

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**Estudo do desenvolvimento de barra dietética de cereais e
goiaba desidratada pelo processo de osmose à vácuo com
utilização de frutooligossacarídeo**

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por **Adriana Ribeiro Skliutas** aprovada pela Comissão Julgadora em 19 de fevereiro de 2003.

Adriana Ribeiro Skliutas
Engenheira de Alimentos

Campinas, 19 de fevereiro de 2003.

Prof. Dr. Nelson Horácio Pezoa
Garcia
Presidente da Banca

Orientador:
Prof. Dr. Nelson Horacio Pezoa Garcia

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Campinas - SP

2002

i
UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

UNIDADE	80
Nº CHAMADA	
T/UNICAMP	
SK44e	
V	EX
TOMBO BC/	53341
PROC.	124108
C	☐
D	☒
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	29/04/03
Nº CPD	

BIBID 290689

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA CENTRAL DA UNICAMP

CM00181082-9

Sk44e

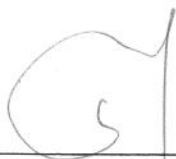
Skliutas, Adriana Ribeiro

Estudo do desenvolvimento de barra de cereais e goiaba desidratada pelo processo de osmose à vácuo com utilização de frutooligossacarídeo / Adriana Ribeiro Skliutas.
-- Campinas, SP : [s.n.], 2002.

Orientador: Nelson Horacio Pezoa Garcia.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Goiaba. 2. Alimentos funcionais. 3. Alimentos - Desidratação. 4. Cereais. I. Garcia, Nelson Horacio Pezoa. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Nelson Horácio Pezoa García
(ORIENTADOR) – DTA/FEA/UNICAMP



Profa. Dra. Helena M. A. B. Cardello
(MEMBRO) – DEPAN/FEA/UNICAMP



Profa. Dra. Miriam Dupas Hubinger
(MEMBRO) – DEA/FEA/UNICAMP

Profa. Dra. Hilary Castle de Menezes
(MEMBRO) – DEA/FEA/UNICAMP

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Nelson Horácio Pezoa García, pela orientação a mim destinada.

A todos os membros da banca examinadora pelas sugestões no sentido de melhorar a qualidade do meu trabalho.

Às professoras Maria Isabel Rodrigues e Helena M. A. B. Cardello, pelo suporte técnico concedido.

Às técnicas, Priscila e Ana Kon, pela colaboração durante o trabalho.

À Luzenira pelo auxílio e colaboração na realização de algumas análises laboratoriais.

À Alessandra, Gabriela, Luciane, Cristiane e Guilherme pela ajuda, companheirismo e neuroses divididas.

À Marina, que esteve presente em mais uma etapa da minha vida.

À Lu Omaire, pelo companheirismo e amizade.

Aos colegas que compartilharam comigo as alegrias e tristezas durante a execução deste trabalho.

À Slim Produtos Dietéticos Ltda, pelas matérias-primas cedidas para a execução deste trabalho.

*Dedico este trabalho aos meus pais,
a quem devo tudo o que sou hoje,
aos meus irmão pelo apoio e amizade.
E ao Eduardo, pelo companheirismo,
pela dedicação e principalmente,
pela paciência.*

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE TABELAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMO GERAL.....	xix
SUMMARY.....	xxi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Barra de cereais.....	3
2.2 Goiaba.....	5
2.3 Alimentos Funcionais.....	7
2.4 Desidratação osmótica à vácuo.....	9
2.4.1. Da transferência de massa.....	16
2.4.2. Da temperatura.....	17
2.4.3. Do tamanho do material.....	18
2.4.4. Do agente osmótico.....	19
2.4.5. Da agitação.....	20
2.4.6. Do efeito do vácuo.....	21
2.5. Frutooligossacarídeos (FOS).....	22
2.6. Secagem convencional de produtos osmoticamente desidratados.....	27
2.7. Liofilização.....	28
2.8. Análise Sensorial.....	30
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1. Material.....	33
3.1.1. Matéria-prima.....	33
3.1.2. Agente osmótico.....	33
3.1.3. Outras matérias-primas, ingredientes e aditivos utilizados nas barras de cereais.....	35
3.1.4. Agente sanitizante.....	35
3.1.5. Agente para o descascamento químico.....	35
3.1.6 Reagentes e soluções.....	35

3.2. Equipamentos.....	36
3.3. Métodos analíticos.....	37
3.3.1. Ácido ascórbico.....	37
3.3.2. °Brix.....	37
3.3.3. Sólidos totais.....	37
3.3.4. Atividade de água.....	38
3.3.5. pH.....	38
3.3.6. Acidez titulável.....	38
3.3.7. Açúcares redutores e totais.....	38
3.3.8. Fibras.....	38
3.3.9. Proteínas.....	38
3.3.10. Lipídeos.....	39
3.3.11. Cinzas.....	39
3.3.12. Valores calóricos.....	39
3.4. Estudos preliminares.....	39
3.4.1. Definição do antioxidante a utilizar no processo de desidratação osmótica.....	39
3.4.2. Influência do agente desidratante no teor de incorporação de sólidos (IS) e perda de umidade (PU) da goiaba durante a DO à vácuo.....	41
3.4.2. Influência da redução da superfície de contato da goiaba sobre a a incorporação de sólidos (IS) e perda de umidade (PU) da goiaba durante a DO à vácuo.....	41
3.5. Metodologia dos processos.....	41
3.5.1. Desidratação osmótica (DO) da goiaba.....	41
3.5.2. Controles de eficiência do processo de desidratação osmótica (DO).....	43
3.5.3. Determinação do melhor processo para complementação da secagem de goiaba: secagem em estufa por ar quente ou liofilização.....	47
3.5.3.1. Secagem da goiaba pré-desidratada osmoticamente em estufa com circulação de ar.....	47

3.5.3.2. Secagem da goiaba pré-desidratada osmoticamente em liofilizador.....	47
3.5.3.3. Escolha do melhor processo para complementação da secagem de goiaba: secagem em estufa por ar quente ou liofilização.....	47
3.5.4. Determinação da quantidade de goiaba desidratada nas barras de fruta e cereais	48
3.5.5. Processamento das barras de fruta e cereais.....	50
3.6. Delineamento experimental.....	51
3.7. Avaliação da estabilidade microbiológica da barra de fruta e cereais.....	53
3.8. Análise sensorial da barra de fruta e cereais.....	54
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
4.1. Desenvolvimento dos modelos experimentais da desidratação osmótica à vácuo, utilizando sorbitol como agente desidratante.....	56
4.1.1. Perda de peso.....	57
4.1.2. Perda de umidade.....	63
4.1.3. Incorporação de sólidos.....	67
4.2. Definição do uso de antioxidante durante o processo de DO.....	75
4.3. Influência dos agentes desidratantes (xarope de sorbitol e xarope de sacarose) no teor de incorporação de sólidos (IS) e perda de umidade (PU) da fruta após o processo de DO.....	76
4.4. Efeito da redução da superfície de contato da goiaba sobre a incorporação de sólidos (IS) e perda de umidade (PU) durante a DO.....	77
4.5. Secagem complementar das goiabas osmoticamente desidratadas.....	81
4.6. Análise sensorial da goiaba.....	83
4.7. Determinação da quantidade de goiaba na barra de fruta e cereais.....	86
4.8. Estudo da vida de prateleira da barra de fruta e cereais.....	90
4.8.1. Avaliação microbiológica.....	90
4.8.2. Teor de vitamina C e umidade.....	92
4.8.3. Análise sensorial.....	93
5. CONCLUSÕES.....	101

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
7. ANEXOS.....	113

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 Composição química das variedades branca e vermelha de goiaba.....	7
Tabela 3.1 Formulações da barra de fruta e cereais.....	49
Tabela 3.2 Níveis decodificados de cada variável	52
Tabela 3.3 Níveis codificados das variáveis em cada ensaio.....	53
Tabela 4.1 Respostas experimentais obtidas nos ensaios do planejamento experimental de desidratação osmótica de goiaba à vácuo utilizando sorbitol como agente desidratante.....	56
Tabela 4.2 Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (p) e coeficiente de regressão para os fatores do modelo codificado para perda de peso.....	57
Tabela 4.3 Resultados da ANOVA para o modelo ajustado para perda de peso.....	58
Tabela 4.4 Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (p) e coeficiente de regressão para os fatores do modelo codificado para perda de umidade.....	63
Tabela 4.5 Resultados da ANOVA para o modelo ajustado para perda de umidade.....	64
Tabela 4.6 Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (p) e coeficiente de regressão para os fatores do modelo codificado para incorporação de sólidos.....	68
Tabela 4.7 Resultados da ANOVA para o modelo ajustado para incorporação de sólidos.....	69
Tabela 4.8 Valores de incorporação de sólidos (IS), obtidos após desidratação osmótica à vácuo de goiaba utilizando como agente desidratante xarope de sorbitol e xarope de sacarose.....	76
Tabela 4.9 Caracterização das goiabas <i>in natura</i> e após o processo de desidratação osmótica à vácuo e a pressão ambiente.....	79
Tabela 4.10 Umidade final das goiabas após os diferentes processamentos.....	82
Tabela 4.11. Valores dos atributos sensoriais das goiabas após os processamentos acima descritos.....	84

Tabela 4.12 Características físico-químicas da goiaba desidratada utilizada como ingrediente da barra de fruta e cereais.....	85
Tabela 4.13 Valores dos atributos sensoriais na determinação da formulação da barra de fruta e cereais.....	86
Tabela 4.14 Caracterização físico-química das barras de fruta e cereais.....	87
Tabela 4.15 Composição nutricional da barra de fruta e cereais.....	88
Tabela 4.16 Contagem microbiológica das barras de fruta e cereais durante a vida de prateleira a temperatura ambiente.....	91
Tabela 4.17 Valores de ácido ascórbico e umidade durante o armazenamento da barra de fruta e cereais.....	92
Tabela 4.18 Análise sensorial das barras de fruta e cereais durante o estudo da vida de prateleira.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Transferência de massa durante o processo de desidratação osmótica.....	13
Figura 3.1. Goiaba vermelha “Paluma”.....	33
Figura 3.2 Desidratador osmótico à vácuo com circulação natural.....	45
Figura 3.3 Desidratador osmótico a pressão ambiente.....	45
Figura 3.4 Fluxograma do processamento do desidratado osmótico.....	46
Figura 3.5 Fluxograma do processamento das barras de fruta e cereais	50
Figura 4.1 Superfície de resposta para perda de peso.....	59
Figura 4.2 Superfície de contorno para perda de peso.....	61
Figura 4.3 Superfície de resposta para perda de umidade.....	65
Figura 4.4 Superfície de contorno para perda de umidade.....	65
Figura 4.5 Superfície de resposta para incorporação de sólidos.....	71
Figura 4.6 Superfície de contorno para incorporação de sólidos.....	73
Figura 4.7 Histograma de % de respostas e notas atribuídas a intenção de comprar dos provadores logo após o processamento das barras de fruta e cereais (tempo 0).....	95
Figura 4.8 Histograma de % de respostas e notas atribuídas a intenção de comprar dos provadores logo após 30 dias de armazenamento das amostras.....	97
Figura 4.9 Histograma de % de respostas e notas atribuídas a intenção de comprar dos provadores logo após 60 dias de armazenamento das amostras.....	97

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I: Modelo da ficha para avaliação sensorial da goiaba desidratada.....	113
Anexo II: Modelo da ficha para avaliação sensorial da barra de fruta e cereais.....	115

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma barra de fruta e cereais dietética, sem adição de açúcares calóricos convencionais nem de gordura, utilizando frutooligossacarídeo como fonte de fibra solúvel em substituição à parte dos açúcares e da gordura. A fim de determinar a melhor opção para a desidratação da goiaba utilizada na barra, foram estudados os métodos combinados de desidratação osmótica a pressão ambiente e sob vácuo, seguidos de secagem em estufa com circulação ar quente, ou em liofilizador. De acordo ao planejamento experimental utilizado, as melhores condições obtidas de tratamento osmótico para a goiaba, utilizando solução de sorbitol 65%, foram temperatura na faixa de 27,4 a 32°C e tempo de processamento de 90 a 110min. Nestas condições pode ser obtida uma incorporação de sólidos (IS) de 7,9% e perda de umidade (PU) de 33%. As condições efetivas de processamento para obtenção da fruta desidratada para formular a barra, considerando que a incorporação de sólidos (IS) na goiaba (sorbitol) não seria um grande obstáculo para a formulação do produto final, foram temperatura de 30°C e tempo de 120min. A incorporação de sólidos (IS) nestas condições foi de 16,4% e a perda de umidade (PU) de 39,8%. A tecnologia de desidratação osmótica a vácuo possibilitou boa eficiência em baixas temperaturas, obtendo boa qualidade das frutas desidratadas, tornando-se assim uma alternativa promissora como forma de conservação de alimentos e na produção de desidratados nutricionais de boa qualidade sensorial. O melhor processo de secagem da goiaba a ser utilizada como ingrediente da barra de fruta e cereais, determinada através de análise sensorial, foi a combinação da desidratação osmótica à vácuo com a secagem em estufa por ar quente. Após testar três produtos formulados com 20, 30 e 40% de goiaba desidratada, a análise sensorial mostrou preferência pela barra que continha 30% de fruta. As barras de fruta e cereais processadas foram avaliadas periodicamente, a fim de se estudar a estabilidade microbiológica, teor de umidade, teor de ácido ascórbico (vitamina C), as características sensoriais da amostra e a intenção de compra dos consumidores no decorrer do estudo da vida

de prateleira. O produto desenvolvido neste trabalho, mostrou-se estável nas avaliações microbiológicas realizadas e também com relação ao teor de umidade e ácido ascórbico, após 60 dias, que foi o tempo estudado. Os resultados obtidos na análise sensorial durante o estudo da vida de prateleira, nos mostraram que não houve diferença significativa entre as amostras no decorrer dos tempos 0, 30 e 60 dias, a um intervalo de segurança de 95%. Com relação a intenção de compra após os 60 dias, 90% dos provadores mostraram interesse de compra pela amostra.

General Summary

This work aims at developing a Diet Cereal Bar without the additional of conventional caloric sugars, or fat by using fructooligosaccharide as a soluble fiber source, replacing part of the sugar and fat. Combine processing methods were studied to determine the best way to dehydrate Guava for the diet fruit and cereal bar being: osmotic dehydration under atmosphere pressure and vacuum, followed by a drying process in an stove with air circulation or freeze dryer. According to the experimental plan, the best obtained condition for the osmotic treatment for the Guava was to use 65% sorbitol solution, with a range temperature from 27.4 to 32°C, and processing time from 90 to 110min. Under such conditions, a solid incorporation of 7.9% occurred with a moisture loss by 33%. Considering this solids incorporation (sorbitol) it would not be a significant barrier to the formulation of the final product, the effective processing conditions to obtain the dehydrated fruit were fixed at 30°C temperature and 120min time. Under these conditions, the solids incorporation was 16.4% and moisture loss 39.8%. The vacuum osmotic dehydration technology made possible to use low temperatures, assuring good quality of the dehydrated fruit, being a promising alternative to preserve food and produce dehydrated food with good sensory and nutritional quality. The sensory analysis of the diet fruit and cereal bar obtained showed that the best Guava drying process was the combination of vacuum osmotic dehydration without air stove drying. After trying 3 different formulated products with 20, 30 and 40% of dehydrated Guava, the sensory analysis indicated 30% of dehydrated Guava diet bar as the best. The final products were periodically evaluated in order to define the microbiological stability, moisture content, ascorbic acid content (Vitamin C), the sensorial characteristics and customer's buying intention during the shelf-life study. The product developed in this assignment showed microbiological stability for 60 days, as well the moisture and ascorbic acid contents. The results of the sensory analyses during the shelf-life showed no significant difference among the samples at 0, 30 and 60 days, with an 95%-safety. 90% of the customers showed interest in buying the product.

1. INTRODUÇÃO

Qualidade de vida, esse é um dos pontos importantes que tem levado um número cada vez maior de consumidores a procurar alimentos que lhe garantam melhor saúde e bem-estar. Baseada na exigência do mercado colocada pela transformação do estilo de vida da população, ocorreu um aumento na realização de pesquisas de novos compostos naturais e desenvolvimento de novos ingredientes, como forma de atender à busca das pessoas por alimentos mais saudáveis e práticos.

Na última década, o grande foco desta evolução tecnológica foi o alimento funcional, que já têm presença expressiva nas gôndolas dos pontos de venda dos países desenvolvidos e que se amplia a cada dia no mercado brasileiro. Na Europa e nos Estados Unidos verifica-se um crescimento significativo da demanda desses produtos desde a década de 1990 (Ahvenainen, 1996). O Brasil apresenta um crescimento de 10 a 15% ao ano dos produtos prontos para o uso, porém seu custo ainda é limitante para o aumento efetivo do consumo (Saabor, 2000).

Para o consumidor, tais produtos significam opções cada vez mais variadas para diversas finalidades especiais, enquanto para a indústria alimentícia representam uma oportunidade de colocar no mercado produtos inovadores.

Devido a essa tendência, as frutas frescas têm aumentado sua popularidade em comparação às frutas processadas, porém a dificuldade de conservação e procura por praticidade desses alimentos provocam o aparecimento dos alimentos processados. A desidratação de frutas tem sido objeto de pesquisa na procura por métodos de secagem que proporcionem, além de baixo custo, produtos estáveis, que conservem com pouca alteração suas características nutritivas e organolépticas.

A pré-desidratação osmótica, seguida de uma secagem com ar quente, liofilização, congelamento ou outro processo de conservação, é um processo que tem sido utilizado na produção de frutas desidratadas e parcialmente desidratadas. Vários pesquisadores constataram que este processo em alimentos

diminui consideravelmente o tempo de secagem, melhora as características finais do produto (Mazza, 1980; Islam & Flink, 1982; Welti et al., 1995; Baroni, 1997) e viabiliza a utilização de frutas que apresentam acidez demasiadamente elevada para serem consumidas como frutas secas de mesa, pois torna o produto mais aceitável organolépticamente (Silveira et al., 1984).

A tecnologia de desidratação osmótica à vácuo possibilita o uso de baixas temperaturas oferecendo boa eficiência, não só obtendo alta taxa de remoção de água e eliminando os problemas devido a altas temperaturas (Fito, 1994; Shi & Fito, 1993), como boa qualidade das frutas desidratadas permitindo a utilização de menor volume de agente osmótico e menor tempo de processo.

Assim o objetivo geral deste trabalho foi o desenvolvimento de uma barra de fruta e cereais dietética, sem adição de açúcares e gordura, utilizando como “importantes” ingredientes goiaba desidratada pelo processo de osmose à vácuo combinado a secagem com ar quente e frutooligossacarídeo, utilizando este na barra em substituição do açúcar e da gordura, apresentando como objetivos específicos:

1. Estudar os parâmetros de desidratação osmótica à vácuo, utilizando a goiaba como matéria-prima na barra de fruta e cereais;
2. Determinar a formulação mais adequada da barra de fruta e cereais;
3. Estudar a vida de prateleira da barra de fruta e cereais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Barra de cereais

A barra de cereal é um produto elaborado a partir da extrusão da massa de cereais que pode ser preparada pela mistura de flocos de arroz, milho, aveia e outros cereais, xarope de glicose e gordura vegetal, com a opção de agregar frutas desidratadas. É um alimento nutritivo de sabor adocicado e agradável, fonte de vitaminas, sais minerais, fibras, proteínas e carboidratos complexos.

De acordo com Murphy (1995), os cereais em barras são multicomponentes e podem ser muito complexos em sua formulação. Como tal, muito cuidado deve ser tomado na combinação dos vários ingredientes para garantir que eles se complementem mutuamente nas características de sabor, textura, e propriedades físicas, particularmente no ponto de equilíbrio de umidade relativa.

Cada vez mais as pessoas procuram alimentos saudáveis sem deixar de lado o sabor, e é essa a proposta das barras de cereais, pois são produtos considerados *snacks*. Estes “são alimentos de fácil consumo, em forma líquida ou sólida, que requerem pouco ou nenhum preparo para o consumo”, durante muito tempo não foram considerados alimentos e seus valores nutritivos vinham sendo pouco enfatizados (Estevez *et al.*, 1995).

Cereais em barra são uma categoria particular de *countlines*, termo que descreve uma classe de produtos de confeitaria de forma retangular que são vendidos em embalagens individuais. Este é o setor de mais rápido crescimento no mercado de confeitaria (Murphy, 1995).

Cereais para café da manhã e produtos afins, como barra de cereais, geram receita de U\$ 9 bilhões na indústria dos Estados Unidos. O crescimento tem sido constante e foi de 2% nos últimos anos na maioria das categorias de cereais. Pesquisas indicam que 98% da população norte americana os consomem entre as

principais refeições, chegando a um consumo per capita médio anual de 9,7 kg. No caso específico de barras de cereais, o crescimento é fantástico, sendo estimado em 30% ao ano (Alberta Agriculture, Food and Rural Development, 1997). Este crescimento vem incentivando as indústrias a produzirem produtos diferenciados, agregando cada vez mais valor nutricional (alto teor de proteínas, fibras, vitaminas e sais minerais), e investir na melhoria da qualidade dos produtos.

Sob o ponto de vista nutricional e fisiológico, fibras dietéticas resistem à quebra no estômago e a algumas enzimas intestinais, e podem influenciar o tempo de trânsito intestinal. Tais componentes protegem contra outros problemas de saúde como câncer, doenças cardiovasculares, diabetes, obesidade e mau funcionamento digestivo (Estevez *et al.*, 1995).

A importância de se disponibilizar, através de cereais em barras, energia e proteínas de bom valor biológico, resulta do fato de que crianças e adolescentes apresentam uma grande preferência por estes tipos de produtos, e devido a isto poderiam cumprir uma função destacada em seu desenvolvimento físico e mental. Recentemente se tem dado muita atenção ao consumo de alimentos naturais com alto conteúdo de fibras e baixos níveis de aditivos (Escobar *et al.*, 1998).

Boustani & Mitchell (1992) ao realizarem pesquisas sobre a composição química e a qualidade sensorial de diversas marcas de barra de cereais comercializadas no Reino Unido, concluíram que os consumidores tendiam a ser jovens (15 – 24 anos), sendo que a maioria deles associaram barra de cereais à saúde alimentar.

Os avanços realizados em estudos sobre nutrição humana têm aumentado os conhecimentos das relações entre nutrição e capacidade física do organismo. Com isso, as indústrias de alimentos podem oferecer aos esportistas produtos cientificamente elaborados com o objetivo de complementar a dieta alimentar, oferecendo energia e nutrientes na medida em que o organismo requer. Em análises realizadas em alguns produtos novos, verificou-se que estes são

alimentos que apresentam boa qualidade nutritiva, microbiológica e sensorial, funcionando ainda como importante complemento protéico (Penna *et al.*, 1993).

