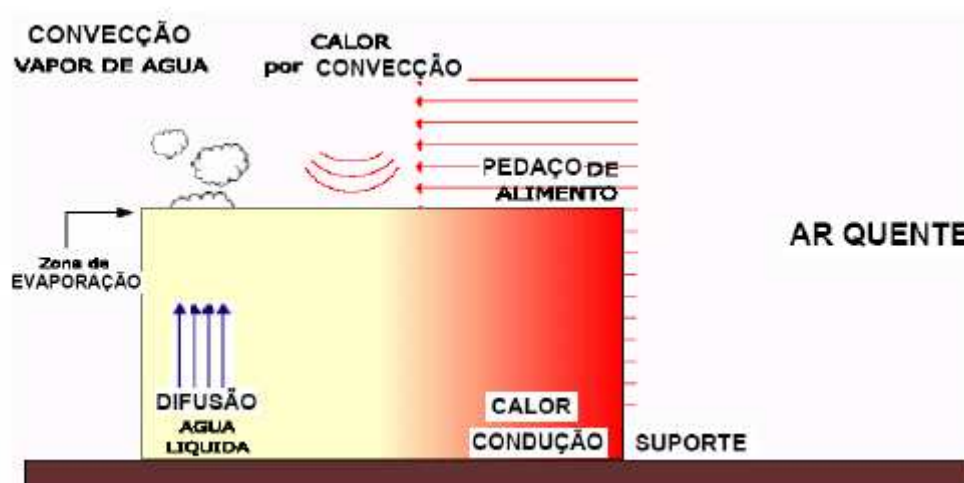


Figura 2.2. Principais fluxos de transferência de massa que ocorrem durante a secagem

A secagem é o processo comercial mais utilizado para a preservação da qualidade dos produtos agrícolas. Consiste na remoção de grande parte de água inicialmente contida no produto logo após a sua maturidade fisiológica, a um nível máximo de teor de umidade no qual possa ser armazenado por longos períodos, sem que ocorram perdas significativas.

A conservação pela secagem baseia-se no fato de que os microrganismos, as enzimas e todo o mecanismo metabólico necessitam de certa quantidade de água para suas atividades. Com a redução da água disponível, conseqüentemente serão reduzidas a atividade de água e a velocidade das reações químicas no produto, bem como o desenvolvimento de microrganismos (CHRISTENSEN & KAUFMANN, 1974).

As vantagens de se utilizar o processo de secagem são várias, desde a facilidade na conservação do produto até a estabilidade dos componentes aromáticos à temperatura ambiente por longos períodos de tempo. Outras vantagens são: a proteção contra degradação enzimática e oxidativa, redução do seu peso, dispensa de refrigeração durante o transporte e armazenagem, disponibilidade do produto durante qualquer época do ano e agregação de valor ao produto (DOYMAZ, 2004). De acordo com ROSSI & ROA (1980), a principal vantagem da secagem comparada com outros métodos de preservação - tais como refrigeração, irradiação, apertização e tratamentos químicos - é baseada no baixo custo e na simplicidade da operação.

As características específicas de cada produto, associadas às propriedades do ar de secagem e ao meio de transferência de calor adotado, determinam diversas condições de secagem. Entretanto, a transferência de calor e de massa entre o ar de secagem e o produto é fenômeno comum a qualquer condição de secagem. O processo de secagem, baseado na transferência de calor e de massa, pode ser dividido em três períodos (PARK et al., 2001).

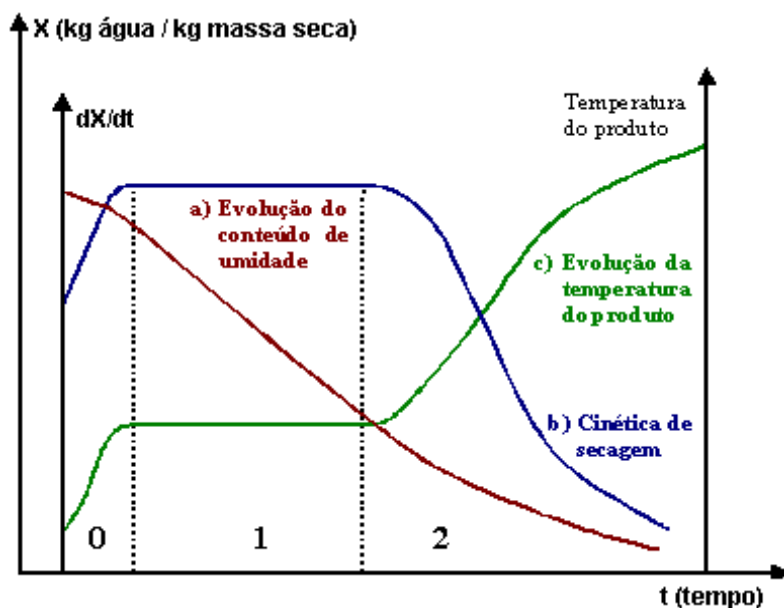


Figura 2.3. Evolução da umidade, temperatura e velocidade de secagem ao longo do tempo (Fonte: PARK et al., 2001)

O primeiro período “0” representa o início da secagem. Nesse, ocorre uma elevação gradual da temperatura do produto e da pressão interna de vapor de água. Essas elevações prosseguem até o ponto em que a transferência de calor seja equivalente à transferência de massa (água). O primeiro período representa uma estabilização, durante o qual as condições da superfície do sólido entram em equilíbrio com o ar de secagem. A duração deste período é pequena, se comparada ao tempo total de desidratação.

O segundo período “1” caracteriza-se pela taxa constante de secagem. A água evaporada é a água livre. São as transferências de calor e de massa na interface ar-produto que governam a secagem. Enquanto houver quantidade de água suficiente na superfície do produto para acompanhar a evaporação, a taxa de secagem será constante. Como esta água é evaporada da superfície, ela é substituída pela água que migra do interior do sólido para superfície. A velocidade de evaporação da água contida na superfície equilibra a velocidade da transferência de calor do ar para a superfície, existindo então um estado de equilíbrio. Esse estado persiste enquanto o movimento da água para a superfície for suficiente para mantê-la em condições de saturação. Há um decréscimo no diâmetro dos poros e capilares e, conseqüentemente, um decréscimo de volume do produto aproximadamente igual ao volume da água evaporada.

No terceiro período “2”, a taxa de secagem é decrescente. A temperatura do produto atinge valores superiores à temperatura de bulbo úmido. A quantidade de água presente na superfície do produto é menor, reduzindo-se, portanto, a transferência de massa. A transferência de calor não é compensada pela transferência de massa; o fator limitante nessa fase é a redução da migração de umidade do interior para a superfície do produto. Nesse terceiro período, há uma queda na velocidade de secagem. A temperatura na superfície do sólido aumenta e aproxima-se da temperatura do ar. O processo de desidratação é encerrado quando a umidade do produto estiver em equilíbrio com a umidade do ar.

Segundo ROSSI & ROA (1980) dependendo do produto que se está secando, a umidade pode movimenta-se no seu interior por mecanismos diferentes. Dentre os diversos mecanismos prováveis, tem-se:

- Difusão líquida: a definição deste termo foi introduzida por Lewis e assume que a taxa de transferência de umidade é proporcional ao gradiente de concentração de umidade dentro do processo.

- Difusão de vapor: ocorre devido ao gradiente de pressão de vapor causando pelo gradiente de temperatura.
- Escoamento de líquido e de vapor: ocorrem devido a diferença de pressão externa, de concentração, capilaridade e alta temperatura. Todas estas considerações, tais como: conteúdo inicial de umidade do material, conteúdo final de umidade que o material pode chegar (umidade de equilíbrio), como a água está relacionada com a estrutura do sólido e como o transporte de água é feito do interior à superfície do sólido durante a secagem, servem para fundamentar o fenômeno de secagem.

Para descrever o processo de secagem no período de taxa decrescente, utilizam-se modelos matemáticos chamados de modelos teóricos, semi-teóricos e empíricos

2.4.1. Produto seco

Segundo ABIA (1985), define-se como fruta seca o produto obtido através de perda parcial da água da fruta madura, inteira ou em pedaços, por processos tecnológicos adequados. O produto é indicado simplesmente pelo nome da fruta que lhe deu origem seguida da palavra seca. Os produtos com mais de uma espécie de fruta terão a designação de frutas secas mistas, seguida do nome das frutas componentes. Pode-se, também, usar a palavra "passa" em lugar de seca: uva-passa, por exemplo. O produto deverá ser preparado com frutas maduras, limpas, isentas de matéria terrosa, de parasitas, de detritos animais e vegetais. Não deve conter substâncias estranhas à sua composição natural. É tolerada a imersão das frutas em solução de cloreto de sódio, hidróxido de sódio ou carbonato de sódio de acordo com as exigências da técnica de fabricação. As frutas secas ou dessecadas não podem apresentar fermentação.

2.5. Planejamento experimental

A falta de um planejamento experimental muitas vezes é a causa do insucesso de uma investigação, sendo raros os pesquisadores que pensam em estatística antes de realizar seus experimentos. Através de planejamentos experimentais baseados em princípios estatísticos pode-se extrair do sistema em estudo o máximo de informações úteis, fazendo um mínimo de experimentos (AZOUBEL, 2003).

A essência de um bom planejamento consiste em projetar um experimento de forma que ele seja capaz de fornecer exatamente o tipo de informação que se procura. Para isso, é preciso definir claramente que objetivo se pretende alcançar com os experimentos, porque isso determinará que tipo de planejamento experimental deve ser utilizado. Os métodos de planejamento experimentais mais conhecidos para otimizar processos são o Simplex, o planejamento fatorial e o método de análise por superfície de resposta (BARROS NETO et al., 1995).

Quando o objetivo principal do pesquisador é otimizar o seu sistema, isto é maximizar ou minimizar algum tipo de resposta, uma técnica conveniente para isso é o método de análise de superfície de resposta, o qual tem como base o método de planejamento fatorial (BOX et al., 1978).

A Metodologia de Superfície de Resposta (ou RSM, “Response Surface Methodology”) (BOX et al. 1978) é constituída de duas etapas distintas: modelagem e deslocamento. Essas etapas são repetidas tantas vezes quantas forem necessárias com o objetivo de atingir uma região ótima (máxima ou mínima) da superfície investigada. A modelagem normalmente é feita ajustando-se modelos lineares ou quadráticos a resultados experimentais obtidos no planejamento experimental. O deslocamento ocorre sempre ao longo do caminho de ascensão máxima de um determinado modelo, que é a trajetória na qual a resposta varia de forma mais pronunciada (BARROS NETO et al., 1995). O principal atrativo dessa metodologia é a redução do número de ensaios necessários para se avaliar a influência dos fatores sobre as respostas do processo.

2.6. Análise sensorial

Através da análise sensorial pode-se determinar a aceitabilidade e a qualidade dos alimentos, com auxílio dos órgãos humanos dos sentidos. A avaliação sensorial é efetuada de maneira científica, utilizando-se os sentidos de um painel sensorial, integrado por um grupo de pessoas, especialmente treinadas para analisar as diferentes características organolépticas dos alimentos (TEIXEIRA, 1987).

A complexa sensação que resulta da interação de nossos sentidos é usada para medir a qualidade do alimento em programas de controle de qualidade, onde uma equipe pode dar respostas que indicarão: a preferências do consumidor, diferenças e preferências entre amostras, seleção do melhor processo e determinação do grau ou nível de qualidade do produto. A análise sensorial pode ainda auxiliar no desenvolvimento de novos produtos (MORAES, 1988).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEAg) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Campina Grande, PB e no Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Tecnologia CENTEC Cariri, em Juazeiro do Norte, CE.

3.1. Matéria-prima

Os abacaxis cv. Pérola, no estágio de maturação amarelo (mais de 50% de frutinhos completamente amarelo), livres de defeitos fisiológicos e infecções causadas por microrganismos foram adquiridos no mercado de frutas do Pirajá, em Juazeiro do Norte, CE, provenientes do município de Sapé, PB.

Os agentes osmóticos utilizados no processo foram a maltodextrina e o açúcar de cana cristalizado granulado, adquiridos no mercado varejista de Campina Grande, PB.

3.2. Planejamento experimental

O planejamento experimental foi utilizado para estudar os efeitos das variáveis: Temperatura de osmose ($^{\circ}\text{C}$); concentração de sacarose (%), concentração da maltodextrina (%), sobre as respostas (variação de peso, perda de umidade, incorporação de sólidos) na desidratação osmótica de abacaxi 'Pérola' em solução ternária de água + sacarose + maltodextrina. Foi realizado um planejamento fatorial completo 2^3 , com pontos centrais (nível 0). Como o modelo linear não foi significativo o planejamento foi ampliado com pontos axiais (níveis $\pm \alpha$). Dessa forma, cada fator foi estudado em 5 níveis, conforme a Tabela 3.2. Os pontos centrais servem para estimar o erro experimental e determinar a precisão da equação polinomial. Os pontos axiais são utilizados para ampliar o modelo linear, tornando-o quadrático. O valor de α é função do número de variáveis independentes (N), sendo definido pela Equação 3.1 conforme BARROS NETO et al., 1995).

$$\alpha = \pm (2^N)^{1/2} \quad (3.1)$$

Como foram analisadas três variáveis independentes, o valor de α é 1,68.

O planejamento requer a execução de um número mínimo de experimentos. Neste estudo, foram realizados 17 ensaios (Tabela 3.1), sendo 8 fatoriais (combinações entre os níveis ± 1), 3 centrais (três variáveis independentes no nível 0) e 6 axiais (uma variável independente no nível $\pm \alpha$ e as outras, em 0), gerando um modelo quadrático, onde o valor das variáveis dependentes (variação de peso, perda de umidade, incorporação de sólidos) é função das variáveis independentes (temperatura de osmose, °C, concentração de sacarose, %, concentração da maltodextrina, %), conforme descreve a Equação 3.2.

$$\varphi = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_{11} T^2 + \beta_2 S + \beta_{22} S^2 + \beta_3 M + \beta_{33} M^2 + \beta_{12} TS + \beta_{13} TM + \beta_{23} SM + \beta_{123} TSM \quad (3.2)$$

Para a análise dos dados experimentais obtidos, bem como elaboração dos modelos, foi utilizado o software STATISTICA 5.0. (STATSOFT, 1997) Considerado preditivo o modelo que apresentou regressão significativa, ao nível de confiança de 95%, falta de ajuste não significativa e alto valor do coeficiente de determinação R^2 (% de variação explicada).

Tabela 3.1- Níveis codificados das variáveis para os ensaios

Número de Ensaio	Temperatura de Osmose (°C)	Concentração da Sacarose (%)	Concentração da Maltodextrina (%)
1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	-1	-1
5	-1	+1	+1
6	+1	-1	+1
7	-1	-1	+1
8	+1	+1	+1
9	-1,68	0	0
10	+1,68	0	0
11	0	-1,68	0
12	0	+1,68	0
13	0	0	-1,68
14	0	0	+1,68
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0

Tabela 3.2- Níveis decodificados das variáveis

Variável	-α	-1	0	+1	+α
Temperatura (°C)	43,2	50	60	70	76,8
Concentração da Sacarose (%)	43,23	48	55	62	66,77
Concentração da Maltodextrina (%)	0	2	5	8	10

As respostas de interesse foram assim definidas:

Incorporação de sólidos – calculada através de um balanço de massa de sólidos do processo:

$$IS(\%) = \frac{Bf * Mf - Bi * Mi}{Mi} * 100 \quad (3.3)$$

Perda de umidade – com base no peso inicial do material:

$$PU(\%) = \frac{Uf * Mf - Ui * Mi}{Mi} * 100 \quad (3.4)$$

Variação de peso – calculada pela seguinte equação:

$$VP(\%) = \frac{Mf - Mi}{Mi} * 100 \quad (3.5)$$

em que:

VP - variação de peso (%)

Mi - massa inicial (g)

Mf - massa final (g)

PU - perda de umidade (%)

U_i - teor inicial de umidade (% bu)

U_f - teor final de umidade (% bu)

IS - incorporação de sólidos (%)

B_i - teor inicial de sólidos solúveis totais contidos no material (°Brix)

B_f - teor final de sólidos solúveis totais contidos no material (°Brix)

3.3. Processamento

Na Figura 3.1 observa-se os procedimentos realizados na obtenção dos abacaxis passas.

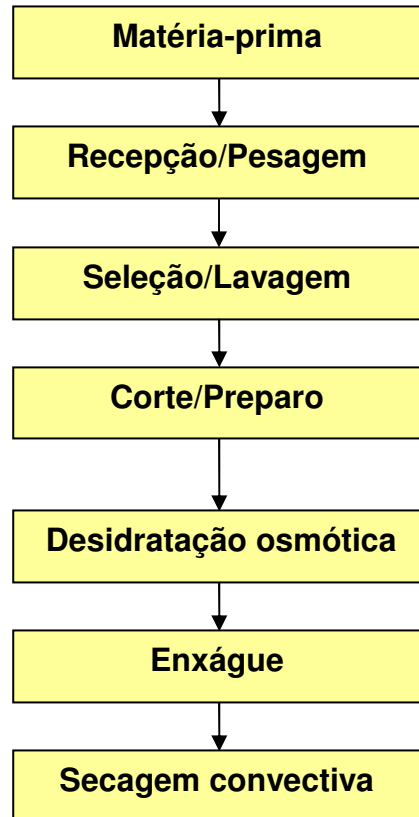


Figura 3.1. Fluxograma do processamento

Os abacaxis foram recepcionados e pesados para efeito de controle de rendimento, após esta etapa, recepção/pesagem foram rigorosamente lavados com detergente e água clorada a 100

ppm de cloro ativo, com a finalidade de retirar as impurezas e sujeiras provenientes do manuseio durante a colheita, transporte e comercialização.