2.2. Goiaba

A goiaba (*Psidium guajava* L.), originária nas regiões Tropicais Americanas, é a espécie de maior interesse comercial pertencente ao gênero *Psidium* da família *Myrtacea*, que compreende mais de 100 espécies de árvores e arbustos, dos quais muitos produzem frutos comestíveis, cujo cultivo se estende a todas as regiões tropicais e sub-tropicais do mundo (Pereira, 1995; Medina, 1978).

Apesar da grande disponibilidade do fruto no Brasil, ele é pouco explorado sendo sua produção direcionada principalmente para as indústrias de pastas, sucos e compotas. Atualmente, mediante investimentos em adubação, podas programadas e irrigação, a produção voltada para o consumo de mesa (*in natura*) tem crescido consideravelmente. Os avanços e investimentos na produção estão gerando frutos de melhor qualidade que podem ser aceitos tanto pela indústria quanto pelo mercado *in natura* (Carmo, 2000).

O Brasil situa-se entre os principais produtores mundiais de goiaba, tanto *in natura* quanto de seus derivados industrializados, juntamente com México, Paquistão, Colômbia, Egito, África do Sul e Índia. Os maiores estados produtores no Brasil são: São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais na região Sudeste, Bahia, Pernambuco e Paraíba no Nordeste, Goiás no Centro-Oeste e Rio Grande do Sul e Paraná na região Sul (Pereira 1995). Segundo a Secretaria de Agricultura, São Paulo produz cerca de 70% da safra nacional de goiabas, estimada em 100 mil toneladas por ano.

Pereira (1995) caracteriza a variedade vermelha de goiaba através de frutos grandes piriformes com pescoço curto, casca lisa e amarela quando maduros, polpa firme e espessa de cor vermelha intensa e sabor agradável.

A variedade “Paluma” é considerada de excelente qualidade, podendo atender as exigências do mercado *in natura* e da indústria, apresentando um rendimento (g polpa / kg de goiaba) superior às variedades tradicionais (Carmo, 2000).

Existem grandes variações no peso, forma, sabor, valor nutritivo, espessura da polpa, coloração e rugosidade da casca das goiabas. O peso pode variar de 50 a 800 g, a forma de redonda a piriforme com pescoço longo, sabor e valor nutritivo muito variáveis encontrando-se frutos muito doces e extremamente ácidos entre as variedades, espessura da polpa entre menos de 1 cm e aproximadamente 2cm, coloração da casca entre frutos maduros de verde a amarela e da polpa do branco ao vermelho intenso, passando pelo amarelo e rosa (Pereira, 1995).

Ainda de acordo com o mesmo autor, a goiaba é uma das mais completas e equilibradas frutas em relação ao valor nutritivo, destacando-se por seus teores de elementos minerais como cálcio, fósforo e potássio, e vitaminas A e C, além de teores consideráveis de proteínas e fibras. Carvalho (1999) considera também os teores de vitamina do complexo B como tiamina e niacina e apresenta o teor de ácido ascórbico (vitamina C) da goiaba como sendo um dos mais altos entre as frutas tradicionais, estando, segundo o autor, inferior apenas ao da acerola. Porém os autores enfatizam que grandes variações nos teores dos componentes nutritivos podem ocorrer devido à variedade do fruto, estágio de maturação no momento da colheita, condições climáticas durante o desenvolvimento dos frutos e procedimentos durante o cultivo.

Além de ser fonte rica em ácido ascórbico, a goiaba é uma boa fonte de niacina, β caroteno e de licopeno. O licopeno é um componente que pertence a família de antioxidantes, compostos responsáveis pelo combate aos radicais livres (substâncias tóxicas relacionadas ao envelhecimento celular) no organismo. Além de conferir a cor avermelhada a alimentos como tomates, goiabas e outras frutas vermelhas, estudos recentes têm demonstrado uma ação importante na prevenção e combate de doenças bastante severas (câncer de mama, próstata e

cardiovasculares), como resultado da diminuição dos oxidantes no organismo. A quantidade de licopeno encontrada em goiaba vermelha “Paluma” é de aproximadamente 6,5 mg/100g (Giovannuci, 1999).

Pectina é encontrada na fruta madura ao redor de 1%. Os aromas da goiaba são razoavelmente estáveis ao tratamento térmico (Série Frutas Tropicais, 1980).

A Tabela 2.1, apresenta a composição química das variedades de goiaba (Medina, 1978).

Tabela 2.1 – Composição química das variedades branca e vermelha de goiaba

Análises químicas	Branca	Vermelha
Sólidos totais (%)	12,37	15,73
Açúcares totais (%)	4,83	6,21
Açúcares redutores (%)	3,25	4,50
Fibras (%)	5,73	5,06
Cinzas (%)	0,32	0,53
pH	5,50	5,90

Fonte: (Medina, 1978).

2.3. Alimentos Funcionais

Alimentos funcionais ou nutracêuticos tiveram sua designação originada no Japão, em meados de 1980, para caracterizar alimentos e/ou ingredientes alimentares que, além de suas funções nutricionais normais (fonte de energia e substrato para a formação de células e tecidos), possuem, em sua composição, uma ou mais substâncias capazes de atuar como moduladores dos processos

metabólicos, melhorando as condições de saúde, promovendo o bem estar e prevenindo o surgimento precoce de doenças degenerativas (Arai, 1993; Goldberg, 1994; Mazza, 1998; Sgarbieri & Pacheco, 1999). No Japão e nos Estados Unidos esse mercado já movimenta um volume significativo e, especialmente entre os americanos sua procura é muito grande, pois ajudam a reduzir problemas ligados à obesidade e ao câncer, entre outros.

O mercado mundial de funcionais atingiu U\$ 100 milhões em 2000, o que representa 5% da alimentação humana comercializada no mundo. Em consequência da aceitação e necessidade deste tipo de alimentos, a indústria passa por transformações e as pesquisas apontam componentes como peixes, vegetais e frutas como as principais fontes fornecedoras para o processamento dos novos produtos. Deles são extraídos compostos, que transformam os alimentos em nutracêuticos, alimentos que possuem também função farmacêutica, associada aos nutrientes essenciais, modulando funções biológicas.

Os alimentos funcionais, são definidos como produtos contendo em sua composição alguma substância biologicamente ativa, que, ao serem incluídos numa dieta, modulam processos metabólicos ou fisiológicos resultando em benefícios à saúde. Esse alimentos vão além de suas funções nutricionais básicas, pois contribuem com a redução de risco das doenças crônico-degenerativas (Goldberg, 1994).

Vários efeito benéficos produzidos pelos alimentos ou ingredientes funcionais sobre a saúde encontram-se comprovados, porém, para que um determinado alimento possa ser classificado como funcional é necessário que os componentes fisiologicamente ativos estejam presentes em quantidades suficientes e adequadas para produzir o efeito desejado (Goldberg, 1994; Mazza, 1998).

De acordo com Hughson (1995), um alimento torna-se funcional quando utilizado como “veículo” para um nutriente que não estaria presente no mesmo naturalmente.

Alguns dos efeitos fisiológicos mais explorados e desejáveis dos ingredientes ou alimentos funcionais atualmente são relacionados com o trato intestinal de humanos e animais, envolvendo tanto a capacidade de regularizar o funcionamento do intestino quanto de balancear a microbiota intestinal, aumentando a população de bactérias benéficas, em detrimento de outras espécies, deletérias à saúde.

Sob o aspecto de modulação da microbiota do intestino, os alimentos funcionais são hoje divididos em três grupos, que incluem os prebióticos, os probióticos e os simbióticos. Os prebióticos são definidos como compostos não digeríveis que podem ser utilizados no metabolismo de um número limitado de bactérias intestinais, incluindo principalmente os oligossacarídeos estimuladores do crescimento das bifidobactérias. Os probióticos são suplementos alimentares contendo bifidobactérias ou bactérias lácticas viáveis, cujo efeito esperado é a colonização do intestino por essas espécies, e os simbióticos são combinações balanceadas de pró e prebióticos, resultando em ingredientes com as características funcionais dos dois grupos (Gibson & Roberfroid, 1995).

Os alimentos funcionais representam uma união da farmacologia com a tecnologia de alimentos na busca de uma melhor qualidade de vida, baseada na alimentação. Isso vem sendo reconhecido pelo consumidor moderno, que tem procurado com mais frequência esse tipo de produtos nas prateleiras dos supermercados. Evidentemente, esses alimentos não podem ser encarados como uma solução única, mas sim como mais um auxílio que os avanços tecnológicos e científicos colocam à disposição.

2.4. Desidratação Osmótica à Vácuo

Desde a antiguidade é conhecido que os alimentos com maior conteúdo de umidade são mais perecíveis, de tal maneira que o controle do conteúdo de umidade de um produto tem sido uma importante ferramenta para a sua conservação (Welti & Vergara, 1997). Segundo Labuza (1980) o controle do conteúdo de umidade de um alimento é feito através da remoção da água, de

forma que o alimento se torne estável à deterioração química e microbiana devido à diminuição de atividade de água.

Ponting *et al.*, (1996), sugeriram um processo de desidratação baseado no mecanismo de osmose que poderia ser utilizado para remover a água de alimentos através da difusão pelas membranas semi-permeáveis das células.

O processo de desidratação osmótica consiste basicamente na remoção de água do alimento por efeito da pressão osmótica, o que ocorre por imersão do produto em uma solução hipertônica de um ou mais solutos (agente desidratante), durante um tempo e temperatura específicos.

De acordo com Torreggiani & Bertolo (2001) a característica diferencial da desidratação osmótica, comparada a outros processos de desidratação, é que ela permite a penetração de solutos no alimento, sendo possível modificar, de certa forma, a sua formulação. Esse processo permite ajustar a composição físico-química do alimento adicionando agentes redutores de atividade de água, incorporar ingredientes ou aditivos como antioxidantes e outros preservativos ao alimento, adicionar solutos de interesse nutricional ou sensorial e fornecer alimentos com diferentes características de consistência.

O processo de desidratação osmótica é uma técnica de concentração de alimentos sólidos, que consiste em colocar pedaços de frutas ou hortaliças numa solução hipertônica de desidratação. Soluções de açúcares são usualmente empregadas, causando ao menos dois principais fluxos simultâneos em contra corrente: uma saída de água do produto para a solução e uma transferência do soluto da solução desidratante para o produto. Porém a difusividade dos açúcares é muito menor que a da água, tornando possível processos que resultam numa remoção substancial de água com apenas uma pequena absorção de açúcares (Karel, 1975).

Outro fluxo verificado durante a desidratação osmótica é a difusão de solutos naturais do produto (açúcares, ácidos orgânicos, sais minerais, vitaminas,

etc) da fruta para a solução desidratante. Porém, segundo Heng *et al.*, (1990), quantitativamente esse fluxo é desprezível, mas pode ser importante para a qualidade do produto. A figura 2.1 mostra a transferência de massa verificada durante o processo osmótico.

As transferências de massa envolvidas no processo em contracorrente são isotérmicas, sem mudança de fase, e são acompanhadas pelo encolhimento do tecido celular (Raoult-Wack *et al.*, 1994). O resultado desta transferência é a diminuição do conteúdo de água com um aumento simultâneo de sólidos, assim como uma mudança na constituição química do produto desidratado (Lenart, 1996).

Segundo vários autores, a transferência de massa se dá principalmente durante as duas primeiras horas; a partir daí, as taxas de transferência diminuem progressivamente, até que a perda de água cessa, por outro lado a incorporação de solutos continua a aumentar. Consequentemente, o produto tende a voltar a ganhar peso, resultando em um produto rico em solutos (Ponting *et al.*, 1966; Raoult-Wack, 1994; Lenart, 1996).

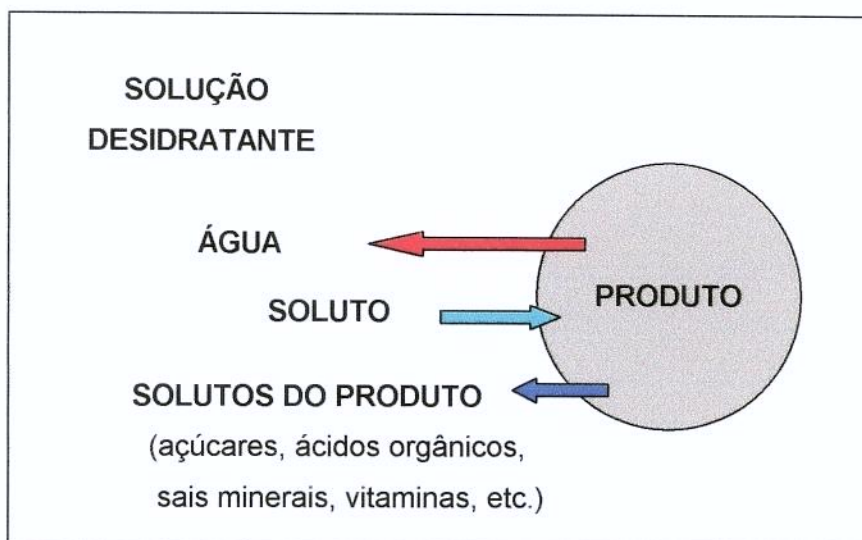


Figura 2.1. Transferência de massa durante o processo de desidratação osmótica.

Segundo Ponting *et al.*, (1966) a utilização de solução concentrada de açúcar para desidratação osmótica de pedaços de frutas, além de reduzir o teor de água do produto, protege sua qualidade, pois a alta concentração de açúcar ao redor dos pedaços de fruta previne a descoloração causada por enzimas oxidativas, conferindo-lhes uma cor atrativa além de produzir um produto com doçura agradável devido a pequena quantidade de açúcar que é absorvida pela fruta.

Krokida *et al.*, (2000) afirmam que o processo de imersão de frutas em soluções de açúcares pode ser utilizado também como um método de preservação de cor. Ao estudarem o efeito do pré-tratamento osmótico na cor de maçãs e bananas, cortadas em rodela, submetidas à secagem verificaram que as reações de escurecimento das frutas ocorridas durante a secagem são inibidas pela desidratação osmótica através da impregnação dos açúcares.

Torreggiani & Bertolo (2001) apresentam, como grande apelo da desidratação osmótica a intensificação da qualidade nutricional e sensorial dos produtos de fruta, podendo ser uma importante ferramenta para desenvolver

novos produtos, agregar valores aos produtos de frutas existentes no mercado e preparar frutas com propriedades funcionais.

De acordo com Heng *et al.*, (1990) a desidratação osmótica como pré-tratamento aos processos de secagem, pasteurização ou congelamento é um interessante caminho para a valorização de frutas tropicais. Seu estudo de desidratação osmótica em cubos de mamão se mostrou interessante comparado ao processo de secagem tradicional, devido à preservação da qualidade sensorial e a economia de energia.

As variáveis de processo envolvidas na desidratação osmótica são: tipo de agente desidratante, temperatura, tempo de processo, pressão, concentração da solução, proporção de massas produto : solução, tamanho dos pedaços de fruta e agitação.

Argandoña (1999), no estudo de desidratação osmótica de goiaba como pré-tratamento à secagem, utilizando sacarose como agente desidratante, verificou que a concentração da solução desidratante foi a variável que mais influenciou as taxas de remoção de água e ingresso de soluto, enquanto que a temperatura teve um efeito moderado, além de concluir que o pré-tratamento osmótico mostrou-se eficiente, obtendo-se um produto de umidade intermediária com qualidades sensoriais superiores ao produto sem pré-tratamento osmótico submetido a secagem.

O fenômeno de transferência de massa entre o produto e o meio desidratante é estritamente afetado pela natureza do produto (espécie, variedade, nível de maturação, forma e tamanho, pré-tratamento) e das variáveis do processo (composição/concentração do meio osmótico, relação meio/produto, temperatura, contato, tempo de duração do processo).

2.4.1. Da transferência de massa

A transferência de massa depende das propriedades do tecido, especialmente do espaço intercelular presente. Quando o material (fruta, hortaliça, etc) é imerso em uma solução osmótica, o processo de desidratação é fortemente dependente das características da microestrutura biológica inicial, como a porosidade (Islam & Flink, 1982; Lenart & Flink, 1984) e das variáveis do processo (pré-tratamento, temperatura, natureza e concentração do agente osmótico, aditivos, tempo de processo) que exercem influencia sobre a transferência de massa e sobre a qualidade do produto final (Potting *et al.*, 1966; Raoult-Wack & Guilbert, 1990).

Durante a desidratação osmótica, pelo menos dois fluxos ocorrem simultaneamente: a saída de água para a solução osmótica e a transferência de solutos desta mesma solução para o alimento, através da membrana celular.

Em frutas e verduras, as paredes das membranas celulares são estruturas biológicas que podem se esticar e se expandir sob influência do crescimento da pressão de turgor gerada no interior das células. Estas membranas celulares, que são compostas principalmente por células parenquimáticas, permitem livre passagem de soluto. Este tipo de membrana pode ser classificada como diferencialmente permeável ou seletiva, considerando-se semi-permeável.

Moléculas da solução osmótica podem não necessariamente migrar para o interior das células, mas simplesmente penetrar nos espaços intercelulares porque há grande modificação na permeabilidade e seletividade nas estruturas dos tecidos devido ao estágio de maturação, às condições de estocagem ou ao calor e aos pré-tratamentos.

Alguns fenômenos como branqueamento ou congelamento modificam as características dos tecidos e podem favorecer a incorporação de sólidos comparada à perda de água (conseqüências estas indesejáveis no processo de desidratação osmótica) devido ao aumento de permeabilidade, diminuição da seletividade e ruptura da membrana celular (Islam & Flink, 1982; Lenart & Flink, 1984; Ponting, 1973).

Ainda se tratando da transferência de massa, esta é favorecida com o uso de soluções altamente concentradas (Ponting *et al.*, 1966; Heng *et al.*, 1990; Raoult-Wack, 1994; Vial *et al.*, 1991) e pela redução do tamanho das partículas da fruta até certo nível, acima do qual os sólidos incorporados aumentam (Islam & Flink, 1982; Lerici *et al.*, 1985 a; Lenart & Flink, 1984 a).

2.4.2. Da temperatura

A temperatura é um fator de importância primária no processo de desidratação osmótica, tendo efeito sobre a cinética do processo, a viscosidade da solução, a taxa de osmose, o coeficiente de difusão de água e dos açúcares.

Tomasula & Kozempel (1989) indicam que conforme se aumenta a temperatura, os coeficientes de difusão da glicose aumentam à certa velocidade, até atingir 60°C, quando então a velocidade diminui.

Rastogi & Raghavarao (1995) também estudaram os efeitos da temperatura e da concentração do agente osmótico, desidratando rodela de coco. Utilizaram-se de xarope de sacarose em diferentes concentrações (40 a 70°Brix) em temperaturas variando de 25 a 45°C. Obtiveram resultados que demonstraram que os coeficientes de difusividade aumentam com o aumento da temperatura e da concentração do agente osmótico, mas apesar do aumento da remoção de água nestas condições, indicando maior eficiência do processo, o produto em condições mais amenas demonstrou melhor aceitação sensorial.

Vários autores (Ponting, 1966; Lenart & Flink, 1984 b; Vial *et al.*, 1991; Islam & Flink, 1982) observaram que há aceleração da perda de água e modificação na incorporação de sólidos quando a temperatura é aumentada. Porém, aos 45°C o escurecimento enzimático e a deterioração do sabor tem início; acima de 60°C as características dos tecidos são alteradas e a incorporação de sólidos é favorecida.

Além das alterações nas características do tecido, Heng *et al.*, (1990) observaram uma significativa perda de ácido ascórbico em temperaturas superiores a 60°C.

Segundo Fennema (1976) as maiores perdas de ácido ascórbico acontecem devido à oxidação por efeito da temperatura, embora a degradação deste ácido seja muito variável e dependente de cada sistema em particular.

Abugoch & Guarda (1991), desidratando osmoticamente kiwi em várias temperaturas observaram que as maiores perdas de ácido ascórbico total deram-se a 40°C; Vial *et al.*, (1989) explicam que estas perdas ocorrem em função principalmente da difusão do ácido ascórbico para a solução osmótica (em baixas temperaturas) e a degradação química (em altas temperaturas).

A tecnologia de desidratação à vácuo possibilita o uso de temperaturas reduzidas na obtenção da mesma taxa de perda de água em relação ao processo de desidratação osmótica convencional (a pressão ambiente), tendo como vantagem a eliminação dos problemas devido a altas temperaturas (Fito, 1994; Shi & Fito, 1993).

2.4.3. Do tamanho do material

No que diz respeito ao tamanho do material a ser desidratado, existem algumas divergências.

Para Ponting (1973), o efeito do formato, do tamanho e das dimensões dos pedaços de matéria-prima são de pouca importância para o processo de desidratação osmótica.

Já Giangiacomo *et al.*, (1987), Lerici *et al.*, (1985 a), Lenart & Flink (1984 a), Islam & Flink (1982) e Harvey (apud Bilhalva, 1976) sugerem que o corte do material em pedaços é uma operação vantajosa no processo de desidratação osmótica, pois aumentando a superfície de contato entre o material e o agente

osmótico para o intercâmbio da água, aumenta-se também a transferência de massa.

Entretanto, Giangiacomo *et al.*, (1987), citam que esta influência das dimensões dos pedaços do material deve-se basicamente à relação entre o volume e a superfície. Maior será a taxa de desidratação quanto maior for a área de contato entre o material e o agente osmótico; no entanto, o ganho de sólidos sofreria menor influência deste fator.

Porém, para Lerici *et al.*, (1985 a), Lenart & Flink (1984 a) e Islam & Flink (1982) a transferência de massa e o rendimento do processo de desidratação osmótica pela redução do tamanho dos pedaços da fruta pode ser aumentado até certo nível, acima do qual os sólidos incorporados aumentam.

Segundo Islam & Flink (1982) e Lenart & Flink (1984) além do tamanho do material, características da microestrutura biológica inicial dos tecidos da matéria-prima exercem influência sobre a transferência de massa.

2.4.4. Do agente osmótico

Os principais agentes osmóticos comumente utilizados na desidratação de frutas são soluções de sacarose, frutose, glicose e xarope de milho (Lerici *et al.*, 1985; Torregiani *et al.*, 1988).

O tipo de açúcar utilizado como agente osmótico afeta fortemente a cinética de remoção de água, a incorporação de sólidos e o equilíbrio da água interna. A medida em que se aumenta a massa molecular dos solutos, são observados uma diminuição dos sólidos incorporados e um aumento de perda de água, isso favorece a perda de peso e o processo de “desidratação” propriamente dito (Islam & Flink, 1982; Heng *et al.*, 1990; Lerici *et al.*, 1985 a).

Sacarídeos de baixo peso molecular (glucose, frutose, entre outros) favorecem um aumento da incorporação de açúcar devido a rápida velocidade de

penetração destas moléculas. Neste caso, o aumento de sólidos no lugar da desidratação, é o principal efeito do processo (Torreggiani, 1993; Lerici *et al.*, 1985 a). A este respeito, Bolin *et al.*, (1983) indica, que de acordo com os dados reportados por Chandrasekaran & King (1972), a frutose tem um coeficiente de difusão de 32% mais alto que a sacarose.

A porcentagem de água removida na desidratação osmótica é diretamente dependente da concentração da solução osmótica e da duração do processo (Moy *et al.*, 1978) e, ainda aumentando a concentração da solução osmótica, a perda de água é mais favorecida que a incorporação de sólidos (Ponting *et al.*, 1966; Islam & Flink, 1982; Conway *et al.*, 1983; Raoult-Wack & Guilbert, 1990).

A adição de NaCl na solução osmótica aumenta o gradiente de perda de água pela sua capacidade de redução da atividade de água. Efeitos sinérgicos foram observados no uso de açúcares e sal, porém o uso do sal é limitado devido ao gosto incompatível com as frutas (Lenart & Flink, 1984 b; Islam & Flink, 1982).

O uso de álcoois polihíricos como o sorbitol e o glicerol é recomendado para o abaixamento de atividade de água em nível inferior ao obtido com soluções de açúcares exclusivamente.

Como agente osmótico, a sacarose tem sido regularmente utilizada por apresentar sabor compatível com frutas, baixa taxa de incorporação, ampla disponibilidade (Falcone & Suazo, 1988), além de ser eficiente, como outros açúcares na inibição do processo de escurecimento enzimático, inibindo a atuação da polifenoloxidase por criar um obstáculo ao oxigênio (Ponting *et al.*, 1966; Videv *et al.*, 1990), além de aumentar a estabilidade dos pigmentos do material durante o processo de desidratação e armazenamento (Welti *et al.*, 1995).

2.4.5. Da agitação

A eficiência do processo de desidratação osmótica é aumentada quando o processo é conduzido sob agitação ou circulação do agente osmótico, porém é

preciso ter certo cuidado para que não haja danos ao material a ser desidratado além de se levar em consideração os custos decorrentes desta implementação (Ponting *et al.*, 1966).

Ertekin e Cakaloz (1996) estudando o processo de desidratação osmótica de ervilhas, utilizando como agente osmótico solução de sacarose (40%) e citrato (20%) verificaram que a perda de água aumentou com a agitação do sistema bem como a perda de água aumentou com a agitação do sistema bem como a difusividade aparente do mesmo que aumentou em 4 vezes. Observaram ainda que o tempo necessário ao sistema para se atingir o equilíbrio teve uma diminuição significativa.

2.4.6. Do efeito do vácuo

Recentemente tem-se verificado que a pressão é um importante parâmetro a ser levado em consideração no processo de desidratação osmótica.

Estudos realizados com diferentes frutas demonstram que baixas pressões tornam o processo mais rápido além de possibilitar o uso de temperaturas menores na obtenção da mesma taxa de remoção de água (Pezoa-García & Poblete, 1993; Fito, 1994; Castro *et al.*, 1997).

Durante a desidratação osmótica a vácuo além de água, muitos gases são removidos sucessivamente do interior dos tecidos da fruta (Shi & Fito, 1993).

Shi & Fito (1993) trabalhando com damascos e abacaxis em temperaturas entre 30 e 50°C, utilizando como agente osmótico solução de sacarose a 65°Brix, observaram que tratamentos à temperatura de 40°C com uso de vácuo resultaram em perda de água maior que os tratamentos em temperatura de 50°C em pressão ambiente, resultados estes semelhantes aos encontrados por Fito (1994) em trabalhos com damasco utilizando o mesmo agente osmótico, onde a perda de água no processo de desidratação osmótica à vácuo a 35°C foi superior à perda

de água no processo a pressão ambiente na temperatura de 40°C. Ambos os trabalhos concluem que o vácuo tem efeito significativo na transferência de água durante o processo de desidratação osmótica, sem apresentar porém ganho de sólidos em relação ao processo ambiente. O efeito de capilaridade é intensificado pelo uso do vácuo e este apresenta-se mais importante no processo de transferência da água.

Em trabalhos realizados com kiwi e agente osmótico a 70°C (constituído de 70% de sacarose e 30% xarope de glicose de milho), Pezoa *et al.*, obtiveram uma taxa de remoção de água de aproximadamente 32% maior no processo sob vácuo (680 a 690mm de Hg). Ambos os trabalhos utilizaram as proporções de 1:2 e 1:4 de fruta:agente osmótico nos processos a vácuo e a pressão ambiente respectivamente, ou seja, no processo a vácuo foi utilizado a metade da quantidade de agente osmótico utilizada no processo convencional (Pezoa-García & Rodrigues de Lima, 1997).

A tecnologia de desidratação osmótica a vácuo possibilita o uso de baixas temperaturas, não só obtendo alta taxa de remoção de água comparado com o processo a pressão ambiente, como boa qualidade das frutas desidratadas permitindo a utilização de menor quantidade de agente osmótico para a obtenção da mesma taxa de remoção de água.

2.5. Frutooligossacarídeos (FOS)

Dentro do segmento de alimentos funcionais, um dos grandes destaques são os frutooligossacarídeos. Estudos realizados no Japão (1979), em uma parcela isolada da população que apresentava saúde intestinal superior às demais, principalmente no que diz respeito à significativa redução nas taxas de câncer no cólon. Foi constatado que esses indivíduos apresentavam em seu trato intestinal uma colonização bacteriana diferente da população em geral. Pesquisas adicionais revelaram que esses indivíduos se alimentavam com vegetais contendo

alto teor de um grupo específico de fibras solúveis, os frutooligossacarídeos de cadeia curta.

Frutooligossacarídeos, ou oligofrutose, pertencem ao grupo de carboidratos conhecidos como oligossacarídeos não digeríveis, encontrados comumente em uma série de alimentos: chicória, aspargos, alho, banana, trigo e outros (Gibson *et al.*, 1994). Industrialmente, são extraídos por extração com água quente da raiz da chicória (Belval, 1927). Os frutooligossacarídeos são geralmente definidos como glicosídeos que contêm entre 3 e 10 unidades formadoras de açúcar ligadas por ligações β -1,2. Porém, quanto menor o tamanho da cadeia, mais pronunciado o efeito prebiótico.

Os frutooligossacarídeos, quando ingeridos, atingem o intestino grosso praticamente intactos, pois os mamíferos não possuem enzimas que consigam quebrar essas ligações, e finalmente são seletivamente fermentados no cólon por bactérias benéficas (bifidobactérias, lactobacilos) da flora intestinal, que possuem enzimas específicas para quebrar as ligações β -1,2. Os frutooligossacarídeos servem como substrato para as bactérias benéficas, em detrimento do crescimento das bactérias patogênicas (como *E. coli* e *Clostridia*) e putrefativas, que não conseguem fermentá-los. Como subprodutos da fermentação, temos principalmente ácidos graxos de cadeia curta como acetato, propionato (inibidor hepático do colesterol) e butirato (prevenção de colite, contribuindo para impedir proliferação de células de câncer no cólon), que irão diminuir o pH intestinal e ocasionar uma série de benefícios para a saúde, e H_2 , que é absorvido e eliminado pela respiração (Hidaka *et al.*, 1986).

O efeito sobre a diminuição da concentração de bactérias patogênicas e putrefativas se deve ao abaixamento do pH intestinal, criando um ambiente inóspito para seu desenvolvimento, e pela redução de espaços livres para fixação e colonização na parede intestinal devido ao incremento no número de bifidobactérias e lactobacilos (Hidaka *et al.*, 1986).

As bifidobactérias são, numérica e fisiologicamente, as bactérias mais importantes do intestino humano, representando cerca de 25% da flora intestinal de adultos e mais de 95% da flora intestinal de crianças, particularmente as amamentadas com leite materno (Gibson *et al.*, 1994). O perfil da população presente no intestino também varia em função da faixa etária, predominando *Bifidobacterium longum* e *B. adolescentis* no intestino de adultos e *B. infantis* no intestino de crianças.

Alguns dos microrganismos presentes no intestino podem ser considerados microrganismos corretores com respeito à saúde humana. Em particular, as bifidobactérias exercem um número de propriedades potencialmente benéficas. A estimulação do crescimento destas bactérias e supressão de patógenos, os quais são residentes naturais do cólon ou entram pela dieta e são transientes, seria vantajoso ao hospedeiro. O gênero *Bifidobacterium* consiste de 29 espécies, 10 cuja principal área de colonização é o intestino grosso do homem. Estas bactérias são classificadas como bacilus Gram positivas (Gibson *et al.*, 1994).

Os frutooligossacarídeos apresentam efeitos fisiológicos similares às fibras solúveis, sendo que os ácidos graxos de cadeia curta produzem um efeito trófico nas células epiteliais do cólon. A concentração de amônia é diminuída, tendo um importante papel na inibição de câncer do cólon. A produção de enzimas bacterianas que podem converter substâncias procarcinogênicas em carcinogênicas, como a β -glucoridase e outras redutases, também é minimizada por uma dieta rica em frutooligossacarídeo. As bactérias patogênicas também podem produzir toxinas e aminas voláteis que sobrecarregam os rins, cólon e outros órgãos diminuindo a resistência do corpo a doenças .

As bactérias benéficas auxiliam no fortalecimento do sistema imunológico, na digestão de alimentos e aminoácidos, promovem regularidade intestinal e podem facilitar a síntese de vitamina B e aminoácidos pelo nosso corpo.

Estudos científicos evidenciam que há uma redução do colesterol em nosso organismo devido à adição de pequenas quantidades de frutooligossacarídeos na

dieta. Os mecanismos da redução são excreção do colesterol via fezes e o efeito inibitório dos ácidos graxos de cadeia curta na síntese de colesterol pelo fígado.

Marteaus *et al.*, (1990) estudaram o efeito da ingestão de produtos lácteos contendo *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum* e *Streptococcus lactis* e *Streptococcus cremois* em nove voluntários durante três semanas, verificando um aumento na atividade da β -glucosidase e uma redução na atividade e uma redução na atividade da nitroredutase, enzima envolvida na produção de compostos carcinogênicos. Constataram também que a ingestão desses produtos teve efeito positivo na recuperação da microflora intestinal após tratamento com antibióticos. Goldin & Gorbach (1984), citados por Marteaus *et al.*, (1990), também observaram um decréscimo na concentração de enzimas envolvidas na produção de compostos carcinogênicos (β -glucouronidase, azoredutase e nitroredutase) em ratos e humanos, após a administração oral de leite fermentado com *Lactobaccillus acidophilus*.

Segundo Glick *et al.*, (1960), as bifidobactérias se estabelecem no trato intestinal logo após o nascimento e sua proliferação é estimulada por componentes glicoproteicos da k-caseína do colostro humano e, em menor grau, do leite materno. Frações correspondentes no leite bovino parecem não exercer nenhum efeito estimulatório sobre o crescimento e o fator essencial (fator bifidogênico), presente no leite humano mas ausente no leite de gado, foi identificado com o sacarídeo N-acetil-D-glicosamina, utilizado como substrato na síntese da parede celular.

A partir de então diversos outros fatores bifidogênicos naturais dos alimentos têm sido identificados, incluindo uma série de polissacarídeos de cadeia curta e estrutura peculiar, não digeríveis pelo organismo humano (oligossacarídeos), cuja principal propriedade funcional é a capacidade de estimular o crescimento de bifidobactérias endógenas que, pouco tempo depois da ingestão, tornam-se predominantes nas fezes humanas. Adicionalmente, promovem uma modulação no metabolismo de lipídeos, principalmente através de produtos de fermentação

das bifidobactérias.(Gibson & Roberfroid, 1995). Os oligossacarídeos mais efetivos como componentes funcionais são os frutooligossacarídeos, polímeros de frutose não metabolizados pelas enzimas digestivas nem pela maioria das bactérias indesejáveis do intestino. Por esse motivo têm-se mostrado excelentes promotores de crescimento das bifidobactérias, que podem metabolizá-los (Hidaka *et al.*, 1986).

Devido à diminuição do pH intestinal pelos ácidos graxos de cadeia curta, os sais de cálcio e magnésio se tornam mais solúveis, aumentando sua biodisponibilidade e conseqüentemente incrementando sua absorção pelo organismo humano (Ohta *et al.*, 1993).

A influência da ingestão de frutooligossacarídeos nos níveis de glucose, frutose e insulina no plasma sanguíneo tem sido estudada tanto em diabéticos como em indivíduos saudáveis. As respostas metabólicas demonstram que não alteram os níveis de glicose no plasma sanguíneo, não afetam a secreção de insulina pelo pâncreas, tendo valor reduzido de calorias e efeito de fibra alimentar, pois como não são digeridos, não produzem monossacarídeos, constatando que os frutooligossacarídeos são seguros para diabéticos.

As propriedades funcionais dos frutooligossacarídeos dependem de sua estrutura química, peso molecular e nível de contaminação com mono e diglicerídeos. Esses açúcares “contaminantes” podem ser retirados por membranas ou por processos cromatográficos, obtendo-se assim produtos com alto grau de pureza.

Segundo Coussement (1995), os frutooligossacarídeos também apresentam propriedades tecnológicas interessantes, tais como: boa estabilidade à altas temperaturas e ao congelamento; podem ser facilmente incorporados em alimentos processados; bons agentes de corpo; auxiliam no controle da intensidade da reação de Maillard em processos aquecidos; imitam propriedades fornecidas pelo açúcar, podendo até melhorá-las, como viscosidade, umectância

(liga água), textura, “*mouthfeel*”, depressão do ponto de congelamento e da atividade de água (aumenta vida de prateleira).

Do ponto de vista sensorial, os frutoligossacarídeos também apresentam várias vantagens: poder adoçante variando de 0,30 a 0,60 em relação ao da sacarose, dependendo do seu grau de pureza; mascaram sabores e aromas indesejáveis, realçando outros desejáveis e não apresentam sabor residual.

2.6. Secagem convencional de produtos osmoticamente desidratados

Alimentos desidratados convencionalmente podem ser armazenados e transportados a um custo relativamente baixo. A remoção de água leva, entretanto, a uma séria diminuição nos valores nutritivos e sensoriais do alimento, além da textura, reidratação lenta e incompleta, perda de suculência, etc, característicos das frutas e vegetais frescos.

Os alimentos pré-desidratados osmoticamente e posteriormente secos por convecção são processados num período de tempo de secagem inferior aos alimentos desidratados sem pré-tratamento, além do aspecto qualitativo que confere o pré-processamento sobre frutas e vegetais desidratados. Maçãs desidratada osmoticamente e secas por convecção apresentam uma textura mais flexível e macia, em comparação com um produto sem desidratação osmótica, o que é considerado uma melhoria de textura do material (Lenart, 1996).

Wolti *et al.*, (1995) trabalhando com secagem de fatias de manga osmodesidratadas, verificou que o tempo de secagem necessário para reduzir o conteúdo de umidade de manga foi consideravelmente menor do que o processo de secagem sem pré-tratamento.

Mazza & Lemaguer (1980), trabalharam com secagem por convecção, a 50°C de cubos de cenoura osmoticamente desidratada por 30 min a 20°C em soluções de sacarose (5, 10 e 60%) ou mistura de sacarose e cloreto de sódio. Verificaram que o fenômeno de encolhimento nos cubos foi menor quando

comparados com amostras sem pré-desidratação, além da redução do tempo de secagem e conseqüente redução do consumo de energia, apresentando um produto final com melhor textura.

2.7. Liofilização

A liofilização é um processo de desidratação, cuja característica principal é a passagem da água do estado sólido, diretamente para o estado gasoso, fenômeno conhecido como sublimação e que ocorre sob determinadas condições de temperatura e pressão. Conseqüentemente o requisito básico para dar início ao processo é que o produto esteja previamente congelado e mantido a uma temperatura suficientemente baixa (Moretti, 1995).

As etapas da liofilização podem ser subdivididas em duas: 1) Fase inicial, caracterizada como sendo o preparo da matéria-prima a ser processada, na qual é realizado o congelamento a uma temperatura inferior à temperatura de solidificação; 2) Fase final, caracterizada pela secagem. Secagem primária, que é efetuada a uma temperatura inferior à temperatura de fusão obtida por sublimação do gelo; e secagem secundária, em que a secagem é efetuada a uma temperatura inferior à da degradação do produto, com a finalidade de eliminar os últimos vestígios de água retida por absorção. Assim, pelo fato do processo ser realizado a baixa temperatura e em ausência de ar atmosférico, praticamente não se alteram as propriedades químicas e organolépticas do produto.

Os produtos alimentícios a liofilizar podem ser produtos sólidos (frutas, hortaliças e carnes) e ou produtos líquidos como extratos e sucos. Os produtos sólidos podem ou não sofrer ação oxidativa e/ou enzimática. Caso se verifique ação oxidativa e/ou enzimática na matéria-prima, então esta deverá ser tratada termicamente, inativando-a. Em seguida, deverá ser congelada, e finalmente liofilizada (Okada *et al*, 1974). Caso os produtos não sofram ação oxidativa e/ou enzimática, podem ser cortados em pedaços, a fim de se aumentar a área de contato para troca de calor e massa, faz-se o congelamento e, em seguida, a liofilização.

Em produtos líquidos, após a obtenção dos extratos ou sucos, é efetuada sua máxima concentração, para diminuir o custo de liofilização, e, em seguida, congelados. Em alguns casos, após a concentração, incorpora-se ar para diminuir a densidade aparente do produto, aumentando-se assim, a solubilidade e possibilitando maior troca de calor e massa (Moy, 1970).

A qualidade do produto liofilizado, pode ser avaliada pela quantidade de aroma retido, pela sua solubilidade e pelo aspecto do produto final. Os fatores que influenciam a qualidade do produto liofilizado são: a velocidade de congelamento e a cinética de liofilização. Ao se efetuar um congelamento rápido obtêm-se microcristais de gelo, que não destroem a estrutura do produto. Tais produtos liofilizados retêm quantidade de aroma muito menores quando comparados aos obtidos pelo processo de congelamento lento. Efetuando-se um congelamento lento, há formação de macrocristais de gelo, destruindo-se, parcialmente a estrutura do produto, que manterá após a secagem uma coloração escura e solubilidade muito baixa, quando comparado ao obtido pelo processo de congelamento rápido.

A velocidade da secagem é um fenômeno que depende diretamente da temperatura e da umidade do ambiente. Quanto maior a temperatura, maior será a pressão do vapor e, portanto, maior será a velocidade de sublimação. A máxima temperatura admissível na liofilização, é que a secagem se efetue sem que ocorra o descongelamento da matéria-prima. Para a qualidade do produto, é importante a menor temperatura de secagem, pois ao se diminuir a temperatura, o valor da difusividade mássica também diminui, e portanto, deverá ser maior a retenção de aromas no produto. Assim, ao diminuir a temperatura, a velocidade de secagem será menor, obtendo-se mínima concentração do produto (Petersen *et al.*, 1973).

Do ponto de vista de preservação, geralmente a liofilização proporciona produtos de alta qualidade em comparação com os demais processos de desidratação. A estrutura porosa que surge no produto desidratado facilita a sua posterior reidratação, com a manutenção das formas e dimensões originais. A relativa ausência da água no estado líquido e sua rápida eliminação minimizam

várias reações indesejáveis no produto, que ocorrem comumente em processos convencionais de desidratação, tais como escurecimento não enzimático (reação de Maillard), desnaturação de proteínas e reações enzimáticas. As baixas temperaturas do processo também ajudam a reduzir as perdas de componentes voláteis e a migração de sólidos solúveis. Conseqüentemente, obtém-se um produto com aparência, aroma e sabor apreciáveis e alta preservação dos nutrientes (Burk, 1971).

Apesar de apresentar todas essas vantagens citadas acima, a liofilização é considerada um processo caro de preservação de alimentos. Na escala comercial está limitada pelo alto custo operacional e por tempos de secagem muito prolongados. A seleção das condições de secagem é na maioria dos casos, direcionadas de forma a minimizar o tempo necessário para atingir uma certa umidade a qual é responsável pela qualidade e estabilização durante a armazenagem do produto.

Industrialmente, tem-se conhecimento da fabricação de vegetais e carnes liofilizados para posterior formulação em sopas, cremes e temperos desidratados, dentre eles: alho, cebola, beterraba, ervilha, espinafre, cenoura, tomate, pimentão, carne de boi, carne de frango, etc, além de algumas frutas como abacaxi, goiaba, banana, maçã (Burk, 1971).

2.8. Análise Sensorial

Com a expansão das indústrias de alimentos e bebidas, após a Segunda Guerra Mundial, métodos sistemáticos para acusar as reações sensoriais aos alimentos foram muito difundidos. As indústrias buscavam manter a qualidade sensorial dos produtos e reduzir riscos na aceitação de novos produtos por parte dos consumidores. O uso de uma equipe de provadores gradualmente substituiu o “expert”, ou degustador treinado em um determinado produto. Hoje, a análise sensorial tem várias aplicações como em controle e garantia da qualidade,

desenvolvimento de novos produtos, testes de consumidores, estudos de percepção humana, correlação com medidas físicas, químicas, instrumentais, etc (Costell & Duran, 1981).

Os primeiros trabalhos no campo de análise sensorial já insistiam na importância em se definir claramente os objetivos de um teste. Objetivos bem definidos levam à escolha apropriada do método a ser empregado, de provadores apropriados, e também de hipóteses estatísticas e análise dos dados adequada (Lawless & Claassem, 1993).

Segundo Costell & Duran (1981), a avaliação sensorial dos alimentos é uma função primária do homem, através da qual ele aceita ou rejeita os alimentos e as bebidas de acordo com a sensação que experimenta ao analisa-los.

Os métodos sensoriais são baseados em respostas aos estímulos, os quais são levados por impulsos nervosos ao cérebro, e interpretados em sensações. O estímulo pode ser medido por métodos físicos e químicos, e produz sensações cujas dimensões são intensidade, extensão, duração, qualidade e gosto ou desgosto; tais sensações podem ser dimensionadas por processos psicológicos (Moraes, 1993).

Quando pessoas são usadas como instrumento de medida, é necessário controlar cada uma das condições e métodos de avaliação, para reduzir erros, podendo-se considerar como erro toda influência estranha que prejudique o bom resultado do teste sensorial (Teixeira, 1995).

Existem três métodos estatísticos sensoriais (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994):

- Métodos Discriminativos ou Métodos de Diferença: são métodos que servem para determinar se as amostras que sofreram diferentes tratamentos diferem significativamente ($p \leq 0,05$) entre si. Por exemplo: triangular, duo trio, comparação pareada, teste de ordenação, teste de comparação múltipla ou diferença do controle, teste de escalas de intensidade).

- Métodos Descritivos ou Métodos Analíticos: são métodos de resposta objetiva que envolvem tanto a discriminação quanto a descrição dos atributos sensoriais de um produto (Teste de escala descritiva, Teste de escala de valores). Usualmente os vários métodos analíticos são descritivos, descrevem as amostras em termos sensoriais, e quantitativos, avaliando numericamente a intensidade de cada atributo.
- Métodos Afetivos: compreendem menor número de testes, e avaliam a preferência ou aceitação de um produto junto ao mercado consumidor (Teste de preferência, Teste de aceitação).