Em seguida foram selecionados manualmente com a finalidade de padronizar os frutos para o processamento. Depois foram descascados e cortados em rodela de 2 cm de espessura, retirando a parte central (miolo), utilizando para isto, uma faca de aço-inoxidável e um paquímetro.

Para a preparação dos xaropes, os agentes foram adicionados à água sob agitação manual com auxílio de aquecimento.

Após o corte, as rodela dos abacaxis foram colocadas em um tacho de aço-inoxidável com aquecimento controlado, contendo as soluções ternárias de água, sacarose e maltodextrina conforme planejamento fatorial, por um período de 240 min, com agitação de 180 rpm, de forma que a relação da fruta/solução fosse de 1-4. Depois desse período as soluções foram drenadas e os frutos foram enxaguados para retirada do excesso de solução. Em seguida foi realizada a secagem convectiva dos abacaxis sem tratamento osmótico e os desidratados osmoticamente, em uma estufa nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e velocidade do ar de secagem 2 m s⁻¹, até que atingisse uma umidade final de 10%.

3.4. Determinações analíticas

Antes e depois do processo realizaram-se as determinações físico-químicas em triplicatas de acordo com os procedimentos descritos a seguir.

3.4.1. Umidade

A umidade foi determinada utilizando o método da AOAC (1992) para frutas. As amostras foram trituradas e colocadas em cadinhos de alumínio previamente tarados. Aproximadamente 1 g da amostra foi pesada e colocada em estufa a vácuo (Marca Heraeus VT 6025) a pressão 620 mmHg por um período de 5 h à temperatura de 70 °C. Os resultados foram expressos em %.

3.4.2. Açúcares redutores totais (ART)

Para a determinação de açúcares redutores totais foi utilizado o método Lane e Eynon (RANGANNA, 1977). Os resultados foram expressos em %.

3.4.3. Cinzas

Para a determinação de cinzas foi utilizado o método gravimétrico. Os resultados foram expressos em % (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

3.4.4. Sólidos solúveis totais (SST)

Para a determinação de sólidos solúveis totais foi utilizado um refratômetro de bancada (A.Kruss 970462) e os resultados foram expressos em °Brix a 20 °C.

3.4.5. pH

O pH foi determinado pelo método potenciométrico em pHmetro (Knick pH-Meter 766), previamente calibrado com soluções tampões de 7,0 e 4,1 à temperatura de 20 °C (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

3.4.6. Acidez total titulável (ATT)

A determinação da acidez foi baseada no método de Mohr, através da titulação de neutralização direta, sendo expressa em % de ácido cítrico (RANGANNA, 1977).

3.4.7. Vitamina C

A vitamina C foi determinada pelo método espectrofotométrico com 2-6 diclorofenol-Indofenol, em Espectrofotômetro FEMTO 432 com comprimento de onda de 512 nm a 20 °C (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

3.5. Secagem

A secagem dos abacaxis com e sem e tratamentos osmótico foi realizada em estufa com circulação forçada de ar modelo Heraus UT 12 (Figura 3.2) nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e velocidades do ar de secagem de 2 m s⁻¹, com o intuito de avaliar a eficiência do processo combinado. Amostras contendo uma rodela de abacaxi foram identificadas individualmente e distribuídas em bandejas metálicas, com peso previamente conhecido, pesado em intervalos de 30 em 30 minutos durante as primeiras horas do processo e depois de 1 em 1 hora até o final do processo. O conjunto (bandeja + amostra) foi levado à estufa de secagem (Figura 3.2) e a perda de água em função do tempo foi obtida por pesagens descontínuas do conjunto em balança digital com precisão de ± 0,01 g até peso constante. Cada análise foi realizada em duplicata.

A.

B.



Figura 3.2. Estufa com circulação forçada de ar, fechada (A) e aberta (B).

3.5.1 Razão de umidade

Com os dados das pesagens das amostras durante a secagem foram calculadas as razões de umidade ou umidade adimensional (Equação 3.6).

$$RU = \frac{X - X_e}{X_o - X_e} \quad (3.6)$$

em que:

RU – razão de umidade ou umidade adimensional

X – umidade “absoluta” (base seca)

X_o – umidade inicial (base seca)

X_e – umidade de equilíbrio (base seca)

3.5.2. Modelos matemáticos

Para o ajuste matemático das curvas de secagem do abacaxi com e sem tratamentos osmótico, foram utilizadas as equações de Lewis, Page e Henderson & Pabis (Equações 3.8 a 3.9). Os dados foram ajustados aos modelos experimentais por regressões não-lineares, empregando-se o método numérico de estimação Quasi-Newton, utilizando-se o programa computacional STATISTICA versão 5.0. (STATSOFT, 1997)

Como critério de avaliação, quanto ao ajuste dos modelos, adotou-se o coeficiente de determinação (R^2). e o desvio médio relativo (P), que é definido como a diferença relativa entre os valores experimentais e preditos (Equação 3.7), sendo considerado preditivo o modelo que apresentar valores de P menores que 10% (LOMAURO et al.,1985).

$$P = \frac{100}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{|(V_p - V_o)|}{V_p} \quad (3.7)$$

em que:

P - desvio relativo médio (%)

V_p - valores preditos pelo modelo;

V_o - valores obtidos experimentalmente.

n - número de observações.

Lewis

$$RU = \frac{X - X_e}{X_o - X_e} = \exp(-kt) \quad (3.8)$$

Page

$$RU = \frac{X - X_e}{X_o - X_e} = \exp(-kt^n) \quad (3.9)$$

Henderson & Pabis

$$RU = \frac{X - X_e}{X_o - X_e} = a \exp(-kt) \quad (3.10)$$

em que:

RU - razão de umidade (adimensional)

a - constante do modelo (adimensional)

k - constante do modelo

t - tempo (min)

n - constante adimensional de secagem

3.6 Análise sensorial

Todos os ensaios foram submetidos a testes sensoriais de comparação múltipla, utilizando uma escala hedônica de 9 pontos (9 = gostei extremamente e 1 desgostei extremamente). Os atributos avaliados foram aparência, aroma, sabor e textura. A ficha utilizada na análise sensorial das amostras encontra-se no apêndice.

As amostras foram servidas em pratos descartáveis de plástico de cor branca, sob iluminação ambiente e codificadas com números de 3 dígitos, escolhidos ao acaso, para que os provadores não sofressem influência do meio externo. As amostras foram apresentadas de forma balanceada para que aparecessem em cada posição em igual número de vezes. Foram recrutados 30 provadores da Faculdade de Tecnologia CENTEC Cariri. Os dados obtidos no teste de aceitação foram analisados estatisticamente usando ANOVA (análise de variância) e teste de Tukey a 5% de significância.

3.7 Análises estatísticas dos resultados

Com vista à otimização do processo, as respostas obtidas para todos os ensaios foram avaliadas quanto aos efeitos principais e as interações entre fatores através do programa Statistica, versão 5.0. (STATSOFT, 1997)

Os resultados das determinações analíticas das amostras com tratamento osmótico e sem tratamento osmótico na melhor condição do planejamento e as análises sensoriais foram analisadas utilizando o programa Assistat, versão 7.0 (SILVA & AZEVEDO, 2002).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização da matéria-prima

O abacaxi foi caracterizado de acordo com os métodos descritos no item 3.4. Através dos resultados da Tabela 4.1 e com os resultados obtidos na literatura, verifica-se que o conteúdo de umidade, açúcares redutores totais, acidez total, cinzas, encontra-se próximos aos descritos por SALUNKE & DESAI (1984) e BLEINROTH (1978).

A quantidade de vitamina C encontrada foi de 17,3 g/100g, resultado abaixo que os relatados por USBERTI FILHO et al. (1999).

Segundo CAMPOS (1993) a elevada influência de fatores com cultivar, grau de maturação, condições climáticas e porção da fruta pode explicar a discrepância encontrada por diferentes pesquisadores para determinados componentes do fruto.

Tabela 4.1. Resultados da caracterização físico-química do abacaxi pérola in natura

Componentes	Teores e Desvio Padrão
Umidade (%)	83,82 ± 0,80
Açúcares redutores totais (%)	14,5 ± 0,6
Acidez total titulável(Ácido. cítrico %)	0,64 ± 0,08
Sólidos solúveis totais (°Brix – 20 °C)	13,7 ± 0,88
Ph	3,8 ± 0,1
Cinzas (%)	0,04 ± 0,02
Vitamina C (mg/100g)	17,3 ± 2
Relação SST/ATT	21,40

4.2. Desidratação osmótica

A desidratação osmótica do abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina) de acordo com o planejamento experimental proposto, encontra-se na Tabela 4.2 para as variáveis de resposta: variação de peso (VP%), perda de umidade (PU%) e incorporação de sólidos (IS%) e o adimensional incorporação de sólidos (IS%)/perda de umidade (PU%). A partir desses dados, foram construídos gráficos de superfícies de resposta e curvas de nível para encontrar o melhor ponto de desidratação osmótica para o abacaxi cultivar 'Pérola'.

Tabela 4.2 – Ensaios realizados no planejamento experimental fatorial 2³ com pontos centrais e axiais

Ensaio	T (°C)	S (%)	M (%)	VP %	PU %	IS %	IS/PU
1	(-1)50,0	(-1)48,0	(-1)2,0	-24,78	32,99	8,21	0,24
2	(-1)50,0	(+1)62,0	(-1)2,0	-26,31	42,83	16,52	0,38
3	(+1)70,0	(-1)48,0	(-1)2,0	-22,64	40,08	17,44	0,43
4	(+1)70,0	(+1)62,0	(-1)2,0	-25,00	42,76	17,76	0,41
5	(-1)50,0	(-1)48,0	(+1)8,0	-23,01	29,61	6,60	0,22
6	(-1)50,0	(+1)62,0	(+1)8,0	-25,1	38,11	13,01	0,34
7	(+1)70,0	(-1)48,0	(+1)8,0	-27,99	45,27	17,28	0,38
8	(+1)70,0	(+1)62,0	(+1)8,0	-31,98	50,49	18,51	0,36
9	(-1,68)43,2	(0)55,0	(0)5,0	-25,01	43,83	18,82	0,42
10	(+1,68)76,8	(0)55,0	(0)5,0	-26,02	40,66	14,64	0,36
11	(0)60,0	(-1,68)43,2	(0)5,0	-20,00	30,06	10,06	0,33
12	(0)60,0	(+1,68)66,8	(0)5,0	-32,00	49,41	17,41	0,35
13	(0)60,0	(0)55,0	(-1,68)0,0	-19,66	25,68	6,02	0,23
14	(0)60,0	(0)55,0	(+1,68)10,0	-32,01	43,35	11,34	0,26
15	(0)60,0	(0)55,0	(0)5,0	-41,58	48,28	5,9	0,12
16	(0)60,0	(0)55,0	(0)5,0	-42,82	48,75	5,93	0,12
17	(0)60,0	(0)55,0	(0)5,0	-42,23	47,12	4,89	0,10

T - temperatura de osmose; S - concentração de sacarose; M - concentração de maltodextrina; VP - variação de peso; PU - perda de umidade; IS - incorporação de sólidos

Com base nos resultados contidos na Tabela 4.2 foram estudados os efeitos das variáveis independentes sobre as variáveis de resposta.

4.2.1. Variação de peso

A partir dos dados apresentados na Tabela 4.2, obteve-se os valores dos efeitos principais e os de interação de cada variável para a variação de peso. Na Tabela 4.3 visualizamos os valores dos efeitos principais juntamente com os efeitos de interação de cada variável estudada.

O efeito estimado representa o quanto um fator influencia uma resposta, ou seja, quanto maior for o valor do efeito estimado, maior é sua influência na resposta. Um efeito positivo indica que ao passar de um valor mínimo para um valor máximo da variável há um aumento na resposta. Caso contrário, ocorre quando há um efeito negativo, a resposta diminui quando se passa de um valor mínimo para um valor máximo.

Tabela 4.3. Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística, para cada fator no modelo decodificado para variação de peso em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina)

Fator	Efeito	Erro Puro	Significância Estatística (p)
Média global	-42,14	0,3574	0,0001
Temperatura (L)	-4,19	0,3357	0,0064
Temperatura (Q)	10,99	0,3695	0,0011
Sacarose (L)	-4,50	0,3357	0,0055
Sacarose (Q)	11,11	0,3695	0,0011
Maltodextrina (L)	-1,62	0,3357	0,0404
Maltodextrina (Q)	11,33	0,3695	0,0011
Temperatura (L) x Sacarose (L)	-0,68 ^{ns}	0,4386 ^{ns}	0,2599 ^{ns}
Temperatura (L) x Maltodextrina (L)	-3,83	0,4386	0,0129
Sacarose (L) x Maltodextrina (L)	-0,55 ^{ns}	0,4386 ^{ns}	0,3382 ^{ns}

^{ns} valores não significativos; R² = 0,9458; (L) – Linear; (Q) - Quadrático

Na desidratação osmótica das rodela de abacaxi pérola, observa-se que os efeitos das variáveis estudadas foram todos significativos a 5% de probabilidade, com exceção das

interações temperatura x sacarose e sacarose x maltodextrina, todos os outros termos foram utilizados no modelo de predição. Observa-se, também, que coeficientes do termo quadrático, foram as variáveis que mais influenciaram a resposta, sendo 11,33, 11,11 e 10,99% para maltodextrina, sacarose e temperatura, respectivamente. A média global dos tratamentos indica uma variação de peso de -42,14%. Verifica-se uma contribuição negativa nos termos lineares, como também na interação , temperatura x maltodextrina.

Pode-se perceber pelos dados da Tabela 4.3, que ao variar a temperatura de 50 °C para 70 °C a variação de peso diminui -4,19% e ao variar a concentração de sacarose de 48% para 62% a variação de peso diminui -4,5%. Já a passagem de 2% para 10% na concentração de maltodextrina no xarope osmótico a variação de peso diminui em -1,62%.

CORZO & GOMEZ (2004) otimizaram o processo de desidratação osmótica de melão utilizando metodologia de superfície de resposta e verificaram que a variação de peso aumenta quando a temperatura é modificada do nível inferior (36,6 °C) para o nível superior (53,4 °C), o que se harmoniza com os resultados desse trabalho, para este fator.

A importância dos efeitos principais juntamente com os efeitos de interação podem ser melhor visualizados pelo gráfico de Pareto (Figura 4.1), que mostra uma estimativa dos efeitos de cada variável estatisticamente significativa no nível de confiança de 95% (valores absolutos).

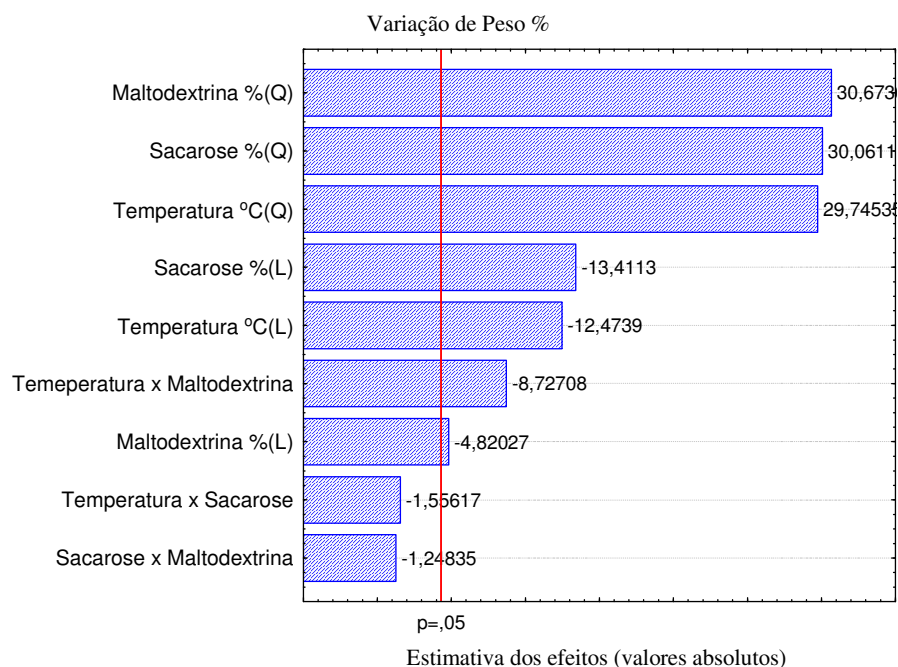


Figura 4.1. Gráfico de Pareto para variação de peso na desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina)

Os modelos codificado e decodificado obtidos pela regressão que relaciona a variação de peso na desidratação osmótica com a temperatura e a concentração da solução ternária é descrita matematicamente pela Equação 4.4 e 4.5

$$VP = -42,1414 - 2,0936T + 5,4948T^2 - 2,2509*S + 5,5531*S^2 - 0,8090*M + 5,6663*M^2 - 1,9137T*M \quad (4.5)$$

$$VP = 526,6908 - 6,4842T + 0,0549T^2 - 12,7878*S + 0,1133*S^2 - 2,7380*M + 0,6296*M^2 - 0,0638T*M \quad (4.4)$$

em que:

VP – Variação de peso (%)

T – Temperatura (°C)

S – Concentração de sacarose (%)

M – Concentração de maltodextrina (%)

No modelo em estudo obteve-se um valor de R^2 igual a 0,9440 o que significa que 94,40% das variações nos resultados obtidos podem ser explicados pelo modelo empírico para a variação de peso no processo de desidratação osmótica de abacaxi ‘Pérola’. Os modelos apresentaram regressão significativa e falta de ajuste não significativa a 5% de probabilidade, sendo o valor tabelado de F, para o intervalo de 95% de confiança 6,6 vezes inferior ao valor obtido com o modelo, pode-se afirmar que a variação devido ao modelo é significativamente maior que a variação não explicada atestando, assim, a validade do modelo obtido e considera-se este modelo preditivo.