Novas técnicas vem sendo desenvolvidas procurando caracterizar organolépticamente os alimentos e bebidas, havendo uma grande tendência para aplicação de técnicas de cromatografia gasosa de alta resolução (CGAR) e de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). Porém a análise sensorial ainda é o principal método de determinação da qualidade e aceitação dos produtos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Materiais

3.1.1. Matéria-prima

Utilizou-se goiaba (*Psidium guajava* L.) da variedade vermelha “Paluma”. As frutas foram selecionadas de acordo com tamanho, aparência, grau de maturação identificado pela intensidade de cor e sólidos solúveis, para obter amostras homogêneas.



Figura 3.1. Goiaba vermelha “Paluma”

3.1.2. Agente osmótico

As soluções desidratantes utilizadas na desidratação osmótica foram xarope de sorbitol 70°Brix, fornecido pela Getec, diluído com água destilada até concentração de 65°Brix, e xarope de sacarose preparado a partir de água destilada e sacarose comercial da marca União, mesma concentração.

3.1.3. Outras matérias-primas, ingredientes e aditivos utilizados na formulação das barras de fruta e cereais

Para a confecção das barras de fruta e cereais foram utilizadas as seguintes matérias-primas: frutooligossacarídeo, fornecido pela Orafit; flocos de arroz, milho e aveia extrusados e sem adição de açúcar, fornecidos pela “Slim Produtos Dietéticos Ltda”, xarope de sorbitol (70 °Brix), da Getec e maltodextrina DE 10, da “Corn Products do Brasil”, ambos fornecidos pela “Slim Produtos Dietéticos Ltda.”

3.1.4. Agente Sanitizante

Como agente sanitizante foi utilizada água clorada, na concentração de 30 ppm de cloro livre.

3.1.5. Agente para o descascado químico

A goiaba foi descascada pela imersão desta fruta em solução de hidróxido de sódio 10% por 15 minutos, a temperatura ambiente.

3.1.6. Reagentes e soluções

- Solução de NaOH;
- Solução de ácido oxálico;
- Ácido ascórbico;
- Soluções de Fehling A e B;
- Meios de cultura;
- Outros reagentes de grau analítico comuns de laboratório e planta piloto.

3.2. Equipamentos

- Balança analítica Micronal, mod. AB 204, classe I;
- Refratômetro, Carl Zeiss Jena, com correção de temperatura
- Estufa à vácuo, WVR Scientific, modelo 1400 E;
- Liofilizador, Edwards, Super Modulyo, 12 K, Freezre Dryer – Código nº F 056 – 02 – 000;
- Congelador de placas, Figostrella do Brasil, nº 12.95 / 02, Modelo PM / 5;
- Estufa com circulação e renovação de ar, Tecnal, Modelo 394 / 2;
- Dessecador com material adsorvente de umidade;
- pH metro, Micronal, modelos: B374 e ou B474;
- Medidor de atividade de água, Aqualab, modelo CX-2 Decagon;
- Incubadora refrigerada orbital com agitação, Marconi, modelo MA 830, com termoregulador microprocessado BTC 9090;
- Equipamento de desidratação osmótica à vácuo, munidos de medidores de temperatura e pressão, bomba à vácuo e sistema de aquecimento, desenhado no Laboratório de Frutas, Hortaliças e Produtos Açucarados especialmente para este fim (Figura 3.2);
- Equipamento de desidratação osmótica a pressão ambiente; constituído de um tanque de polipropileno de 8 L, bomba peristáltica (*Cole Parmer Instrument Co*, catálogo Nº 7553-20), sistema de aquecimento e medidor de temperatura (Figura 3.3) ;
- Estufa com circulação e renovação de ar, Tecnal, Modelo 394 / 2;
- Termômetros;
- *Flowpack* – São Caetano Envasadora Automática Ltda.
- Outros equipamentos e aparelhos comuns de laboratório e planta piloto.

3.3. Métodos analíticos

Obs: todas as análises a seguir, feitas em triplicata, foram realizadas na fruta *in natura*, desidratada e seca, com o objetivo de determinar as variações ocorridas durante os processamentos.

3.3.1. Ácido ascórbico

Foi determinado segundo método descrito pela AOAC (1994) modificado por Benassi (1990), onde se substitui o solvente extrator ácido metafosfórico por ácido oxálico.

3.3.2. °Brix

Obtido mediante leitura em refratômetro de amostra triturada, fazendo a correção para a temperatura em que se encontrava a amostra.

3.3.3. Sólidos totais

Determinado por secagem em estufa com circulação de ar aquecido a 40°C por 12 a 16 horas; transferência para estufa a vácuo, a 70°C (segundo método 925.45 da AOAC, 1995, adaptado) por 5 horas e posterior pesagem consecutiva a cada 1 hora até que atingisse peso constante.

Os valores de sólidos totais e de umidade, este último obtido por diferença, realizados na fruta *in natura* e posteriormente desidratada osmoticamente, foram utilizados no cálculo da incorporação de sólidos e perda de umidade, utilizando as fórmulas descritas à continuação.

3.3.4. Atividade de água

Medida direta em instrumento Aqualab, em amostras trituradas. As amostras foram acondicionadas em recipientes próprios do equipamento.

3.3.5. pH

Medido em amostras trituradas utilizando pHmetro.

3.3.6. Acidez titulável

Determinada segundo técnica recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz (1976), expressando-se os resultados em porcentagem do ácido predominante, ácido cítrico.

3.3.7. Açúcares redutores e totais

Foram determinados segundo técnica recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz (1976).

3.3.8. Fibras

Determinada segundo o método 985.29 da AOAC, 1997.

3.3.9. Proteínas

A determinação de proteínas foi realizada, segundo método de Kjeldahl (Método 984.13 da AOAC, 1997).

3.3.10. Lipídeos

Determinado segundo método BLIGH & DYER (1959).

3.3.11. Cinzas

Determinado segundo o método 940.26 da AOAC (Hebrich, 1990).

3.3.12. Valores calóricos

Segundo United States Department of Agriculture, Composition of Foods (1963), onde os valores de proteínas, lipídios e carboidratos são multiplicados pelos fatores 4, 9 e 4, respectivamente.

3.4. Estudos preliminares

3.4.1. Definição do antioxidante a utilizar no processo de desidratação osmótica

Com o intuito de verificar a necessidade de utilizar algum tipo de antioxidante durante o processamento de desidratação osmótica da goiaba, foram testados alguns destes aditivos reportados na literatura para a desidratação osmótica de outras frutas como maçã, abacaxi, Kiwi, caju (Pezoa-García *et al.*, 1996; Pezoa-García & Lima, 1997 e Querido, 2000).

Segundo Pezoa-García & Lima (1997), em trabalhos realizados com DO de kiwi, o escurecimento enzimático e químico foi inibido com a utilização de 0,1% de ácido ascórbico e 200 ppm de metabissulfito de sódio, adicionados no próprio agente desidratante.

Baseados nos trabalhos destes autores foram realizados ensaios utilizando-se os antioxidantes relacionados a seguir, individualmente ou combinados e acrescentados no agente desidratante:

Ensaio 1: 100mg/kg de metabissulfito;

Ensaio 2: 200mg/kg de metabissulfito;

Ensaio 3: 0,1% de ácido ascórbico;

Ensaio 4: 0,2% de ácido ascórbico;

Ensaio 5: 100mg/kg de metabissulfito + 0,1% de ácido ascórbico;

Ensaio 6: branco

Os frutos previamente higienizados, descascados e cortados manualmente em pedaços de 1,5 x 1,5 cm e aproximadamente 8 mm de espessura, foram imersos por 4 horas em solução de sorbitol a 65°Brix, contendo o antioxidante estudado na proporção de fruto:agente desidratante de 1:4. O sistema utilizado (Incubadora com temperatura controlada e com agitação orbital) se encontrava em pressão e temperatura ambiente.

Após a realização dos ensaios, os pedaços de goiaba foram retirados do agente desidratante, lavados em água corrente (para remoção da camada de sorbitol formada na superfície) e enxugados em papel absorvente.

Após a obtenção das goiabas desidratadas osmoticamente nos ensaios acima descritos, as mesmas foram submetidas à secagem em estufa com circulação natural a temperatura de 50°C por 12 horas.

3.4.2. Influência do agente desidratante no teor de incorporação de sólidos (IS) e perda de umidade (PU) da goiaba durante a DO à vácuo

A fim de comparar os teores de IS e PU na goiaba para o mesmo tamanho de fruta (cubos de 15 x 15mm e 8mm de espessura em média), foram realizados ensaios de DO a vácuo (1,8pol de Hg) em iguais condições de processo (T = 30°C por 2 horas), utilizando como agentes desidratantes o xarope de sorbitol e de sacarose, ambos em concentração de 65°Brix.

3.4.3. Influência da redução da superfície de contato da goiaba sobre a incorporação de sólidos (IS) e perda de umidade (PU) durante a DO á vácuo

Com o objetivo de estudar a influência da IS e da PU nas goiabas cortadas em pedaços de 15 x 15mm, de aproximadamente de 8mm de espessura, e cortadas em 4 pedaços (pedaços correspondendo a ¼ do fruto aproveitável), foram realizados ensaios de DO utilizando as mesmas condições de processamento: temperatura de 30°C por 2 horas e xarope de sorbitol a 65°Brix como agente osmótico.

3.5. Metodologia dos processos

3.5.1. Desidratação osmótica (DO) da goiaba

A pré-secagem osmótica da goiaba foi realizada sob duas condições: sob uso do vácuo em aparelho de circulação natural como o proposto por Pezoa-García *et al.*, (1996) e à pressão ambiente com circulação forçada.

A circulação natural no equipamento a vácuo se dá mediante a diferença de densidade provocada pelo aquecimento de um determinado volume do agente osmótico ao passar pelo trocador de calor; este aquecimento juntamente com o efeito do vácuo (que promove a ebulição nas baixas temperaturas de operação),

fazem com que o agente osmótico circule através do produto e seja concentrado (Figura 3.2).

Devido ao mecanismo de circulação do equipamento de DO descrito anteriormente e do fato de que este aparelho foi projetado para promover a concentração do xarope durante o processo, em virtude da diluição deste provocada pelo produto e para padronizar os ensaios, foi realizada uma alimentação com o desidratante, mantendo um nível mínimo e sempre constante, sem prejuízo da circulação natural.

O processo de DO seguiu as operações relacionadas no fluxograma da Figura 3.3 e as etapas descritas a seguir:

- Preparo da solução osmótica diluindo com água destilada o xarope de sorbitol comercial com 70°Brix, até a concentração 65°Brix à temperatura ambiente;
- Preparo da goiaba: seleção, lavagem em água corrente, banho em água clorada (30 ppm de cloro livre) e descascamento químico;
- Corte manual e remoção da parte central que contém as sementes, utilizando-se facas e colheres de aço inoxidável;
- Pesagem de aproximadamente 1 Kg de goiaba cortada em pedaços de 1,5 x 1,5cm e 8mm em média de espessura e/ou em pedaços correspondente a 1/4 do fruto aproveitável para a DO. Transferência para o vaso de desidratação;
- Pesagem do xarope (2 vezes o peso da fruta no processo a vácuo e 4 vezes no processo a pressão ambiente), aquecimento até a temperatura de realização do ensaio e transferência para o vaso de desidratação;
- Em intervalos de 20 minutos, foram anotadas as condições de processo (temperatura do produto, temperatura do refrigerante do condensador,

temperatura da água de aquecimento do trocador de calor e pressão no sistema);

- Cumprido o tempo de processamento, as amostras foram lavadas com volumes fixos de água destilada corrente (volume de 2000 ml) por tempos muito curtos ($\cong$ 10 segundos cada lavagem) e logo espalhadas sobre papel absorvente por 15 minutos (para remoção do excesso de água) e finalmente pesadas.
- Terminada a desidratação e com o objetivo de realizar as determinações necessárias, principalmente para o cálculo de eficiência do processo, foram determinadas em balança semi-analítica, as massas da fruta.

3.5.2. Controles de eficiência do processo de desidratação osmótica (DO)

A eficiência de DO foi determinada a partir dos valores de umidade e de sólidos totais obtidos dos produtos desidratados, de acordo a metodologia reportada para sólidos totais no item 3.4.3, sendo que a umidade foi calculada por diferença.

- **Cálculo da perda de massa:**

$$PM (\%) = 100 \times (1 - (m_f / m_i)) \quad (\text{Equação 3.1})$$

onde:

PM (%) $\Rightarrow$ perda percentual de massa do material desidratado;

$m_f \Rightarrow$ massa total final do material;

$m_i \Rightarrow$ massa total inicial do material.

- **Cálculo da incorporação de sólidos:**

$$IS (\%) = 100 \times \frac{(ST_f m_f - ST_i m_i)}{ST_i m_i} \quad (\text{Equação 3.2})$$

Onde:

IS (%) $\Rightarrow$ incorporação de sólidos no produto desidratado, com base na massa inicial do material;

$ST_i \Rightarrow$ teor de sólidos totais do produto *in natura* (%).

$ST_f \Rightarrow$ teor de sólidos totais do produto desidratado (%);

$m_i \Rightarrow$ massa inicial

$m_f \Rightarrow$ massa final

- **Cálculo da perda de umidade:**

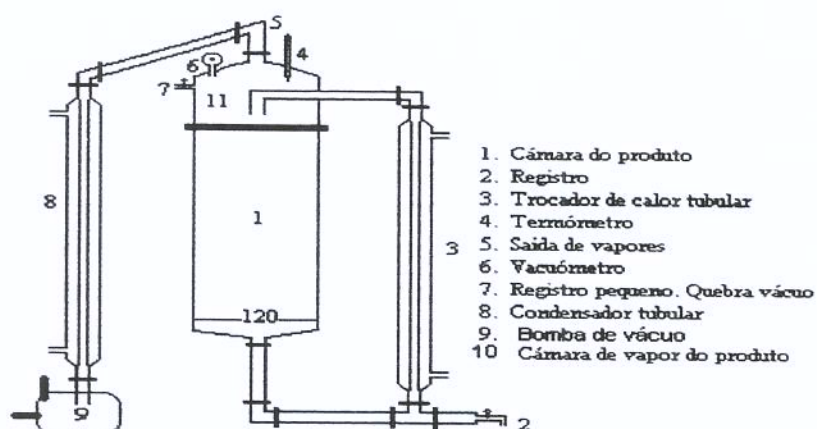
$$PU (\%) = 100 \times \frac{(U_i m_i - U_f m_f)}{U_i m_i} \quad (\text{Equação 3.3})$$

Onde:

PU (%) $\Rightarrow$ perda de umidade no produto desidratado, com base na massa inicial do material;

$U_i \Rightarrow$ teor de umidade do produto *in natura* (%);

$U_f \Rightarrow$ teor de umidade do produto desidratado (%).



DESIDRATADOR OSMÓTICO A VÁCUO
DE CIRCULAÇÃO NATURAL

Figura 3.2. Desidratador osmótico à vácuo de circulação natural

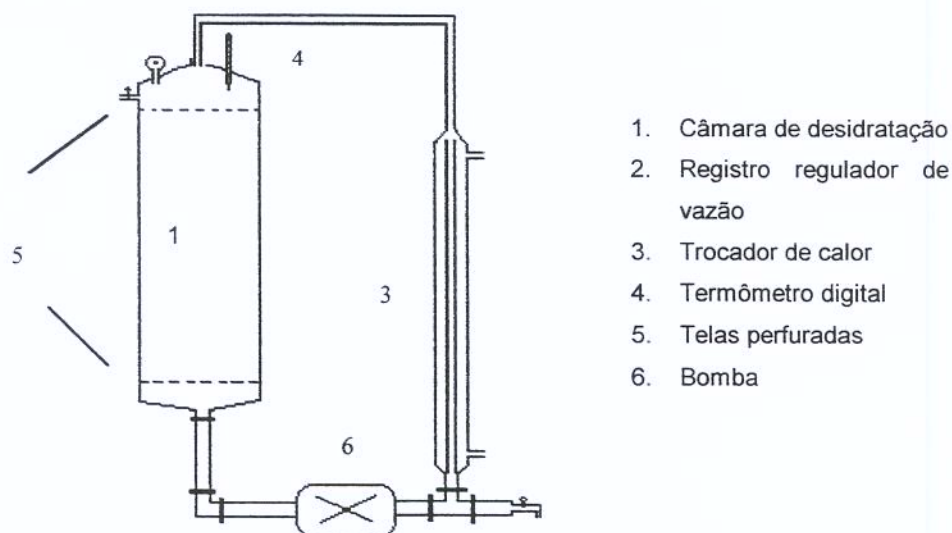


Figura 3.3. Desidratador osmótico a pressão ambiente

O processamento de DO da goiaba foi realizado seguindo o fluxograma da Figura 3.4.

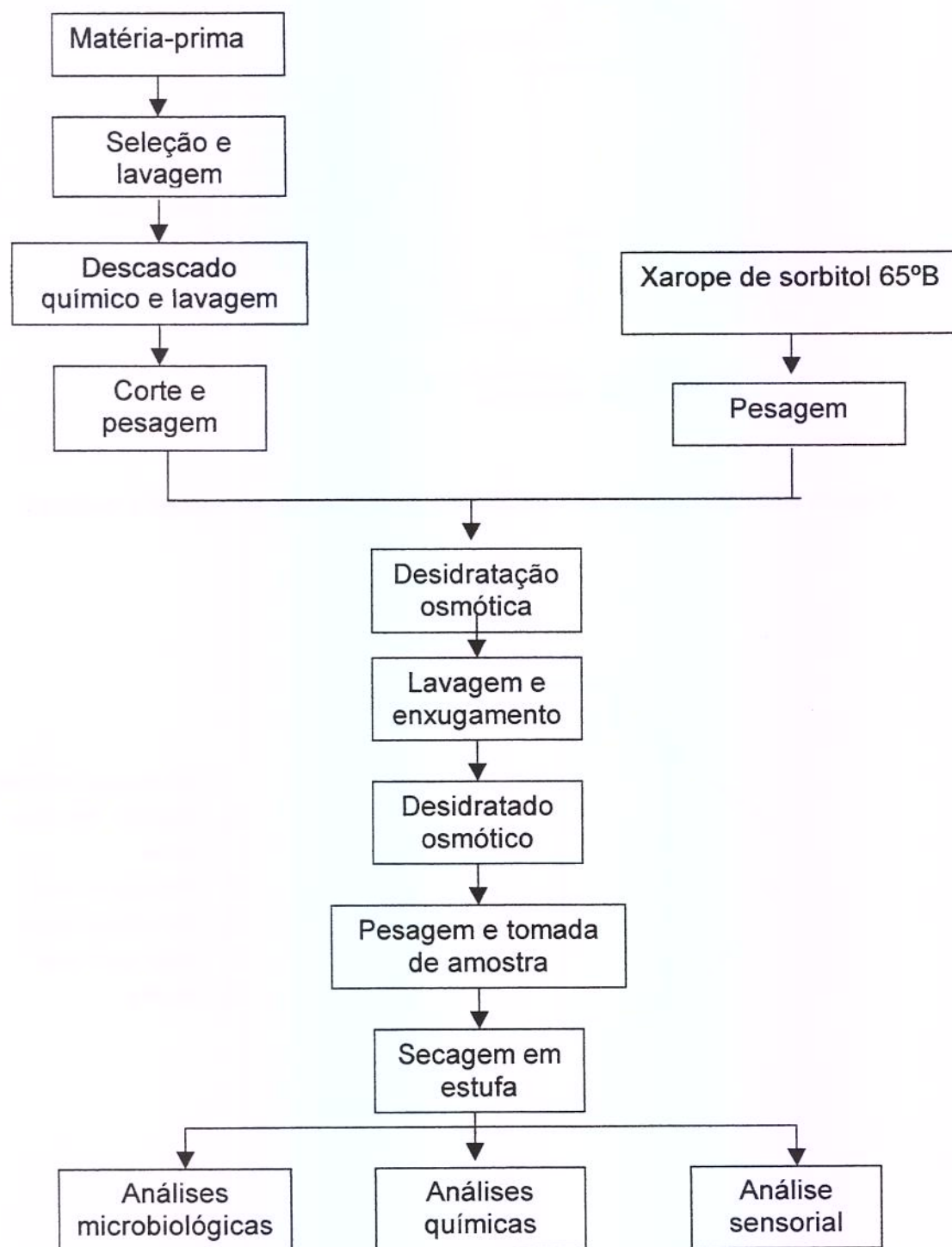


Figura 3.4: Fluxograma de processamento do desidratado osmótico

3.5.3. Determinação do melhor processo para complementação da secagem de goiaba: secagem em estufa por ar quente ou liofilização

Após obtenção da goiaba desidratada pelos processos de desidratação osmótica à vácuo e a pressão ambiente, as mesmas foram, cortadas manualmente em tamanho adequado (1,5 x 1,5 cm) para a confecção da barra de fruta e cereais e posteriormente submetidas à secagem convencional em estufa e ao processo de liofilização.

3.5.3.1. Secagem da goiaba pré-desidratada osmoticamente em estufa com circulação de ar.

As goiabas foram distribuídas em esteiras perfuradas de inox e submetidas a secagem em estufa com circulação natural de ar, a temperatura de 50°C por 16 horas.

3.5.3.2. Secagem da goiaba pré-desidratada osmoticamente em liofilizador

Primeiramente, as goiabas foram distribuídas em bandejas de aço-inox e congeladas em aparelho de placas a uma temperatura de -8°C, e tempo de congelamento de 5 a 6 horas e em seguida foram colocadas no liofilizador, submetidas à temperatura de - 40°C, por 39 horas.

3.5.3.3. Escolha do melhor processo para complementação da secagem de goiaba: secagem em estufa por ar quente ou liofilização

Para a escolha do melhor processamento foi realizada análise sensorial utilizando escala hedônica de nove pontos, com 30 provadores.

Foram comparadas ainda amostras de goiaba liofilizada e amostras de goiaba seca em estufa com circulação natural, sem pré desidratação osmótica, a fim de escolher a melhor opção de secagem da fruta para o processamento das barras de cereais, considerando as melhores características sensoriais, como aparência, sabor, textura e aceitação global de cada um dos processos estudados.

3.5.4. Determinação da quantidade de goiaba desidratada nas barras de cereais e fruta

Para determinar a quantidade de goiaba utilizada nas barras de cereais e fruta, foram preparadas três formulações com 20, 30 e 40% de goiaba (Tabela 3.1), submetidas posteriormente à análise sensorial para verificar a preferência dos provadores, utilizando escala hedônica de nove pontos, onde foram avaliados os atributos aparência, textura, sabor e aceitação global.