Tabela 4.4. Resultados da ANOVA para o modelo ajustado para a variação de peso na desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina)

Fonte de variação	G.L	S.Q	M.Q	F _{Calculado}	F _{tabelado}	R ²
Regressão	7	827,4428	118,2061	21,698	3,29	0,9440
Resíduo	9	49,0303	5,4478			
Falta de Ajuste	7	48,2609	6,8944	17,922	19,35	
Erro Puro	2	0,7694	0,3847			
Total	16	876,4732				

S.Q: Soma Quadrática GL: Grau de Liberdade MQ: Média Quadrática

% máxima de variação explicada = 99,91

Segundo BARROS NETO et al. (1995), uma regressão, embora significativa do ponto de vista do teste F, pode não ser útil para realizar previsões por cobrir uma faixa de variação pequena dos fatores estudados. BOX et al. (1978) sugeriram que para uma regressão ser significativa não apenas estatisticamente, mas também útil para fins preditivos, o valor de F calculado para a regressão deve ser no mínimo de 4 a 5 vezes o valor de F tabelado. Essa condição é amplamente satisfeita nesse estudo, tanto nesta como nas variáveis de resposta seguintes. Já o fator F da falta de ajuste em relação ao erro puro, ao contrário, deve apresentar o menor valor possível, pois um alto valor de F indica uma grande falta de ajuste dos dados experimentais ao modelo obtido.

Com o modelo quadrático válido, foi possível gerar as superfícies de resposta e as curvas de níveis que foram analisadas para definir as faixas ótimas de operação para otimização da variação de peso da desidratação osmótica de abacaxi. As superfícies de resposta e as curvas de nível obtidas do modelo ajustado estão apresentadas nas Figuras 4.2 a 4.4. Estas superfícies confirmam a análise dos efeitos realizada anteriormente e permite a visualização da variação da resposta para cada parâmetro estudado.

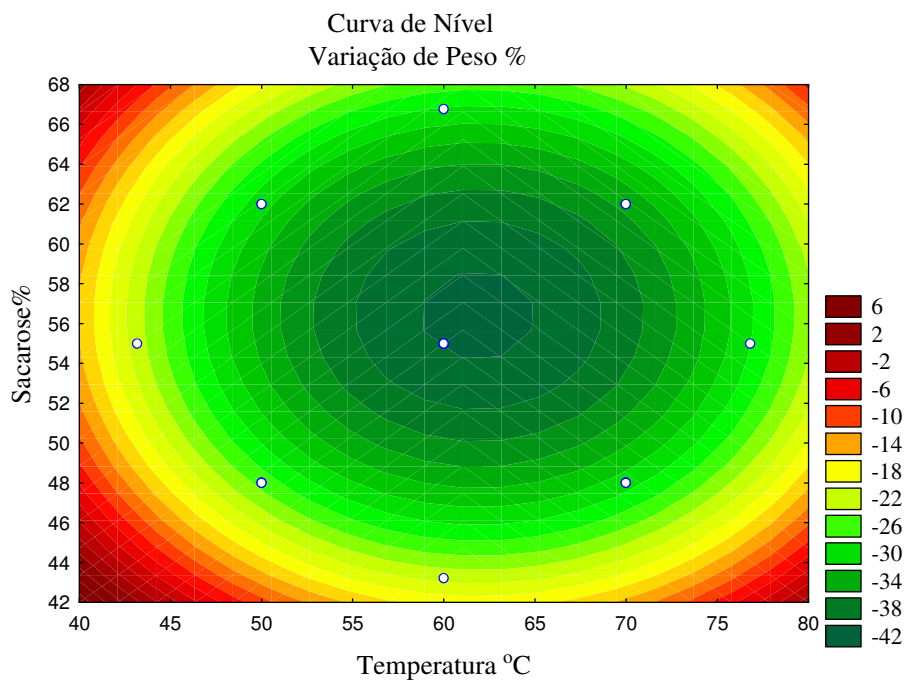
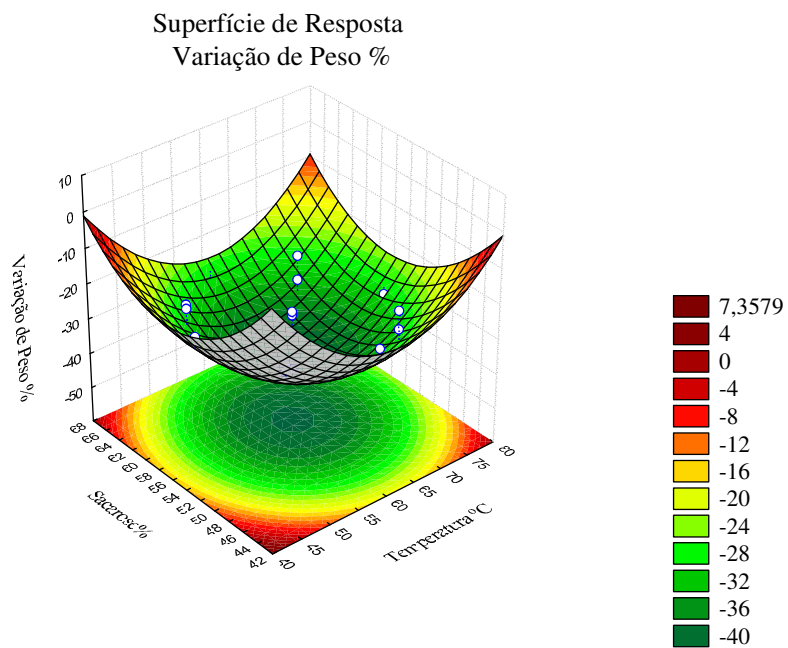


Figura 4.2. Superfície de resposta e curva de nível para variação de peso da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de maltodextrina fixado no ponto central (5%)

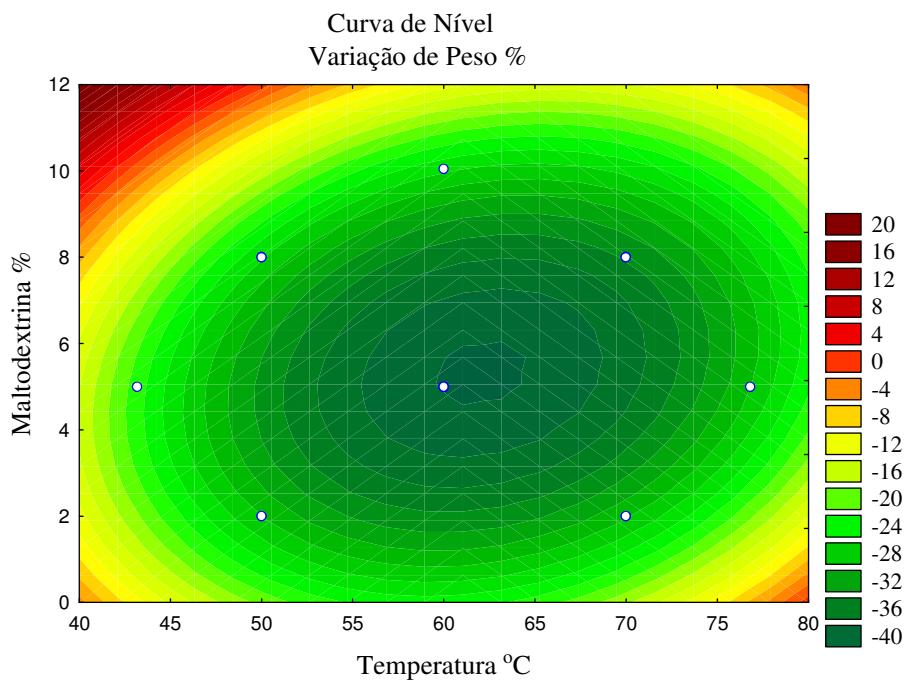
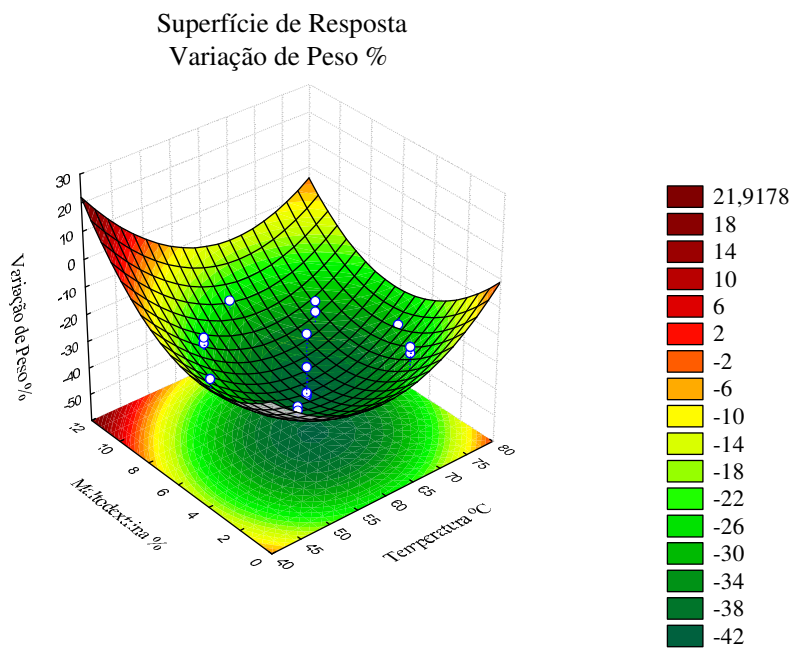


Figura 4.3. Superfície de resposta e curva de nível para variação de peso da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de sacarose fixado no ponto central (55%)

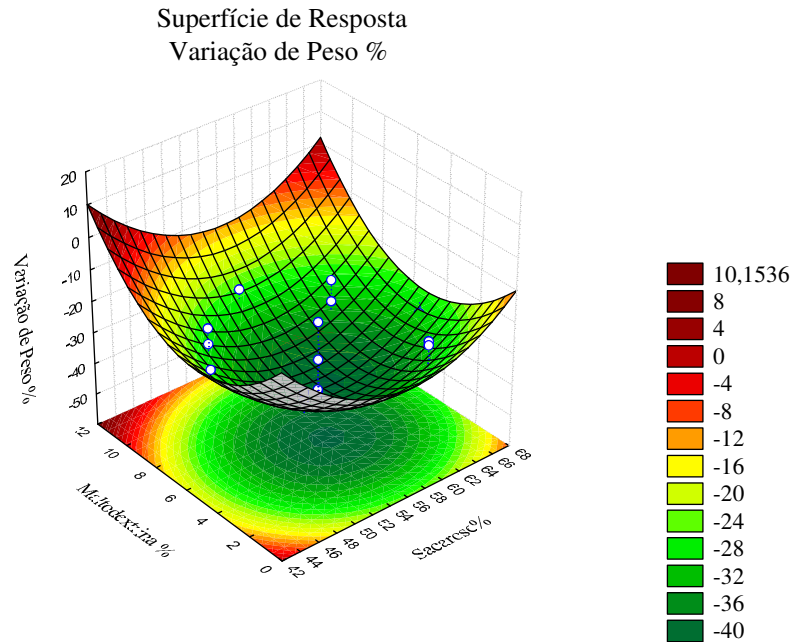


Figura 4.4. Superfície de resposta e curva de nível para variação de peso da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de temperatura fixado no ponto central (60 °C)

Observando as Figuras 4.3 a 4.5, percebe-se que para se obter uma máxima variação de peso -42 %, tem-se que ter uma faixa de temperatura de 61-62 °C, concentração de sacarose entre 56 e 56,5% e 5-5,5% de concentração de maltodextrina.

4.2.2. Perda de umidade

Após o estudo dos efeitos das variáveis sobre a variação de peso, partiu-se para a otimização da perda de umidade. Também foram utilizados os dados contidos na Tabela 4.2. Na Tabela 4.5 são apresentados os efeitos principais da cada variável e os efeitos de interação dos efeitos significativos sobre a perda de umidade.

Tabela 4.5. Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística, para cada fator no modelo decodificado para perda de umidade em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina)

Fator	Efeito	Erro Puro	Significância Estatística (p)
Média global	47,92	0,4834	0,0001
Temperatura (L)	9,90	0,4541	0,0021
Temperatura (Q)	-4,99	0,4998	0,0099
Sacarose (L)	8,19	0,4541	0,0031
Sacarose (Q)	-8,68	0,4998	0,0033
Maltodextrina (L)	-0,07 ^{ns}	0,4541 ^{ns}	0,8842 ^{ns}
Maltodextrina (Q)	-3,22	0,4998	0,0233
Temperatura (L) * Sacarose (L)	-2,61	0,5933	0,0480
Temperatura (L) * Maltodextrina (L)	5,25	0,5933	0,0125
Sacarose (L) * Maltodextrina (L)	0,30 ^{ns}	0,5933 ^{ns}	0,6633 ^{ns}

^{ns} Valores não significativos; $R^2 = 0,9525$

(L) - Linear

(Q) - Quadrático

Os primeiros efeitos da Tabela 4.5 correspondem aos efeitos principais das variáveis, que é a média dos efeitos na resposta devido a mudança da variável da faixa de -1 para +1. Isto significa que ao variar a temperatura de 50 para 70 °C a perda de umidade aumenta 9,9 %, para a

concentração de sacarose, quando passa do nível -1 (48%) para +1 (62%), a perda de umidade aumenta 8,19%. Quanto à variação na concentração de maltodextrina de 2% para 10% há uma diminuição na perda de umidade de apenas -0,07%.

Para a desidratação osmótica de abacaxi 'Pérola' em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), observa-se que com exceção da maltodextrina (L) e da interação sacarose x maltodextrina, todos os fatores são significativos a $p < 0,05$, por isto será desprezado do modelo de predição, sendo a temperatura o parâmetro a exercer maior influência na perda de umidade, com -4,99% (Q), 9,9 (L). A média global dos tratamentos indica uma perda de umidade de 47,92% verifica-se uma contribuição negativa da temperatura (Q), sacarose (L), maltodextrina (L) e da interação temperatura x sacarose. Comportamento semelhante da influencia das variáveis, sobre a perda de umidade foi observado por CALIARI et al. (2004) estudando as condições ótimas para a desidratação osmótica de batata baroa, utilizando a metodologia de superfície de resposta, observaram que todos os termos influenciaram significativamente a perda de umidade, excluindo-se o efeito da interação NaCl x Tempo e sacarose x Tempo. Também ANTONIO et al. (2006) estudando a otimização da desidratação osmótica de batata doce, usando RSM, verificaram que a concentração de sacarose e de sal foram as variáveis que apresentaram um maior efeito, seguido da temperatura em menor intensidade para a perda de umidade e para a incorporação de sólidos.

A importância dos efeitos principais juntamente com os efeitos de interação podem ser melhor visualizados pelo gráfico de Pareto (Figura 4.5), que apresenta graficamente a estimativa dos efeitos de cada variável estatisticamente significativa no nível de confiança de 95% .

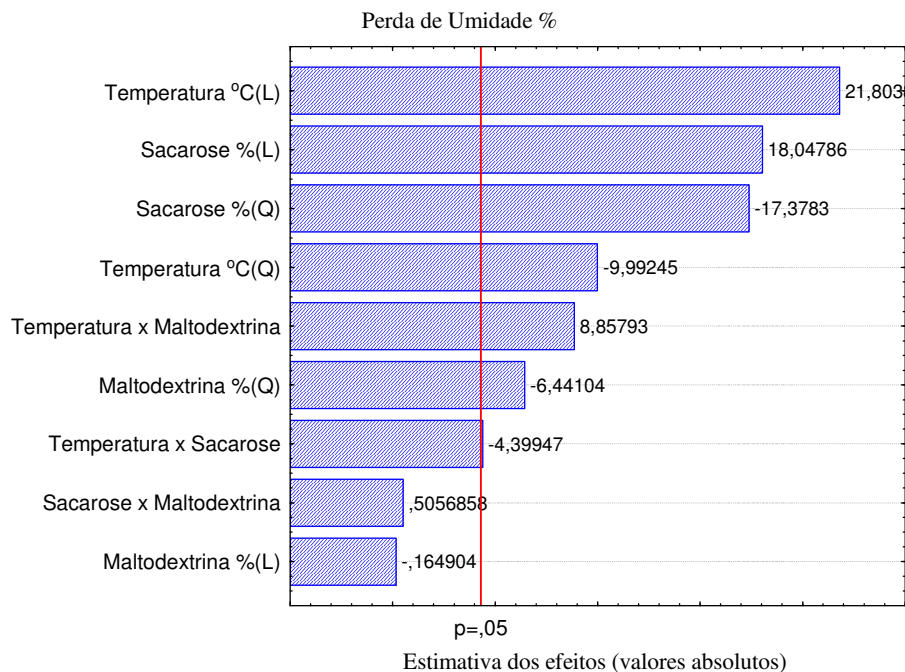


Figura 4.5. Gráfico de Pareto para perda de umidade na desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina)

Os modelos codificado e decodificado obtidos pela regressão que relaciona a perda de umidade na desidratação osmótica com a temperatura e a concentração da solução ternária é descrita matematicamente pela equação 4.6 e 4.7.

$$\begin{aligned}
 \text{PU \%} = & 47,92144 + 4,95009T - 2,49689T^2 + 4,09737*S - 4,34243*S^2 - 1,60948*M^2 - \\
 & 1,30500*T*S + 2,62750*T*M \qquad \qquad \qquad (4.6)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{PU \%} = & -442,768 + 4,510T - 0,027T^2 + 11,82*S - 0,092*S^2 + 0,241*M^2 + 0,019*T*S - \\
 & 0,041*T*M \qquad \qquad \qquad (4.7)
 \end{aligned}$$

em que:

PU – Perda de umidade (%)

T – Temperatura (°C)

S – Concentração de sacarose (%)

M – Concentração de maltodextrina (%)

No modelo em estudo obteve-se um valor de R^2 igual a 0,9523, o que significa que 95,23% das variações nos resultados obtidos podem ser explicados pelo modelo empírico, para a perda de umidade no processo de desidratação osmótica de abacaxi ‘Pérola’. Os modelos apresentaram regressão e falta de ajuste significativos a 5% de probabilidade, como o valor tabelado de F, para a regressão, para o intervalo de 95% de confiança foi de 7,8 vezes inferior ao valor obtido com o modelo, pode-se afirmar que a variação devido ao modelo é significativamente maior que a variação não explicada atestando assim a validade do modelo obtido, consideramos este preditivo.

Tabela 4.6. Resultados da ANOVA para o modelo ajustado para a perda de umidade da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina)

Fonte de variação	G.L	S.Q	M.Q	$F_{\text{Calculado}}$	F_{tabelado}	R^2
Regressão	7	863,5904	123,3701	25,696	3,29	0,9523
Resíduo	9	43,2103	4,8011			
Falta de Ajuste	7	41,8025	5,9717	8,4839	19,35	
Erro Puro	2	1,4078	0,7039			
Total	16	906,8008				

S.Q: Soma Quadrática G.L: Grau de Liberdade M.Q: Média Quadrática

% máxima de variação explicada = 99,84

Com o modelo quadrático válido, foi possível gerar as superfícies de resposta e as curvas de níveis que foram analisadas para definir as faixas ótimas de operação para otimização da perda de umidade da desidratação osmótica de abacaxi. As superfícies de resposta e as curvas de níveis obtidas do modelo ajustado estão apresentadas nas Figuras 4.6 a 4.8.

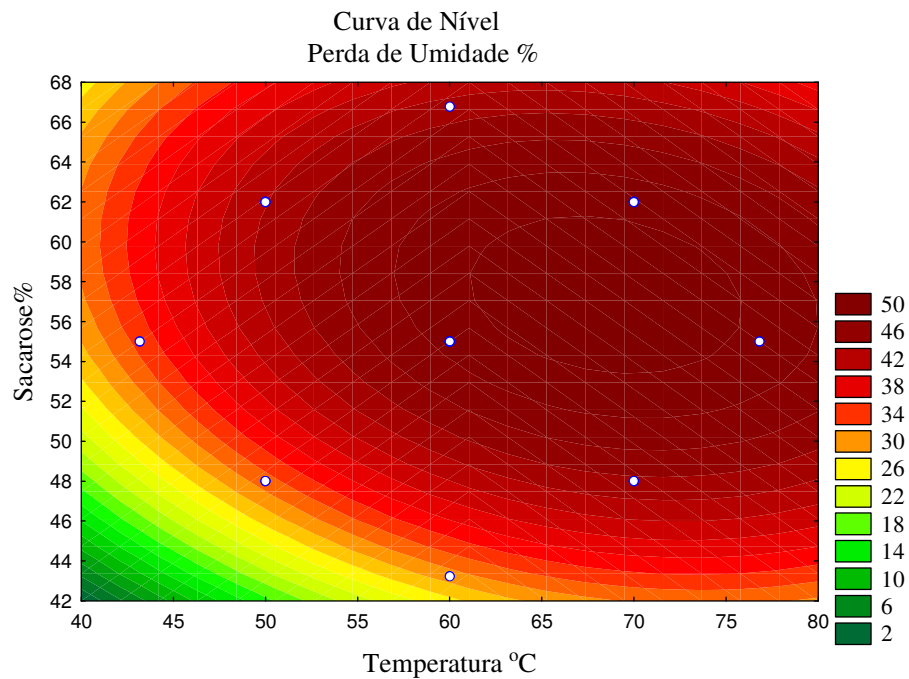
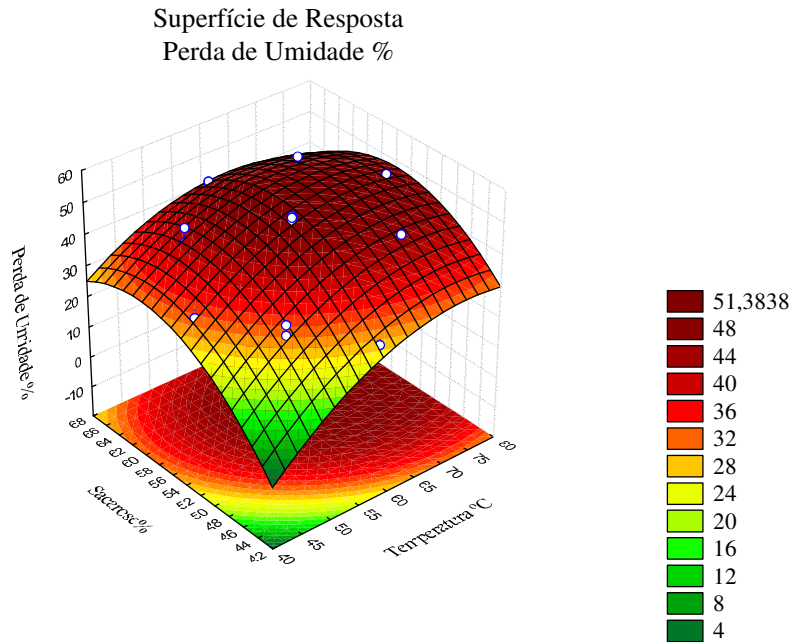


Figura 4.6 . Superfície de resposta e curva de nível para perda de umidade da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de maltodextrina fixado no ponto central (5 %)

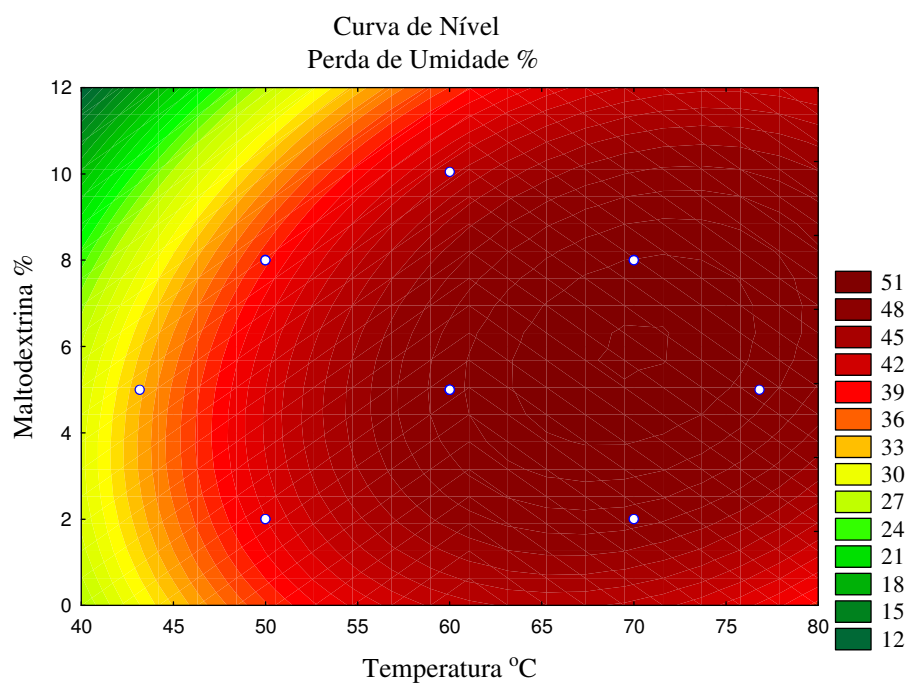
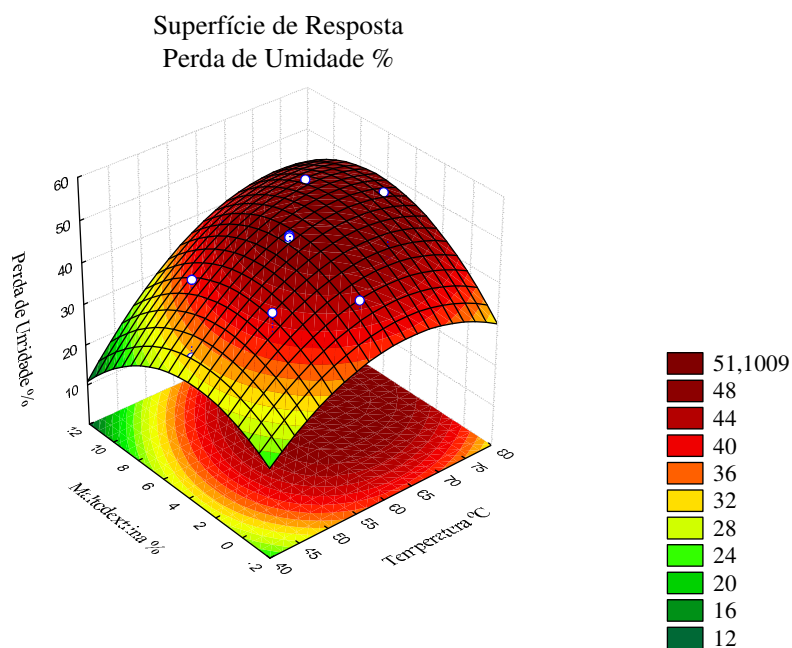


Figura 4.7. Superfície de resposta e curva de nível para perda de umidade da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de sacarose fixado no ponto central (55%)

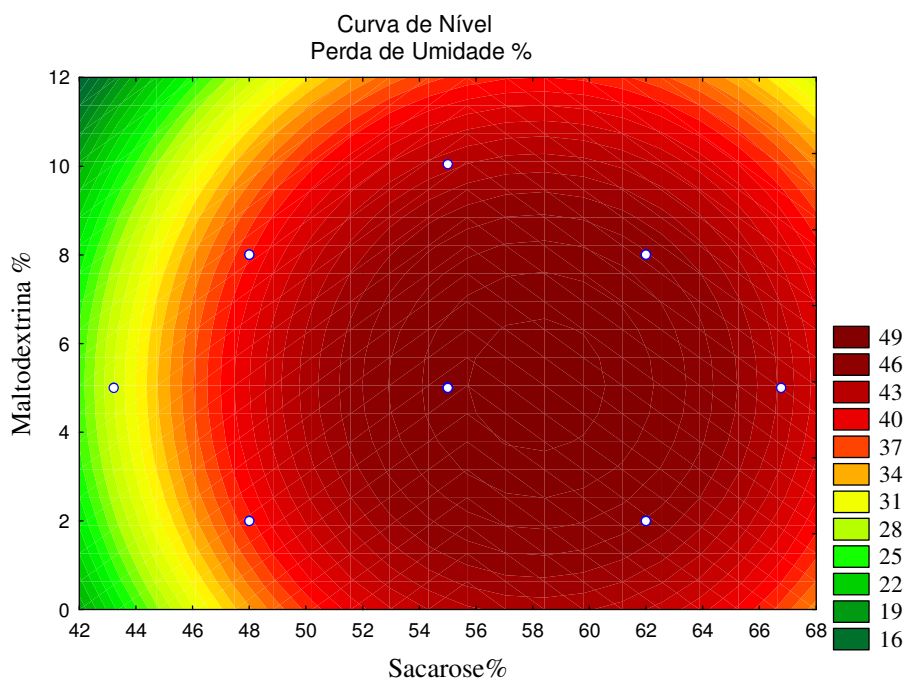
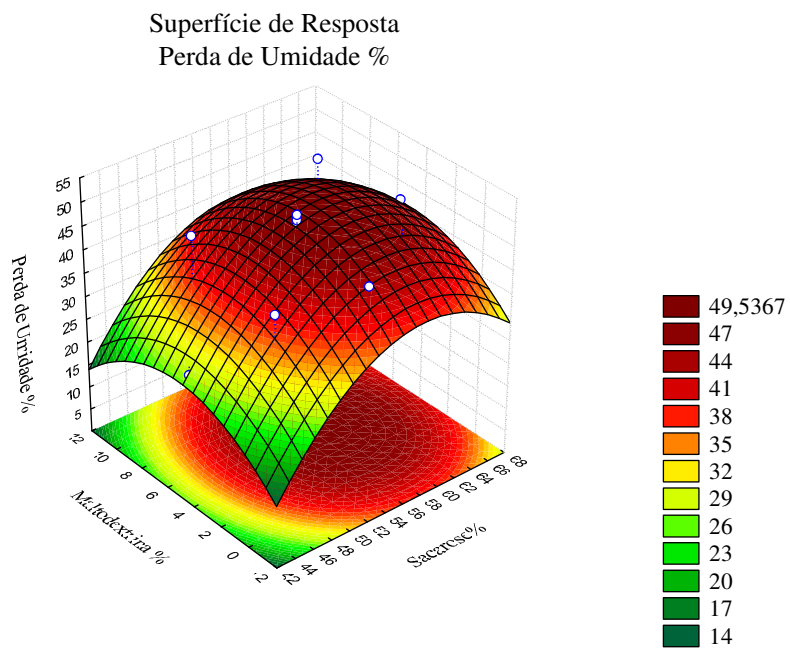


Figura 4.8 . Superfície de resposta e curva de nível para perda de umidade da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de temperatura fixado no ponto central (60 °C)

Observando as Figuras 4.6, 4.7 e 4.8, percebe-se que para se obter uma máxima perda de umidade que pela superfície de resposta gira em torno de 50%, tem-se que ter uma faixa de temperatura de 64-65 °C, concentração de sacarose entre 57-58 % e 5-6 % de maltodextrina.

4.2.3. Incorporação de sólidos

Na Tabela 4.7 são apresentados os efeitos principais de cada variável e os efeitos de interação dos efeitos significativos sobre a incorporação de sólidos.

Os valores dos efeitos estimados indicam o quanto cada fator influi na resposta de interesse, nesse caso, a incorporação de sólidos.

Tabela 4.7. Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística, para cada fator no modelo decodificado para incorporação de sólidos em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina)

Fator	Efeito	Erro Puro	Significância Estatística (p)
Média global	5,51	0,3411	0,0038
Temperatura (L)	5,71	0,3204	0,0031
Temperatura (Q)	6,18	0,3526	0,0032
Sacarose (L)	3,69	0,3204	0,0074
Sacarose (Q)	2,60	0,3526	0,0179
Maltodextrina (L)	-1,69	0,3204	0,0340
Maltodextrina (Q)	8,29	0,3526	0,0018
Temperatura (L) x Sacarose (L)	-3,29	0,4186	0,0158
Temperatura (L) x Maltodextrina (L)	1,43 ^{ns}	0,4186 ^{ns}	0,0763 ^{ns}
Sacarose (L) x Maltodextrina (L)	-0,25 ^{ns}	0,4186 ^{ns}	0,6143 ^{ns}

^{ns} Valores não significativos; R² = 0,9753

(L) - linear

(Q) - quadrático

Para a desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), observa-se que com exceção das interações sacarose (L) x maltodextrina (L) e temperatura (L) x maltodextrina (L), todos os fatores são significativos a $p <$

0,05, sendo a maltodextrina (Q) e a temperatura Q e L os parâmetros a exercerem maiores influência na incorporação de sólidos, com 8,29, 6,18 e 5,71% respectivamente. A média global dos tratamentos indica uma incorporação de sólidos 5,51. Verifica-se uma contribuição negativa maltodextrina (L) e da interação temperatura (L) x sacarose (L).

Pode perceber pelos dados apresentados na Tabela 4.7, que a temperatura e a concentração de sacarose no processo osmótico apresentaram uma influência positiva sobre a incorporação de sólidos, enquanto a concentração de maltodextrina apresentou uma influência negativa. Isso significa, que ao variar a temperatura de 50 para 70 °C e a concentração de sacarose de 48% para 62% a incorporação de sólidos aumenta em média 5,71% para temperatura e 3,69% para sacarose. A mesma avaliação pode ser feita para a concentração de maltodextrina, quando passa de 2 para 10 % provoca diminuição de -1,69%, na incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica. SILVEIRA et al. (1996) em estudo com abacaxi desidratado osmoticamente em temperaturas entre 30 e 60 °C e concentrações da solução entre 50 e 75 °Brix, observaram que a perda de água e incorporação de sólidos aumentaram com o aumento da temperatura e da concentração da solução osmótica. Efeito similar foi observado por TONON et al. (2006) estudando a influência da temperatura, da composição da solução ternária e do nível de agitação, na desidratação osmótica de tomate, utilizando RSM. Observaram que a perda de umidade, a incorporação de sólidos foram influenciados positivamente pela temperatura e pelo aumento do teor de NaCl na solução. A agitação influenciou somente a perda de umidade.