Tabela 3.1. Formulações de barra de fruta e cereais

Ingredientes	Fórmula 1	Fórmula 2	Fórmula 3
	%	%	%
Água	3,58	3,78	3,08
Xarope de sorbitol (70°Brix)	22,00	21,70	21,00
Frutooligossacarídeo	10,00	10,00	10,00
Maltodextrina DE 10	7,50	7,50	7,50
Lecitina de soja	0,20	0,20	0,20
Ácido cítrico	0,10	0,10	0,10
Ácido málico	0,07	0,07	0,07
Sucralose	*	*	*
Glicerina	1,30	1,30	1,30
Polpa de goiaba	10,00	10,00	10,00
Aroma natural de goiaba	0,15	0,15	0,15
Flocos de arroz	13,60	9,00	4,00
Flocos de milho	2,00	1,00	0,40
Aveia	9,50	5,20	2,20
Goiaba desidratada	20,00	30,00	40,00
Total	100,00	100,00	100,00

* Adição de 0,9mg/100g de sucralose

3.5.5. Processamento das barras de fruta e cereais

O processamento das barras de cereais foi feito seguindo o fluxograma da Figura 3.5.

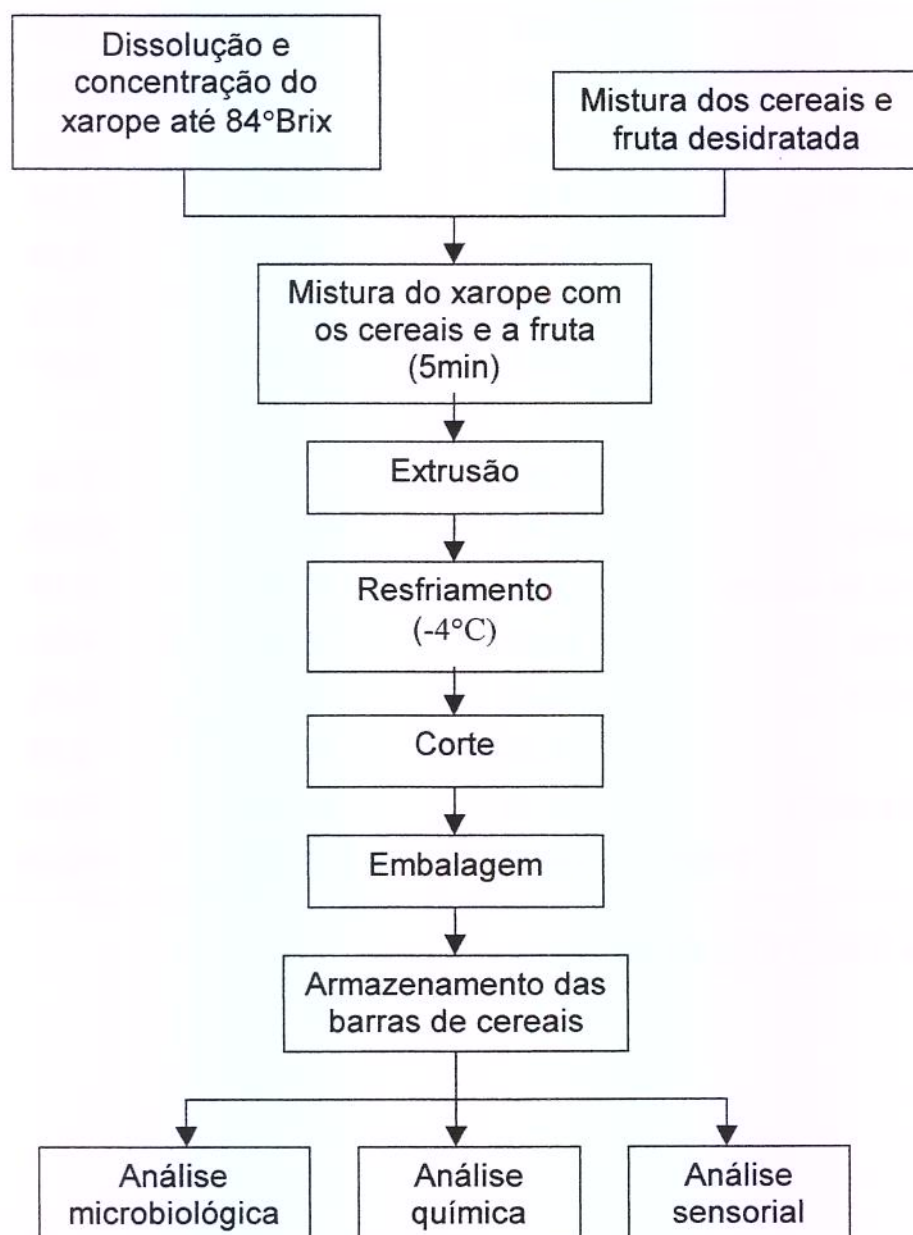


Figura 3.5. Fluxograma do processo das barras de fruta e cereais

3.6. Delineamento Experimental

Na modelagem do processo de desidratação osmótica, foi utilizado um delineamento baseado na Metodologia de Superfície de Resposta (Response Surface Methodology).

Esta é uma técnica de otimização baseada no emprego de planejamentos fatoriais, utilizada na análise de processos onde certos fatores (variáveis independentes) influenciam no resultado final (variáveis dependentes), estes parâmetros (fatores e respostas), determinam e/ou refletem no comportamento do processo.

Box *et al.*, (1978) e Neto *et al.*, (1996), sugerem que sejam feitas análises estatísticas utilizando como parâmetros o coeficiente de regressão e o valor estimado para o teste F para avaliar se os modelos empíricos obtidos através da regressão multilinear ou não linear apresentam grau de ajuste adequado aos dados experimentais. O coeficiente de correlação (R^2) indica o ajuste do modelo e quanto maior seu valor (mais próximo de 1, ou 100%) melhor terá sido o ajuste do modelo.

Foi utilizado o programa STATISTICA, versão 5.0 para elaboração dos modelos experimentais.

O modelo proposto foi ajustado verificando a significância estatística a $p = 0,05$ para cada um dos parâmetros (lineares, quadráticos e a interação). Posteriormente, na análise de variância (ANOVA), foi observada a significância da regressão e da falta de ajuste em relação a 95% de confiança ($p = 0,05$) pelo teste F, e o coeficiente de correlação.

Para ser considerado preditivo o modelo deve apresentar regressão significativa ao nível de 95% de confiança, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e alto valor de R^2 (superior a 0,85). Pode ocorrer porém do modelo apresentar alto valor de R^2 e falta de ajuste significativa.

A falta de ajuste significativa de um modelo pode ocorrer quando:

- o modelo não tem número suficiente de termos, ou seja, fatores que influem na resposta foram omitidos no modelo proposto e/ou;
- a omissão de termos de maior ordem, envolvendo os fatores no modelo proposto, que são necessários para explicar adequadamente o comportamento da resposta.

Os resultados finais a serem otimizados são: maximização da redução de peso e minimização da incorporação de sólidos.

Para se estabelecer quais fatores são de maior influência e a faixa de interesse de cada um deles, buscou-se dados em literatura. Foram definidos:

1. Temperatura: 30 a 50°C;
2. Tempo de processo: 90 a 240 minutos (1 ½ a 4 horas)

A tabela 3.2 apresenta os níveis decodificados de cada um dos fatores e a tabela 3.3. apresenta os níveis codificados em cada ensaio.

Tabela 3.2: Níveis decodificados de cada variável

Variável	-1,414	-1	0	+1	+1,414
Tempo (min)	90	112	165	218	240
Temperatura (°C)	30	33	40	47	50

Tabela 3.3: Níveis codificados das variáveis em cada ensaio

Ensaio	Tempo	Temperatura
1	-1	-1
2	-1	+1
3	+1	-1
4	+1	+1
5	-1,414	0
6	+1,414	0
7	0	-1,414
8	0	+1,414
9	0	0
10	0	0
11	0	0

3.7. Avaliação da estabilidade microbiológica da barra de fruta e cereais

A avaliação da estabilidade microbiológica das barras de fruta e cereais, foi realizada através de análises de fungos, leveduras, coliformes totais e fecais e contagem total de colônias, durante os tempos de armazenamento 0, 30 e 60 dias.

3.8. Análise Sensorial da barra de fruta e cereais

Entre os métodos sensoriais disponíveis para se determinar a aceitação dos consumidores com relação a um produto, a escala hedônica de nove pontos é provavelmente o método afetivo mais utilizado devido a viabilidade e validade dos seus resultados, bem como sua simplicidade em ser utilizado pelos provadores (Stone & Sidel, 1993).

As barras de cereais, utilizando-se a goiaba desidratada, foram submetidas a testes sensoriais de aceitação utilizando-se escala hedônica de 9 pontos, ancoradas nos seus extremos com os termos “adorei” e “detestei” e testes de intenção de compra. Os atributos avaliados foram: aparência, textura, sabor e aceitação global.

Trinta provadores não treinados, com idade compreendida entre 20 e 35 anos, avaliaram as amostras em cabines individuais.

As amostras foram servidas em copos de plástico transparentes, sob iluminação ambiente e codificadas com 3 algarismos. A ordem de apresentação das mesmas foi balanceada.

Os dados obtidos no teste de aceitação foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA) seguida de outros procedimentos estatísticos, entre os quais teste de Tukey, que verificou se houve diferença significativa entre as médias, dado um nível de confiança (95%). O produto foi analisado nos tempos de armazenamento: 0, 30 e 60 dias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo serão reportados e discutidos os resultados dos processos de desidratação osmótica (DO), secagem em estufa e liofilização, avaliação das amostras de goiaba obtidas e posterior processamento das barras de fruta e cereais. Portanto avaliou-se primeiramente a influência da desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente e secagem em estufa e liofilização no produto, avaliação das formulações elaboradas de barra de fruta e cereais e vida de prateleira.

Os resultados são apresentados de acordo com os itens:

- Desenvolvimento dos modelos experimentais da DO
- Definição do uso de antioxidantes
- Influência dos agentes desidratantes sacarose e sorbitol na desidratação osmótica
- Efeito da redução de contato da fruta, na incorporação de sólidos (IS) durante a DO da goiaba
- Secagem complementar das goiabas desidratadas osmoticamente
- Análise sensorial das goiabas desidratadas por métodos combinados
- Formulação da barra de cereais
- Estudo da vida de prateleira da barra de fruta e cereais *Diet*

4.1. Desenvolvimento dos modelos experimentais da desidratação osmótica sob vácuo, utilizando sorbitol como agente desidratante

Os resultados das determinações realizadas nos produtos advindos dos ensaios do planejamento experimental da desidratação osmótica de goiaba a vácuo encontram-se na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Respostas experimentais obtidas nos ensaios do planejamento experimental de desidratação osmótica de goiaba a vácuo utilizando sorbitol como agente desidratante

Planejamento								
Ensaio	t (min)	T (°C)	PP (%)*	ST (%)*	IS (%)*	°Brix*	U (%)*	PU (%)*
1	112	33	28,15	23,57	42,53	22,0	76,42	37,68
2	112	47	24,66	28,64	81,59	25,0	71,35	38,98
3	218	33	23,81	30,32	94,38	26,0	69,68	39,74
4	218	47	31,60	28,35	63,20	25,0	71,64	44,39
5	90	40	27,57	24,94	52,06	22,0	75,05	38,86
6	240	40	28,00	25,61	55,20	22,5	74,38	39,22
7	165	30	30,23	22,79	33,82	20,0	77,20	30,23
8	165	50	24,42	32,37	78,69	28,5	67,62	49,67
9 (C)	165	40	28,75	27,22	63,23	24,0	72,77	41,16
10 (C)	165	40	28,94	27,98	67,33	24,0	72,01	41,93
11 (C)	165	40	29,71	29,95	59,46	25,0	70,04	41,73

* Os resultados referem-se a fruta.

Onde: PP = perda de peso; ST = sólidos totais; IS = incorporação de sólidos; U = umidade; PU = perda de umidade.

4.1.1 Perda de peso

Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação da perda de peso encontram-se na Tabela 4.2.

Tabela 4.2. Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (p) e coeficiente de regressão para os fatores do modelo codificado para perda de peso.

Fatores	Efeito estimado	Erro Puro	p	Coef. de regressão
Tempo (L)	0,80	0,36	0,150	0,40
Tempo (Q)	- 1,60	0,42	0,063	- 0,80
Temperatura (L)	- 0,98	0,36	0,110	- 0,49
Temperatura (Q) *	- 2,06	0,42	0,040	- 1,03
Tempo*Temp. (L) *	5,65	0,50	0,007	2,82

* valores significativos ao nível de confiança 95% ($p \leq 0,05$).

Os valores na coluna dos efeitos estimados na Tabela 4.2 indicam o quanto cada fator influi na resposta observada, neste caso, a perda de peso.

Observa-se que o fator tempo (L), apresenta um efeito positivo na perda de peso, ou seja, um aumento neste fator acarreta um aumento na perda de peso, enquanto que os efeitos dos fatores tempo (Q), Temperatura (L) e Temperatura (Q) têm influência negativa, de forma inversa, um aumento nestes fatores acarreta

uma diminuição na perda de peso. Uma vez que os efeitos dos fatores Temperatura (L) e Tempo (L) não são significativos a $p \leq 0,05$, e por isso desprezados no modelo.

O modelo foi ajustado eliminando-se os fatores não significativos, sendo então realizada a análise de variância (ANOVA) e teste F ao nível de 95% de confiança ($p \leq 0,05$). Os resultados estão apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3. Resultados da ANOVA para o modelo ajustado para perda de peso.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	45,42	3	15,14	4,37	4,35
Resíduos	24,33	7	3,47		
Falta de ajuste	23,82	5			
Erro puro	0,51	2			
Total	69,75	10			

O modelo ajustado para perda de peso apresentou regressão significativa ($p \leq 0,05$), com F calculado maior que o tabelado. No presente trabalho, o valor de F calculado é muito próximo ao valor de F tabelado, o que não confere muita certeza de que o modelo seja preditivo. Embora o modelo não apresente falta de ajuste significativa calculada pelo teste F, o coeficiente de correlação (R^2) para o modelo ajustado foi de 0,6183, explicando apenas 61,83% da variação das respostas.

A equação representativa do modelo ajustado e codificado para a perda de peso está apresentada pela equação 4.1.

$$PP (\%) = 29,14 - 1,03 T^2 - 0,80 t^2 + 2,82 T \cdot t \quad (\text{Equação 4.1})$$

Onde: t: tempo de processo (minutos)

T: temperatura (°C)

A superfície de resposta e de contorno obtidas do modelo ajustado decodificado para a perda de peso estão apresentadas nas Figuras 4.1 e 4.2, respectivamente.

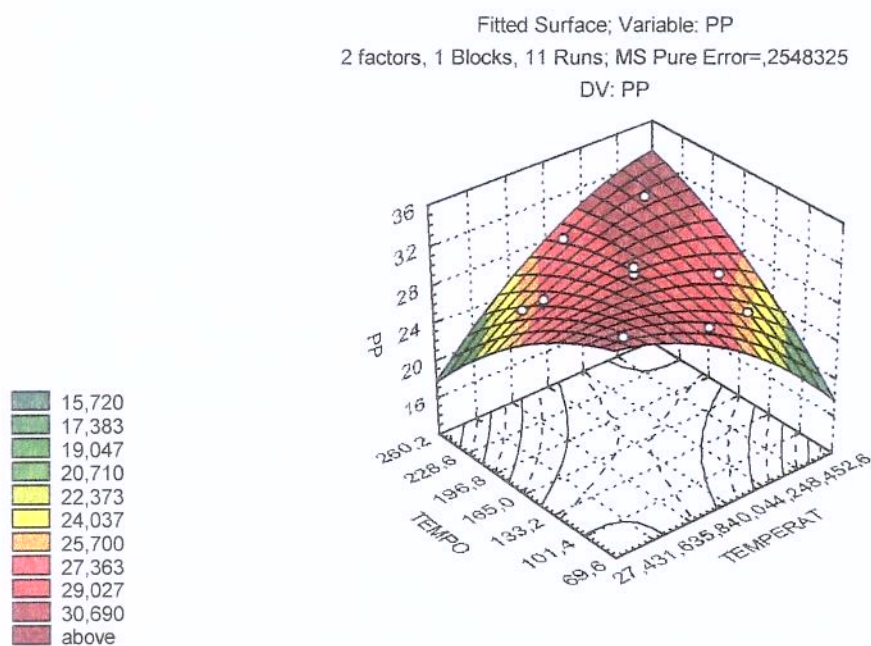


Figura 4.1. Superfície de resposta para perda de peso (PP)

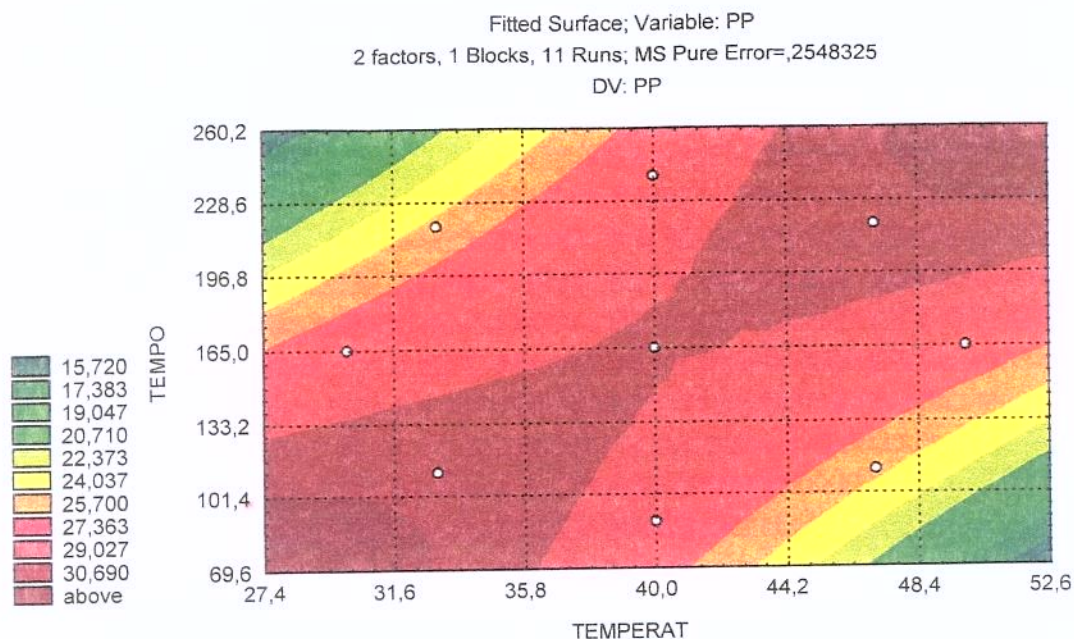


Figura 4.2. Superfície de contorno para perda de peso (PP)

Pode-se observar na Figura 4.2 que podem se obter perdas de peso importantes no processamento de DO utilizando o sorbitol como agente desidratante e em condições operacionais amenas. Em temperaturas entre 27,4 e 40°C e tempos relativamente curtos de operação, até de 150min, foram obtidas perdas de peso da ordem de 30%. Esta figura mostra que em condições experimentais determinadas pelo planejamento, de 33°C por 112min, houve uma perda de peso de 30,7%. Quando se aumentou a temperatura para 47°C e operando no mesmo tempo de 112min, a PP diminuiu para 25,7%. Isto poderia ser explicado, sabendo-se que o aumento de temperatura no processo de DO promove a incorporação de sólidos desde o meio desidratante para o produto, diminuindo conseqüentemente a PP. Observa-se também nesta figura que em um tempo menor de 90min e a 40°C há uma PP ainda importante de 29%.

4.1.2 Perda de umidade

Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação da perda de umidade encontram-se na Tabela 4.4.

Tabela 4.4. Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (p) e coeficiente de regressão para os fatores do modelo codificado para perda de umidade.

Fatores	Efeito estimado	Erro Puro	p	Coef. de regressão
Temperatura (L) *	8,36	0,28	0,001	4,18
Temperatura (Q)*	-1,29	0,33	0,061	-0,64
Tempo (L) *	1,99	0,28	0,019	0,99
Tempo (Q) *	-2,21	0,33	0,022	-1,10
Tempo*Temp. (L)*	1,67	0,39	0,052	0,83

* valores significativos ao nível de confiança 95% ($p \leq 0,05$).

Os valores na coluna dos efeitos estimados na Tabela 4.4 indicam o quanto cada fator influi na resposta observada, neste caso, a perda de umidade.

Observa-se que todos os efeitos dos fatores, com exceção do efeito do fator temperatura (Q) e do tempo (Q), têm um efeito positivo na perda de umidade, ou seja, um aumento em qualquer um destes fatores acarreta um aumento na perda de umidade, de forma inversa, o efeito do fator tempo (Q) e da temperatura (Q) tem influência negativa, um aumento neste fator acarreta uma diminuição na perda de umidade. O modelo foi ajustado eliminando-se os fatores não significativos, sendo então realizada a análise de variância (ANOVA) e teste F ao nível de 95% de confiança ($p \leq 0,05$). Os resultados estão apresentados na Tabela 4.5.

De acordo com a Tabela 4.4, observou-se que o coeficiente de correlação (R^2) encontrado para o modelo foi de 0,7073, o que demonstra que o modelo estatístico pode ser explicado por 70,73% da variação das respostas para a PU.

Tabela 4.5. Resultados da ANOVA para o modelo ajustado para perda de umidade.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	158,08	5	31,62	2,42	5,05
Resíduos	65,35	5	13,07		
Falta de ajuste	65,03	3			
Erro puro	0,32	2			
Total	223,43	10			

Com relação aos valores obtidos no cálculo da ANOVA, pode-se notar que o valor de F calculado foi menor que F tabelado, devido a existência de pontos relativamente fora do modelo obtido. No entanto, foi realizado o cálculo do desvio individual de cada ensaio, obtido através da diferença entre os valores preditos pelo modelo e os valores obtidos experimentalmente, e observou-se que somente um ponto do ensaio apresentou desvio de 13,8%. Considerando as características do processo de DO e as faixas de temperaturas e tempos estudados, estão sendo apresentados a superfície de resposta, pois a maioria absoluta dos pontos não tiveram desvio entre o modelo e o ensaio experimental acima de 10%, o que não invalidou o modelo estudado para a PU no processo de DO.