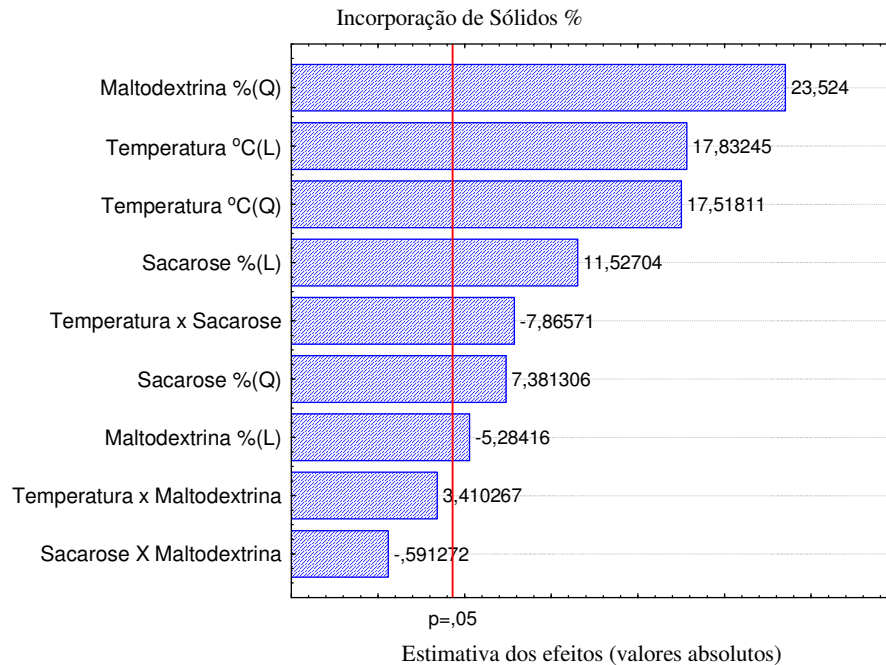


Figura 4.9. Gráfico de Pareto para incorporação de sólidos na desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina)

A importância dos efeitos principais juntamente com os efeitos de interação podem ser melhor visualizados pelo gráfico de Pareto (Figura 4.9), que mostra uma estimativa dos efeitos de cada variável estatisticamente significativa no nível de confiança de 95%

Os modelos codificado e decodificado obtidos pela regressão que relaciona a incorporação de sólidos na desidratação osmótica com a temperatura e a concentração da solução ternária descrita matematicamente pela Equação 4.6.

$$IS \% = 5,51440 + 2,85652T + 3,08859T^2 + 1,84648*S + 1,30139*S^2 - 0,84645*M + 4,14747*M^2 - 1,64625*T*S \quad (4.6)$$

$$IS \% = 100,7206 - 2,1272T + 0,0309T^2 - 1,2466*S + 0,0266*S^2 - 4,8905*M + 0,4608*M^2 - 0,0235*T*S \quad (4.6)$$

em que:

T – Temperatura (°C)

S – Concentração de sacarose (%)

M – Concentração de maltodextrina (%)

No modelo em estudo obteve-se um valor de R^2 igual a 0,9659, o que significa que 96,59% das variações nos resultados obtidos podem ser explicado pelo modelo empírico, para a incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica de abacaxi pérola. Os modelos apresentaram regressão e falta de ajuste significativos a 5% de probabilidade, como o valor tabelado de F para o intervalo de 95% de confiança foi de 11,07 vezes menor ao valor obtido com o modelo, pode-se afirmar que a variação devido ao modelo é significativamente maior que a variação não explicada atestando assim a validade do modelo obtido, considerando este preditivo.

Tabela 4.8. Resultados da ANOVA para o modelo ajustado para a Incorporação de Sólidos da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina).

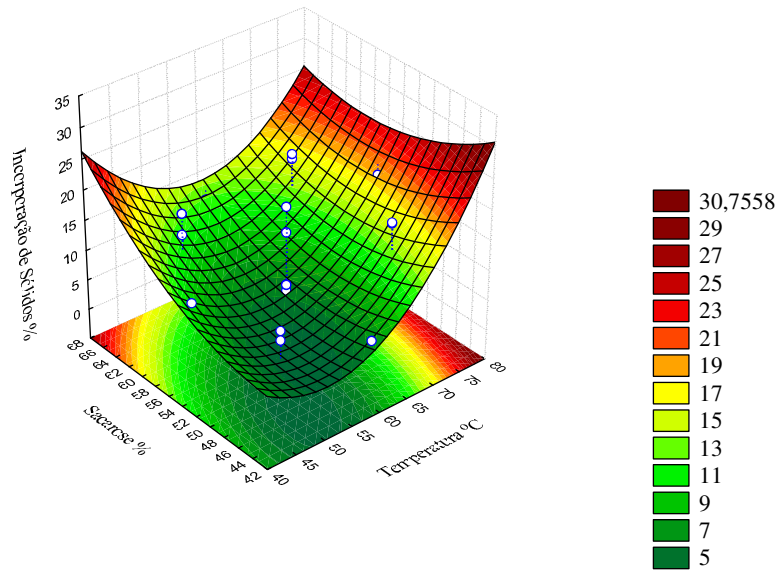
Fonte de Variação	G.L	S.Q	M.Q	F _{Calculado}	F _{tabelado}	R ²
Regressão	7	427,8587	61,1226	36,436	3,29	0,9659
Resíduo	9	15,0978	1,6775			
Falta de Ajuste	7	14,3969	2,0567	5,869	19,35	
Erro Puro	2	0,7009	0,3504			
Total	16	442,9566				

S.Q: Soma Quadrática G.L: Grau de Liberdade MQ: Média Quadrática

% máxima de variação explicada = 99,84

Com o modelo quadrático válido, foi possível gerar as superfícies de resposta e as curvas de nível que foram analisadas para definir as faixas ótimas de operação para otimização da incorporação de sólidos da desidratação osmótica de abacaxi. As superfícies de resposta e as curvas de nível obtidas do modelo ajustado estão apresentadas nas Figuras 4.10 a 4.12.

Superfície de Resposta
Incorporação de Sólidos %



Curva de Nível
Incorporação de Sólidos %

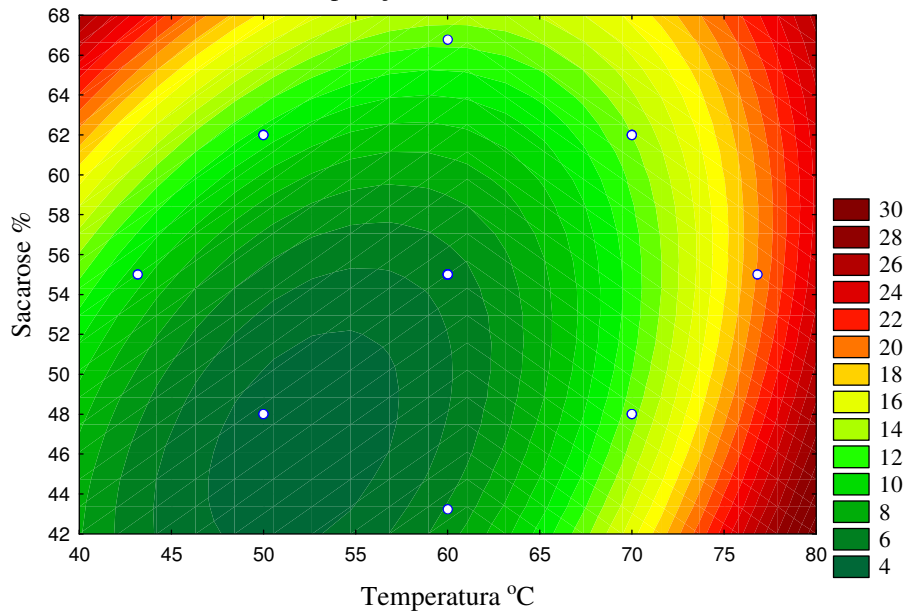
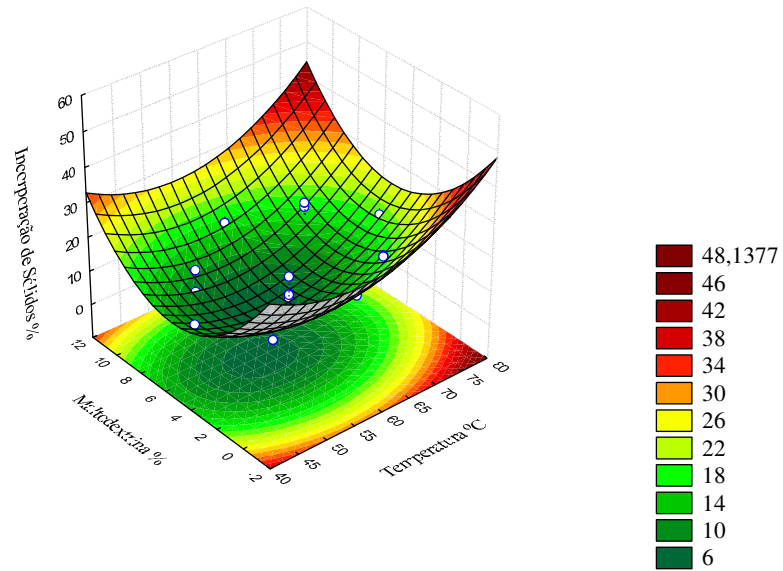


Figura 4.10. Superfície de resposta e curva de nível para incorporação de sólidos da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de maltodextrina fixado no ponto central (5%)

Superfície de Resposta
Incorporação de Sólidos %



Curva de Nível
Incorporação de Sólidos %

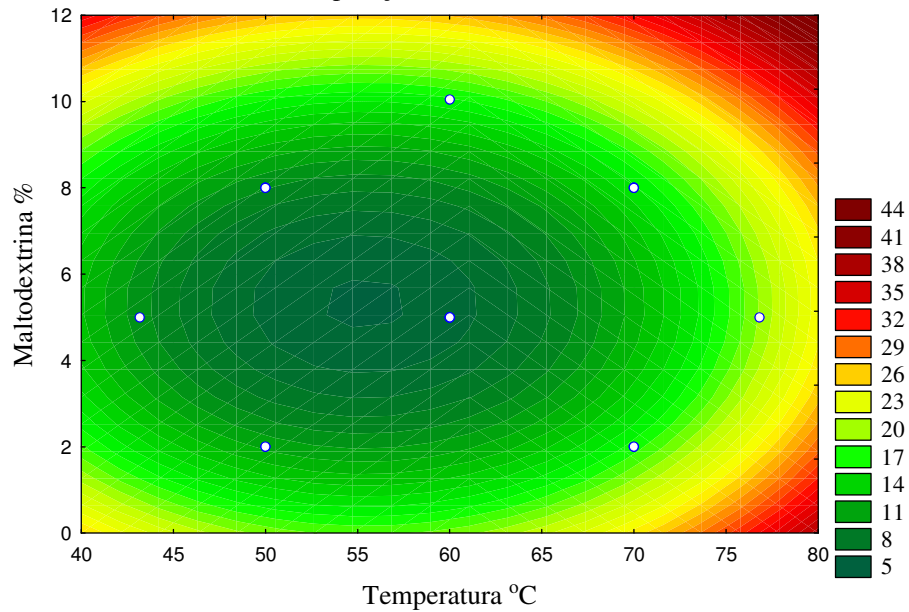
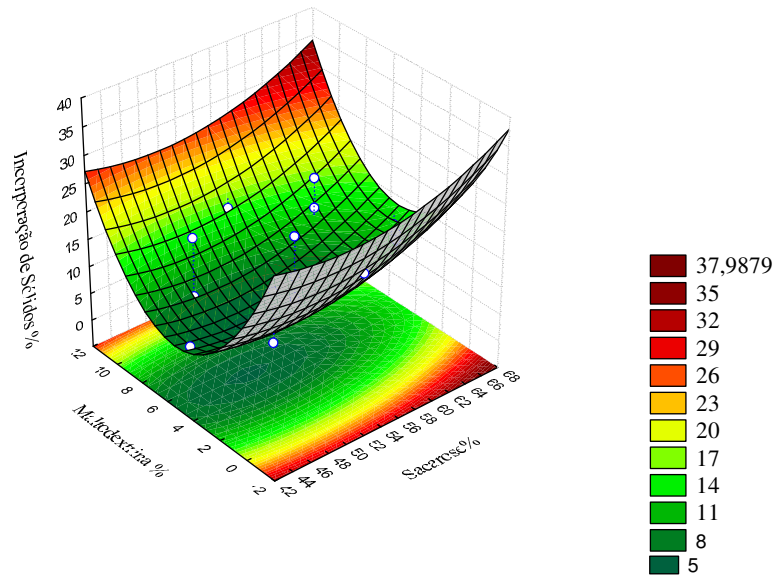


Figura 4.11. Superfície de resposta e curva de nível para incorporação de sólidos da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de sacarose fixado no ponto central (55%)

Superfície de Resposta
Incorporação de Sólidos %



Curva de Nível
Incorporação de Sólidos %

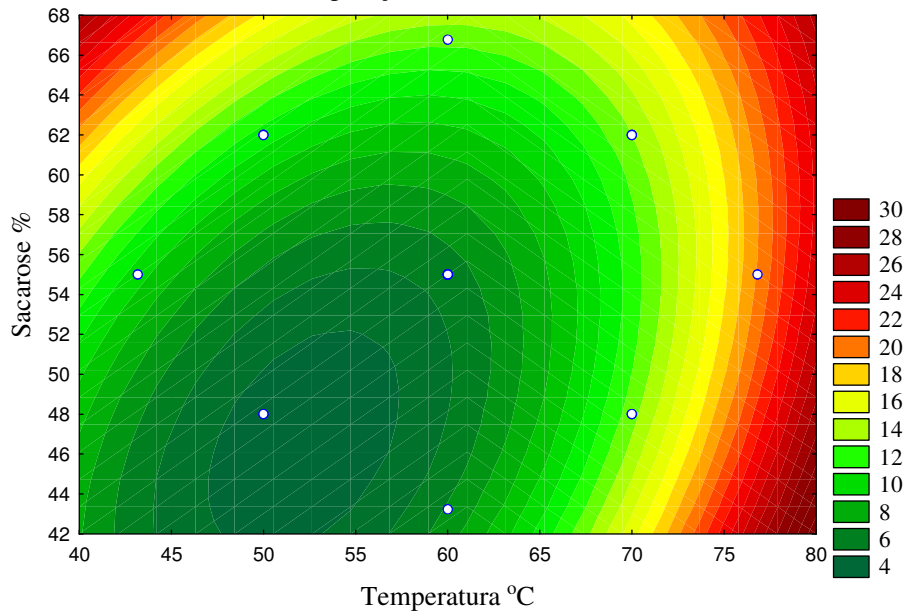


Figura 4.12. Superfície de resposta e curva de nível para incorporação de sólidos da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de temperatura fixado no ponto central (60 °C)

Observando as Figuras 4.10, 4.11, 4.12, percebe-se que para se obter uma mínima incorporação de sólidos que pela superfície de resposta gira em torno de 5 %, temos que ter uma faixa de temperatura de 52-55 °C, concentração de sacarose entre 46,5-47% e 5-6% concentração de maltodextrina.

4.2.4. Otimização do processo de desidratação osmótica

A desidratação osmótica é um processo que geralmente envolve uma significativa perda de umidade 40-70%, com uma limitada e controlada incorporação de sólidos 5-25%. (RAOULT-WACK, 1994).

No processo de desidratação osmótica é importante obter maior perda de umidade e menor incorporação de sólidos, com o objetivo de manter as características do produto próximos as da fruta in natura. RAVINDRA & CHATTOPADHYAY (2000), propuseram o uso da relação adimensional incorporação de sólidos / perda de umidade (IS/PU) para satisfazer essa condição. Menores valores dessa relação garantem menores valores de incorporação de sólidos com maior perda de umidade.

A Figura 4.13. traduz a razão de incorporação de sólidos sobre a perda de umidade (IS/PU) para o abacaxi osmoticamente desidratado em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina) de acordo com o planejamento experimental.

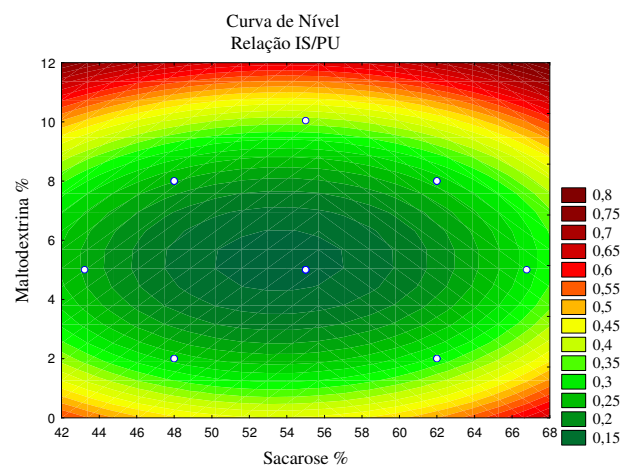
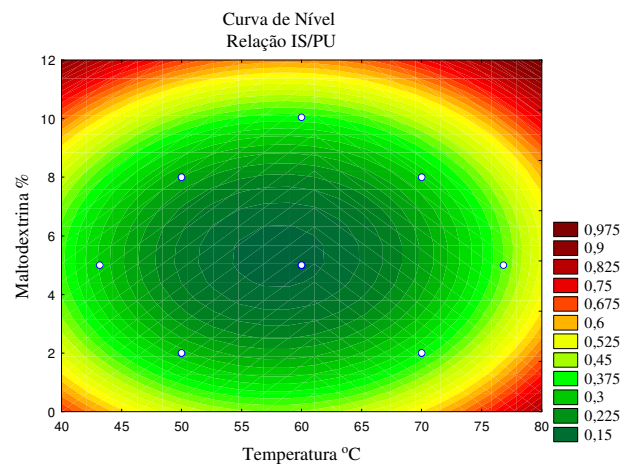
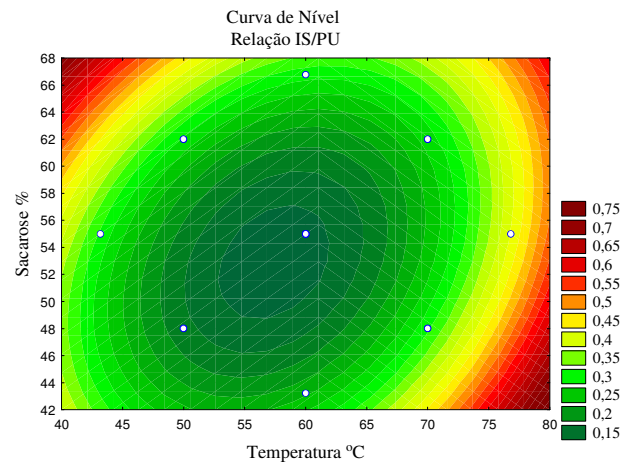


Figura 4.13. Curvas de nível para relação IS/ PU da desidratação osmótica de abacaxi pérola em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina), com o valor de maltodextrina, sacarose e temperatura fixado no ponto central (5%; 55%; 60 °C)

Pode-se verificar através das curvas de nível que dentro da faixa experimental em estudo, que as condições otimizadas no processo, isto é, as condições em que a fruta perde mais umidade e adquire menos sólidos, necessitam de temperaturas em torno de 57 a 58 °C, concentração de sacarose 52 a 53%, concentração de maltodextrina 5,5 e 5,6%. Levando em conta todas as observações realizadas e com a finalidade de se obter máxima perda de umidade e mínima incorporação de sólidos, e localizar a melhor condição para a desidratação osmótica do abacaxi pérola em solução ternária, mantendo-se o máximo as características originais da fruta, encontra-se mais próxima a condição do ensaio de número 17 do planejamento experimental realizado, que consiste no uso de temperaturas de 60 °C, concentração de sacarose de 55% e concentração de maltodextrina de 5%.

4.3. Secagem convectiva

4.3.1. Cinética de secagem

Foi realizada a análise da cinética de secagem do abacaxi sem tratamento osmótico e desidratado osmoticamente utilizando solução ternária (água/sacarose/maltodextrina). Os parâmetros utilizados foram temperaturas de secagem de 50, 60 e 70 °C e velocidade de ar de secagem de 2 m s⁻¹. O processo de secagem foi finalizado quando as amostras atingiram o equilíbrio dinâmico, isto é, quando não apresentaram mais perda de peso entre várias pesagens consecutivas. A umidade de equilíbrio foi obtida no último ponto de secagem, ou seja, quando a variação de peso foi insignificante..

A Figura 4.14 apresenta a razão de umidade em função do tempo para todas as temperaturas estudadas para o abacaxi pérola desidratado osmoticamente (DO) na melhor condição e abacaxi sem tratamento osmótico (STO).

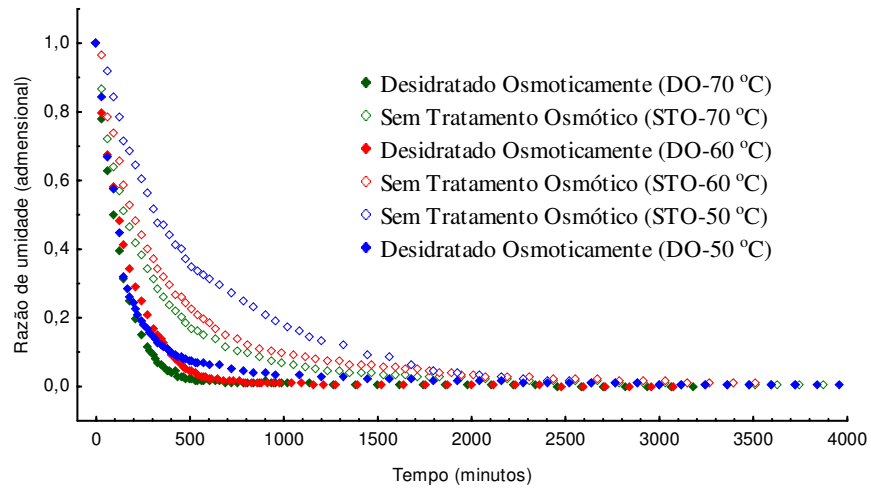
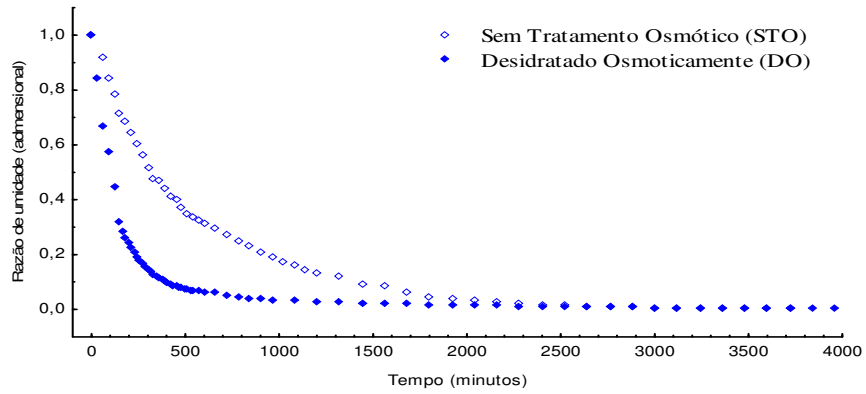


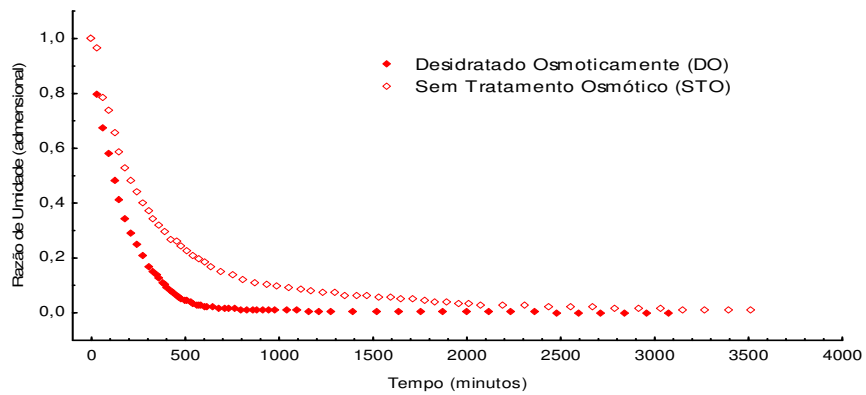
Figura 4.14. Efeito dos tratamentos e das temperaturas na secagem de abacaxi pérola desidratado osmoticamente (DO) e abacaxi sem tratamento osmótico (STO)

As Figuras 4.15 A, B e C mostram o efeito do tratamento osmótico no processo de secagem para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C, respectivamente.

A.



B.



C.

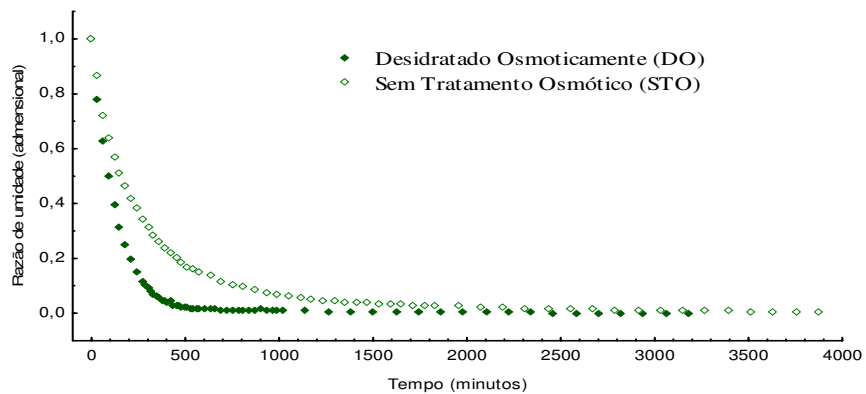


Figura 4.15. Efeito do tratamento na secagem do abacaxi pérola desidratado osmoticamente (DO) e abacaxi sem tratamento osmótico (STO) na temperatura de 50 °C (A), 60 °C (B), 70 °C (C)

Observa-se pelas Figuras 4.15 que a temperatura influencia a cinética de secagem, e que também o tratamento osmótico teve grande influência no processo de secagem, indicando serem variáveis bastante significativas no processo de transferência de massa para as amostras estudadas.

UDDIN & HAWLADER (1990) trabalhando com abacaxi in natura e desidratado osmoticamente observaram que a temperatura influenciou a cinética de secagem.

Pode-se observar mediante os resultados, diminuição no tempo gasto para secar os abacaxis em função da elevação da temperatura e do tratamento osmótico aplicado. Pode-se verificar, por meio da Figura 4.15, que a perda do teor de umidade é rápida no início do processo de secagem, na qual a secagem dos abacaxis até uma umidade em média de 10% bu, para temperatura de 50 °C e de 3240 minutos no abacaxi sem tratamento (STO) e 3000 minutos no desidratado osmoticamente (DO). Já para a temperatura de 60 °C tem-se 2670 minutos para os sem tratamento osmótico (STO) e 1095 minutos para o abacaxi tratado osmoticamente (STO). Em tempo menor foi realizada a secagem, quando a temperatura empregada foi de 70 °C, foram necessários 1080 minutos para o sem tratamento e 780 minutos para a tratada osmoticamente (DO).

4.3.2. Ajuste dos modelos matemáticos para a cinética de secagem

Na Tabela 4.9 têm-se os valores dos parâmetros do modelo de Henderson & Pabis, Lewis e Page. Ajustados aos dados experimentais das cinéticas de abacaxi, e os coeficientes de determinação (R^2), para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C. Observa-se que dentre os modelos testados, o de Page, apresentam os maiores valores de R^2 para todas as temperaturas e os valores do desvio relativo médio (P) ficaram abaixo do valor sugerido por LOMAURO et al. (1985) que é de 10%, ajustando-se melhor os dados experimentais. O modelo de Lewis mostrou-se inferior em relação ao modelo de Henderson & Pabis. Os parâmetros k do modelo de Henderson & Pabis e do modelo de Lewis, apresentaram aumento com o aumento da temperatura comportamento não observado para o modelo de Page.

Todos os modelos testados apresentaram valores de R^2 superiores a 0,95 e desvio relativo médio abaixo de 10%, podendo ser utilizados na estimativa das curvas de secagem de abacaxi

desidratado osmoticamente em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina) na melhor condição e abacaxi sem tratamento osmótico.

Não foi observado período de secagem a taxa constante em nenhuma das amostras estudadas. A ausência do período de taxa constante, também foi observado por UDDIN & HAWLADER (1990) em secagem de abacaxi, NICOLETI et al. (2001) também com abacaxi, e GOUVEIA et al. (1999) em gengibre.

Tabela 4.9 - Parâmetros de ajuste dos modelos da cinética de secagem convectiva do abacaxi desidratado osmoticamente em solução ternária (água/sacarose/maltodextrina) na melhor condição e abacaxi sem tratamento osmótico, à velocidade do ar de 2 m s^{-1}

Amostras	Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetros			R ² (%)	P %
			a	k	n		
Abacaxi sem tratamento osmótico	Page	50	-	0,0041	0,8785	99,83	14,20
		60	-	0,0152	0,7554	99,85	7,79
		70	-	0,0126	0,8767	99,21	5,73
	Lewis	50	-	0,0019	-	99,60	7,18
		60	-	0,0037	-	98,95	3,29
		70	-	0,0065	-	99,01	5,73
	Henderson & Pabis	50	0,9640	0,0018	-	99,65	10,60
		60	0,9153	0,0034	-	99,25	5,47
		70	0,9861	0,0064	-	99,02	8,66
Abacaxi desidratado osmoticamente	Page	50	-	0,0101	0,7947	99,57	7,22
		60	-	0,0071	0,9657	99,94	5,82
		70	-	0,0078	0,9987	99,94	4,72
	Lewis	50	-	0,0030	-	98,95	5,08
		60	-	0,0059	-	99,92	3,84
		70	-	0,0078	-	99,94	4,81
	Henderson & Pabis	50	0,9512	0,0028	-	99,25	6,35
		60	0,9785	0,0058	-	99,94	6,15
		70	0,9977	0,0077	-	99,94	6,63

Na Figura 4.16 são apresentadas às curvas de secagem de abacaxi desidratados osmoticamente em solução ternária e abacaxi sem tratamento osmótico, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, com ajustes pelos modelos de Page, Lewis e Henderson & Pabis. Visualiza-se nessas figuras, que a curva gerada pelo modelo de Page se aproxima mais dos pontos experimentais em detrimento dos outros modelos testados.

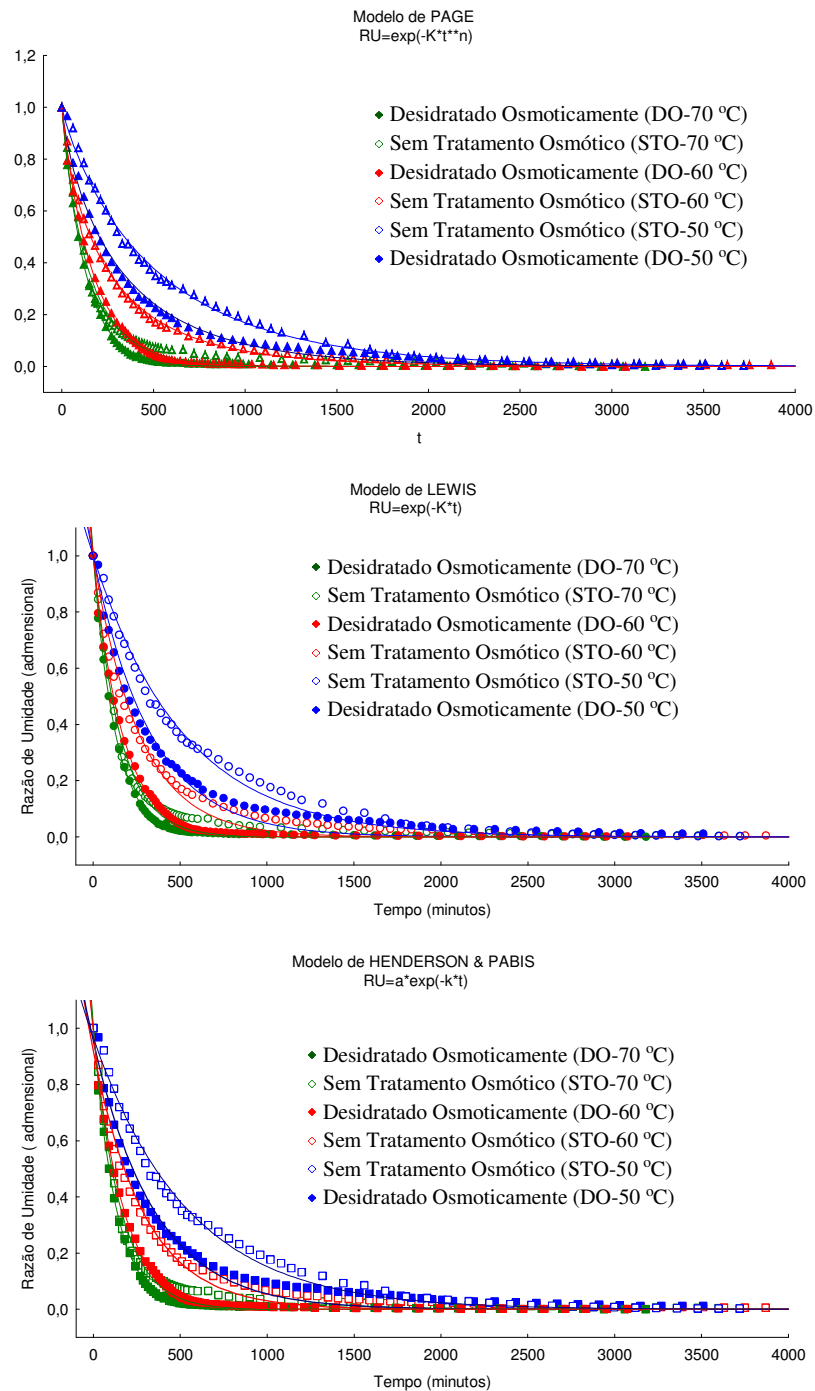


Figura 4.16. Curva secagem do abacaxi sem e com tratamento osmótico para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C , com ajuste pelo modelo de Page, Lewis e Henderson & Pabis

4.4. Caracterização do produto final seco

As amostras de abacaxi sem tratamento osmótico (STO) e o osmoticamente desidratado na condição ótima seco nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, foi caracterizado de acordo com os métodos citados no item 3.4 e os resultados são apresentados na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Resultado da caracterização físico-química do produto final seco de abacaxi sem Tratamento Osmótico (STO) e osmoticamente desidratado (DO) na condição ótima

<i>Determinações</i>	<i>Amostras secas</i>					
	STO 50°C	STO 60°C	STO 70°C	DO 50°C	DO 60°C	DO 70°C
Umidade	10,61±0,23	10,55±0,05	10,24±0,36	10,61±0,36	10,55±0,30	10,19±0,08
Açúcares redutores totais	64,55±2,00	55,96±0,90	55,35±1,00	72,06±1,5	79,87±1,00	77,36±0,00
pH	4,09±0,01	3,83±0,01	3,60±0,01	3,86±0,00	3,7±2,00	3,52±0,00
Cinzas	0,60±0,04	0,66±0,04	0,64±0,06	0,59±0,00	0,54±0,10	0,58±0,05
Acidez	2,47±0,02	2,41±0,02	2,52±0,03	0,78±0,01	0,77±0,04	0,84±0,01
Sólidos solúveis (°Brix)	67,01±2,01	58,37±0,00	58,87±0,91	72,84±1,47	80,64±0,00	78,20±0,00
Relação °Brix/acidez	27,13±0,00	24,21±0,00	22,96±0,00	93,38±0,00	104,72±0,00	81,19±0,00

Pode-se observar que como desejado foram obtidos redução média de 88% na umidade em relação à amostra in natura (Tabela 4.1). Os açúcares apresentaram um aumento percentual médio que varia de 175% para as amostras sem tratamento e 431% para as tratadas osmoticamente. O pH não apresentou mudança significativa. A acidez aumentou apenas 23,43% para amostra osmoticamente desidratada e de 284% para amostras sem tratamento osmótico. O teor de sólidos solúveis apresentou um aumento de 350% para as amostra sem tratamento e 462% para as tratadas. Na relação °Brix/acidez verificou-se que as amostras sem tratamento osmótico permaneceram inalterados, sendo observado um aumento significativo de 335% nas amostras tratadas osmoticamente.