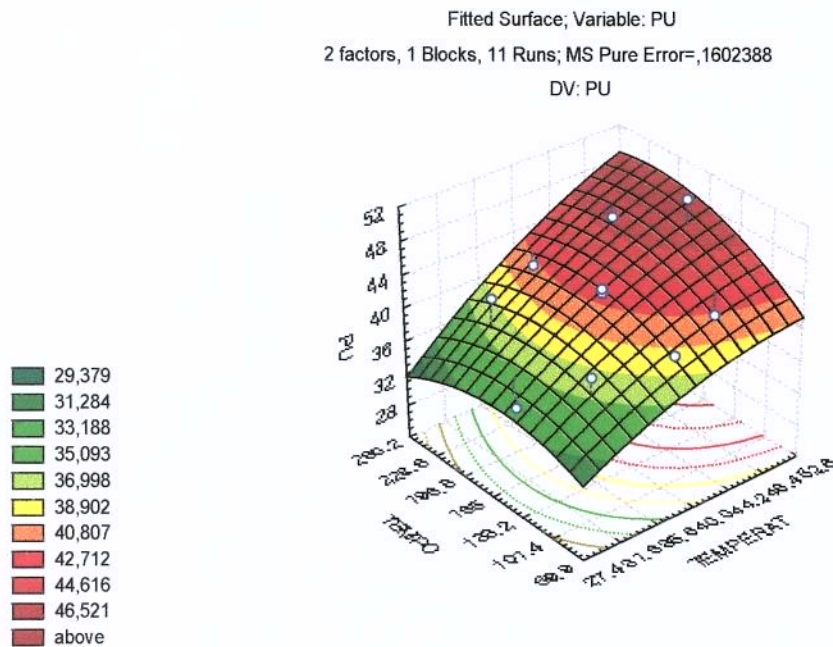


Figura 4.3. Superfície de resposta para perda de umidade (PU)

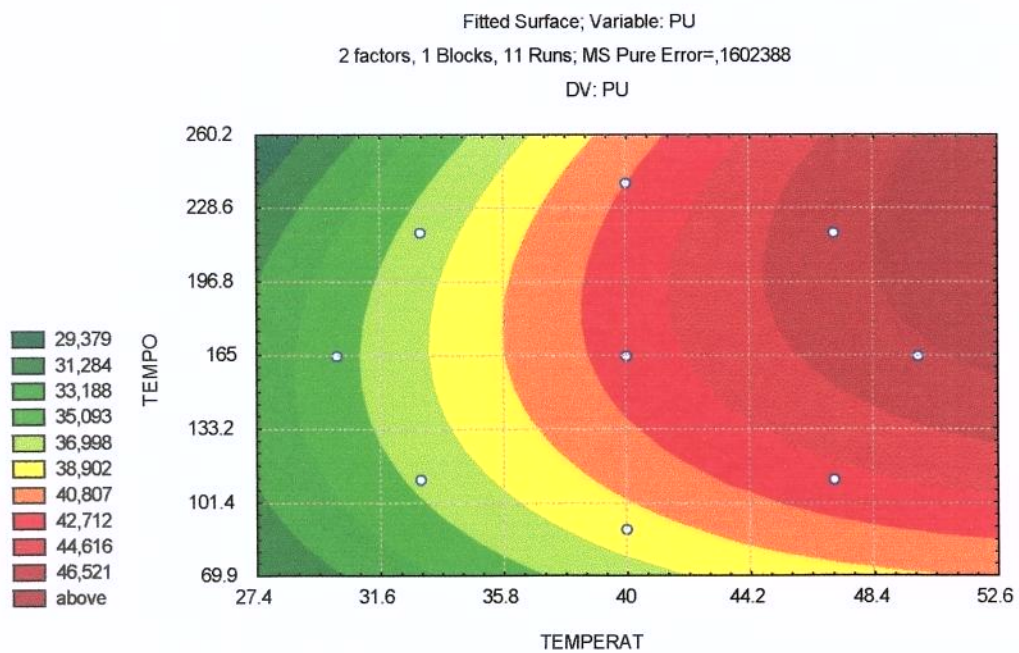


Figura 4.4. Superfície de contorno para perda de umidade (PU)

Considerando as superfícies de resposta e de contorno das Figuras 4.3 e 4.4, pode-se observar que os parâmetros tempo e temperatura apresentaram grande influência na perda de umidade (PU), durante o processo de DO. Em condições comuns de processos a temperatura ambiente, 27,4 a 32°C e por 90 a 110min, houve uma importante perda de umidade da ordem de 33%. A 30°C por 90min há uma PU de 33%, sendo que nestas condições a IS foi bastante aceitável de 7,9% (Figura 4.6), Na mesma temperatura e por 120min, observa-se um aumento da PU para aproximadamente 35%, sendo que nestas condições a IS aumentou para 21%. Elevando a temperatura para 35°C e pelo mesmo tempo de 120min, há um incremento da PU para 38,9% e da IS para aproximadamente 47%, praticamente inviabilizando estes últimos parâmetros para o processo de DO utilizando sorbitol como desidratante.

4.1.3 Incorporação de sólidos

Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação da incorporação de sólidos encontram-se na Tabela 4.6.

Tabela 4.6. Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (p) e coeficiente de regressão para os fatores do modelo codificado para incorporação de sólidos.

Fatores	Efeito estimado	Erro Puro	p	Coef. de regressão
Temperatura (L) *	17,83	2,78	0,023	8,91
Temperatura (Q)	0,66	3,30	0,860	0,33
Tempo (L) *	9,47	2,78	0,076	4,73
Tempo (Q)	-1,96	3,30	0,611	-0,98
Tempo*Temp. (L) *	-35,12	3,93	0,012	-17,56

* valores significativos ao nível de confiança 95% ($p \leq 0,05$).

Os valores na coluna dos efeitos estimados na Tabela 4.4 indicam o quanto cada fator influi na resposta observada, neste caso, a incorporação de sólidos.

Os efeitos dos fatores tempo (L), Temperatura (L) e a Temperatura (Q) têm um efeito positivo na incorporação de sólidos, aumentando qualquer um destes fatores acarreta um aumento na incorporação de sólidos, enquanto que os efeitos dos fatores tempo (Q) e interação tempo*Temperatura (L) têm influência negativa, aumentando estes fatores acarreta uma diminuição na incorporação de sólidos. Uma vez que os efeitos dos fatores Tempo (Q) e Temperatura (Q) não são significativos a $p \leq 0,05$, e por isso desprezados no modelo, conclui-se que o único fator com efeito negativo significativo na incorporação de sólidos é a interação tempo*temperatura (L). Observa-se ainda, que entre os efeitos de influência positiva, o fator linear da temperatura possui o maior valor, exercendo um efeito positivo duas vezes mais que o efeito linear do tempo.

O modelo foi ajustado eliminando-se os fatores não significativos, sendo então realizada a análise de variância (ANOVA) e teste F ao nível de 95% de confiança ($p \leq 0,05$). Os resultados estão apresentados na Tabela 4.7.

Tabela 4.7. Resultados da ANOVA para o modelo ajustado para incorporação de sólidos.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	2048,77	3	682,92	4,73	4,35
Resíduos	1009,23	7	144,17	144,17	
Falta de ajuste	978,33	5			
Erro puro	30,90	2			
Total	3058,00	10			

O modelo ajustado para incorporação de sólidos apresentou regressão significativa ($p \leq 0,05$), com F calculado maior que o tabelado. O valor de F calculado foi 1,08 vezes o valor de F tabelado, o que não confere muita certeza de que o modelo seja preditivo.

Embora o modelo não apresente falta de ajuste significativa calculada pelo teste F, o coeficiente de correlação (R^2) para o modelo ajustado foi de 0,673, explicando apenas 67,30% da variação das respostas. Deve-se utilizar o modelo ajustado com ressalva, apenas para os níveis estabelecidos neste planejamento.

No que diz respeito a incorporação de sólidos esta é dependente principalmente das características da microestrutura biológica inicial da matéria-prima (Islam and Flink, 1982; Lenart and Flink, 1984) e das modificações que esta estrutura pode sofrer devido a pré-tratamentos, manuseio e ao próprio

processamento (temperatura, agitação, tempo) o que pode acarretar na alteração da permeabilidade e seletividade nas estruturas dos tecidos.

A equação representativa do modelo ajustado e codificado para a incorporação de sólidos está apresentada pela equação 4.3.

$$IS (\%) = 62,9 + 8,92 T + 4,74 t - 17,6 T \times t \quad (\text{Equação 4.3})$$

A superfície de resposta e de contorno obtidas do modelo ajustado decodificado para a incorporação de sólidos estão apresentadas nas Figuras 4.5 e 4.6, respectivamente.

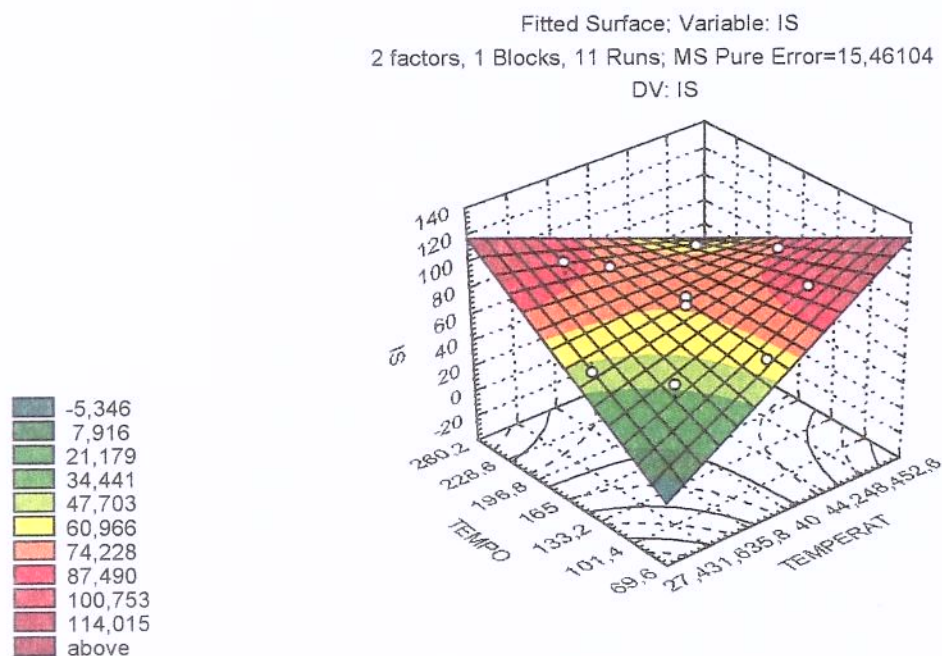


Figura 4.5. Superfície de resposta para incorporação de sólidos (IS)

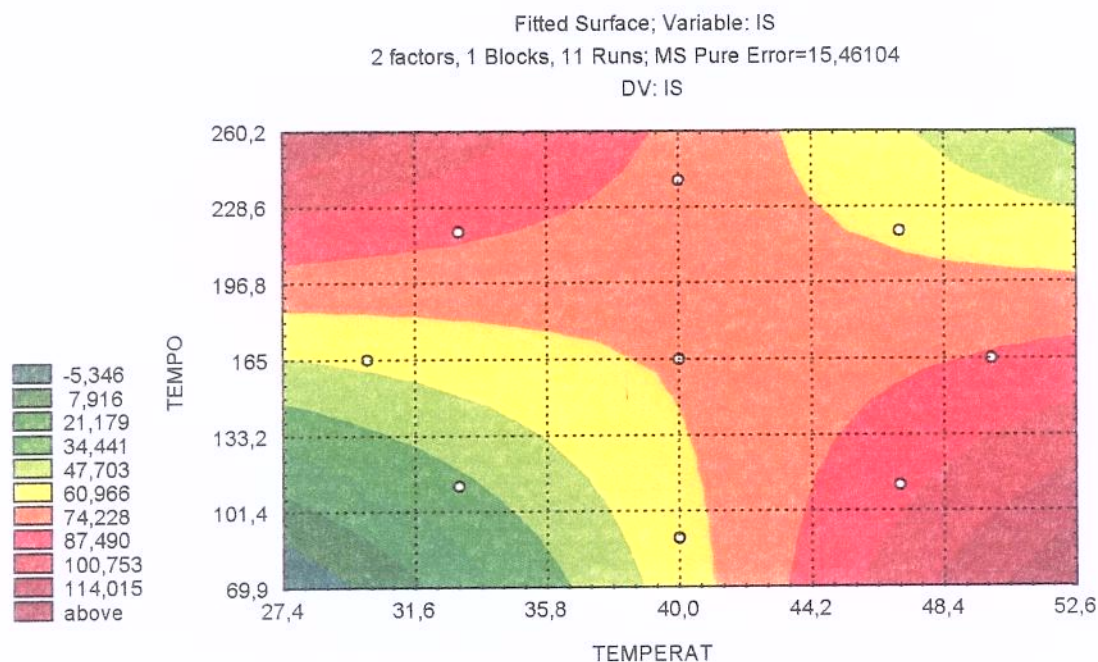


Figura 4.6. Superfície de contorno para incorporação de sólidos (IS)

Observando-se as Figuras 4.5 e 4.6, se pode verificar que nas faixas normais de operação de um processo de DO sob vácuo (temperaturas entre 27,4 e 44,2°C e tempo até de 165min), há um aumento altamente significativo da IS com o aumento destes dois parâmetros, tempo e temperatura. Em um dos tempos determinados pelo planejamento experimental (40°C/165min), houve uma IS da ordem de 74%, caindo drasticamente para 34%, quando se operou na faixa de 33 e 36°C por 125 a 150min.

O gráfico de superfície de contorno (Figura 4.6) mostra claramente que para se obterem teores de IS aceitáveis, inclusive reportados pela literatura como normais, entre 5 e 8% (Querido, 2000), deve-se operar a menos de 32°C e por tempo aproximado de 110min, compatibilizando sempre estes parâmetros da IS com os de perda de umidade (PU), fator este crucial também a considerar na eficiência da DO. Observando as Figuras 4.4, Superfície de contorno para perda de umidade e Figura 4.6, Superfície de contorno para incorporação de sólidos, podemos deduzir que compatibilizando os dois parâmetros fundamentais para avaliar a DO, perda de umidade e incorporação de sólidos, deveria se propor

processamentos em torno de 30°C e por tempos de aproximadamente 90min, para se conseguir incorporações de sólidos aceitáveis da ordem de 8%.

Neste estudo, a IS não se apresenta como um defeito muito grave do processo de DO, visto que se trata de utilizar a fruta desidratada na formulação de um produto *diet*, onde inclusive foi por este o motivo que se escolheu o sorbitol como agente desidratante. Devemos lembrar que este poliol fará parte da formulação total da barra de fruta e cereais e portanto o que seja incorporado na fruta durante o processo de DO, será descontado do valor total de sorbitol que foi estipulado para a fórmula. Para este caso, o fator mais importante a considerar seria a perda de umidade.

4.2. Definição do uso de antioxidante durante o processo de DO

Os ensaios realizados durante a desidratação osmótica, utilizando-se como antioxidante o ácido ascórbico e metabissulfito de sódio nas condições descritas no item 3.5.1 de Material e Métodos, mostraram que principalmente quando foi utilizado o ácido ascórbico, houve um maior escurecimento durante a complementação da secagem em estufa com circulação de ar, em relação ao ensaio que não utilizou antioxidantes. Isto pode ser explicado pela formação de melanoidinas através do mecanismo de escurecimento do ácido ascórbico em pH ácido. Com a utilização do metabissulfito de sódio não se observaram os resultados esperados e que justificassem o seu uso. Portanto, decidiu-se não utilizar antioxidantes durante os testes de desidratação osmótica, inclusive porque o ensaio padrão realizado sem antioxidante, apresentou um produto de boa qualidade sensorial, após a desidratação osmótica e secagem em estufa.

4.3. Influência dos agentes desidratantes (xarope de sorbitol e xarope de sacarose) nos teores de incorporação de sólidos (IS) e perda de umidade (PU) da fruta após o processo de DO à vácuo.

Foram realizadas duas desidratações osmótica à vácuo em iguais condições de processo (temperatura de 30°C e tempo de processamento 2 horas), e tamanho da fruta (goiabas cortadas em cubos de 1,5 x 1,5 cm e espessura aproximada de 8 mm), variando apenas os agentes desidratantes utilizados: xarope de sacarose e xarope de sorbitol, ambos a 65°Brix.

Segue na Tabela 4.8, os resultados obtidos do teor de incorporação de sólidos da fruta após a desidratação.

Tabela 4.8. Valores de incorporação de sólidos (IS) e perda de umidade (PU), obtidos após DO à vácuo de goiaba utilizando como agente desidratante xarope de sorbitol e xarope de sacarose.

Agente desidratante (solução 65%)	Incorporação de sólidos, IS (%)	Perda de umidade, PU (%)
Xarope sorbitol	33,83 ± 1,52	30,69 ± 0,89
Xarope sacarose	19,84 ± 1,31	21,43 ± 1,02

Através dos resultados apresentados na Tabela 4.8, verifica-se que quando foi utilizado xarope de sorbitol, houve 70,51% mais de incorporação de sólidos e 40,21% a mais de perda de umidade, comparado com a sacarose em iguais condições de processamento. A menor incorporação da sacarose na goiaba pode ser explicada pelo tamanho molecular deste sacarídeo.

O tipo de açúcar utilizado como agente desidratante afeta fortemente a cinética de transferência de massa. O aumento do peso molecular do agente osmótico provoca uma diminuição do ganho de sólidos e um aumento na perda de

umidade, favorecendo, com isso a perda de peso. Sacarídeos de baixo peso molecular como a glicose, frutose e sorbitol, favorecem o ganho de sólidos devido à alta taxa de penetração das moléculas do soluto (Torreggiani, 1993; Dalla Rosa *et al.*, 2001).

Embora tenha havido uma maior incorporação de sólidos no produto quando utilizado sorbitol como agente desidratante, foi escolhido este poliol no processo de desidratação osmótica da goiaba que será utilizada na formulação da barra de cereais e fruta dietética, para manter a proposta inicial de “elaboração de um produto dietético”, o qual não permite a adição de sacarose.

Pela significativa diferença de incorporação de sólidos entre estes dois sacarídeos, é oportuno manifestar que o sorbitol não justificaria seu uso para desidratar osmoticamente frutas que serão utilizadas em produtos convencionais, inclusive em produtos de baixo valor calórico. Para este último caso, apesar de ser reportado um valor calórico para o sorbitol de 2,4 kcal/g, a sua importante maior incorporação nesta fruta durante o processamento, sem dúvida significaria em um incremento do valor calórico do produto final, em relação ao uso da sacarose, apesar deste último açúcar ter um valor energético maior, de 4 kcal/g. Ainda deve considerar-se o importante maior custo do sorbitol em relação a sacarose.

Cabe ressaltar que os teores de sorbitol incorporados na fruta no processo de desidratação osmótica, serão considerados e descontados da formulação da barra, que já prevê a adição de sorbitol na sua composição.

4.4. Efeito da redução da superfície de contato da goiaba sobre a incorporação de sólidos (IS) e perda de umidade (PU) durante a DO à vácuo

Baseados nos resultados anteriores onde foram obtidas taxas de incorporação de sólidos nas goiabas cortadas em pedaços de 1,5 x 1,5 cm e de aproximadamente de 8mm de espessura, relativamente altas quando utilizando

sacarose e sorbitol como agentes desidratantes, decidiu-se realizar ensaios de DO utilizando goiabas cortadas em 4 pedaços (pedaços correspondendo a $\frac{1}{4}$ do fruto aproveitável). Neste ensaio foi utilizada a melhor condição de processamento no estudo realizado de DO à vácuo: $T = 30^{\circ}\text{C}$ e $t = 2$ horas.

Pode-se observar que diminuindo a superfície de contato nas condições descritas anteriormente, houve uma importante redução na incorporação de sólidos no tratamento à vácuo de 33,83% (Tabela 4.8) para 16,4% (Tabela 4.9), e também um aumento na perda de umidade (Tabela 4.8) de 30,69% para 39,8% (Tabela 4.9%) quando utilizado sorbitol como agente desidratante. Este fato foi importante e desejável para a elaboração da barra de fruta e cereais.

Na tabela 4.9 encontram-se os resultados relativos a caracterização físico-química das goiabas *in natura* e após desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente.

Tabela 4.9. Caracterização das goiabas *in natura* e após o processo de desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente.

Análise	Amostra <i>in natura</i>	Amostra desidratada osmoticamente a vácuo	Amostra desidratada osmoticamente a pressão ambiente
Atividade de água (a_w)	$0,991 \pm 0,002$	$0,873 \pm 0,001$	$0,881 \pm 0,001$
pH	$3,80 \pm 0,10$	$3,90 \pm 0,10$	$3,90 \pm 0,10$
Acidez total (%)	$0,76 \pm 0,01$	-	-
Ácido ascórbico (mg/100g)	$64,80 \pm 0,06$	$90,70 \pm 0,05$	$86,30 \pm 0,06$
Sólidos solúveis (°Brix)	$10,50 \pm 0,20$	$20,00 \pm 0,30$	$17,50 \pm 0,28$
Umidade base úmida (%)	$88,10 \pm 0,46$	$77,30 \pm 0,52$	$79,80 \pm 0,50$
Perda de peso (%)	-	$31,90 \pm 1,32$	$25,60 \pm 1,39$
Perda de umidade (%)	-	$39,80 \pm 1,35$	$30,90 \pm 1,37$
Incorporação sólidos (%)	-	$16,40 \pm 0,52$	$13,80 \pm 0,54$

Com relação a perda de umidade, os valores obtidos nestas condições foram de 39,8% no processo a vácuo e de 30,9% a pressão atmosférica, estes são bastante aceitáveis, quando comparados com os dados da literatura. É importante destacar que no processo a vácuo, a eficiência com relação a perda de umidade é maior, no presente estudo esta eficiência foi 28% maior.

A perda de umidade é um parâmetro muito importante no controle da eficiência do processo de desidratação osmótica. Raoult-Wack (1994) afirma que

este processo permite remover de 40 a 70% da água contida no material, enquanto Shi e Fito (1993) dizem que este teor de água removida está em torno de 50%.

A incorporação de sólidos, apesar de ter apresentado uma considerável redução com a diminuição da superfície de contato da fruta (pedaços maiores), considera-se ainda um pouco elevada em relação aos dados da literatura.

Querido (2000), conseguiu valores de IS de 10% em fatias de caju, trabalhando no mesmo sistema à vácuo, utilizando xarope de sacarose, como agente desidratante.

Spiazzi *et al.* (1997), encontraram valores de 60 a 70% na perda de água e 5 a 10% para o ganho de sólidos de cubos de maçãs (1cm) desidratados osmoticamente a 40°C e 60% em concentração de sacarose, para um tempo decorrido de 180 minutos. Para cubos de batatas (1cm) desidratados em soluções com diferentes concentrações de sacarose a 21°C, os valores de perda de água foram de 65 a 70% e ganho de sólidos de 15 a 20%; chegando à conclusão de que os valores para estas variáveis analisadas serão dependentes do tecido celular, tamanho e forma da amostra, composição química, tipo e concentração do agente desidratante utilizado, etc.

Apesar de ser considerado um defeito no processo de desidratação osmótica, a incorporação de sólidos no presente trabalho, provocou efeitos desejáveis, pois melhorou as características sensoriais da fruta que será utilizada na barra junto aos cereais.