4.5. Análise sensorial (teste de aceitação)

O perfil sensorial dos consumidores do teste de aceitação é mostrado na Figura 4.17, onde se verifica uma maior participação de consumidores do sexo feminino, acadêmicos e com idade variando entre 20-30 anos.

A análise dos dados foi feita por histogramas de frequência e pela análise de variância (ANOVA); em seguida procedeu-se o teste de Tukey para verificar como os tratamentos osmoconvectivos influenciaram a aceitação ou não do abacaxi passa e a intenção de compra por parte dos consumidores.

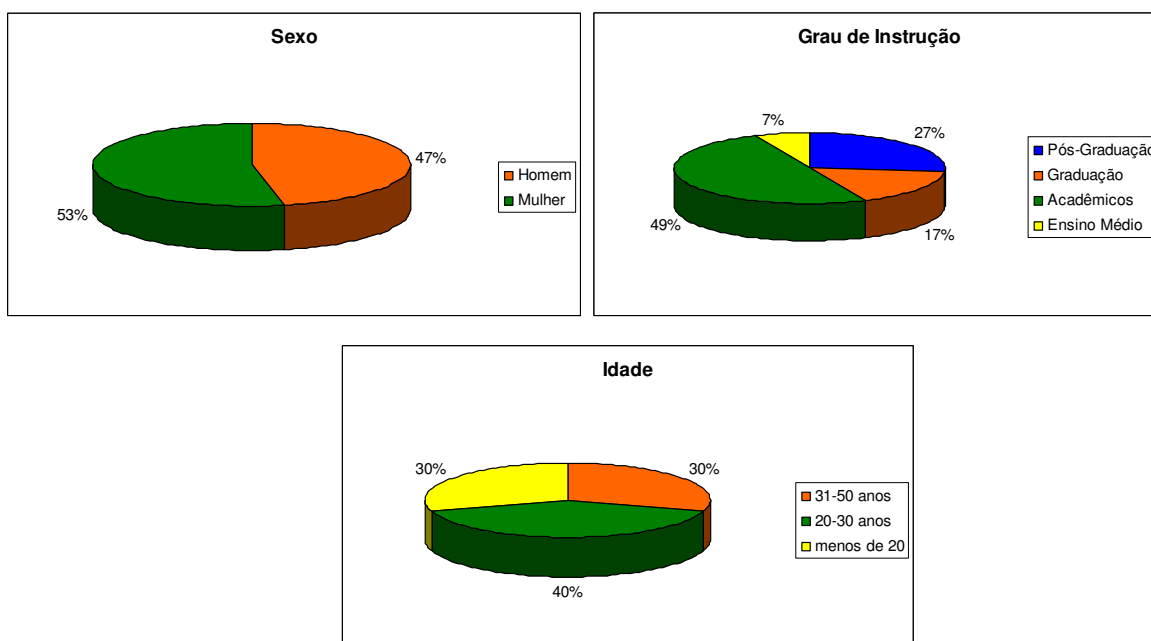


Figura 4.17. Perfil dos provadores no teste de aceitação

As Figuras 4.18 a 4.22 mostram a distribuição das notas recebidas por cada uma das amostras para os atributos aparência, aroma, sabor, textura e cor. Percebe-se que a maioria das notas recebidas da amostra desidratada osmoticamente (DO) situa-se na região indicativa de aprovação dos produtos (valores iguais ou superiores a 5), convergindo para o lado direito do histograma, enquanto que para os abacaxis sem tratamento osmótico (STO) as respostas estão situadas numa região que indica pouca aceitação.

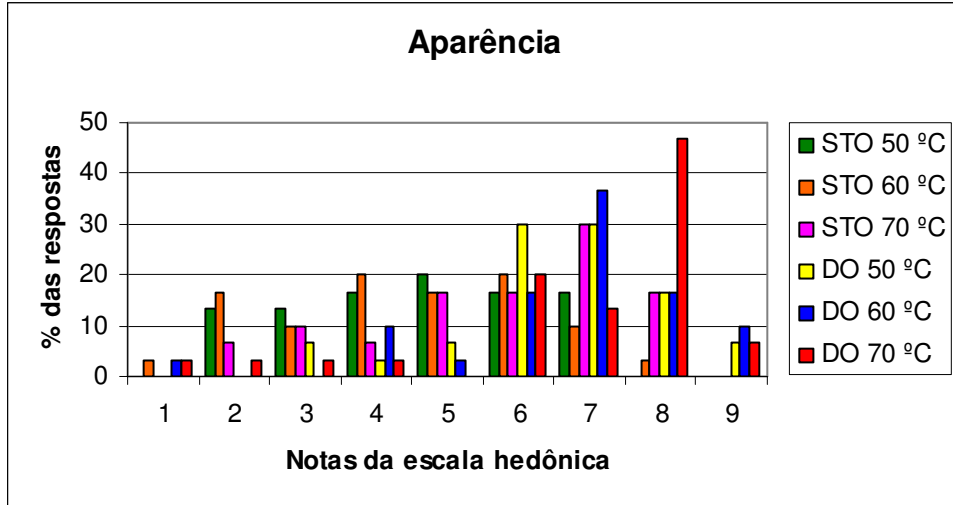


Figura 4.18. Histograma de frequência dos valores arrogados ao atributo aparência das amostras de abacaxi sem tratamento osmótico (STO) e desidratado osmoticamente (DO) nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C

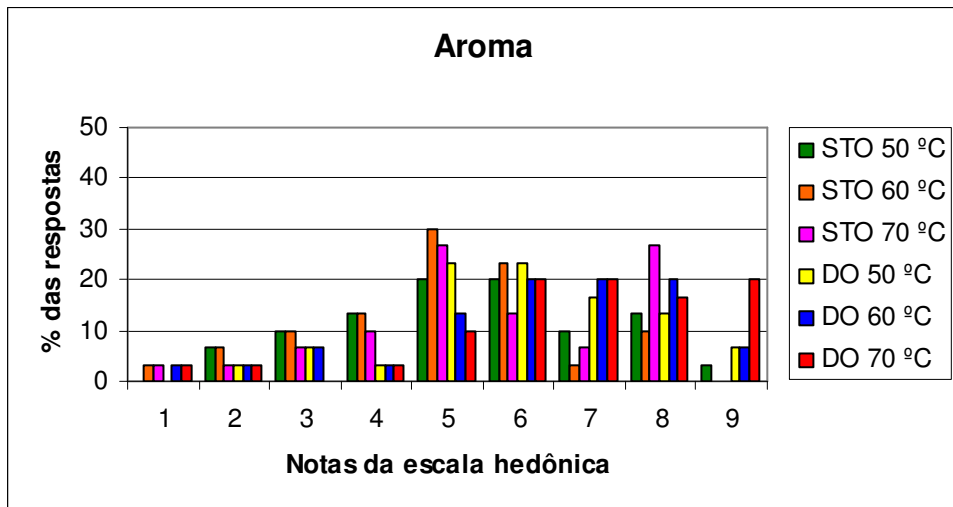


Figura 4.19. Histograma de frequência dos valores arrogados ao atributo aroma das amostras do abacaxi sem tratamento osmótico (STO) e desidratado osmoticamente (DO) nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C

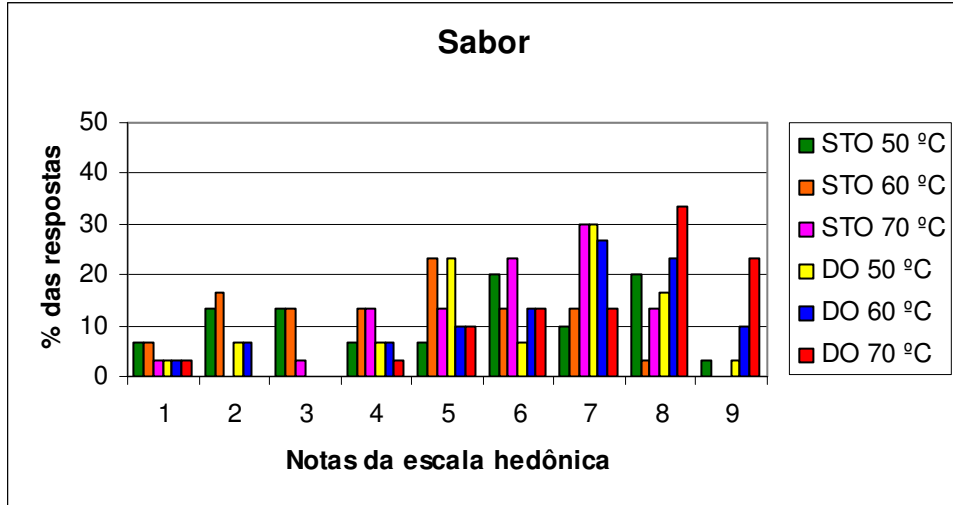


Figura 4.20. Histograma de frequência dos valores arrogados ao atributo sabor das amostras do abacaxi sem tratamento osmótico (STO) e desidratado osmoticamente (DO) seco temperaturas de 50, 60 e 70 °C

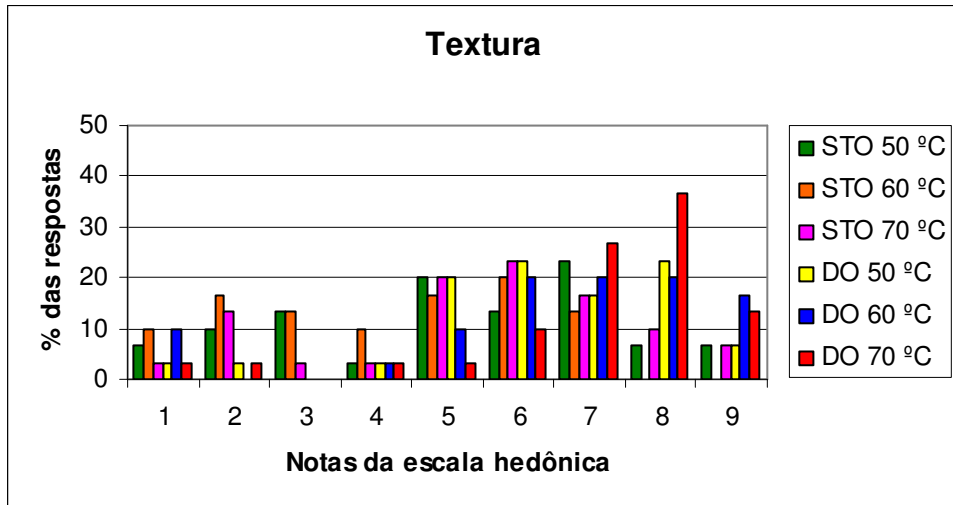


Figura 4.21. Histograma de frequência dos valores arrogados ao atributo textura das amostras do abacaxi sem tratamento osmótico (STO) e desidratado osmoticamente (DO) seco nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C

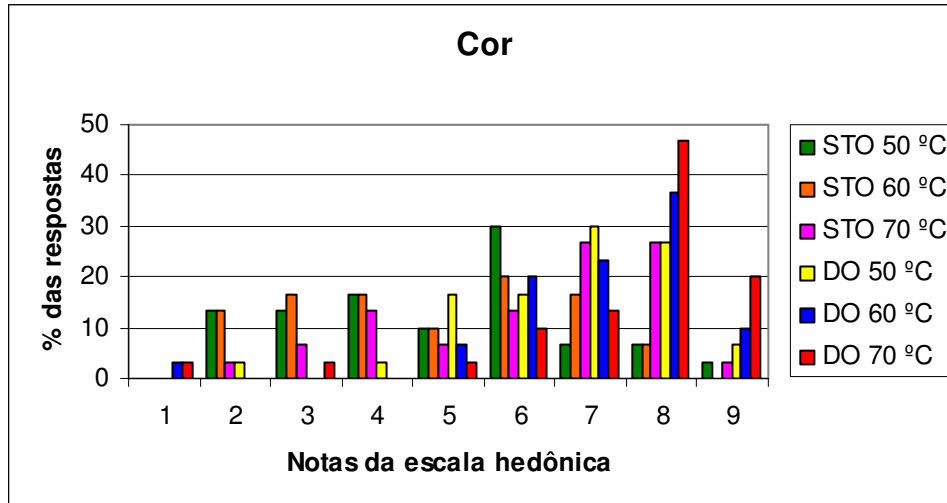


Figura 4.22. Histograma de frequência dos valores arrogados ao atributo cor das amostras do abacaxi sem tratamento osmótico (STO) e desidratado osmoticamente (DO) seco nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C

A aceitação média dos atributos aparência, aroma, sabor, textura e cor de cada umas das amostras estudadas e os resultados da análise de variância e do teste de Tukey são apresentados na Tabela 4.11. Observa-se que o abacaxi desidratado osmoticamente na melhor condição e na secagem convectiva de 70 °C apresentou as maiores médias de aceitação.

Tabela 4.11. Teste de Tukey dos atributos avaliados na análise sensorial para os abacaxis sem tratamento osmótico (STO) e desidratado osmoticamente (DO) na condição ótima seco nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C

Atributo	STO 50 °C	STO 60 °C	STO 70 °C	D.O 50 °C	D.O 60 °C	D.O 70 °C
Aparência	4,76 bc	4,66 c	6,03 ab	6,60 a	6,63 a	7,00 a
Aroma	5,56 ab	4,93 b	5,70 ab	6,10 ab	6,20 ab	6,46 a
Sabor	5,13 bc	4,30 c	6,00 ab	6,06 ab	6,33 ab	6,96 a
Textura	5,13 bc	4,00 c	5,33 bc	6,43 ab	6,63 ab	7,00 a
Cor	4,93 bc	4,83 c	6,20 ab	6,63 a	7,03 a	7,33 a

Médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$)

Observa-se pela tabela que para todos os atributos avaliados as amostra de abacaxi desidratado osmoticamente em todas as condições de secagem convectiva, obtiveram melhor nível de aceitação. Sendo que as amostras desidratadas osmoticamente e secas nas temperaturas de 70 °C conseguiram as melhores medias.

A intenção de compra pelos consumidores está representada na Figura 4.28 e pode-se verificar que também o abacaxi desidratado osmoticamente na condição de secagem convectiva de 70 °C foi a que apresentou melhor nível de aceitação e o abacaxi sem tratamento osmótico (STO) na temperatura de secagem convectiva de 50 °C provocou uma atitude de compra menos positiva, apresentando a menor possibilidade de compra.

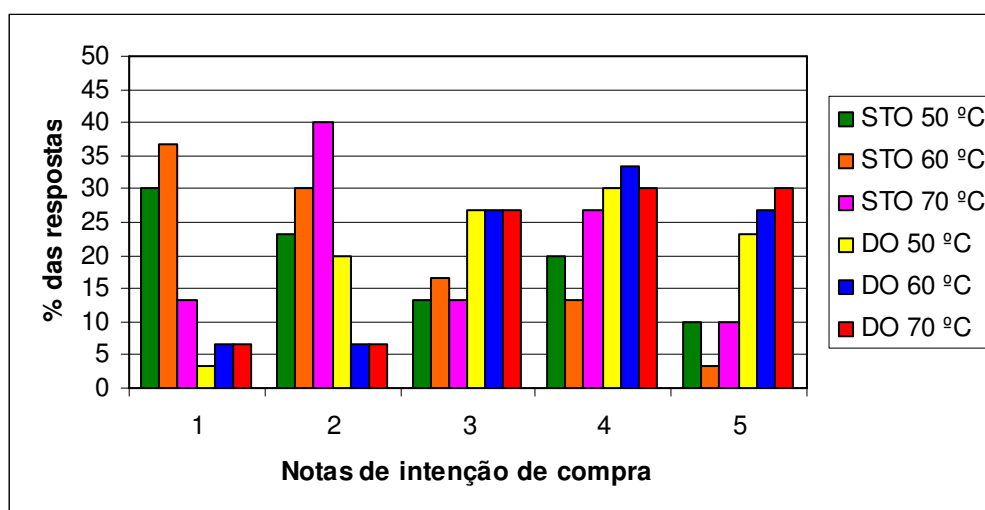


Figura 4.23. Histograma de intenção de compra

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que:

1. Na desidratação osmótica de abacaxi pérola, observa-se que a temperatura, a concentração de sacarose e maltodextrina, influenciaram a variação de peso, perda de umidade e a incorporação de sólidos no processo osmótico.
2. As amostras desidratadas em concentração de sacarose de 55% e concentração de maltodextrina de 5%, na temperatura de 60 °C, apresentaram menor valor da relação adimensional de incorporação de sólidos/perda de umidade, tendo sido considerada a melhor condição de desidratação, sendo escolhida para seguir no processo de secagem convectiva.
3. Os modelos matemáticos testados de Page, Lewis e Henderson & Pabis ajustaram bem as curvas experimentais de secagem, sendo o modelo de Page considerado o que melhor representa o processo de secagem com coeficiente de determinação em média de 99,72%;
4. A temperatura do ar de secagem e o tratamento osmótico tiveram influência no processo de secagem convectiva do abacaxi.
5. O abacaxi osmo-desidratado na condição de secagem convectiva de 70 °C foi o mais aceito pelos provadores, obtendo médias de aceitação para os atributos aparência, aroma, sabor, textura e cor, nas categorias gostei ligeiramente e gostei moderadamente, enquanto a amostra sem tratamento osmótico, seca nas mesmas temperaturas situou-se nas categorias desgostei moderadamente, desgostei ligeiramente.
6. As amostras sem tratamento osmótico provocaram uma atitude de compra menos positiva nos provadores, enquanto as amostras osmo-desidratadas obtiveram maior intenção de compra em torno de kkkk% em comparação a rf5% das sem tratemnto.

6. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

- Estudar cinética de desidratação osmótica em solução ternária;
- Testes com edulcorantes para o pré-tratamento osmótico, o que possibilitaria que diabéticos e pessoas em dietas restritivas de açúcar pudessem consumir o abacaxi osmo-desidratado;
- Estudar o armazenamento do produto seco;
- Aplicação de outros métodos de secagem, tais como: microondas, secagem a vácuo e estudo da cinética de cada método.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIA (São Paulo, SP). Compêndio da legislação de alimentos. São Paulo, 1985. v.1, 185p.

AGRIANUAL 2001. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, p.139-147, 2001

AKYILDIZ, A.; AKSAY, S.; BENLI, H.; KIROGLU, F.; FENERCIOGLU, H. Determination of changes in some characteristics of persimmon during dehydration at different temperatures. *Journal of Food Engineering*, Oxford, v.65, n.1, p.95-99. 2004.

ALEXANDER, R.J. Maltodextrins: production, properties and applications. In: SCHENK, F.W.; HEBEDA, R.E. Starch hydrolysis products. New York: VCH Publishers,. p.233-275. 1992.

ANTONIO, G.C.; KUROZAWA, L.E.; XIDIEH MURR, F.E.; PARK, K.J. Otimização da Desidratação Osmótica de Batata Doce (*Ipomoea batatas*) utilizando metodologia de superfície de resposta. *Brazilian Journal of Food Technology*, São Paulo, v.9, n.2, p.135-141.2006.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis, 14 ed. Arlington, Virgínia, 1992. várias paginações.

AZEREDO, H.M.C.; JARDINE, J.G. Desidratação osmótica de abacaxi aplicada à tecnologia de métodos combinados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.20, n.1, p.78-82, 2000.

AZOUBEL, P.M. ; MURR, F.E.X. . Optimization of osmotic dehydration of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) in sugar solutions. *Food Science and Technology International*, London, v.9, n.6, p.427-433, 2003.

BARROS NETO, G.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. Planejamento e otimização de experimentos. Campinas: Editora da Unicamp, 1995. 299p.

BLEINROTH, E.W. Matéria-prima. In: ITAL. Abacaxi: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas, 1978. (Série Frutas Tropicais, 2). 58p.

BOLIN, H.R.; HUKSOLL, C.C.; JACKSON, R.; NG, K.C. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality, *Journal of Food Science*, Chicago, v.48, n.1, p.202-205. 1983.

BONGIRWAR, D.R.; SREENIVASAN, A. Studies on osmotic dehydration of bananas. *Journal of Food Science and Technology*, India, v.14, n.3, p.104-112, 1977.

BOTELHO, L.; CONCEIÇÃO, A.; CARVALHO, V.D. Caracterização de fibras alimentares da casca e cilindro central do abacaxi “Smooth cayenne”. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.26, n.2, p. 362-367, 2002.

BOTREL, N.; ABREU, C.M.P de. Colheita, cuidados e fisiologia pós-colheita do abacaxi. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.17, n.179, p.33-40, 1994.

BOX, G.E.P.; HUNTER, W.G.; HUNTER, J.S. *Statistics for experimenters: an introduction to design, data analysis and model building*, New York: Wiley & Sons Inc.1978, 653p.

CAMPOS, A. M. Efeito de adoçantes e edulcorantes na formulação de geléias de fruta com pectina aminada. Curitiba, 1993. 166 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Química) – Universidade Federal do Paraná.

CALIARI, M.; SOARES JÚNIOR, M.; FERNANDES, T.N.; GONÇALVES JÚNIOR, S.; Desidratação osmótica de batata baroa (*Arracacia xanthorrhiza*). *Pesquisa agropecuária Tropical*, Goiânia, v.34, n.1, p.15-20.2004.

CEREDA, M.P.; VILPOUX, O. *Processamento de amiláceas latino americanas*. 1. ed. São Paulo: Fundação Cargill, 2002, v.1, 540 p.

CHEN, J.C.P. *Cane sugar handbook*, John Wiley & Sons, Inc., Houston 1200p 1999

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

CHRISTENSEN, C.M.; KAUFMANN, H.H. Microflora. In: CHRISTENSEN, C. M. Storage of cereal grain and their products. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1974.

CORZO, O.; GOMEZ, E. R. Optimization of osmotic dehydration of cantaloupe using desired function methodology. *Journal of Food Engineering*. Oxford, v.64, n.2, p.213-219, 2004.

CUNHA, G.A.P.; CABRAL, J.R.S.; SOUZA, L.F.S. O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Brasília: EMBRAPA comunicação para transferência de tecnologia, 1999. 480p.

DI RIENZO, C. A importância das câmaras frias na hortifruticultura. *Tecnologia da Refrigeração*, v. n.5, p.16-22, 2001.

DOYMAZ, I. Effect of dipping treatment on air drying of plums. *Journal of Food Engineering*, Oxford, v.64, n.4, p.465-470, 2004

DULL, C.G. The pineapple general. In: HULME, A.C. The biochemistry of fruits and their products. New York: Academic Press, 1971, v.11, p.303-324.

EL-AOUAR, A.A., MURR, F.E.X. Estudo e modelagem da cinética de desidratação osmótica do mamão formosa (*Carica papaya* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.23, n.1, p.69-75. 2003.

FAO - Food and Agriculture Organization. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 13 jun. 2005.

FIOREZE, R. Princípios de secagem de produtos biológicos. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2004. 229p.

GARCIA, E.E.C.; ARDITO, E.F.G.; GROSSO, C.R.F.; LEITE, R.S.S.F.; SAVITCI, L.A., GASPARINO FILHO, J.; PINTO NETO, M. O uso de polietileno de baixa densidade (PEBD) para embalagem de até 5 kg de açúcar cristal e refinado. CETEA/ITAL, 8p. 1992.

GONÇALVES, N.B. Abacaxi: pós-colheita. Brasília: EMBRAPA-SCT, 2000. 45p. (Frutas do Brasil, 5).

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

GOUVEIA, J. P. G. de.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. H. da.; MURR, F. E. X. Estudo da cinética de secagem de gengibre em um secador de leito fixo. Revista Brasileira de Armazenamento. Viçosa, v. 24, n.2, p.20-27. 1999.

GREENSMITH, M. Practical dehydration. 2ed. Flórida: CRC Press, 274p. 1998

HAWKES, J.; FLINK, J.M. Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. Journal of Food Processing and Preservation, Westport, v.2, n.4, p.265-284, 1978.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 07 fevereiro. 2007.

IBRAF – Instituto Brasileiro de Frutas. Estatísticas: fruticultura: síntese. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br>>. Acesso em: 28 jan. 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 2.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. 317p.

KAYMAK-ERTEKIN, F.; SULTANOGLU, M. Modelling of mass during osmotic dehydration of apples. Journal of Food Engineering, Oxford, v.46, n.4, p.243-250, 2000.

KERR, R.W. Chemistry and industry of starch. 2.ed. New York. 1950.

LAZARIDES, H.N. . Osmotic preconcentration: developments and prospects. In: Singh, R.P.; OLIVEIRA, F.A.R. (Eds.). Minimal processing of foods and process optimisation. An Interface. Boca Raton: CRC Press, p.73–85.1994.

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

LENART, A., FLINK, J.M.. Osmotic concentration on potato. II. Spatial distribution of the osmotic effect. Journal of Food Science and Technology, Chicago, v.19, n.,p 65-89, 1984.

LERICI, C.R.; PINNAVAIA,G.; DALLA ROSA, M.; BARTPLUCCI, L. Osmotic dehydration of fruit: influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. Journal of food Science, v.50, p.1217-1220,1985.

LIMA, A S.; FIGUEIREDO, R. W. de.; MAIA, G. A. Estudo da estabilidade de melões desidratados obtidos por desidratação osmótica seguida de secagem convencional. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.26, n.1, p.107-109. 2004.

LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. P. Evaluation of food moisture sorption isotherm equation. Part I: fruit, vegetable and meat products. Lebensmittel – Wissenschaft and – Technologie (LWT), v.18, n.2, p.111-117, 1985.

MALTINI, E.; TORREGIANI, D.; BROVETTO, B.R.; BERTOLO, G. Functional properties of reduced moisture fruits as ingredients in food systems. Food Research International, v.26; p.413-419. 1993.

MANICA, I. Fruticultura tropical - 5: abacaxi. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1999. 501p.

MIZRAHI, S.; EICHLER, S.; RAMON, O. Osmotic dehydration phenomena in gel systems. Journal of Food Engineering, Oxford, v.49, n.,1, p.87-96. 2001.

MEDLICOTT, A.P. Fruit Ripening. Syllabus of the Post-harvest Fruit, Vegetables & Root Crop Technology Course. Tropical Development & Research Institute, London, 7p., 1986.

MORAES, M.A.C. Métodos para avaliação sensorial dos alimentos. Campinas: Editora da UNICAMP, 1988. 93p

NASSU, R.T.; LIMA, J.R.; SOUZA FILHO, SOUSA FILHO, M.S.M. Aceitação do consumidor de melão, manga e caju in natura e processados por métodos combinados. Revista Brasileira. Fruticultura, Jaboticabal, v.23, n.3, p.551-554. 2001.

NICOLETI, J.F.; TELIS-ROMERO, J.; TELIS, V.R.N. Air-drying of fresh and osmotically pre-treated pineapple slices: fixed air temperature versus fixed slice temperature drying kinetics. *Drying Technology*, New York, v. 19, n. 9, p. 2175-2191, 2001.

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 n.1, p.13-20.1998.

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

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

POINTING, J.D.; WATTERS, G.G.; FORREY, R.R.; JACKSON, R.; STANLEY, W.L. Osmotic dehydration of fruits. *Food Technology*, Chicago, v.20, n.10, p.1365-1368, 1966.

PBMH - PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA – Normas de Classificação do Abacaxi. Centro de Qualidade em Horticultura – CQH / CEAGESP. 2003. São Paulo. (CQH. Documentos, 24).

RANGANNA, S. Manual of analysis of fruit and vegetables products. New Delhi: Mc-Graw Hill Publishing Company. 1977. 634p

RAOULT-WACK, A.L.; LAFONT, F.; RIOS, G. GUILBERT, S. Osmotic dehydration of massa transfer in terms of engineering properties. In: MUJUNDAR, A.S; ROQUES, M. A. Drying of solids. New York: hemisphere Publishing Company., p. 487-495.1989.

RAOULT-WACK, A.L. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. Trends in Food Science and Technology, Cambridge v.5, n.8, p.255-260, 1994.

RAOULT-WACK, A.L., LENART, A., GUILBERT, S. Recent advances in dewatering through immersion in concentrated solutions ("Osmotic dehydration"). En: Drying of solids. Ed. Mujumdar, A.S. p. 21-51, 1992.

RAVINDRA, M. R.; CHATTOPADHYAY, P.K. Optimization of osmotic preconcentration and fluidised bed drying to produce dehydrated quick-cooking potato cubes. Journal of Food Engineering, Oxford, v.44, n.4, p.5-11, 2000.

RIBEIRO, C.F.A., Métodos combinados de desidratção osmótica e secagem para conservação de manga Tommy Atkins. 2004. 85p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande - PB.

ROSSI, S. J; ROA, G., Secagem e armazenamento de produtos agropecuários com uso de energia solar e ar natural. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia. ACIESP, 1980, 295p.

SACCHETTI, G.; GIANOTTI, A.; DALLA ROSA, M. Sucrose-salt combined effects on mass transfer kinetics and product acceptability – study on apple osmotic treatments. Journal of Food Engineering, Oxford, v.49, n.2-3, p.163-173, 2001.

SALUNKE, D.K.; DESAI, B.B. Postharvest biotechnology of fruits. Boca Ranton: CRC, v.2, 194 p.1984.

SCHWARTZ, M.; SEPÚLVEDA, M.; VILANUEVA, L. Deshidratación osmótica de manzana (cv Granny Smith) con jarabe de maíz. In: Libro resumen VIII Seminario Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Uruguay, p.54. 1994.

SERENO, A. M.; MOREIRA, R.; MARTINEZ, E. Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple in single and combined aqueous solutions of sugar and salt. *Journal of Food Engineering*, Oxford, v.47, n.1, p.43-49, 2001.

SHI, X.Q.; FITO, P.; CHIRALT, A. Influence of vacuum treatment on mass transfer during osmotic dehydration of fruits. *Food Research International*, London, v.28, n.5, p. 445-454, 1995.

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

SILVA, M.A. Curso de secagem industrial – Tipos de secadores IPT São Paulo, 1995.

SILVEIRA, E.T.F., RAHMAN, M.S., BUCKLE, K.A. Osmotic dehydration of pineapple: kinetics and product quality. *Food Research International*, London v.29, n.3- 4, p.227-233, 1996.

SIMÃO, S. Tratado de fruticultura. Piracicaba: FEALQ, 1998. 760p.

SOUSA, P.H.M. de; MAIA, G.A; SOUZA FILHO, M.S.M. Influência da concentração e da proporção fruto: xarope na desidratação osmótica de bananas processadas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.23, n.supl., p.126-130. 2003.

STATSOFT. Statistica for windows. Tulsa, USA, 1997.

TEIXEIRA, E. Análise sensorial de alimentos. Florianópolis: Editora da UFSC, 1987. 180p.

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

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

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pré-treatments in Fruit Processing: chemical, physical and structural effects. *Journal Food Process Engineering*. Oxford, v.49, n.2-3, p.247-253, 2001.

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

USBERTI FILHO, J.A.; SIQUEIRA, W.J.; SPIRONELLO, A.; TANAKA, M.A.S.; SIGRIST, J.M.M.; MARTINS, A.L.M., BORTOLETTO, N.; TSUHAKO, A.T.; GUSHIKEN, A. Abacaxi gomo-de-mel. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. 5p. Disponível em: <<http://200.136.175.13/homeiac/produtos/abacaxi.htm>>. Acesso em: 19 nov. 2005.

VÉLEZ-RUIZ, J.F.; KOSEGARTEN-CONDE, C.; LÓPEZ-MALO, A. Drying of pineapples slices previously treated by osmotic dehydration. In: *International Drying Symposium (IDS '2000)*, 12, 2000, Noordwijkerhout. *Proceedings of the 12th International Drying Symposium*. Elsevier Science B.V. ISSN 0-444-50422-2. Trabalho n.373.

VIEIRA, S.L. Carboidratos: digestão e absorção. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZÁLES, E. (Ed.). *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. cap. 9, p.125-133.

YAMASHITA, F. Filmes e revestimentos biodegradáveis aplicados a frutas e hortaliças minimamente processadas. In: *Encontro Nacional Sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças*, 3, 2004, Viçosa, Palestras...Viçosa: UFV, 2004. p.57-62.