Após a desidratação osmótica, notou-se uma maior intensidade na cor da goiaba, oferecendo um efeito bastante desejável para o produto. Entende-se que a desidratação osmótica nas condições deste produto (baixa temperatura e curto período de tempo) concentrou também os pigmentos da fruta sem modificar-los significativamente. Alguns pesquisadores verificaram maiores mudanças de cor

em frutas osmoticamente desidratadas, porém freqüentemente sob condições mais severas de processo como elevadas temperaturas e tempos.

A intensificação da cor causada pelo processo osmótico pode ser benéfico para alguns produtos e processos subseqüentes, porém quando o objetivo é obter produtos similares ao fresco, as menores diferenças de cor com relação a fruta fresca são desejáveis.

Maiores diferenças de cor em mamões osmoticamente desidratados foram verificadas por Rodrigues (1999), utilizando várias condições de processo, sendo que estas diferenças foram negativamente influenciadas pela utilização de temperaturas elevadas. O tratamento osmótico dos mamões com temperaturas amenas promoveu a intensidade da cor em relação à fruta fresca, sendo considerado pelo autor uma característica desejável para o produto.

4.5. Secagem complementar das goiabas osmoticamente desidratadas

Devido a necessidade de utilização da goiaba desidratada como ingrediente da barra de fruta e cereais, após a desidratação parcial osmótica a vácuo e a pressão ambiente, estas foram submetidas a secagem em estufa a 50°C por 16 h e a liofilização a - 40°C por 39 h, pois apresentavam ainda um alto teor de umidade como para ser utilizadas diretamente na formulação. Na tabela 4.10, seguem os teores de umidade final das goiabas os diferentes processamentos estudados.

Tabela 4.10. Umidade final das goiabas após diferentes processamentos.

Processamentos	Umidade final (%)
Desidratação osmótica a vácuo + estufa	14,70 ± 0,58
Desidratação osmótica a vácuo + liofilização	14,90 ± 0,50
Desidratação osmótica pressão ambiente + estufa	15,00 ± 0,39
Desidratação osmótica pressão ambiente + liofilização	16,00 ± 0,45
Secagem em estufa	14,00 ± 0,56
Liofilização	5,00 ± 0,33

Os teores finais de umidade da goiaba nos diferentes processos, foram determinados baseando-se nas características sensoriais da fruta (textura, cor e sabor) e na legislação consultada Resolução RDC nº82 – ANS / MS de 15 de setembro de 2000 (Publicada D.O U. – seção I – 19.09.00), onde está previsto os limites máximos aceitáveis de umidade para “Frutas secas ou Dessecadas” e “Frutas Liofilizadas”.

Definições dos produtos obtidos através de secagem em estufa e por liofilização, segundo a Resolução RDC nº82, acima descrita:

Fruta seca é o produto obtido pela perda de água da fruta madura, inteira ou em pedaços, por processos tecnológicos adequados, apresentando umidade g/ 100 g de no máximo 25%.

Fruta liofilizada é o produto obtido pela desidratação quase completa da fruta madura, inteira ou em pedaços, pelo processo denominado “liofilização”. Umidade, máximo de 5% p/p.

4.6. Análise sensorial da goiaba

Após a obtenção das goiabas nos diferentes processamentos acima descritos, estas foram submetidas à análise sensorial, utilizando escala estruturada de nove pontos. Trinta provadores não treinados avaliaram as amostras nos seguintes atributos: aparência, sabor, textura e aceitação global.

A ficha de aplicação do teste encontra-se no ANEXO I. As amostras A, B, C, D, E e F, apresentam cada processamento da fruta, Secagem em estufa, Desidratação osmótica à vácuo + secagem em estufa, Desidratação a pressão ambiente + liofilização, Liofilização, Desidratação à vácuo + liofilização e Desidratação a pressão ambiente + secagem em estufa, respectivamente.

As amostras foram servidas em copos de plástico transparentes e codificados com números de 3 dígitos.

O objetivo do teste foi a avaliação dos atributos entre as diversas amostras, determinando também o grau dessa variação. A Tabela 4.11. mostra as médias das respostas dos provadores.

Tabela 4.11. Valores dos atributos sensoriais das goiabas após os processamento acima descritos

Amostras	Atributos Sensoriais			
	Aparência	Textura	Sabor	Aceitação global
A				
Secagem em estufa	4,17 C	4,47 C	4,47 B	4,30 B
B				
Desidratação osmótica à vácuo + secagem em estufa	7,13 A	7,13 A	7,13 A	7,00 A
C				
Desidratação osmótica a pressão amb. + liofilização	5,87 B	5,47 C	6,20 A	5,93 A
D				
Liofilização	3,63 C	3,10 D	3,30 B	3,23 B
E				
Desidratação osmótica à vácuo + liofilização	5,73 B	6,00 BA	6,80 A	6,50 A
F				
Desidratação osmótica a pressão amb. + secagem em estufa	6,67 AB	7,07 A	6,77 A	6,67 A

As médias apresentadas na tabela, nas mesmas colunas (mesmo atributo) com letras iguais, não apresentam diferença significativa entre si, a um intervalo de confiança de 95%.

Através dos resultados obtidos na análise sensorial, determinou-se que a amostra B foi a que mais agradou os provadores, pois apresentou notas superiores as demais amostras avaliadas nas características (aparência, textura, sabor e aceitação global).

Portanto a goiaba utilizada na fabricação da barra de fruta e cereais foi a amostra B, obtida através do processo de desidratação osmótica à vácuo combinado com secagem em estufa. A amostra B, apresentou textura firme e macia, cor intensa (vermelho intenso) e sabor agradável (adocicado).

A amostra A, obtida apenas pelo processo de secagem em estufa com circulação de ar quente, apresentou um produto escuro (vermelho amarronzado), com textura dura e sabor ácido/azedo. Já as amostras C, D e E, onde foi utilizada a liofilização combinada ou não a D.O. à vácuo ou a pressão ambiente, todas as amostras se mostraram muito diferentes a fruta *in natura*, textura elástica (borrachuda), porosa (expandida) e cor bem menos intensa (cor de rosa claro).

A amostra F, desidratada osmoticamente à vácuo e seca em estufa com circulação de ar quente, se mostrou bem próxima a amostra B, mas diferiram entre si principalmente com relação a textura (mole e elástica).

A Tabela 4.12 mostra os resultados físico-químicos da goiaba (amostra B).

Tabela 4.12. Características físico-químicas da goiaba desidratada utilizada como ingrediente da barra de fruta e cereais

Determinações	Amostra desidratada osmoticamente a vácuo e posterior secagem em estufa
Umidade em base seca (%)	$14,70 \pm 0,52$
Vitamina C (mg Ác. Ascórbico/100 g)	$84,40 \pm 0,05$

4.7. Determinação da quantidade de goiaba desidratada na barra de fruta e cereais

A quantidade de goiaba a utilizar na barra de fruta e cereais foi determinada através de análise sensorial. Trinta provadores não treinados avaliaram as amostras nos seguintes atributos: aparência, sabor, textura e aceitação global.

A ficha de aplicação do teste encontra-se no ANEXO II. As formulações avaliadas estão descritas na Tabela 3.1 de Materiais e Métodos, item 3.6.4.

Os resultados referentes aos atributos sensoriais das diferentes formulações estudadas reportadas na Tabela 3.1, na qual a principal variável é o teor de goiaba desidratada de 20, 30 e 40% nas formulações 1, 2 e 3, respectivamente, estão apresentados na Tabela 4.13.

Tabela 4.13. Valores dos atributos sensoriais na determinação da formulação da barra de fruta e cereais

Formulação (% de goiaba)	Atributos Sensoriais			
	Aparência	Textura	Sabor	Aceitação global
1 (20%)	5,50 B	5,83 B	6,87 A	6,37 A
2 (30%)	6,83 A	7,07 A	7,10 A	6,93 A
3 (40%)	6,70 A	6,53 BA	7,17 A	6,87 A

As médias de atributos com letras iguais apresentadas nas mesmas colunas, não apresentam diferença significativa entre si, a um intervalo de confiança de 95%.

Nos atributos sabor e aceitação global as amostras não apresentaram diferença significativa ao nível de 5%.

Comparando as médias das notas pelos provadores (consumidores), das características de aparência, textura e aceitação global das 3 formulações, observa-se que a amostra 2 se apresenta significativamente superior (ao nível de 5%) da amostra 1, somente no que respeita a aparência e textura, não apresentando diferença significativa no mesmo nível com nenhum dos outros atributos das amostras 1 e 3. Desta forma, considerando apenas as pequenas diferenças entre as amostras, foi escolhida a amostra 2 para a realização dos estudos posteriores.

A caracterização físico-química das barras de fruta e cereais processadas segundo fluxograma descrito no item 3.6.5, Materiais e Métodos. Segue na tabela 4.14 a caracterização das barras de fruta e cereais.

Tabela 4.14. Caracterização físico-química das barras de fruta e cereais

Determinações	Valores
pH	$3,80 \pm 0,10$
Atividade de água (Aa)	$0,526 \pm 0,001$
Açúcares totais (%)	$38,20 \pm 0,05$
Açúcares redutores (%)	$16,90 \pm 0,05$
Açúcares não redutores (%)	$21,30 \pm 0,06$
Umidade em base seca (%)	$14,00 \pm 0,52$

A tabela 4.15 mostra algumas características nutricionais importantes da barra de fruta e cereais, determinadas segundo metodologias descritas no capítulo Materiais e Métodos.

Tabela 4.15. Composição nutricional da barra de fruta e cereais

Informação Nutricional	100g de produto	25g de produto (1 porção)
Valor calórico (kcal)	318,00	79,50
Carboidratos totais (g)	59,00 $\pm$ 0,68	14,80 $\pm$ 0,68
Poílóis (g)	17,50 $\pm$ 0,10	4,40 $\pm$ 0,10
Frutooligossacarídeos (g)	10,00 $\pm$ 0,33	5,80 $\pm$ 0,33
Outras fibras alimentares (g)	13,00 $\pm$ 0,00	3,30 $\pm$ 0,00
Proteínas (g)	4,20 $\pm$ 0,22	1,00 $\pm$ 0,22
Gordura (g)	0,009 $\pm$ 0,005	0,0023 $\pm$ 0,005
Vitamina C (mg Ác.Asc./100 g)	26,40 $\pm$ 0,05	6,60 $\pm$ 0,05
Cinzas (g)	0,98 $\pm$ 0,03	0,25 $\pm$ 0,03

A partir dos valores da composição nutricional da barra de fruta e cereais processada neste estudo, foram realizadas consultas na Legislação para definição das características nutricionais da barra de fruta e cereais. Seguem abaixo alguns pontos importantes descritos na legislação:

Alimento para ingestão controlada de açúcares: (Portaria n 29, de 13 de janeiro de 1998)

Definição: Alimentos especialmente formulados para atender às necessidades de pessoas que apresentam distúrbios do metabolismo de açúcares, não devendo ser adicionados de açúcares. É permitida a presença dos açúcares naturalmente existentes nas matérias-primas utilizadas.

Rotulagem:

O termo “**diet**” deve ser utilizado em alimentos para dieta de ingestão controlada de açúcares.

“ Este produto pode ter efeito laxativo”

Para alimentos cuja previsão razoável de consumo resulte na ingestão diária superior a 20 g de manitol, 50 g de sorbitol, 90 g de polidextrose ou de outros polióis que possam ter efeito laxativo.

“ Consumir preferencialmente sob orientação de nutricionista ou médico”

Açúcares:

Sem adição – açúcares não foram adicionados durante a produção ou embalagem, e não contém ingredientes nos quais açúcares tenham sido adicionados.

Gorduras Totais:

Não contém - máx. de 0,5 g gorduras / 100 g (sólidos)

Fibras alimentares:

Fonte - mínimo de 3 g fibras / 100 g (sólidos)

Resumindo, a Barra de Fruta e Cereais desenvolvida neste trabalho, pode ser caracterizada como:

- Barra de Fruta e Cereais Diet (dietética)
- Sem adição de açúcares
- Não contém gorduras
- Fonte de fibras
- “Este produto pode ter efeito laxativo”
- “Consumir preferencialmente sob orientação de nutricionista ou médico”

4.8. Estudo da vida de prateleira da barra de fruta e cereais

As barras de fruta e cereais foram acondicionadas em embalagem (filme de poliéster - 17 g, BOPP metalizado - 18 g, tintas/adesivo - 5 g) e armazenadas em local seco e fresco à temperatura ambiente, por 2 meses.

As variáveis controladas foram: microbiologia, teor de vitamina C (ácido ascórbico), teor de umidade (%) e análise sensorial.

4.8.1. Avaliação microbiológica

Para a verificação de contaminação microbiana, as amostras foram avaliadas quanto à presença de Coliformes Totais e Fecais, Bolores e Leveduras e Contagem Total. Esses resultados são apresentados abaixo na Tabela 4.16.

Tabela 4.16. Contagem microbiológica das barras de fruta e cereais durante a vida de prateleira a temperatura ambiente.

	Tempo de armazenamento (meses)		
	0	1	2
Contagem Total (UFC/g)	1x10	2,5x10	3,0x10
Bolores e Leveduras (UFC/g)	<1,0x10 ²	1,0x10	1,0x10
Coliformes Totais (NMP/g)	<0,3	<0,3	<0,3
Coliformes Fecais (NMP/g)	<0,3	<0,3	<0,3

Os resultados das análises microbiológicas, contagem total de mesófilos, bolores e leveduras e coliformes totais e fecais, se mostraram estáveis durante os 2 meses de armazenamento, muito provável devido a baixa atividade de água do produto ($Aa \leq 0,60$), não oferecendo assim condições para o desenvolvimento microbiano, sendo portanto microbiologicamente estável.

A Aa é um dos fatores intrínsecos que afetam o desenvolvimento microbiano nos alimentos juntamente com o pH, e a própria composição do alimento. O valor da Aa fornece uma segura indicação do teor de água livre no alimento, sendo esta a única forma de água disponível aos microorganismos.

No entanto, pode-se afirmar com relativa segurança que as bactérias são usualmente mais exigentes quanto à disponibilidade de água livre, seguida das leveduras e dos bolores (com uma velocidade de crescimento e desenvolvimento mais lento que as bactérias), sendo que, entre estes últimos, algumas espécies se destacam devido a elevada tolerância à baixa Aa .

4.8.2. Teores de Vitamina C (ácido ascórbico) e umidade

Durante o estudo da vida de prateleira, foram realizadas análises de ácido ascórbico para verificar o comportamento deste componente. Os valores de ácido ascórbico foram determinados conforme metodologia descrita no item 3.4.1.

A umidade da barra de fruta e cereal foi determinada no tempo 0 (logo após o preparo das amostras) e no tempo 60 dias, segundo método descrito no item 3.4.4 (Sólidos Totais), Materiais e Métodos.

Os valores das determinações de ácido ascórbico e umidade estão apresentados na Tabela 4.17.

Tabela 4.17. Valores de ácido ascórbico (mg Ác. ascórbico/100 g) e umidade durante o armazenamento da barra de fruta e cereais.

Tempo de armazenamento (meses)	Vitamina C (mg Ác. ascórbico/100 g)	Umidade (%)
0	25,30	14,00 ± 0,55
1	24,60	-
2	23,80	13,70 ± 0,52

Observa-se que após o período estudado, ocorreu uma pequena perda de ácido ascórbico na barra, o que provavelmente ocorreu devido ao oxigênio contido no interior da embalagem, pois a mesma é protegida da ação da luz.

Após 60 dias de armazenamento das amostras, não ocorreu variação significativa no teor de umidade das mesmas, o que nos garante que a embalagem utilizada (filme de poliéster - 17 g, BOPP metalizado - 18 g,

tintas/adetivo - 5 g) foi adequada, funcionando como ótima barreira contra a umidade (a amostra também continuou crocante).

4.8.3. Análise Sensorial

Para a verificação da aceitação do produto pelo consumidor durante o estudo da vida de prateleira, as amostras foram submetidas a análise sensoriais como descrito no item 3.9, Materiais e Métodos.

Assim as possíveis diferenças entre as amostras durante a vida de prateleira foram avaliadas e também a intenção de compra do produto pelo consumidor.

Tabela 4.18. Análise sensorial das barras de fruta e cereais durante o estudo da vida de prateleira.

Meses	Atributos Sensoriais			
	Aparência	Textura	Sabor	Aceitação global
0	7,36 BA	7,13 A	8,00 A	7,63 A
1	6,93 B	6,27 A	7,46 A	7,00 A
2	7,76 A	6,93 A	7,70 A	7,47 A

Pode-se observar na Tabela 4.19 que apresenta a média das notas dadas pelos provadores para as amostras durante o estudo da vida de prateleira das barras de fruta e cereais, que o atributo aparência apresentou diferença significativa entre os meses 1 e 2, embora não se constate diferença significativa com este mesmo atributo entre o tempo 0 e 2 meses.

Não houve diferença significativa entre as amostras nos atributos textura, sabor e aceitação global, a um intervalo de 95%.

Nas figuras 4.7, 4.8 e 4.9 estão apresentados os percentuais de respostas e as notas dadas pelos provadores (consumidores) com relação a intenção de compra das amostras durante o acompanhamento da vida de prateleira. As notas variam de 1 a 4, sendo que: 1 - certamente não compraria, 2 - Possivelmente não compraria, 3 – Possivelmente compraria e 4 – Certamente compraria.

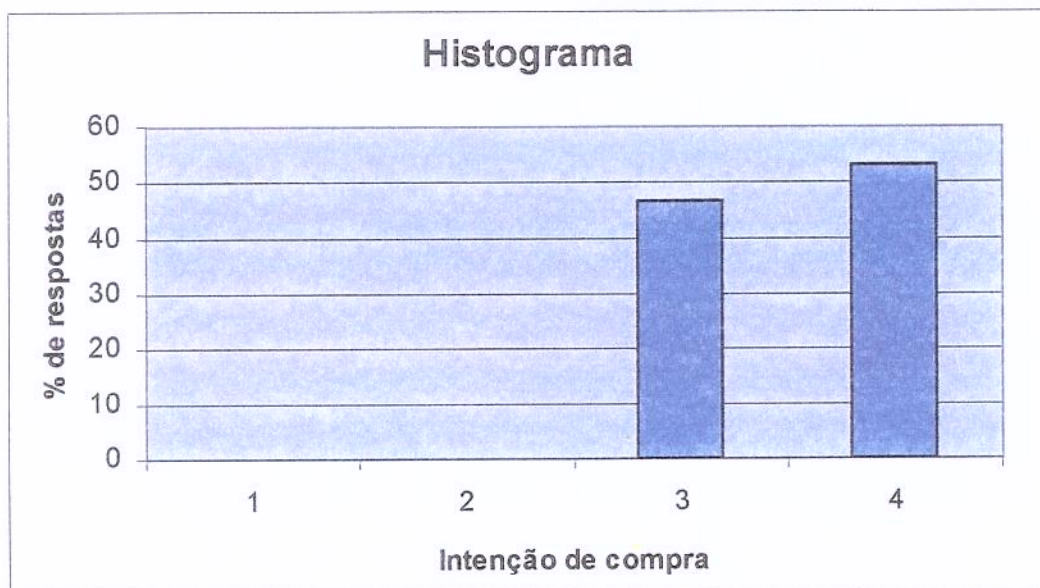


Figura 4.7. Histograma de % de repostas e notas atribuídas a intenção de compra dos provadores logo após o processamento das barras de fruta e cereais (tempo 0)

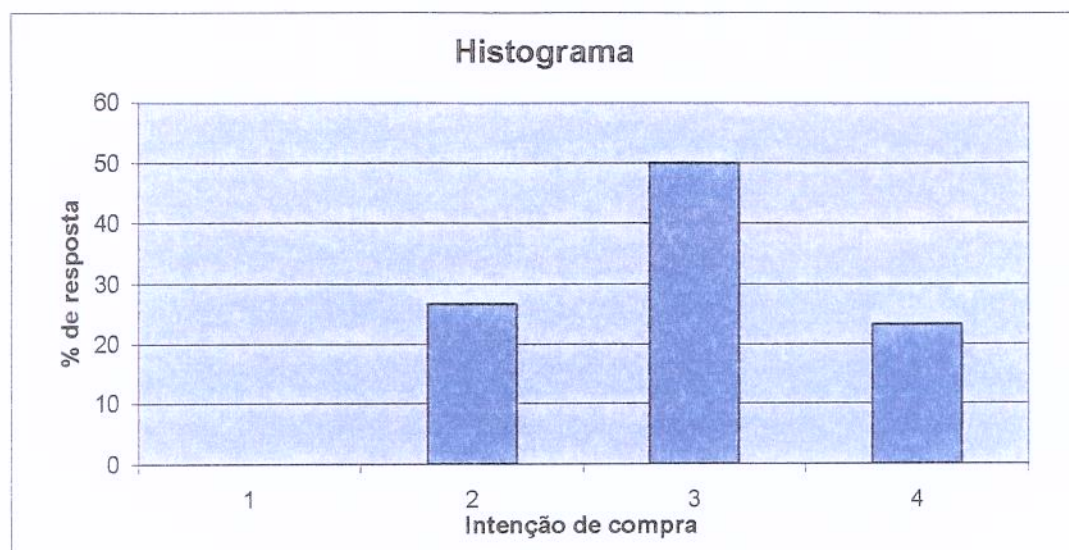


Figura 4.8. Histograma de % de repostas e notas atribuídos a intenção de compra dos provadores após 30 dias de armazenamento das amostras.

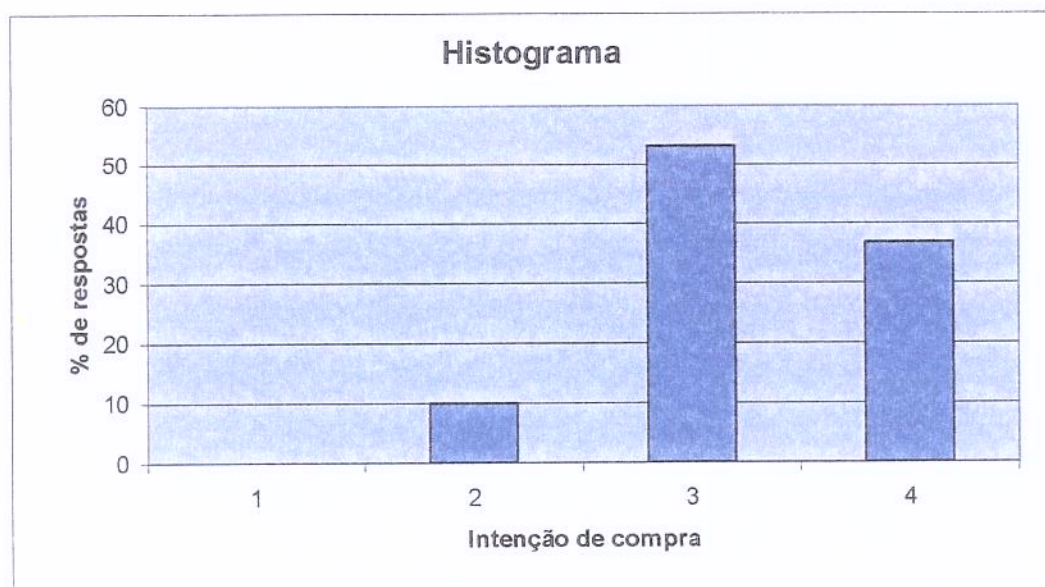


Figura 4.9. Histograma de % de repostas e notas atribuídos a intenção de compra dos provadores após 60 dias de armazenamento das amostras.

No tempo 0, 46,7% dos provadores responderam que possivelmente comprariam (nota 3) as amostras e 53,3% responderam que certamente comprariam (nota 4), portanto 100% dos provadores apontaram interesse de compra da amostra avaliada.

Na análise sensorial realizada após 30 dias de armazenamento da amostra, 72% dos provadores indicaram que comprariam a amostra (notas 3 e 4) e após os 60 dias de estudo, 90% dos provadores mostraram interesse de compra da amostra notas (3 e 4).

Os resultados obtidos explicam que, após os 60 dias de armazenamento a barra de fruta e cereais apresentava características sensoriais muito próximas ao produto avaliado no tempo 0.

5. CONCLUSÕES

Os ensaios realizados durante a desidratação osmótica e secagem complementar, com os antioxidantes ácido ascórbico e metabissulfito de sódio utilizados individualmente ou combinados, não se mostraram eficientes, principalmente quando foi utilizado o ácido ascórbico, que provocou maior escurecimento que o ensaio que não utilizou antioxidantes durante a complementação da secagem em estufa com circulação de ar. Considerando que o metabissulfito de sódio também não apresentou resultados que justificassem o seu uso, pode-se concluir que o uso dos antioxidantes testados pode ser dispensado na DO de goiaba vermelha, nas condições deste estudo.

O tipo de agente desidratante utilizado neste estudo teve uma grande influência na eficiência do processo de DO. Em condições iguais de processamento (desidratante em solução a 65°Brix, igual tamanho de fruta, operando a 30°C/2horas e vácuo de 1,8pol de Hg) o teor de IS na fruta quando utilizado sorbitol foi de 33,83%, enquanto que com a sacarose esta incorporação foi de 19,84% (70,51% a mais de IS com o sorbitol). Em relação a PU, verificaram-se perdas de 30,69 e 21,43%, quando utilizado sorbitol e sacarose respectivamente (43,21% a mais de PU com o sorbitol). A menor incorporação da sacarose na goiaba pode ser explicada pelo maior tamanho molecular deste sacarídeo.

O tamanho dos pedaços de goiaba utilizados no processo de desidratação osmótica à vácuo, apresentou grande influência no teor de IS e PU da fruta. Quanto maior a superfície de contato da fruta com o xarope (menor tamanho da fruta) maior a IS e menor PU. Em processamentos sob vácuo com iguais parâmetros de operação, quando se desidratou osmoticamente pedaços de goiaba de 15 X 15mm X aproximadamente 8mm de espessura, houve uma IS de 33,83%, sendo que quando a fruta foi dividida em 4 pedaços (1/4 do tamanho do fruto aproveitável), houve uma importante redução da IS para 16,4%. A perda de umidade foi de 30,69% quando se desidrataram pedaços pequenos (Tabela 4.8) e

de 39,8%, quando foram desidratados os quartos de goiaba (Tabela 4.9). Este fato foi importante e desejável para a elaboração da barra de fruta e cereais.

As melhores condições para o processo de desidratação osmótica da goiaba utilizando xarope de sorbitol 65°Brix, foi obtida na faixa de temperatura entre 27,4 e 32°C, em tempos de 90 a 110min. Nestas condições se obteve uma IS de 7,9% e uma PU de 33%. No presente estudo, no qual a IS no seria um maior problema pelo fato do sorbitol utilizado como desidratante, fazer parte também da formulação do produto final (barra de fruta e cereais), se optou pelo processamento a 30°C e por 120min, com o qual se obteve uma incorporação de sólidos de 16,4% e perda de umidade de 39,8%. A baixa temperatura utilizada garantiu uma melhor qualidade sensorial e nutricional da goiaba.

Os métodos combinados de secagem das goiabas destinadas a elaboração da barra de fruta e cereais melhor avaliados nos testes sensoriais, foram a desidratação osmótica à vácuo seguida de secagem em estufa com circulação de ar.

A quantidade de goiaba utilizada na barra de fruta e cereais correspondente a 30% de fruta desidratada, foi bem aceita pelos provadores. Foi observado através da análise sensorial efetuada que o aumento da quantidade de goiaba nas formulações alterava a textura das barras e por outro lado, o aumento da fruta redundava inevitavelmente em menor quantidade de cereais, o que deixa o produto menos crocante.

Com o estudo da vida de prateleira das barras de fruta e cereais foi possível concluir que o produto desenvolvido neste trabalho, foi microbiologicamente estável, pois a goiaba desidratada e a barra de fruta e cereais, apresentaram baixos valores de atividade de água ($A_a < 0,60$) e pH ($pH < 4,0$). Durante os 60 dias de estudo da vida de prateleira, as amostras não apresentaram variação de sabor e textura, mantendo médias altas (ao nível do conceito “gostei muito”) ao longo de todo período de avaliação. Ao final do estudo, 90% dos provadores se

mostraram significativamente positivos com relação a intenção de compra do produto avaliado.

Finalmente e em termos nutricionais e funcionais da barra de fruta e cereais, deve destacar-se um mínimo de 10% de FOS, 13% de outras fibras alimentares e 26,4mg/100g de ácido ascórbico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABUGOCH, L.; GUARDA, A. Estudio de la pérdida de ácido ascórbico total en rodajas de kiwi, durante la deshidratación osmótica. **Alimentos**, v.16, n.5, p.15-19, 1991.
- AHVENAINEN, R. New Approaches in Improving the Shelf Life of Minimally Processed Fruit and Vegetable. **Trends in Food Science & Technology**, v. 7, p.179-187, 1996.
- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis, 16 ed. Washington, 1995.
- ARBERTA AGRICULTURE, FOOD AND RURAL DEVELOPMENT. **Assessment of the U.S.and Canadian Markets for Value-Added Cereal Products**. <http://inta.gov.ar/default.htm>. 01 out. 2000.
- ARGANDOÑA, E. J. S. **Desidratação de Goiaba por Imersão e Secagem**. Universidade Estadual de Campinas, Dissertação (Mestrado). 1999. 102p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). In: CUNNIFF, P. (Ed.) **Official Methods of AOAC International**, 16th ed., Arlington, VA, 1997, 2v.
- BARONI, A F. **Semi-desidratação congelamento e semi-desidratação secagem de cebola**. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos). Campinas, 1997. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- BENASSI, M.T. **Análise dos efeitos de diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados**. Dissertação (Mestrado). Campinas, 1990. Faculdade de Engenharia de Alimentos de Campinas.

- BOLIN, R.H.; HUXSOLL, C.C.; JACKSON, R. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. **Journal of Food Science**, v.48, n.1, p.220-225, 1983.
- BOUSTANI, P.; MITCHELL, V.W. Cereal Bars: A perceptual, Chemical and Sensory Analysis. **British food journal**. Manchester, v.92, n.5, p.17 – 22, 1992.
- BOX, G.E.P.; HUNTER, W.G.; HUNTER J.S. **Statistics for experiments- An introduction to desing, data analysis and model building**. New York: Wiley Series in Probability and Mathematica Statistics, 1978.
- CARMO, A.J. Produtores de goiaba buscam mercado *in natura*. **Jornal O Estado de São Paulo**, suplemento agrícola, p.10, 19 de abril de 2000.
- CARVALHO, H. A. **Utilização de Atmosfera Modificada na Conservação Pós-Colheita da Goiaba “Kumagai”**. Universidade Federal de Lavras, Dissertação (Doutorado). 1999. 115p.
- CASTRO, D.; TRETO, O; FITO, P.; PANADES, G.; NÚÑEZ, M.; FERNANDEZ, C.; BARAT, J.M. Deshidratación osmótica de piña a vacío pulsante. Estudio de las variables Del proceso. **Alimentaria**, mayo, p.27-32, 1997.
- CHANDRASEKARAN, S.K. & KING, J.C. Multicomponent diffusion and vapor-liquid equilibria of dilute organic components in aqueous sugar solutions. **Alche J.** v.18, n.3, p.517, 1972. *Apud*: BOLIN, R.H.; HUXSOLL, C.C.; JACKSON, R. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. **Journal of Food Science**, v.48, n.1, p.220-225, 1983.
- CONWAY, J.; CASTAIGNE, F.; PICARD, G. & VOXAN, X. Mass transfer considerations in the osmotic dehydration of apples. **Journal Food Science Technology**, v.16, p.25-9, 1983.

- COSTELL, E.; DURAN, L. El analise sensorial en el controle de calidade de los alimentos. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos**. 21:1, 1-10, 1981.
- DALLA ROSA, M.; GIROUX, F. Osmotic treatments (OT) and problems related to the solution management. **Journal of Food Engineering**, v.49, p. 223-226, 2001.
- ERTEKIN, F.K.; CAKALOZ, F. Osmotic dehydration of pears: influence of process variables on mass transfer. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.20, p.87-104, 1996.
- ESCOBAR, B.A.; ESTÉVEZ A. M.; TEPPER, A. L. AGUAYO, M.R. Características nutricionales de barras de cereales y maní. **Archivos Latino amerivcanos de Nutrición**, Santiago, v. 48, n.2, p 156-159, 1998.
- ESCOBAR, B.A; ESTÉVEZ, A M.; VÁSQUEZ, M.D.; CASTILLO, E.V.; ARAYA, E.; ZACARIAS, I. Cereal and nuts bars, nutritional quality and storage stability. **Plant Foods Human Nutrition**, Santiago, v. 47, p. 309 – 317, 1995.
- ESTEVEZ, A.M.; ESCOBAR, B.; VASQUEZ, E. Cereal and nut bars, nutritional quality and storage stability. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.47, p 309-317, 1995.
- FALCONE, M.A.; SUAZO, C.A. T. Desidratação osmótica do abacaxi (Ananás comosus, (L) Merrill). Parte I: Influência da temperatura e concentração do xarope sobre a velocidade de secagem. **Boletim SBCTA**, v.22, n.1/2, p. 17-35, 1988.
- FITO, P. Modelling of vaccum osmotic dehydration of food. **Journal of Food Engineering**, v.22, p.313-328, 1994.
- GIANGIACOMO, R.; TORREGIANI, D. & ABBO, E. Osmotic dehydration of fruit: Part I. Sugars exchange between fruit and extrating syrups. **Journal of Food Processing and Presevation**, v.11, p.183-195, 1987.

- GIBSON, G.R. Dietary modulation of the the colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, v.80, sup.2, p.5029-5212, 1998.
- GIOVANNUCI, E. J. National Cancer Institute, p. 317 – 331, 1999.
- HARVEY, H.G. The syruing if citrus peels II: technical aspects of manufature. B.F.M.I.R.A. Res. Rep. N.93, 24p., 1959. *Apud*: BILHALVA, A.B. Contribuição ao estudo da saturação de frutas com açúcares. Campinas, 1976. 70p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- HENG, K.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Osmotic Dehydration of Papaya: Influence of Process Variables on the Product Quality. **Sciences des Aliments**, v. 10, n. 4, p. 831-848, 1990.
- HERBRICH, K. (Ed.) **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Arlington: AOAC, 1990. 1298p.
- HIDAKA, H. The effect of undigestible fructooligosaccharides on intestinal flora and human health. **Bifidobacteria Microflora**, (5)1, 37 – 50, 1986.
- ISLAM, M.N. & FLINK, J.N. Dehydration of potato II. Osmotic concentration and it effect on air drying behavior. **Journal of Food Technology**, v.17, n.3, p.387-403, 1982.
- KAREL, M. Osmotic Drying. In: **Principles of Food Science**, New York: Ed. Fennema, part II, p. 348 – 350, 1975.
- KROKIDA, M. K.; KARATHANOS, V. T.; MAROULIS, Z. B. Effect of Osmotic Dehydarton on Color and Sorption Characteristics of Apple and Banana. **Drying Technology**, v. 18, p. 937 – 950, 2000.
- LABUZA, T. P. The Effect of Water Acitivity on Reaction Kinetics of Food Deterioration. **Food Technology**, p. 39 – 41, 1980.

- LAWLESS, H.T.; CLAASSEN, M.R. Application of the central dogma in sensory evaluation. **Food Technology**, 47:6, 139-146, 1993.
- LENART, A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: tecnology and applications. **Drying Technology**, v.14, n.2, p 391-413, 1996.
- LENART, A.; FLINK, J.M. Osmotic concentration of potato II,spatial distribution of the osmotic effect. **Journal Food Technology**, v.19, p.65, 1984.
- LERICI, C.R.; PINNAVAIA, G.; DALLA ROSA, M. & BARTOLUCCI, L. Osmotic dehydration of fruits: influence of osmotic agents on drying behaviour and product quality. *Journal Food Science*, v.50, p.1217-26, 1985a.
- MAZZA, G. & M. LEMARGUER. Dehydration of carrots: effects of pre-drying treatments on moisture transport and product quality. **Journal Food Technology**, v. 18, p. 113 – 123, 1980.
- MEDINA, J. C. Cultura. In: **Série Frutas Tropicais. Goiaba da Cultura ao Processamento e Comercialização**, Campinas: Ed. Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, 1978. v.6, cap. I, p. 5 – 45.
- MORAES, M.A.C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. 8ªed. Experimental, Campinas: Editora UNICAMP, 1993. 93p.
- MOY, J.H. Vaccum Puff freeze-drying of tropical fruit juices. Presented at Institute of Food Technology Meeting, San Francisco, 1970.
- MOY, J.H.; LAU, N.B.H.; DOLLAR, A.M. Effects of sucrose and acids on osmovac-dehydration of tropical fruits. **Journal of Foods Processing and Preservation**, v.2, p.131-135, 1978.
- MURPHY, P. Countlines and cereal bars. In: JACKSON, E. B.; **Sugar Confectionery Manufacture**. Cambridge: Chapman & Hall, Cap. 13, p. 287-297,1995.

- NETO, B.B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e otimização de experimentos**. 2º ed. Campinas: Editora UNICAMP, 1996.
- OHTA, A., N. OSAKABE, et al. Effects of fructooligosaccharides and other saccharides on Ca, Mg and P absorption in rats. **Internat. J. Vit. And Nutr. Res.** 64(4): 316 – 323, 1993.
- OKADA, M.; QUAST, D.G. Efeito da granulometria e da densidade de carregamento sobre o custo de liofilização da polpa de banana. Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos. Campinas.
- PENNA, E. W.; BUNGER, A; SANSUR, M.; LOPEZ, L.; SANTANA, R. Desarrollo de conlites proteicos a base de soya para desportistas. **Archivos Latino americanos de Nutrición**, v.43, n.3, p. 241 – 247, 1993.
- PEREIRA, F. M. **Cultura da Goiabeira**. Jaboticabal: Ed. FUNEP, 1995. 47 P.
- PETERSEN, E.E.; LORENTZEN, J.; FLINK, J. Influence of freeze-drying parameters on the retention of flavor compounds of coffee. **Journal Food Science** 38: 119-121, 1973.
- PEZOA GARCIA, N.H.; PEZOA POBLETE, H. N.; Desidratação osmótica sob vácuo de frutas tropicais. In: **IV Mostra de trabalhos científicos**, Resumo, Universidade Estadual de Campinas –SP, 1994.
- PEZOA GARCIA, N. H.; RODRIGUES DE LIMA, C. Deshidratación osmótica al vacío de kiwi. In: **Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, Libro resumen, Universidad de Los Lagos, 1997.
- PONTING, J.D.; Osmotic dehydration of fruits: recente modifications and applications. **Process Biochemistry**, Califórnia, n.8, p.18-20, 1973.
- PONTING, J.D.; WALTERS, G.G.; FORREY, R.R.; JACKSON, R.; STANLEY, W.L. Osmotic dehydration of fruits. **Food Technology**, n.20, p.125-128, 1966.

- QUERIDO, A F. **Otimização e comparação dos processos de desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente de pseudofruta de caju (*Anacardium occidentale* L).** Universidade Estadual de Campinas, Dissertação (Mestrado), 2000.
- 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. & GUILBERT, S. La déshydratation osmotique ou procédé de déshydratation-imprégnation par immersion dans des solutions concentrées. **Les Cahiers de L'Ensba** 'L'eau dans les procedes de tranformation et de conservation des aliments', v.7, p.171, 1990.
- RASTOGI, N.K. & RAGHAVARAO, K.S.M.S. Kinetics os osmotic dehydration of coconut. **Journal of Food Process Engineering**, v.18, p.187-197, 1995.
- RODRIGUES, A C. C. **Influência dos Aditivos na Obtenção de Mamão Desidratado Osmoticamente.** Universidade Estadual de Campinas, Dissertação (Mestrado). 1999. 98p.
- SAABOR, A. Frutas e Hortaliças: O Mercado atual e o Fator Qualidade. **Seminário de Alimentos Minimamente Processados.** Universidade Estadual de Campinas, 2000.
- SÉRIE FRUTAS TROPICAIS 10. **Alguns aspectos tecnológicos das frutas tropicais e seus produtos.** Instituto de Tecnologia – ITAL, 1980.
- SHI, X.Q.; FITO, P. Vacuum osmotic dehydration of fruits. **Drying Technology**, v.11, n.6, p.1429-1442, 1993.
- SILVEIRA, E.T.F.; TRAVAGLINI, D.A.; AGUIRRE, J. M.; MORI, E.E.M.; FIGUEIREDO, I.B. **Secagem de ameixa cultivar carmesim: Il efeito da pré-secagem osmótica nas características organolépticas do produto final.** Boletim ITAL, Campinas, v. 21, n. 2, p. 239 – 256, 1984.

- STONE, H. S.; SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practies**. 2°ed. San Diego, Academic Press, 1993.
- TOMASULA, P. & KOZEMPEL, F.M. Diffision coefficients of glucose, potassium and magnesium in maine russet Burbank and maine katahdin potatoes from 45 to 90°C. **Journal Food Science**, v.54, n.4, p.985-989, 1989.
- TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, v.26, p.59-68, 1993.
- TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic Pré-Treatments in Fruit Processing: Chemical, Physical and Structural Effects. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 247 – 253, 2001.
- VIAL, C.; GUILBERT, S.; CUQ, J. Osmotic dehydration of kiwifruits: influence of process variables on the color and ascorbic acid content. **Sciences des Aliments**, v.11, p.63-84, 1991.
- VIDEV, K.; TANCHEV, S.; SHARMA, R.C.; JOSHI, V.K. Effect of sugar concentration and temperature on the rate of osmotic dehydration of apples. **Journal Food Science Technology**, v.27, n.5, p. 307-308, 1990.
- WELTI, J.; PALOU, E.; LÓPES-MALO, A; BALSEIRA, A Osmotic concentration – drying of mango slices. **Drying Technology**, v.13, n.1/2, p.405-416, 1995.
- WELTI, J.; VERGARA, F. Actividad de Agua - Concepto y Aplicación em Alimentos com Alto Contenido de Humedad. In: AGUILERA, J. M. **Temas en Tecnología de Alimentos**, México: Ed. Instituto Politécnico Nacional, v. I, cap. 1, p. 11–43, 1997.

Anexo I: Modelo da ficha para avaliação sensorial da goiaba desidratada.**AVALIAÇÃO SENSORIAL GOIABA DESIDRATADA**

Nome: _____ Data: _____

1. Você está recebendo uma amostra de GOIABA DESIDRATADA. Avalie a APARÊNCIA da amostra e indique na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou da APARÊNCIA da amostra.

9 – Adorei

Valor: _____

8 – Gostei muito

7 – Gostei moderadamente

Amostra: _____

6 – Gostei ligeiramente

5 – Nem gostei / Nem desgostei

4 – Desgostei ligeiramente

3 – Desgostei moderadamente

2 – Desgostei muito

1 - Detestei

Comente o que você mais gostou e menos gostou na APARÊNCIA da amostra.

+gostou: _____

- gostou: _____

2. Agora, por favor prove a amostra de GOIABA DESIDRATADA. Em seguida, indique conforme a escala acima o quanto você gostou ou desgostou da amostra com relação a ACEITAÇÃO GLOBAL.

Valor: _____

Amostra: _____

Comente o que você mais gostou e menos gostou com relação a ACEITAÇÃO GLOBAL da amostra.

+ gostou: _____

- gostou: _____

3. Prove novamente a amostra e indique conforme a escala acima o quanto você gostou ou desgostou da amostra com relação ao SABOR.

Valor: _____

Amostra: _____

Comente o que você mais gostou e menos gostou no SABOR da amostra.

+ gostou: _____

- gostou: _____

4. Prove novamente a amostra e indique conforme a escala acima o quanto você gostou ou desgostou da amostra com relação a TEXTURA.

Valor: _____

Amostra: _____

Comente o que você mais gostou e menos gostou na TEXTURA da amostra.

+ gostou: _____

- gostou: _____

Anexo II: Modelo da ficha para avaliação sensorial da barra de fruta e cereais.**AVALIAÇÃO SENSORIAL BARRA DE CEREAIS**

Nome: _____ Data: _____

1. Você está recebendo uma amostra de BARRA DE CEREAIS sabor goiaba. Avalie a APARÊNCIA da amostra e indique na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou da APARÊNCIA da amostra.

- 9 – Adorei
- 8 – Gostei muito
- 7 – Gostei moderadamente
- 6 – Gostei ligeiramente
- 5 – Nem gostei / Nem desgostei
- 4 – Desgostei ligeiramente
- 3 – Desgostei moderadamente
- 2 – Desgostei muito
- 1 - Detestei

Valor: _____

Amostra: _____

Comente o que você mais gostou e menos gostou na APARÊNCIA da amostra.

+gostou: _____

-gostou: _____

2. Agora, por favor prove a amostra de BARRA DE CEREAIS. Em seguida, indique conforme a escala acima o quanto você gostou ou desgostou da amostra com relação a TEXTURA.

Valor: _____

Amostra: _____

Comente o que você mais gostou e menos gostou na TEXTURA da amostra.

+gostou: _____

-gostou: _____

3. Prove novamente a amostra e indique conforme a escala acima o quanto você gostou ou desgostou da amostra com relação ao SABOR.

Valor: _____

Amostra: _____

Comente o que você mais gostou e menos gostou no SABOR da amostra.

+gostou: _____

-gostou: _____

4. Com base na sua opinião sobre esta amostra de BARRA DE CEREAIS indique na escala abaixo, sua atitude se você encontrasse esta amostra à venda.

4 – Certamente compraria

Valor: _____

3 – Possivelmente compraria

Amostra: _____

2 – Possivelmente não compraria

1 – Certamente compraria

Comentários:

