

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

**ESTUDO PARA A AGREGAÇÃO DE VALOR
AOS PRODUTOS DE CAJU: ELABORAÇÃO DE
FORMULAÇÕES DE FRUTA E CASTANHA EM BARRAS**

ANTÔNIO CALIXTO LIMA

M.S. em Engenharia Agrônômica

Dr. NELSON HORACIO PEZOA GARCÍA

Prof. Orientador

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas, para a obtenção do título de Doutor em Tecnologia de Alimentos

Campinas

2004

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. – UNICAMP

L628e Lima, Antônio Calixto
Estudo para a agregação de valor aos produtos de
caju: elaboração de formulações de fruta e castanha em
barras / Antônio Calixto Lima. – Campinas, SP: [s.n], 2004.

Orientador: Nelson Horacio Pezoa García
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1.Caju. 2.Osmose – Desidratação. 3.*Barras de frutas.
I.Pezoa García, Nelson Horacio. II.Universidade Estadual
de Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos.
III.Título.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Nelson Horacio Pezoa García
Orientador

Hilary Castle de Menezes
Membro

Helena Maria André Bolini
Membro

Fernanda E. X. Murr
Membro

Miriam Dupas Hubinger
Membro

Janice Ribeiro Lima
Membro

Maria Isabel Rodrigues
Membro

*A Deus, por tudo, e a meus pais
Eliziário e Lourdes pelo amor,*

Ofereço.

*A Otávio e Julieta pela vocação,
amizade, oportunidade e estímulo,*

Dedico.

*Aos meus familiares, minha
inestimável gratidão.*

AGRADECIMENTOS

- ◆ À Isabel, muito mais que esposa, foi amiga e cúmplice em todos os momentos.
- ◆ Ao Ian, meu filho e aos manos Álvaro e Otávio, pelas sugestões, incentivo, companheirismo e alegria, mesmo nos momentos mais difíceis.
- ◆ Aos professores da FEA e em especial ao meu Orientador, Dr. Nelson Horacio Pezoa García, pela confiança, entusiasmo, incentivo, dedicação, paciência e, sobretudo, por sua eficiente e criteriosa orientação.
- ◆ Aos demais componentes do comitê de orientação, Dras. Hilary Castle de Menezes, Helena Maria André Bolini, Maria Isabel Rodrigues, Miriam Dupas Hubinger, Fernanda E. X. Murr e Janice Ribeiro Lima pelas sugestões e críticas de imensurável valor.
- ◆ A todos os colegas e amigos da FEA, pela solidariedade e ajuda.
- ◆ À Embrapa pelo apoio financeiro e, em particular, ao CNPAT, através de seus Chefes, Drs. Francisco Ferrer Bezerra, Levi de Moura Barros e Paulo César Spíndola Frota 'in memorium', pela concessão das estruturas de laboratórios e pessoal de apoio para a realização dos trabalhos.
- ◆ Sou particularmente agradecido ao Dr. Lucas Antônio de Sousa Leite pelo apoio e estímulo para a realização do curso.
- ◆ Aos colegas e amigos da Embrapa Agroindústria Tropical, em especial à Janice, minha conselheira acadêmica, Men de Sá, Manoel, Arthur, Edy, Fátima Borges, Ricardo Elesbão, Fernando Abreu, Henriette, Gustavo, Érika, Celli, Patrícia, Rita, Bosco, José Carlos, Eduardo, Valmir, Margarete, Leto, Roque, Raimundinho, Lúcia, às estagiárias e ao colega Cosmo, representando todos os operários de campo do CNPAT, a quem sou eternamente grato.
- ◆ Aos provadores que participaram dos testes sensoriais pela boa vontade e dedicação.
- ◆ À Empresa CIONE, nas pessoas do seu Presidente, Sr. Jaime de Aquino, ao Dr. Paulo e ao Levi pelo apoio e doação das matérias-primas.
- ◆ Ao Sr. Francisco Alves Chagas pelas brilhantes idéias e sugestões na fase de planejamento da pesquisa.
- ◆ Finalmente, a todos que direta ou indiretamente estiveram comigo nesta luta, os meus mais sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO	01
ABSTRACT	02
INTRODUÇÃO GERAL	03
CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA	05
1.1. AS MATÉRIAS-PRIMAS	05
1.2. VITAMINA C	08
1.3. A ATIVIDADE DE ÁGUA	09
1.3.1. Atividade de água e crescimento microbiano	09
1.3.2. Atividade de água e reações químicas	10
1.4. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE: VIDA-DE-PRATELEIRA E ANÁLISE SENSORIAL	11
1.4.1. Vida-de-prateleira	11
1.4.2. Análise sensorial	12
1.4.2.1. Testes afetivos	12
1.5. PRINCIPAIS FORMAS DE DEGRADAÇÃO DURANTE A DESIDRATAÇÃO E ESTOCAGEM DOS ALIMENTOS DESIDRATADOS	13
1.6. ALIMENTOS RICOS EM FIBRAS- BARRAS DE FRUTAS E CEREAIS	14
1.7. DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA	18
1.7.1. Aspectos gerais do processo de desidratação osmótica	18
1.7.2. Principais fatores intervenientes no processo de desidratação osmótica	20
1.7.3. O emprego do vácuo	23
1.8. DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA COMO PRÉ-TRATAMENTO PARA A SECAGEM DE FRUTOS	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
CAPÍTULO 2 – OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS PRODUTOS E SUB-PRODUTOS OBTIDOS DO CAJU	35
RESUMOS	35
ABSTRACT	36
2.1. INTRODUÇÃO	37
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	38
2.2.1. Caracterização física e química das matérias-primas	38
2.2.1.1. Teor de lipídeos totais	38
2.2.1.2. Índice de acidez	38
2.2.1.3. Índice de Estabilidade do Óleo (OSI)	38
2.2.1.4. Cor	38
2.2.1.5. Composição em ácidos graxos	39
2.2.1.6. Tocoferóis	39
2.2.1.7. Teor de proteína bruta	39
2.2.1.8. Atividade de água, pH, açúcares redutores e totais	39
2.2.1.9. Fibras	39
2.2.1.10. Ácido ascórbico	39
2.2.2. Caracterização microbiológica das matérias-primas	40
2.2.2.1. Coliformes totais, coliformes a 45°C e <i>E. coli</i>	40
2.2.2.2. Contagem de bolores, leveduras e <i>Staphylococcus aureus</i>	40
2.2.2.3. <i>Salmonella</i> sp	40
2.2.2.4. Análise de aflatoxinas	40
2.2.3. Obtenção das principais matérias-primas	41
2.2.3.1. Obtenção das amêndoas de castanha de caju	41
2.2.3.2. Obtenção do óleo e da torta da amêndoa de castanha de caju	41

2.2.3.3. Obtenção da fibra e do suco concentrado do pedúnculo de caju	42
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
2.3.1. Caracterização das matérias-primas	45
2.3.1.1. Amêndoa integral e torta da amêndoa de castanha de caju	45
2.3.1.2. Óleo da amêndoa de castanha de caju	46
2.3.1.3. Suco concentrado e fibra do pedúnculo do caju	47
2.4. CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
CAPÍTULO 3 – EFEITOS DE DIFERENTES FATORES NA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA A PRESSÃO ATMOSFÉRICA DE PEDÚNCULO DE CAJU EMPREGANDO-SE SUCO DE CAJU CONCENTRADO COMO AGENTE OSMÓTICO	54
RESUMO	54
ABSTRACT	55
3.1. INTRODUÇÃO	57
3.2. METODOLOGIA	58
3.2.1. Matéria-prima	58
3.2.2. Agente osmótico	58
3.2.3. Equipamentos	58
3.2.4. Processamento	59
3.2.5. Métodos analíticos	59
3.2.5.1. Ácido ascórbico	59
3.2.5.2. Sólidos totais	59
3.2.5.3. °Brix	60
3.2.5.4. Atividade de água, pH, açúcares redutores e não redutores	60
3.2.6. Delineamento Experimental	60
3.2.6.1. Fórmulas	61
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
3.3.1. Desenvolvimento dos Modelos Experimentais	62
3.3.1.1. Perda de peso (PP)	63
3.3.1.2. Incorporação de sólidos (IS)	66
3.3.1.3. Sólidos totais (ST)	70
3.3.1.4. Perda de umidade (PU)	72
3.3.2. Otimização do processo de desidratação osmótica	75
3.3.3. Caracterização dos produtos otimizados	80
3.4. CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
CAPÍTULO 4 – DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA SOB VÁCUO DE PEDÚNCULO DE CAJU EMPREGANDO-SE SUCO DE CAJU CONCENTRADO COMO AGENTE OSMÓTICO	85
RESUMO	85
ABSTRACT	86
4.1. INTRODUÇÃO	88
4.2. METODOLOGIA	90
4.2.1. Matéria-prima	90
4.2.2. Agente osmótico	90
4.2.3. Equipamentos	90
4.2.4. Processamento	91
4.2.5. Métodos analíticos	91
4.2.5.1. Ácido ascórbico	91
4.2.5.2. Sólidos totais	92
4.2.5.3. Atividade de água, pH, açúcares redutores, não redutores e °Brix	92
4.2.5.4. Fórmulas	92

4.2.6. Delineamento Experimental	93
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	94
4.3.1. Desenvolvimento dos Modelos Experimentais	94
4.3.1.1. Perda de Peso (PP)	95
4.3.1.2. Incorporação de sólidos (IS)	99
4.3.1.3. Sólidos totais (ST)	102
4.3.1.4. Perda de umidade (PU)	104
4.3.2. Otimização do processo de desidratação osmótica	107
4.3.3. Caracterização dos produtos otimizados	112
4.3.4. Comparação entre os dois processos de desidratação osmótica.....	113
4.4. CONCLUSÕES	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
CAPÍTULO 5 – ELABORAÇÃO E ANÁLISE SENSORIAL DE BARRAS DE CAJU SUBMETIDAS A DIFERENTES FORMAS DE SIDRATAÇÃO	119
RESUMO	119
5.1. INTRODUÇÃO	120
5.2. MATERIAL E MÉTODOS	121
5.2.1. Preparo das barras de caju	121
5.2.2. Acondicionamento das barras	122
5.2.3. Avaliação sensorial das barras	123
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	125
5.4. CONCLUSÕES	127
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
CAPÍTULO 6 – AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE FÍSICA, QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE TRÊS FORMULAÇÕES DE BARRAS DE CAJU	128
RESUMO	128
6.1. INTRODUÇÃO	129
6.2. MATERIAL E MÉTODOS	130
6.2.1. Análises físicas e químicas	130
6.2.1.1. Umidade	130
6.2.1.2. Atividade de água (Aa)	131
6.2.1.3. Textura	131
6.2.1.4. Cor (L*a*b*)	131
6.2.1.5. Fibras	131
6.2.1.6. Ácido ascórbico	131
6.2.2. Caracterização microbiológica das barras de caju	131
6.2.2.1. Contagem de bolores e leveduras	132
6.2.2.2. Coliformes totais e coliformes a 45°C	132
6.2.2.3. <i>Salmonella</i> sp	132
6.2.3. Avaliação sensorial	133
6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	134
6.3.1. Caracterização inicial das barras de caju	134
6.3.2. Umidade e atividade de água em função do tempo de estocagem	134
6.3.3. Textura em função do tempo de estocagem	137
6.3.4. Teores de ácido ascórbico em função do tempo de estocagem das barras de caju	139
6.3.5. Cor das barras de caju em função do tempo de estocagem	143
6.3.6. Aceitação sensorial em função do tempo de estocagem	145
6.3.7. Análise microbiológica em função do tempo de estocagem	149
6.4. CONCLUSÕES	150
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	151
CONCLUSÕES FINAIS	153

ANEXO 1	155
Tabela A.1.1. Frequência (%) das notas de aceitação global das nove barras de caju	155
ANEXO 2	155
Tabela A.2.1. Notas de aceitação global das barras de caju realizada aos 45 dias de estocagem	155
Tabela A.2.2. Notas de aceitação global das barras de caju realizada aos 100 dias de estocagem	156
Tabela A.2.3. Notas de aceitação global das barras de caju realizada aos 160 dias de estocagem	156
Tabela A.2.4. Notas de aceitação global das barras de caju realizada aos 230 dias de estocagem	157
Tabela A.2.5. Notas de aceitação global das barras de caju realizada aos 300 dias de estocagem	157
Tabela A.2.6. Notas de aceitação global das barras de caju realizada aos 360 dias de estocagem	158
ANEXO 3	158
Figura A.3.1. Ficha para avaliação sensorial das barras de caju	160

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1. Composição Físico-química média do suco do pedúnculo de caju do clone CCP76 e da amêndoa de castanha de caju, por diversos autores.....	07
TABELA 1.2. Composição de alguns minerais do suco do pedúnculo de caju e da amêndoa de castanha de caju, por diversos autores..	07
TABELA 2.1. Composição química da amêndoa integral e da torta da amêndoa de castanha de caju.	46
TABELA 2.2. Características da fração lipídica da amêndoa de castanha de caju..	47
TABELA 2.3. Composição dos dos ácidos graxos do óleo da amêndoa de castanha de caju... ..	47
TABELA 2.4. Caracterização do suco de caju concentrado a vácuo.	49
TABELA 2.5. Composição em (%) de fibras dietéticas da torta da amêndoa de castanha de caju e da fibra do pedúnculo de caju.	49
TABELA 2.6. Caracterização microbiológica das matérias-primas e material de embalagem empregadas na elaboração das barras de caju	50
TABELA 2.7. Grupos de microorganismos investigados e seus limites máximos	50
TABELA 3.1. Níveis codificados e decodificados das variáveis empregadas no ensaio.	62
TABELA 3.2. Valores de sólidos totais, umidade, perda de peso, perda de umidade e incorporação de sólidos obtidos em ensaio de desidratação osmótica à pressão ambiente.	63
TABELA 3.3. Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística (p) para cada fator no modelo codificado para perda de peso de rodela de pedúnculos de caju no processo de desidratação osmótica à pressão ambiente.	65
TABELA 3.4. Análise de variância dos dados de perda de peso no processo de desidratação osmótica à temperatura ambiente.	65
TABELA 3.5. Equações de regressão dos modelos decodificados para Perda de peso, Incorporação de sólidos, Sólidos totais e Perda de umidade na desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.	65

TABELA 3.6. Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (p) para cada fator no modelo codificado para incorporação de sólidos de rodela de pedúnculo de caju no processo de desidratação osmótica à pressão ambiente.	68
TABELA 3.7. Análise de variância dos dados de incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica à temperatura ambiente.	68
TABELA 3.8. Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística (p) cada fator no modelo codificado para sólidos totais de rodela de pedúnculo de caju no processo de desidratação osmótica à pressão ambiente.	71
TABELA 3.9. Análise de variância dos dados de sólidos totais no processo de desidratação osmótica à temperatura ambiente.	71
TABELA 3.10. Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (P) e coeficiente de regressão para cada fator no modelo codificado para perda de umidade de rodela de pedúnculo de caju no processo de desidratação osmótica à pressão ambiente.	74
TABELA 3.11. Análise de variância dos dados de perda de umidade no processo de desidratação osmótica à pressão ambiente de rodela de pedúnculo de caju.	74
TABELA 3.12. Valores preditos de perda de peso no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente de rodela de pedúnculo de caju.....	77
TABELA 3.13. Valores preditos de incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente de rodela de pedúnculo de caju.	78
TABELA 3.14. Valores preditos de perda de umidade no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente de rodela de pedúnculo de caju.	78
TABELA 3.15. Respostas observadas experimentalmente e respostas preditas pelos modelos experimentais.	80
TABELA 3.16. Valores de pH, Aa, ácido ascórbico, °Brix e açúcares (não redutores, redutores e totais) do pseudofruto de caju in natura e desidratado osmoticamente a vácuo pelo emprego de suco de caju concentrado a 65°Brix.	81
TABELA 3.17. Teores de ácido ascórbico (média, base seca e perda) no pseudofruto de caju in natura e desidratado osmoticamente.	82
TABELA 4.1. Relação dos ensaios e níveis codificados e decodificados de cada variável.	94
TABELA 4.2. Valores, em percentagem, de incorporação de sólidos, perda de peso, perda de umidade, sólidos totais e umidade das rodela de pedúnculo de caju do clone CCP76 submetidas à desidratação osmótica a vácuo, empregando-se suco de caju concentrado a 65°Brix como agente desidratante.	95
TABELA 4.3. Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (p) e coeficiente de regressão para cada fator no modelo codificado para perda de peso no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.	96
TABELA 4.4. Análise de variância do modelo ajustado para perda de peso no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.	96
TABELA 4.5. Equações de regressão dos modelos decodificados para perda de peso, Incorporação de sólidos, Sólidos totais e Perda de umidade na desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.	98
TABELA 4.6. Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (p) e coeficiente de regressão para cada fator no modelo codificado para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a vácuo.	99
TABELA 4.7. Análise de variância do modelo ajustado para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.	100
TABELA 4.8. Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (p) e coeficiente de regressão para cada fator no modelo codificado para sólidos totais no processo de desidratação osmótica a vácuo.	102

TABELA 4.9. Análise de variância do modelo ajustado para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.	103
TABELA 4.10. Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (p) e coeficiente de regressão para cada fator no modelo codificado para perda de umidade no processo de desidratação osmótica a vácuo.	104
TABELA 4.11. Análise de variância de modelo ajustado para perda de umidade no processo de desidratação osmótica.	105
TABELA 4.12. Valores preditos de perda de peso e incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.	108
TABELA 4.13. Valores de perda de umidade no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.	110
TABELA 4.14. Respostas observadas experimentalmente e respostas preditas pelos modelos experimentais.	111
TABELA 4.15. Valores de pH, Aa, ácido ascórbico, °Brix e açúcares (não redutores, redutores e totais) do pseudofruto de caju in natura e desidratado osmoticamente a vácuo pelo emprego de suco de caju concentrado a 65°Brix.	112
TABELA 4.16. Teores de ácido ascórbico (média, base seca e % de perda) no pseudofruto de caju in natura e desidratado osmoticamente.	113
TABELA 4.17. Valores, em percentagem, de perda de peso, incorporação de sólidos, sólidos totais e perda de umidade na desidratação osmótica à pressão ambiente e a vácuo de rodela de pedúnculo de caju, empregando-se suco de caju concentrado a vácuo a 65°Brix.	114
TABELA 5.1. Relação e descrição dos tratamentos empregados na elaboração dos cajus desidratados usados nas barras de caju.	122
TABELA 5.2. Médias de aceitação sensorial para os atributos aparência, sabor, textura, aceitação global e intenção de compra das barras de caju.	126
TABELA 6.1. Composição química inicial (tempo zero) das barras de caju.	134
TABELA 6.2. Valores médios dos teores de umidade (b.u.) e atividade de água das barras de caju.	135
TABELA 6.3. Umidade (b.u) e atividade de água das barras de caju em função do tempo de estocagem.	136
TABELA 6.4. Equações das retas com respectivos coeficientes de determinação (r^2) obtidos da análise de regressão linear dos teores de umidade e atividade de água em função do tempo de estocagem de barras de caju, onde x = tempo em dias, e y =umidade (%).	137
TABELA 6.5. Equações das retas com respectivos coeficientes de determinação (r^2) obtidas da análise de regressão linear dos teores de atividade de água em função do tempo de estocagem de barras de caju, onde x = tempo em dias e y = atividade de água.	137
TABELA 6.6. Valores médios da força de corte das barras de caju.	138
TABELA 6.7. Valores da força de corte (g) das barras de caju em função do tempo de estocagem.	138
TABELA 6.8. Equações com respectivos coeficientes de determinação (r^2) obtidas da análise de regressão da força de corte em função do tempo de estocagem de barras de caju, onde x = tempo em dias e y = força em gramas (g).	139
TABELA 6.9. Valores médios de ácido ascórbico (mg/100g) das barras de caju.	141
TABELA 6.10. Teores de ácido ascórbico (mg/100g) das barras de caju em função do tempo de estocagem.	142

TABELA 6.11. Equações e respectivos coeficientes de determinação (r^2) obtidos da análise de regressão dos teores de ácido ascórbico em função do tempo de estocagem de barras de caju, onde x = tempo em meses e y = teor de ácido ascórbico (mg/100g).	142
TABELA 6.12. Valores médios de L^* , a^* , b^* e ΔE^* das barras de caju.	144
TABELA 6.13. Variação da cor das barras de caju em função do tempo de estocagem, determinada pelo sistema CIELab.	144
TABELA 6.14. Valores de ΔE^* das barras de caju em função do tempo de estocagem.	144
TABELA 6.15. Equações e respectivos coeficientes de determinação (r^2) obtidas da análise de regressão da variação da cor em função do tempo de estocagem de barras de caju, onde x = tempo, em meses e y = variação da cor (ΔE^*).....	145
TABELA 6.16. Notas de aceitação inicial das barras de caju (Tempo zero).	146
TABELA 6.17. Médias das notas de aceitação sensorial para os atributos aparência, sabor, textura, Intenção de compra e aceitação global realizadas durante todo o período de estocagem das barras de caju.	147
TABELA 6.18. Notas médias de aceitação sensorial dos atributos Aceitação global e intenção de compra das barras de caju em função do tempo de estocagem.	148
TABELA 6.19. Notas médias de aceitação sensorial dos atributos aparência, sabor e textura das barras de caju em função do tempo de estocagem.	148
TABELA 6.20. Equações com respectivos coeficientes de determinação (r^2) e valores de p obtidos da análise de regressão das médias de aceitação das barras de caju em função do tempo de estocagem, onde x = tempo, em dias e y = aceitação sensorial.	149
TABELA 6.21. Resultados da análise da qualidade microbiológica de amostras das barras de caju.	150

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1. Fluxograma para a obtenção do óleo e da torta da amêndoa de castanha de caju.	43
FIGURA 2.2. Fluxograma da produção do suco concentrado e da fibra do pedúnculo do caju.	44
FIGURA 3.1. Curvas de contorno e superfícies de resposta para perda de peso no processo de desidratação osmótica de rodela de pedúnculo de caju. Gráficos da temperatura*tempo (1a e 1b); °Brix*tempo (1c e 1d) e °Brix*temperatura (1e e 1f).	66
FIGURA 3.2. Superfícies de resposta e curvas de contorno para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica de rodela de pedúnculo de caju. Gráficos da temperatura*tempo (2a e 2b); °Brix*tempo (2c e 2d) e Brix*temperatura (2e e 2f).	69
FIGURA 3.3. Curvas de contorno e superfícies de resposta para sólidos totais no processo de desidratação osmótica de rodela de pedúnculo de caju. Gráficos da temperatura*tempo (3a e 3b); °Brix*tempo (3c) e °Brix*temperatura (3d).	72
FIGURA 3.4. Superfícies de resposta e curvas de contorno para perda de umidade no processo de desidratação osmótica de rodela de pedúnculo de caju. Gráficos da temperatura*tempo (4a e 4b); °Brix*tempo (4c) e °Brix*temperatura (4d).	75
FIGURA 3.5. Faixa otimizada (hachurada) de tempo e temperatura no processo de desidratação osmótica de rodela de pedúnculo de caju com relação às variáveis perda de peso e incorporação de sólidos.	76

FIGURA 4.1. Distribuição de resíduos do modelo ajustado para perda de peso.	97
FIGURA 4.2. Curvas de contorno (a) e superfícies de resposta (b) para perda de peso no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.	98
FIGURA 4.3. Distribuição de resíduos do modelo ajustado para incorporação de sólidos.	100
FIGURA 4.4. Curvas de contorno (a) e superfícies de resposta (b) para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.	101
FIGURA 4.5. Distribuição de resíduos do modelo ajustado para sólidos totais.	103
FIGURA 4.6. Curvas de contorno (a) e superfícies de resposta (b) para sólidos totais no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.	104
FIGURA 4.7. Distribuição de resíduos do modelo ajustado para perda de umidade.	106
FIGURA 4.8. Curvas de contornos (a) e superfícies de respostas (b) para perda de umidade no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.	106
FIGURA 4.9. Faixa otimizada (hachurada) de tempo e temperatura no processo de desidratação osmótica de rodela de pedúnculo de caju.	107
FIGURA 5.1. Fluxograma para a elaboração das barras de caju.	124
FIGURA 5.2. Resultado da frequência, em (%), do somatório das notas de aceitação global (7=gostei moderadamente, 8=gostei muito e 9=gostei extremamente) das nove barras de caju.	126
FIGURA 6.1. Variação da umidade (b.u.) em função do tempo de estocagem das barras de caju.	135
FIGURA 6.2. Variação da atividade de água em função do tempo de estocagem das barras de caju.	136
FIGURA 6.3. Variação da força de corte em função do tempo de estocagem das barras de caju.	139
FIGURA 6.4. Variação do teor de ácido ascórbico em função do tempo de estocagem das barras de caju.	142
FIGURA 6.5. Histograma da frequência total das notas de aceitação global inicial atribuídas nos testes sensoriais das barras de caju.	147
FIGURA 6.6. Variação das notas de aceitação sensorial em função do tempo de estocagem das barras de caju (Gráfico de regressões lineares).	149

RESUMO

A pesquisa objetivou contribuir para a redução das perdas do pseudofruto de caju, estimadas em 1 bilhão kg/ano. Realizou-se a desidratação osmótica a vácuo do pseudofruto de caju do clone CCP 76, empregando-se suco de caju clarificado e concentrado a vácuo com 65°Brix como agente osmótico. A partir da Metodologia de Superfície de Respostas foram definidas as combinações do binômio tempo*temperatura que permitem a obtenção dos melhores rendimentos do processo: 40°C/100min e 36°C/140min. Nestas condições obteve-se, respectivamente, perda de peso da ordem de 32,67 e 31,50%, incorporação de sólidos de 5,37 e 6,20% e perda de umidade de 38,58 e 36,37%. Na desidratação osmótica à pressão ambiente de rodela de pedúnculos de caju, foram testados os fatores tempo (90, 112, 165, 218 e 240min), temperatura (30; 35; 40; 45 e 50 °C) e concentração do suco de caju (55, 60, 65, 70 e 75°Brix). Verificou-se aumento da perda de peso, da perda de umidade, de sólidos totais e da incorporação de sólidos com a elevação dos níveis das variáveis independentes. Foram realizados testes de aceitação sensorial de nove formulações que permitiram selecionar três barras de caju cujos pedúnculos foram desidratados por processos de liofilização, em secador solar e por ar quente em estufas, após terem sido submetidos à desidratação osmótica. As três barras de caju selecionadas foram estocadas por 360 dias, e a intervalos de 45-60 dias foram realizadas análises que demonstraram serem estáveis física, química e microbiologicamente. As características sensoriais de todas as barras se mantiveram sem alterações e apresentaram boa aceitação ao longo de todo o período de avaliação, recebendo notas para intenção de compra acima de quatro (4) e médias superiores a sete (7) para os atributos textura, aparência, sabor e aceitação global.

Palavras-chave: caju, fibra, vácuo, desidratação osmótica.

ABSTRACT

The aim of this research was to contribute to reduction of cashew apple losses, estimated at 1 billion kg/year. Vacuum osmotic dehydration of the cashew apple clone CCP 76 was done using clarified cashew juice concentrated to 65°Brix as the osmotic agent. Response Surface Methodology was used to define the best time temperature combinations: 40°C/100min and 36°C/140min. Under these conditions the following results were obtained, respectively, 32.67 and 31.50% weight loss, 5.37 and 6.20% solids incorporation, 38.58 and 36.37% moisture loss. For the osmotic dehydration at ambient pressure of cashew apple discs, the factors tested were time (90, 112, 165, 218 and 240min), temperature (30, 35, 40, 45 and 50°C) and cashew juice concentration (55, 60, 65, 70 and 75°Brix). Increases in the levels of the independent variables resulted in increases in weight loss, moisture loss and total solids and solids incorporation. Acceptance tests were performed for nine formulations allowing for the selection of three cashew bars, whose peduncles were dried by freeze drying, solar drying and hot air, after being osmotically dried. The three cashew bars selected were stored and analyzed every 45-60 days for their physical, chemical and microbiological stability. The sensory characteristics of all the bars remained unchanged and presented good acceptability throughout the period studied, receiving scores for purchase intent above four (4) and averages above seven (7) for the the attributes of texture, appearance, flavor and overall acceptability.

Key-words: cashew, fiber, vacuum, osmotic dehydration.

INTRODUÇÃO GERAL

A agricultura familiar reúne cerca de 14 milhões de pessoas (60% do total da agricultura) e detém 75% dos estabelecimentos agrícolas do país, com 25% das terras cultivadas, sendo responsável por cerca de 35% de todo o volume da produção agrícola nacional (EMBRAPA, 1997).

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) pertence à família Anacardiaceae e é considerado uma das culturas de maior importância econômica do Nordeste, sendo cultivado principalmente nos estados do Ceará (68%), Rio Grande do Norte (11%) e Piauí (8%) (EMBRAPA, 1992).

A produção de pedúnculos de caju no Brasil é estimada em torno de 1 milhão de toneladas/ano, concentrando-se basicamente na Região Nordeste e com aproveitamento industrial de apenas 6% do total (SINDICAJU, 1998). A quantidade desperdiçada (94%) representa um elevado potencial de uso para elaboração de diversos produtos. O desperdício de pedúnculos de caju na Região Nordeste é superior a 940 mil toneladas/ano.

Entretanto, de acordo com PAULA PESSOA & LEMOS (1995), a ociosidade na indústria gira em torno de 48% e, em função de problemas com a redução de safras nos últimos anos, o quadro agravou-se. Outro problema que concorre para o agravamento da situação é a baixa eficiência no processamento que resulta na quebra de 40 a 45% das amêndoas e elevada proporção de tipos inferiores de amêndoas com coloração comprometida (NOMISMA, 1994). Isto repercute desfavoravelmente no preço do nosso produto no mercado externo, cuja depreciação atinge valores da ordem de 27% em relação à cotação das bolsas internacionais (ARAÚJO & SILVA, 1995).

Com o incentivo da Embrapa Agroindústria Tropical está crescendo bastante o número de minifábricas de processamento de castanhas de caju instaladas nos municípios do interior do estado do Ceará. De acordo com levantamento realizado em 1998, já se contavam mais de 120 fábricas, sendo a grande maioria do tipo familiar.

De acordo com o Departamento de Operações do Comércio Exterior (DECEX, 1996) as amêndoas que apresentam maior qualidade são as grandes, alvas e inteiras. Apesar de todos os 33 tipos poderem ser comercializados, normalmente a classificação realizada nas fábricas é simplificada, em função de alguns tipos não cobrirem os custos de produção. São as amêndoas quebradas e as inteiras W₄, que apresentam sabor normal, mas são desvalorizadas, comercialmente.

Os pequenos beneficiadores, por adotarem o sistema semi-mecanizado, que produz amêndoas de melhor qualidade, têm mercado assegurado para a comercialização das classes inteiras alvas, entretanto, encontram enorme dificuldade para a venda das amêndoas quebradas e brocadas. Normalmente, estes tipos inferiores permanecem por muito tempo estocadas nas fábricas, aumentando o risco de contaminação e elevando os custos de produção.

O alto grau de perecibilidade, associado à dificuldade de colheita são os principais fatores determinantes deste quadro. Após 48 horas de colhido, se mantido à temperatura ambiente, o pedúnculo fica imprestável (GARRUTI, 2001).

Assim, com o objetivo geral de contribuir para o melhor aproveitamento do caju e especificamente fornecer produtos alternativos que aumentem a sustentabilidade das pequenas agroindústrias do setor, foram desenvolvidos produtos com características de frutas em barras.

O Capítulo 1 apresenta uma breve revisão bibliográfica sobre desidratação osmótica, abordando também fatores que influenciam o processo de desidratação e a qualidade das barras de caju. No Capítulo 2 realizou-se a caracterização das principais matérias-primas empregadas na elaboração dos produtos. Os Capítulos 3 e 4 apresentam estudos sobre a otimização do processo de desidratação osmótica do pedúnculo de caju à pressão ambiente e a vácuo, respectivamente. Enquanto o Capítulo 5 trata do desenvolvimento e análise sensorial de nove formulações de barras de caju, no Capítulo 6 procede-se à avaliação da estabilidade física, química e microbiológica, das três barras selecionadas nos testes de aceitação sensorial realizados no capítulo anterior.

CAPÍTULO 1

REVISÃO DE LITERATURA

1.1. AS MATÉRIAS-PRIMAS

De uma forma simples pode-se dizer que o caju consta da castanha (fruto verdadeiro) e do pedúnculo ou pseudofruto.

A castanha de caju é constituída de três partes, a casca da qual se extrai o líquido da casca da castanha (LCC), a película que é uma fina membrana rica em taninos e que separa a amêndoa da casca, e a amêndoa, a parte comestível da castanha de caju (LEITE, 1994).

As amêndoas de castanhas de caju são excelentes fontes de vitamina E, contendo, ainda, vitaminas do complexo B e minerais, estando associadas à prevenção de câncer (SLOAN, 1997).

A amêndoa de castanha de caju apresenta 45,30% de extrato etéreo; 21,25% de proteínas; 11,62% de glicídios totais; 21,29% de amido e fornece 572,99kcal/100g. A proteína possui bom valor biológico e boa distribuição de aminoácidos essenciais. A fração lipídica é composta de 18,5% de ácidos graxos saturados e 81,5% de insaturados. Dentre os ácidos graxos insaturados se encontram o ácido oleico (62,42%) e o ácido graxo essencial linoleico (20,20%) e dentre os saturados, o ácido palmítico (7,40%) e o esteárico (9,23%) (AROGBA, 2000).

Os tocoferóis são os antioxidantes mais importantes dos óleos vegetais. Há três tocoferóis principais em óleos vegetais designados por α , γ e δ . O δ -tocoferol é o mais eficiente como antioxidante, enquanto o α -tocoferol tem maior atividade como vitamina E (PAPAS, 1999). A amêndoa de castanha de caju apresenta teores médios de 3,6; 63,4 e 4,8mg/100g de delta, gama, e alfa tocoferol, respectivamente (TOSCHI *et al.*, 1993).

O pseudofruto, de estrutura carnosa, suculenta, é rico em vitamina C e minerais. Além do consumo natural, é utilizado na fabricação de doces e bebidas, tais como doce em massa, caju-ameixa, cristalizado, doce em calda, geléia, suco, cajuínas, vinho, champanha, vinagre, etc. O bagaço extraído do suco, também é utilizado na alimentação animal (MEDINA, 1978).

O caju apresenta teores de ácido ascórbico que variam de 120 a 300mg/100g (OGUNMOYELA, 1983), valores considerados altos quando comparados às doses recomendadas para ingestão diária, que variam de 30 a 50mg/dia, conforme idade e condições de saúde (MITCHELL, 1978). Após a acerola e o camu-camu, o pedúnculo da caju apresenta o maior teor de vitamina C dentre as frutas comestíveis de espécies cultivadas (MAIA, 1980).

A Tabela 1.1 apresenta a composição química das principais matérias-primas empregadas na elaboração das barras de caju. Ressalta-se a riqueza em ácido ascórbico do pedúnculo de caju além da elevada umidade e consideráveis teores de açúcares.

De acordo com AZEVEDO & RODRIGUES (2000), o suco de caju clarificado apresenta 1,45% de tanino; 0,48% de sacarose; 3,84% de ácido málico; 46,88% de glicose; 46,72% de frutose e 0,63% de ácido ascórbico. A Tabela 1.2 apresenta a composição de alguns minerais da amêndoa de castanha de caju e do suco do pedúnculo de caju. O suco de caju pode ser considerado como regular fonte de cálcio e fósforo, mas pobre em ferro (GARRUTI, 2001). A amêndoa apresenta altos teores de ácido nicotínico, sendo também considerada boa fonte de cálcio e fósforo (LIMA, 1997).

TABELA 1.1. Composição Físico-química média do suco do pedúnculo de caju do clone CCP76 e da amêndoa de castanha de caju, por diversos autores.

Determinações	Pedúnculo de caju do clone CCP76			ACC ¹
	SOUZA FILHO (1987)	SILVA JÚNIOR & PAIVA (1994)	GARRUTI (2001)	LIMA (1997)
Umidade (%)	85,98	-	-	2,0-5,9
Lipídios totais (%)	-	-	-	45,0-47,0
Sólidos solúveis (°Brix)	10,76	11,90	12,33	-
pH	4,25	4,16	4,47	-
Carboidratos	-	-	-	22,0-27,2
Proteínas (%N x 6,25)	-	-	-	20,0-21,0
Fibras (%)	-	-	-	1,2
Cinzas (%)	0,32	-	-	2,60
Acidez total (% ác. málico)	0,49	0,20	0,20	-
Açúcares redutores (%)	8,30	10,70	11,30	-
Açúcares totais (%)	8,74	11,00	-	-
Ácido ascórbico (mg/100g)	158,26	181,20	292,19	-
Taninos (%)	0,27	0,29	0,34	-

¹ Amêndoa de castanha de caju.

TABELA 1.2. Composição de alguns minerais do suco do pedúnculo de caju e da amêndoa de castanha de caju, por diversos autores.

Determinações	Pedúnculo de caju			ACC ¹
	SOUZA FILHO (1987)	MOURA FÉ <i>et al.</i> (1972)	MEDEIROS & GUEDES (1973)	LIMA (1997)
Minerais e vitaminas				
Ferro (mg/100g)	0,24-0,31	0,36	1,50	1,8-5,0
Cálcio (mg/100g)	13,65-16,75	14,70	21,84	165-550
Fósforo (mg/100g)	25,85-30,55	33,15	-	450-490
Magnésio (mg/100g)	-	-	24,55	-
Sódio (mg/100g)	-	-	31,94	-
Tiamina (µg/100g)	-	-	-	140
Riboflavina (µg/100g)	-	-	-	150
Ác. nicotínico (µg/100g)	-	-	-	2200

¹ Amêndoa de castanha de caju.

1.2. VITAMINA C

O ácido ascórbico (AA) e seus vários sais neutros e outros derivados são os principais antioxidantes usados em frutos, hortaliças e seus sucos, para prevenir escurecimento e outras reações oxidativas. Além de ser totalmente seguro para o consumo humano, pode aumentar o teor de vitamina C de certos frutos e hortaliças (WILEY, 1994). O tratamento com ácido ascórbico aumentou o teor de vitamina C total de kiwis fatiados (CARVALHO & LIMA, 2002)

As fontes de ácido ascórbico são classificadas em diferentes níveis: fontes elevadas contêm de 100 a 300 mg/100g, como por exemplo caju, goiaba; fontes médias contêm de 50 a 100mg/100g, e.g. laranja, limão e papaia, e fontes baixas contêm de 25 a 50mg/100g, e.g. lima, pera e manga (CARVALHO & LIMA, 2002).

O ácido ascórbico é um antioxidante secundário solúvel em água que apresenta múltiplas funções. Seqüestra oxigênio, muda o potencial redox de sistemas alimentares, age sinergicamente como quelante e regenera antioxidantes primários como os tocoferóis. O radical tocoferil é reduzido à forma de tocoferol pelo ácido ascórbico (PAPAS, 1999).

Além de vitamina, o ácido ascórbico é importante por sua ação antioxidante e estimulação do sistema imunológico dentre outros benefícios à saúde que estão sendo investigados, tais como a inibição de compostos N-nitrosos causadores de câncer no estômago. Estudos bioquímicos relacionados ao AA abordam, também, aspectos imunológicos, endocrinológicos, neurológicos e digestivos. Desempenha papel fundamental no desenvolvimento e regeneração dos músculos, pele, dentes e ossos, na formação do colágeno, na regulação da temperatura corporal, na produção de diversos hormônios e no metabolismo em geral. A falta dessa vitamina no organismo aumenta a propensão a doenças. A carência severa torna o organismo vulnerável a doenças mais graves, como por exemplo, o escorbuto. Entretanto, consumida em altas doses, pode provocar efeitos colaterais, tais como: diarreia, dor abdominal e cálculos renais em pessoas geneticamente predispostas (ANDRADE *et al.*, 2002).

1.3. A ATIVIDADE DE ÁGUA

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

A água é um dos principais componentes da maioria dos alimentos e pode exercer diversas funções importantes para as suas características físico-químicas, tais como: solvente, componente adsorvido, plastificante e reagente (TEIXEIRA NETO, 1993).

A transferência de massa, água e solutos observados durante o contato de um material sólido com a solução osmótica é devido a diferenças de potencial químico dentro e fora do material, geralmente expresso em termos do correspondente coeficiente de atividade. Uma vez que a desidratação é o principal objetivo de tratamentos osmóticos, a determinação da atividade de água do material e da solução osmótica é de grande importância. Para materiais celulares como é o caso dos alimentos, a transferência de água se dá na vizinhança da célula através da membrana semi-permeável. Novamente a diferença na atividade de água entre ambos os lados governa seu comportamento físico e transporte de massa (SERENO *et al.*, 2001).

1.3.1. Atividade de água e crescimento microbiano

Apesar do nível de atividade de água para inibir a atividade de microrganismos ser afetado por vários outros fatores (natureza dos solutos, pH, presença de conservantes químicos, natureza da flora microbiana), aceita-se como regra geral que o crescimento de bactérias é inibido a valores de A_a inferiores a 0,90; há exceções a essa regra, como, por exemplo, as bactérias halofílicas, que podem crescer a níveis de A_a tão baixos quanto 0,76 e *Staphylococcus aureus*, que, sob condições aeróbias, pode crescer a A_a tão baixa

quanto 0,86 (CHIRIFE & FAVETTO, 1992).

Todos os microorganismos têm uma atividade de água mínima de desenvolvimento. De maneira geral, as bactérias são mais exigentes que os bolores e as leveduras, só se desenvolvendo em meios com atividade de água elevada. Muitas bactérias não se desenvolvem em valores de atividade de água menores que 0,91 e muitos bolores não se multiplicam em valores inferiores a 0,80. Em geral, considera-se 0,60 como o limite mínimo para o desenvolvimento de microorganismos (UBOLDI-EIROA, 1996).

A atividade de água (Aa) e o pH são fatores importantes que determinam o crescimento e a sobrevivência dos microrganismos durante o processamento, estocagem e distribuição de alimentos (TORREZAN *et al.*, 1999).

1.3.2. Atividade de água e reações químicas

A velocidade das principais reações químicas de transformação dos alimentos é geralmente aumentada pela atividade da água (Aa). Entre estas reações estão as de escurecimento não enzimático, as reações enzimáticas e a oxidação de lipídeos (LABUZA, 1980).

A reação de Maillard é máxima na faixa intermediária de Aa (aproximadamente 0,5 a 0,7); abaixo dessa faixa, há baixa mobilidade dos reagentes, e acima dessa faixa, o escurecimento diminui com o aumento da atividade de água, devido à diluição dos reagentes (LABUZA *et al.*, 1970).

As reações amino-carbonilo são influenciadas por fatores muito diversos que incluem os aminoácidos, os peptídios, as proteínas, as aminas, a amônia, os açúcares redutores e outros compostos carbonilo bem como o pH, a temperatura, a umidade, os íons de metais pesados, a luz, os sulfitos e outros constituintes. As primeiras etapas da reação conduzem à formação de bases de Schiff e de compostos de Amadori. As etapas seguintes levam à formação de moléculas insaturadas que se polimerizam e originam pigmentos castanhos (melanoidinas). O escurecimento é a mais característica das consequências da reação de Maillard. Quanto ao efeito do pH, a faixa em que o escurecimento é

menos observado é entre 3,0 e 4,8 (KYZLINK, 1990).

A taxa de deterioração da vitamina C é máxima na faixa de 0,75–0,84 de atividade de água e é significativamente maior quando comparada com valores baixos ou extremamente altos de atividade de água. Em goiaba desidratada valores intermediários de atividade de água são os mais críticos para a retenção de vitamina C (UDDIN *et al.*, 2002).

1.4. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE: VIDA-DE-PRATELEIRA E ANÁLISE SENSORIAL

1.4.1. Vida-de-prateleira

Vida-de-prateleira ou vida útil de um alimento é definida por TEIXEIRA NETO *et al.* (1993) como o tempo em que ele pode ser conservado em determinadas condições de temperatura, umidade relativa, luz, etc., sofrendo pequenas, mas bem estabelecidas alterações que são, até certo ponto, consideradas aceitáveis pelo fabricante, pelo consumidor e pela legislação alimentar vigente.

Mesmo que um alimento esteja preservado e bem embalado, não será estável indefinidamente. Cada sistema se deteriora a uma certa velocidade até que se atinja um ponto inaceitável. A inaceitabilidade não quer dizer que o alimento esteja totalmente deteriorado, mas que o padrão de qualidade pré-estabelecido para ele foi ultrapassado (LABUZA, 1980).

A determinação do conteúdo de ácido ascórbico é muito importante, pois além de seu papel fundamental na nutrição humana, sua degradação pode favorecer o escurecimento não enzimático e causar aparecimento de sabor estranho. Além disso, o ácido ascórbico é um importante indicador, pois sendo a vitamina mais termolábil, sua presença no alimento indica que, provavelmente, os demais nutrientes também estão sendo preservados (UDDIN *et al.*, 2002).

1.4.2. Análise sensorial

A análise sensorial é usada para provocar, medir, analisar e interpretar as reações produzidas pelos alimentos e materiais, da forma como são percebidos pelos órgãos da visão, olfato, gosto, tato e audição (STONE & SIDEL, 1992).

A avaliação sensorial é um parâmetro que, em última análise, determina a rejeição de um determinado alimento pelo consumidor. Segundo a ASTM (1993) testes de aceitação (escala hedônica) podem ser conduzidos para determinação da vida útil. Neste caso, a aceitação inicial serve como base, e os testes devem ser repetidos até que se atinja um ponto pré determinado que pode ser um certo valor na escala hedônica ou apenas a queda significativa da aceitação. LABUZA & SCHMIDL (1988) citam que uma queda de 1,5 pontos na escala hedônica é considerada por muitos fabricantes como final da vida útil.

1.4.2.1. Testes afetivos

Os testes afetivos têm por objetivo conhecer a opinião pessoal de um determinado grupo de consumidores, em relação a um ou mais produtos. Esses testes medem atitudes subjetivas, tais como, aceitação e preferência. Testes de aceitação avaliam o grau com que os consumidores gostam ou desgostam de determinado produto e testes de preferência avaliam a preferência do consumidor por um produto em relação a outro (MEILGARD *et al.*, 1987).

Para avaliar a aceitação de um ou mais produtos a escala hedônica estruturada de 9 pontos é, provavelmente, o método sensorial mais utilizado devido principalmente, à sua simplicidade e facilidade de uso (MEILGARD *et al.*, 1987). A análise dos resultados dos testes de aceitação é feita através de Análise de Variância Univariada e Teste de Tukey para médias (STONE & SIDEL, 1992).

Os julgadores de testes afetivos devem ser reais consumidores ou consumidores em potencial do produto testado. Devem contar com no mínimo 30 provadores. Os indivíduos podem ser classificados em função de critérios demográficos (cidade ou região), frequência de consumo do produto, idade, sexo, renda, padrões culturais e étnicos (ANALZADUA –MORALES, 1995). De acordo

com o autor os testes afetivos podem ser classificados em três tipos, em função do local de aplicação: testes de laboratórios (TL), localização central (TLC) e de uso doméstico (TUD). No primeiro, os testes são realizados no ambiente de laboratório de análise sensorial, sendo bastante controláveis e com rápida obtenção dos resultados. Os testes de localização central são aplicados em *shopping centers*, escolas, ou locais similares, sendo de grande validade devido aos provadores serem reais consumidores. Os testes de uso doméstico são realizados em condições reais de uso onde o provador é um agente ativo que prepara, serve, consome e avalia o produto.

É importante salientar que a informação de quanto o consumidor gosta ou desgosta de um dado produto, é lógica e necessária antes de se lançar um produto no mercado consumidor, entretanto, o bom desempenho de um produto em testes de aceitação não garante o sucesso do produto no mercado. Os efeitos da embalagem, preço, propaganda, segmentação do mercado, etc., sobre a decisão final do consumidor, não são avaliados pelos testes sensoriais afetivos.

1.5. PRINCIPAIS FORMAS DE DEGRADAÇÃO DURANTE A DESIDRATAÇÃO E ESTOCAGEM DOS ALIMENTOS DESIDRATADOS.

A qualidade dos alimentos desidratados depende, em parte, das mudanças que ocorrem durante o processamento e armazenagem. Algumas destas mudanças envolvem modificações na estrutura física. Estas alterações afetam a textura, a reidratação e a aparência. Outras mudanças são também devido a reações químicas. No alimento desidratado, a atividade enzimática residual, a atividade microbiana e reidratação são parâmetros de grande importância. Durante o processo de secagem convectiva, o alimento sofre perdas de qualidade tais como a cor, sabor e textura, tendo muitas vezes uma reidratação deficiente. A contração de volume e endurecimento (formação da casca na superfície) do produto são também considerados problemas de grande importância (MELONI, 2002).

O ácido ascórbico é um agente redutor em solução aquosa. Essa propriedade torna-se menos pronunciada em meio não aquoso. O caráter ácido e a ação redutora são atribuídos ao grupo enodiol (-COH=COH-). A oxidação aeróbica do AA depende do pH, exibindo máximos em pH 5 e pH 11,5 (DAVIS *et al.*, 1991). Essa reação é mais rápida e sua degradação mais extensiva em meio alcalino. Oxidação degradativa também ocorre em condições anaeróbicas, porém em menor extensão (ANDRADE, 2002).

Durante a distribuição e estocagem dos produtos alimentícios, o ácido ascórbico é oxidado a ácido dehidroascórbico (DHAA) que é irreversivelmente hidrolisado a ácido 2, 3- dicetoglucônico o qual não possui nenhuma atividade de vitamina C. Esta oxidação é influenciada pela temperatura usada durante o período de estocagem do alimento (FAVELL, 1998).

Perdas no teor de vitamina C, alterações sensoriais e reações de escurecimento devido à degradação do ácido ascórbico têm sido freqüentemente detectadas em frutos durante o processamento e o armazenamento (BADOLATO *et al.*, 1996).

Durante o processamento, o calor pode contribuir para diminuir a absorção e biodisponibilidade dos nutrientes por promover oxidação ou formação de complexos de antioxidantes com carboidratos e proteínas (PAPAS, 1999).

1.6. ALIMENTOS RICOS EM FIBRAS- BARRAS DE FRUTAS E DE CEREAIS

Cada vez mais as pessoas estão procurando consumir alimentos saudáveis sem deixar de lado o sabor. No mundo inteiro cresce o número de médicos e especialistas que atribuem a origem da maioria das doenças degenerativas à alimentação incorreta. O quadro é mais grave nas classes mais elevadas, onde o consumo de gorduras saturadas de origem animal, açúcares em excesso, etc. é compulsivo, com o agravante de que essas pessoas são, de um modo geral, as mais sedentárias. Como este é um hábito social ditado mais pelas normas de convivência do que pela vontade do indivíduo, sua correção se torna

difícil. Por estas razões, há uma tendência de se incluir na dieta alimentos ricos em fibras, já que existe evidência de que a dieta ocidental, empobrecida em fibra é causa de constipação, câncer, varizes, dentre outras doenças (AACC REPORT, 2001).

A fibra alimentar tem grande importância na nutrição humana, tendo em vista suas principais ações fisiológicas, que estão relacionadas com sua degradação por bactérias intestinais, capacidade de reter água, formação de soluções viscosas e capacidade de reter moléculas orgânicas e cátions metálicos (HERNÁNDEZ *et al.*, 1995; NELSON, 2001 e AACC REPORT, 2001).

De acordo com a AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION (1993) o consumo de fibra alimentar associado a uma dieta balanceada, rica em carboidratos e pobre em lipídeos, é importante para promover a saúde, diminuindo o risco de doenças crônico-degenerativas. As recomendações nutricionais propostas para a população brasileira estabelecem o consumo mínimo diário de 20g de fibra alimentar (VANNUCCHI *et al.*, 1990).

Cereais matinais e produtos afins como cereal em barra geram receita de U\$9 bilhões na indústria dos Estados Unidos. O crescimento tem sido uniforme e de 2% nos últimos anos na maioria das categorias de cereais. Pesquisas indicam que 98% da população norteamericana os consomem entre as principais refeições, chegando a um consumo per capita médio anual de 9,7kg. No caso específico de cereais em barras o crescimento é fantástico, sendo estimado em 30% ao ano (ALBERTA AGRICULTURE, FOOD AND RURAL DEVELOPMENT, 1997).

De acordo com MURPHY (1995) os cereais em barras são multi-componentes 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 da umidade relativa.

O principal desafio na formulação de uma barra nutricional é combinar diversos ingredientes com funcionalidade específica, tais como vitaminas, minerais, proteínas, grãos, fibras, agentes espessantes, adoçantes e

aromatizantes em um produto com sabor, textura e aparência aceitáveis, ao mesmo tempo que se tenta atingir objetivos nutricionais específicos. Sabor e nutrição são as principais preocupações do consumidor que não deseja sacrificar um pelo outro (KOBBS, 2000 e IZZO & NINESS, 2001).

Ultimamente, se tem dado maior importância a formulações de alimentos com misturas de proteínas vegetais oriundas de amêndoas e outras nozes, objetivando-se obter aumento do valor nutritivo (AL-HOOTI *et al.*, 1997).

WITTIG de PENNA *et al.* (1993) desenvolveram duas formulações de barras protéicas para atletas à base de soja, uma com amêndoa e a outra com nozes, ambas com cobertura de chocolate, possuindo composição química média de 12,45% de proteínas, 9% de lipídeos, 58,7% de carboidratos e valor calórico de 375,2Kcal/100g. As barras foram embaladas em papel alumínio e estocadas por 30 e 60 dias, respectivamente, à temperatura de 20-25°C e umidade relativa de 55-60%. De acordo com os autores a barra com amêndoa permaneceu sem alteração microbiológica até o final do período de estocagem, enquanto a barra de nozes apresentou-se sem variações significativas até o período de 30 dias, a partir de então observou-se o desenvolvimento de mofo na superfície do produto. Os autores concluíram que as barras desenvolvidas são de boa qualidade nutritiva, microbiológica e sensorial e cumprem a função de aportar proteínas.

BOUSTANI & MITCHELL (1992) ao realizarem pesquisas sobre a composição química e a qualidade sensorial de diversas marcas de cereais em barras comercializadas no Reino Unido, concluíram que os consumidores de cereais em barras tendiam a ser jovens (15-24 anos) e que a maioria deles fazia uma associação mental entre cereais em barras e saúde alimentar. A análise química revelou que muitas barras, com exceção das que continham avelã e passas, eram apenas marginalmente mais saudáveis que os *snacks* tradicionais.

Por outro lado BOWER (2000) ao realizar pesquisas sobre características sensoriais de barras de cereais e percepção de gosto pelos consumidores afirmou que é o sabor, seguido da textura, preço e aparência, o atributo que mais influencia a intenção de compra dos consumidores.

O importante aumento que se observa atualmente nos hábitos de consumo de alimentos tipo *snacks*, não tem sido devidamente explorado. Durante muitos anos eles não têm sido considerados como verdadeiros alimentos e se tem enfatizado seu baixo valor nutritivo, devido ao fato de que a maioria deles são muito ricos em açúcares, sódio, gorduras, agentes corantes e/ou cafeína, porém carecem de proteínas, vitaminas, minerais e fibras (ESTÉVEZ *et al.*, 1995; BURG, 2000 e CANTOR, 2000).

ESTÉVEZ *et al.*, (1998) não encontraram diferenças no uso ou não dos antioxidantes BHA e BHT nas características sensoriais de barras de cereais armazenadas por 90 dias à temperatura ambiente em embalagem de polipropileno-alumínio-polietileno.

ESCOBAR *et al.* (1994) prepararam três formulações com diferentes quantidades de aveia, germe de trigo e amaranto expandido. Como aglutinantes foram empregados adoçantes naturais e gorduras. O melhor produto foi a barra CM₃B (12% de aveia tostada; 12% de germe de trigo tostado e 6% de amaranto expandido) com 91,67% de aceitação.

ESCOBAR *et al.* (1998) avaliaram a qualidade química, sensorial e nutricional de barras elaboradas com misturas de cereais e amendoim. Para tanto, prepararam 3 barras utilizando aveia, germe de trigo, amendoim, amaranto tostado, amaranto expandido e trigo extrudado em diferentes proporções. Os autores relataram que não existia diferença significativa entre as 3 barras testadas quanto à digestibilidade aparente, mas que do ponto de vista químico e sensorial a barra CM1 (aveia triturada tostada, germe de trigo e amendoim, formulada com 18% de cada ingrediente) apresentou o mais alto conteúdo protéico (14,23%) e maior aceitabilidade (6,8).

Um novo processo para preparação de barras de frutas foi desenvolvido por VIJAYANAND *et al.* (2000). Os autores trataram enzimaticamente polpa de goiabas empregando como aditivos maltodextrina, pectina, amido solúvel e farinha de trigo. A mistura foi então desidratada até atingir umidade de 14-15% (b.s.). Este produto apresentou textura altamente aceitável e de acordo com os autores esta preparação pode ser usada para quaisquer tipo de frutas.

1.7. DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

1.7.1. Aspectos gerais do processo de desidratação osmótica

Segundo TORREGGIANI & BERTOLO (2001) a característica que diferencia a desidratação osmótica de outros processos de desidratação é a penetração de solutos no alimento. Assim é possível, até certo ponto, mudar a formulação de um alimento, com um estresse térmico mínimo e baixo custo de processo, tornando-o mais adequado para processamento posterior por:

- Ajuste da composição físico-química do alimento pela redução da quantidade de água, ou adição de agentes redutores da atividade de água;
- Incorporação de ingredientes ou aditivos antioxidantes ou com outras propriedades preservativas no alimento;
- Adição de solutos de interesse nutricional ou sensorial.

A desidratação osmótica comumente ocorre por imersão do produto em soluções de açúcar ou sal. A estrutura complexa da parede celular dos alimentos age como uma membrana semi-permeável, a qual não é completamente seletiva, resultando em dois fluxos de transferência de massa em contra-corrente: difusão de água do alimento para a solução e difusão do soluto da solução para o alimento. Em adição, há uma perda dos solutos naturais do produto (açúcares, ácidos orgânicos, minerais, etc.) que pode ser negligenciável podendo ter, entretanto, um impacto no seu valor nutricional e sensorial (AZOUBEL & MURR, 2000; KOWALSKA & LENART, 2001).

A desidratação osmótica é geralmente usada como uma etapa anterior ao processo de congelamento, liofilização, secagem a vácuo, secagem por ar quente e, mais recentemente, na obtenção de frutas tropicais a alta umidade (MASTRANGELO *et al.*, 2000).

Como os hábitos dos consumidores tornaram-se mais sofisticados, a importância da textura como atributo de qualidade vem aumentando significativamente. Para estabelecer técnicas eficientes de preservação com o

mínimo dano ao produto, o comportamento da textura das frutas deve ser estudado (MASTRANGELO *et al.*, 2000). Vários fatores, como a entrada de solutos e o tempo e temperatura de processamento, podem influenciar a textura final de frutas. A cor, associada à qualidade, pode ser utilizada como indicador de transformações naturais dos alimentos frescos e fornece ao consumidor a correlação visual direta entre frescor e sabor. O tratamento osmótico, em certas condições, pode favorecer a retenção dos pigmentos da fruta, evitar o escurecimento enzimático e fornecer produtos mais atraentes para o consumo (KROKIDA *et al.*, 2000).

Na desidratação osmótica, os processos que ocorrem inicialmente são a remoção de água devido à diferença na pressão osmótica e a difusão de solutos devido aos gradientes de concentração (MIZRAHI *et al.*, 2001).

De acordo com RASTOGI *et al.* (2002) a taxa de transferência de massa durante a desidratação osmótica é geralmente baixa. Diversas técnicas tem sido tentadas para aumentá-la. Estas técnicas incluem: submeter o produto a altas pressões hidrostáticas (RASTOGI & NIRANJAN, 1998), ou altas intensidades de pulsos de campo elétrico antes da desidratação osmótica (RASTOGI *et al.*, 1999) ou aplicar ultrassom (SIMAL *et al.*, 1998) ou vácuo (RASTOGI *et al.*, 2002) ou força centrífuga durante a desidratação osmótica (AZUARA *et al.*, 1996).

O ganho de solutos é algumas vezes considerado uma das principais deficiências da desidratação osmótica por modificar a composição do produto e poder alterar o perfil nutricional natural. A perda de solutos do produto (açúcares, ácidos, minerais e vitaminas) para o meio pode também alterar as características sensoriais e nutricionais, embora seja considerada quantitativamente desprezível (LAZARIDES *et al.*, 1995; AZEREDO & JARDINE, 2000).

NASSU *et al.* (2001) realizaram avaliação sensorial de pedúnculos de caju tratados com solução de sacarose a 25ºBrix por 5 dias a 28-30ºC, na proporção fruto:xarope: de 1:2, empregando diferentes concentrações de SO₂, além de tratamento térmico de 100ºC por 1min, após a embalagem dos produtos em sacos de polietileno de alta densidade. Os autores verificaram que os frutos tratados apresentaram melhor aceitação sensorial que os frutos frescos,

concluindo que a diferença pode ser devido à redução da adstringência típica do caju causada pelos taninos presentes nos frutos frescos. A redução da adstringência decorreria da complexação dos compostos de tanino pelos açúcares e pela redução dos teores de tanino devido a sua degradação causada pelo tratamento térmico, afirmaram os autores.

A velocidade e o grau de remoção de água de um material e as mudanças na sua composição química dependem da natureza e peso molecular do agente osmótico usado, do tipo e tamanho da matéria-prima, assim como da proporção entre material e solução osmótica, temperatura, tempo de desidratação, pressão (alta pressão, ambiente ou vácuo) e do tipo de aparato (RASTOGI *et al.*, 2002 e KOWALSKA & LENART, 2001).

1.7.2. Principais fatores intervenientes no processo de desidratação osmótica

A 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 soluto, o agente osmótico. No caso de frutas, os agentes osmóticos geralmente utilizados são açúcares (KOWALSKA & LENART, 2001).

A sacarose é um agente osmótico muito utilizado, pois é de fácil obtenção, sabor agradável e baixo custo, além de poder mascarar a acidez natural das frutas, aumentando o sabor doce no produto final (GOULARTE *et al.*, 2000).

RODRIGUES (1999) ao realizar desidratação osmótica em mamão observou que soluções combinadas de sacarose, ácido láctico e lactato de sódio apresentaram melhores respostas de redução de atividade de água, textura e cor do fruto quando comparadas com solução de sacarose, ácido cítrico e lactato de sódio.

Em estudo realizado por GOULARTE *et al.* (2000) utilizando-se diferentes soluções de sacarose, glicose de milho e maltodextrina como agentes osmóticos na desidratação de maçã 'Fuji', observou-se na avaliação sensorial do produto final uma maior aceitação do produto tratado com sacarose. Esse fato foi

explicado por uma harmonia sensorial percebida pelos consumidores, habituados à doçura da sacarose.

A temperatura é um fator de importância primária sobre a cinética da desidratação osmótica, afetando-a diretamente; além do efeito direto sobre a cinética do processo, altas temperaturas diminuem a viscosidade da solução osmótica, aumentando assim o coeficiente de difusão de água (KOWALSKA & LENART (2001).

KOWALSKA & LENART (2001) avaliaram o efeito do tempo (0-180min) na desidratação osmótica de maçã, cenoura e abóbora. Os autores fixaram a temperatura em 30°C, concentração da solução de açúcar em 61,5% e relação entre peso da solução osmótica e peso do material de 4:1. Os autores concluíram que a desidratação osmótica depende das características do tecido da fruta, sendo a maçã o pior e a abóbora o melhor material nestas condições de processo. O conteúdo de água da maçã, abóbora e cenoura foram reduzidos, respectivamente, de 48; 50 e 47% nos primeiros 30min de desidratação, sendo que as maiores taxas de perda de água e ganho de sólidos foram registrada nos primeiros 5-10min do processo. A taxa de perda de água para os três materiais desidratados foi de 5-10 vezes maior que a de ganho de sólidos sofrendo influência do tempo de processamento.

A concentração do agente osmótico na solução se relaciona diretamente com a transferência de massa, especialmente com a perda de água (RAHMAN & LAMB, 1990).

RAOULT-WACK (1994) destaca um interessante efeito dos gradientes de concentração sobre a predominância da transferência de massa; segundo o autor, quando a diferença inicial de concentração entre a solução e a fruta é de até 40%, predomina o ganho de solutos; quando essa diferença é superior a 40%, predomina a saída de água, ou seja, a desidratação propriamente dita.

FERNANDEZ *et al.* (1995), utilizando mamão como matéria-prima, observaram que o coeficiente de difusão de sacarose não foi afetado pela concentração da solução osmótica (a faixa de concentrações utilizadas foi de 30-50°Brix).

Durante o processo de desidratação osmótica os fluxos de massa no sistema promovem mudanças nas propriedades estruturais e de transporte (volume, dimensões, densidade, viscosidade, porosidade, etc.), as quais por sua vez afetam os fluxos de massa subseqüentes (BARAT *et al.*, 2001). Esses fluxos de massa que ocorrem durante o processo osmótico levam a uma variação da concentração dos xaropes e à diminuição dos gradientes entre fruta e xarope ao longo do processo. A utilização de proporções fruto:xarope maiores que 1:2 é vantajosa, porque grandes quantidades de solução osmótica minimizam o efeito da diluição do xarope, aumentando a eficiência da desidratação osmótica (DALLA ROSA & GIROUX, 2001).

De acordo com GIANGIACOMO *et al.* (1987) a influência das dimensões dos pedaços de fruta sobre o rendimento do processo se deve principalmente à relação entre área de superfície e volume; quanto maior a área de superfície disponível para os intercâmbios osmóticos entre a fruta e a solução, maior é a taxa de desidratação; o ganho de sólidos, por sua vez, sofre pouca influência desse fator.

Conforme RASTOGI *et al.* (2002) se as dimensões do sólido a ser desidratado são maiores, a desidratação ocorrerá mais lentamente porque a distância para difusão da água será conseqüentemente maior. Pedaços menores, por outro lado, desidratam mais rapidamente.

SABLANI & RAHMAN (2003) avaliaram a influência da geometria dos pedaços de manga na eficiência da desidratação osmótica determinada através dos coeficientes de equilíbrio da distribuição de sólidos e água. Foram testados os formatos de cubos, fatias e cunhas, além dos efeitos da temperatura e concentração da solução de sacarose. Os autores concluíram que a geometria dos pedaços de manga foi o fator que exerceu menor efeito no processo, enquanto a temperatura foi a variável de maior influência, tendo mostrado efeito antagônico ao da concentração da solução em termos de sua influência no coeficiente de equilíbrio da distribuição de água e sólidos.

1.7.3 O emprego do vácuo

A aplicação da impregnação a vácuo tem sido relatada como um método que permite a introdução de quantidades controladas de uma solução na estrutura porosa de frutas e hortaliças. Esta solução pode conter minerais, vitaminas ou outros componentes fisiologicamente ativos, depressores de Aa ou pH, antimicrobianos, etc., podendo-se desenvolver produtos funcionais estáveis (MAESTRELLI *et al.*, 2001).

A desidratação osmótica a vácuo de produtos porosos, como frutas e hortaliças, consiste na troca do gás ou líquido ocluso nos poros por um líquido externo (fluxo capilar), devido à ação de mecanismos hidrodinâmicos (MHD) promovidos por mudanças de pressão (MÚJICA-PAZ *et al.*, 2003a; MÚJICA-PAZ *et al.*, 2003b).

De acordo com SABLANI & RAHMAN (2003) o emprego da desidratação osmótica a vácuo apresenta vantagens quando comparado à desidratação osmótica à pressão ambiente na formulação de frutas minimamente processadas com alta atividade de água (Aa), notadamente quando o fruto apresenta alto nível de porosidade como no caso de maçã.

A utilização do vácuo durante o pré-tratamento osmótico pode levar a diferentes comportamentos durante a secagem, assim como a diferentes propriedades do produto final, devido a mudanças na estrutura e composição dos tecidos (SABLANI & RAHMAN, 2003).

Trabalhando com desidratação osmótica de goiaba SOUZA *et al.* (2003) constataram haver uma influência da pressão exercida pelo sistema sobre a redução da umidade e Aa, sendo esta aumentada com a utilização do vácuo. De acordo com os autores, resultados semelhante foram obtidos em banana (SOUSA, 2002) e manga (SOUZA NETO, 2002); onde em todos os trabalhos observou-se que o tratamento a vácuo ocasionou maior perda de água quando comparado com o tratamento sem a utilização de vácuo.

1.8. DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA COMO PRÉ-TRATAMENTO PARA A SECAGEM DE FRUTAS

As principais vantagens do processo de desidratação osmótica sobre os processos tradicionais de secagem são: inibição do escurecimento enzimático, com retenção da cor natural sem a utilização de sulfitos, maior retenção de componentes voláteis durante subsequente secagem e baixo consumo de energia (SOUSA, *et al.*, 2003).

Particular atenção tem sido dada a processos que preservam características sensoriais e estrutura física. O uso da desidratação osmótica em soluções concentradas, ou sua combinação a outros processos, tem sido efetivo na redução do colapso estrutural de frutos delicados, mesmo quando posteriormente se aplicam processos agressivos como congelamento ou tratamento térmico (MAESTRELLI *et al.*, 2001).

KROKIDA *et al.* (2001) ao avaliarem o efeito de diferentes métodos de secagem na qualidade final de amostras de maçãs, bananas, batatas e cenoura, concluíram que os materiais desidratados pelo método convencional de secagem, microondas e a vácuo (“vacuum-dried”) sofreram significativo escurecimento, enquanto os submetidos à liofilização, e à desidratação osmótica mantiveram suas cores intactas. Os autores ressaltaram que estes dois últimos tratamentos são processos que produzem produtos com melhorias nas características de cor.

Os efeitos da desidratação osmótica como pré-tratamento estão principalmente relacionados à melhoria de algumas propriedades nutricionais e sensoriais do produto. A desidratação osmótica contribui para a melhoria da qualidade dos frutos processados por interferir em características como textura, pigmentos, vitaminas e aroma (SHI *et al.*, 1997; TORREGGIANI & BERTOLO, 2001).

O efeito prejudicial da perda de estrutura após o descongelamento-reidratação de fatias de morango foi reduzido pela remoção parcial da água por desidratação osmótica e/ou secagem convencional a ar (MAESTRELLI *et al.*, 2001). Uma redução no conteúdo de umidade de pelo menos 60% é necessária

para melhorar as características da textura de frutos descongelados-reidratados, independente do método usado (TORREGGIANI & BERTOLO, 2001; AGUILERA *et al.*, 2003).

A secagem final de produtos desidratados osmoticamente fornece um produto com boa qualidade, tipo “snack” pronto para consumo. O produto desidratado poderia também ser pulverizado se desejado, e misturado com leite em pó ou para produção de outros produtos de confeitaria, por exemplo (NRDC, 2001).

A desidratação é uma das técnicas mais antigas de preservação de alimentos utilizadas pelo homem. O processo é simples e consiste na eliminação da água de um produto por evaporação com transferência de calor e massa. Uma de suas maiores vantagens é a não necessidade de refrigeração durante o armazenamento e transporte (MELONI, 2002).

Frutas em geral contêm mais de 75% de água e deterioram-se muito rapidamente se não armazenadas apropriadamente. Até mesmo o armazenamento apropriado falha na preservação de frutas por um período mais longo, a menos que sejam desidratadas (NRDC, 2001).

A remoção da água de alimentos porosos pode causar o encolhimento dos pedaços do alimento durante a secagem a ar quente. Este fenômeno é particularmente importante para frutas não apenas afetando a velocidade de secagem, mas também as propriedades físicas e funcionais do material desidratado. A incorporação de sólidos pelo fruto diminui o encolhimento durante a secagem. Assim, o colapso estrutural pode diminuir se as frutas são impregnadas com açúcares ou polímeros antes da secagem a ar quente (DEL VALLE *et al.*, 1998).

NIETO *et al.* (2001) verificaram que o pré-tratamento osmótico afetou negativamente a taxa de secagem de manga e de acordo com os autores este efeito aumentou com o aumento da concentração de glicose na solução osmótica.

A secagem a ar quente, em particular, é um processo antigo para preservar alimentos no qual o sólido a ser seco é exposto a uma corrente de ar quente que flui continuamente onde a umidade é removida. Os fenômenos deste

processo são complexos e envolvem o transporte simultâneo de massa e energia em um sistema higroscópico e em encolhimento. A secagem convencional (a ar quente) oferece produtos desidratados que podem ter uma vida-de-prateleira longa. Infelizmente, a qualidade de um produto desidratado convencionalmente é drasticamente reduzida em comparação ao alimento original (RATTI, 2001).

As vantagens de se utilizar o processo de secagem são várias, dentre as quais tem-se: a facilidade na conservação do produto; estabilidade dos componentes aromáticos à temperatura ambiente por longos períodos de tempo; proteção contra degradação enzimática e oxidativa; redução do seu peso; economia de energia por não necessitar de refrigeração e a disponibilidade do produto durante qualquer época do ano (PARK, 2001).

Liofilização é o método de remoção de água com produto final de mais alta qualidade quando comparado com outros métodos de secagem de alimentos. A liofilização é baseada na desidratação por sublimação da água de um produto congelado. Devido à ausência da água líquida e o emprego de baixas temperaturas, a maioria das reações de deterioração e microbiológicas são paradas o que confere ao produto final uma excelente qualidade. O estado sólido da água durante o processo de liofilização protege a estrutura e a forma do produto com mínima redução do volume (RATTI, 2001).

BRANDÃO *et al.* (2003) avaliaram a qualidade de cubos da polpa de manga submetida à desidratação osmótica em solução de açúcar a 45 e 55°Brix e posterior período de secagem de 48-72 horas em secador solar, apresentando atividade de água final entre 0,65 e 0,85. Os produtos foram acondicionados em sacos de polietileno de alta densidade (20mm de espessura). Os autores relataram que os teores iniciais de vitamina C dos dois tratamentos 45°Brix (82,96mg/100g) e 55°Brix (96,83mg/100g) chegaram a zero no final dos 180 dias de estocagem, enquanto que a textura associada à doçura dada pela relação Brix/acidez, conferiu características agradáveis ao produto final além da inibição da proliferação de microrganismos que conferiu estabilidade durante a armazenagem dos produtos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC REPORT. The definition of dietary fiber. **Cereal foods world**, v. 46, n. 3, p. 112-129, Mar., 2001.

AGUILERA, J.M.; CHIRALT, A.; FITO, P. Trend in Food Science and Technology. v.14, n.10, p.432-437, 2003.

ALBERTA AGRICULTURE, FOOD AND RURAL DEVELOPMENT. **Assessment of the U.S. and Canadian Markets for Value-Added Cereal Products.**

Disponível em: <http://www.inta.gov.ar/default.htm>. Acesso em: 01 out. 2000.

AL-HOOTI *et al.* Date bars fortified with almonds sesame seeds oat flakes and skim milk powder. **Plant foods for Human Nutrition**, v.51, p. 125-135, Fev., 1997.

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. Position of the american dietetic association: health implications of dietary fiber. **J. Am. Diet. Assoc.**, v.93, p.1446-1447, 1993.

ANDRADE, R.S.G. de; DINIZ, M.C.T.; NEVES, E.A. Determinação e distribuição de ácido ascórbico em três frutos tropicais. **Eclética Química**. v.27, p.393-401, 2002. ISSN 0100-4670.

ANZALDUA–MORALES, A. **La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría en la práctica.** Zaragoza: Ed. Acribia S.A., 1995. 198p.

ARAÚJO, J.P.P. de; SILVA, V.V. (Org.). **Cajucultura: modernas técnicas de produção.** Forta-leza: EMBRAPA–CNPAT, 1995. 292p.

AROGBA, S. S. **Studies on kolanut and cashew kernels: moisture adsorption isotherm, proximate composition, and functional properties.** Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/foodchem>. Acesso em: 08 set 2000.

ASTM-American society for Testing and Materials. **Proposed standard guide for shelf life determination.** ASTM E 18.06.07, 1993.

AZEREDO, H.M.C.; JARDINE, J.G. Desidratação osmótica de abacaxi aplicada à tecnologia de métodos combinados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.1, p.74-82, 2000.

AZEVEDO, D.C.S.; RODRIGUES, A. SMB chromatography applied to the separation/purification of fructose from cashew apple juice. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, São Paulo, v.17, n.4-7, p.507-516, Dec. 2000.

AZOUBEL, P.M.; MURR, F.E. Mathematical modelling of the osmotic dehydration of cherry tomato. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.2, p.228-232, 2000.

AZUARA, E.; GARCIA, H.S.; BERISTAIN, C.I. Effect of centrifugal force on osmotic dehydration of potatoes and apples. **Food Research International**, v.29, p.195–199, 1996.

- BADOLATO, M. I. C. B.; SABINO, M.; LAMARCO, L. C. A.; ANTUNES, J. L. F. Estudo comparativo de métodos analíticos para determinação de ácido ascórbico em sucos de frutas naturais e industrializados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.16, n.3, p.206-210, 1996.
- BARAT, J.M.; FITO, P.; CHIRALT, A. Modeling of simultaneous mass transfer and structural changes in fruit tissues. **Journal of Food Engineering**, n. 49, p. 77-85, 2001.
- 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.
- BOWER, J.A. Sensory characteristics and consumer liking for cereal bar snack foods. **Journal of Sensory Studies**, v.15, p.327-345, 2000.
- BRANDÃO, M.C.C. **Desidratação osmótico/solar da manga (*Mangifera indica* L.) e pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale* L.)**. Fortaleza, 2000. 61 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará.
- BURG, J.C. **Raising The Health and Energy Bar**. Disponível em: <<http://www.foodproductdesign.com>> Acesso em: 18 nov. 2000.
- CANTOR, S. **Kernels of Truth** . Disponível em: <<http://www.foodproductdesign.com>> Acesso em: 02 out. 2000.
- CARVALHO, A.V.; LIMA, L.C. de O. Quality of kiwis minimally processed and treated with ascorbic acid, citric acid and calcium chloride. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 679-685. MaY 2002.
- CHIRIFE, J.; FAVETTO, G.J. Some physico-chemical basis of food preservation by combined methods. **Food Research International**, London, v.25, n.5, p.389-396, 1992.
- DALLA ROSA, M.; GIROUX, F. Osmotic treatments (OT) and problems related to the solution management. **Journal of Food Engineering**, v.49, p.223-236, 2001.
- DAVIS, M. B. ; AUSTIN, J. ; PARTRIDGE, D. **Vitamin C: its chemistry and biochemistry**. Cambridge: Royal Society of Chemistry. 1991.
- DEPARTAMENTO DE OPERAÇÕES DE COMÉRCIO EXTERIOR. Portaria MICT Nº 105 de 26 de abril de 1996. **Aprovar as normas gerais para padronização, classificação e fiscalização da castanha de caju beneficiada (*Anacardium occidentale* L.)**. Rio de Janeiro, 1996.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Campanha nacional de aumento da produtividade do cajueiro e produtos derivados do cajueiro**. Fortaleza, 1992, 4p.
- EMBRAPA. **Balanco Social Embrapa**. Brasília: EMBRAPA, 1997. 66p.
- ESCOBAR, B.A.; ESTÉVEZ, A.M.; TEPPER, A.L.; AGUAYO, M.R. Características nutricionales de barras de cereales y maní. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Santiago, v.48, n.2, p.160-164, 1998.

- ESCOBAR, B.A.; ESTÉVEZ, A.M.; VÁSQUEZ, M.D.; CASTILLO, E.V.; YAÑEZ, E.D. Barras de cereales maní y amaranto dilatado: Composición química y estabilidad en almacenamiento acelerado. **Archivos Latinoamericano de Nutrición**, Santiago, v.44, n.1, p.36-40, 1994.
- FAVELL, D.J. A comparison of the vitamin C content of fresh and vegetables. **Food Chemistry**, v.62, n.1, p.59-64, 1998.
- FERNANDEZ, D.; VELEZMORO, C.; ZAPATA, C. Determinación de la difusividad efectiva de la sacarosa en papaya (*Carica papaya* L.) inmersa en soluciones azucaradas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.15, n.3, p. 246-250, 1995.
- FLINK, J.M. Energy analysis in dehydration processes. **Food Technology**, v.31, n.3, p.77-79, 1977.
- GARRUTI, D. dos S. **Composição de voláteis e qualidade de aroma do vinho de caju**. Campinas, 2001. 218p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- GIANGIANCOMO, R. *et al.* Osmotic dehydration of fruit: Part I. Sugars exchange between fruit and extracting syrups. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v.11, n.3, p.183-195, 1987.
- GOULARTE, V.D.S.; ANTUNES, E.C.; ANTUNES, P.L. Qualidade de maçã Fuji osmoticamente concentrada e desidratada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.2, p.160-163, 2000.
- HERNÁNDEZ, T.; HERNÁNDEZ, A.; MARTINEZ, C. Fibra alimentaria: concepto, propiedades y métodos de análisis. **Alimentaria**, v.261, p.19-30, 1995.
- IZZO, M.; NINESS, K. Formulating Nutrition Bars with Inulin and Oligofructose. **Cereal Foods World**, v.46, n.4, p.102-106, Mar., 2001
- KOBS, L. **Bar Talk**. Disponível em: <<http://www.foodproductdesign.com>.> acesso em: 26 set. 2000.
- KOWALSKA, H.; LENART, A. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. **Journal of Food Engineering**, n.49, p.137-140, 2001.
- KROKIDA, M.K.; KARATHANOS, V.T.; MAROULIS, Z.B.; MARINOS-KOURIS, D. Effect of osmotic dehydration on color and sorption characteristics of apple and banana. **Drying Technology**, New York, v.18, p.937-950, 2000.
- KROKIDA, M.K.; MAROULIS, Z.B.; SARAVACOS, G.D. The effect of the method of drying on the colour of dehydrated products. **International Journal of Food Science and Technology**, v.36, p.53-59, 2001.
- KYZLINK, V. **Principles of food preservation**; Trad. de J. Spalek. Praha: Elsevier Science Publishing Co. Inc.; Co-edition: SNTL - Publishers of Technical Literature, 1990. 598 p. (Developments in Food Science, vol. 22).
- LABUZA, T.P. The effect of water activity on reaction kinetics of food deterioration. **Food Technology**, v.34, n.4, p. 36-41, 1980.

- LABUZA, T.P.; SCHMIDL, M.K. Use of sensory data in the shelf life testing of foods: principles and graphical methods for evaluation. **Cereal Foods World**, St Paul, v.33, n.2, p.193-206, Feb.,1988.
- LABUZA, T.P.; TANNENBAUM, S.R.; KAREL, M. Water content and stability of low-moisture and intermediate-moisture foods. **Food Technology**, Chicago, v.24, n.5, p.543-550, 1970.
- LAZARIDES, H.N.; NICKOLAIDIS, A.; KATSANIDIS, E. Sorption changes induced by osmotic preconcentration of apple slices in different osmotic media. **Journal of Food Science**, v.60, n.2, p.348-350, 1995.
- LEITE, L.A.S. **A agroindústria do caju no Brasil: Políticas públicas e transformações econômicas**. Campinas, 1994. 176 p. Tese (Doutor em Economia) - Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas.
- LIMA, J.R. **Avaliação de amêndoas de castanha de caju (*Anacardium occidentale*) fritas e salgadas acondicionadas em embalagens flexíveis de diferentes propriedades de barreira**. Campinas, 1997. 118p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos)- Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- MAESTRELLI, A.; SCALZO, R.; LUPI, D.; BERTOLO, G.; TORREGGIANI, D. Partial removal of water before freezing: cultivar and pre-treatments as quality factors of frozen muskmelon (*Cucumis melo* var. *reticulatus* Naud). **Journal of Food Engineering**, Oxford, v.49, p.255-260, 2001.
- MAIA, G.A. **Estudo químico e tecnológico do caju (*Anacardium occidentale*, L.)**. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1980. 95f. (Dissertação para Professor Titular).
- MASTRANGELO, M. M.; ROJAS, A. M.; CASTRO, M. A.; GERSCHENSON, L. N.; ALZAMORA, S. M. Texture and structure of glucose-infused melon. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v.80, p.769-776, 2000.
- MEDEIROS, M.C.; GUEDES, Z.B.L. Composição mineral das partes anatômicas de alguns vegetais em ocorrência no estado do Ceará. **Rev. Bras. Pesq. Med. Biol.** v.6, n.1-2, p.61-69, 1973.
- MEDINA, J.C. Cultura. In: MEDINA *et al.* **Caju da cultura ao processamento e comercialização**. Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos, v.4 p.5-66, 1978.
- MEILGARD, M.; CIVILLE, G.V.;CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. London, CRC Press, Inc. 1987. 281p.
- MELONI, P.L.S. **Produção de frutas desidratadas**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2002. p.104.
- MITCHELL, H. S.; RYNBERGEN, H. J.; ANDERSON, L.; DIBBLE, M. V. **Nutrição**, 16^a ed. Editora Interamericana Ltda, 1978. 567p.

- MIZRAHI, S.; EICHLER, S.; RAMON, O. Osmotic dehydration phenomena in gel systems. **Journal of Food Engineering**, n.49, p.87-96, 2001.
- MOURA FÉ, J.A.; HOLANDA, L.F.F.; MARTINS, C.B.; MAIA, G.A. Características químicas do hipocampo de caju (*Anacardium occidentale*, L). **Ciência Agrônômica**, v.2, n.2, p.109-112, 1972.
- MURPHY, P. Countlines and cereal bars. In: JACKSON, E.B. **Sugar Confectionery Manufacture**. Cambridge: Chapman & Hall, 1995. Cap.13, p.287-297.
- MÚJICA-PAZ, H.; VALDEZ-FRAGOSO, A.; LÓPEZ-MALO, A.; PALOU; E.; WELTI-CHANES, J. Impregnation properties of some fruits at vacuum pressure. **Journal of Food Engineering**, v.56, n.4, p.307-314, 2003a.
- MÚJICA-PAZ, H.; VALDEZ-FRAGOSO, A.; LÓPEZ-MALO, A.; PALOU; E.; WELTI-CHANES, J. Impregnation and dehydration of some fruits: effect of the vacuum pressure and syrup concentration. **Journal of Food Engineering**, v.57, n.4, p.305-314, 2003b.
- NASSU, R.T., LIMA, J.R.; SOUZA FILHO, M. de S. M. de. Consumers' acceptance of fresh and combined methods processed melon, mango and cashew apple. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n.3, p.551-554. Dec. 2001.
- NELSON, A.L. Properties of High – Fiber Ingredients, **Cereal Foods World**, v.46, n.3, p.93-97. mar., 2001.
- NIETO, A.; CASTRO, M. A.; ALZAMORA S. M. Kinetics of moisture transfer during air drying of blanched and/or osmotically dehydrated mango. **Journal of Food Engineering**, v.50, n.3, p.175-185, 2001.
- NOMISMA. **The world cashew economy**. Bologna: 1994. 218 p.
- NRDC – National Research Development Corporation. Índia. Disponível em: <<http://www.nrdcindia.com/pages/osmotic.htm>>. Acesso em: 04 nov. 2001.
- OGUNMOYELA, O. A. Prospects for cashew apple processing and utilization in Nigeria. **Process Biochemistry**, v.18, n.2, p.6-7, 1983.
- PAPAS, A.M. Diet and Antioxidant Status. **Food and Chemical Toxicology**. Kingsport, v.37, p.999-1007, 1999.
- PARK, K.J.; YADO, M.K.M.; BROD, F.P. R. Estudo de secagem de pêra bartlett (*Pyrus* sp.) em fatias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21 n.3, set./dez., 2001.
- PAULA PESSOA, P.F.A. de; LEMOS, J de J. **Diversificação das exportações brasileiras de amêndoa de castanha de caju**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. 6p. mimeo.
- QUERIDO, A. F. **Otimização e comparação dos processos de desidratação osmótica a vácuo e à pressão ambiente de pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale* L.)**. Campinas, 1999. 113p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de

Alimentos) - Faculdade de Engenharia de alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

RAHMAN, M.S.; LAMB, J. Osmotic dehydration of pineapple. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v.27, n.3, p.150-152, 1990.

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.

RASTOGI, N.K. & NIRANJAN, K. Enhanced mass transfer during osmotic dehydration of high pressure treated pineapple. **Journal of Food Science**, v.63 p.508–511, 1998.

RASTOGI, N.K.; ESHTIAGHI, M.N.; KNORR, D. Accelerated mass transfer during osmotic dehydration of high intensity electrical field pulse pretreated carrots. **Journal of Food Science**, v.64, p.1020–1023, 1999.

RASTOGI, N.K.; RAGHAVARAO, K.S.M.S; NIRANJAN, K; KNORR, D. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v.13, n.2, p.48-59, 1994. Feb. 2002.

RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. **Journal of Food Engineering**, v.49, p.311-319, 2001.

RODRIGUES, A.C.C. **Influência dos aditivos na obtenção de mamão desidratado osmoticamente**. 1999. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

SABLANI, S.S.; RAHMAN, M.S. Effect of syrup concentration, temperature and sample geometry on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of mango. **Food Research International**, v.33, n.1, p.65-71, 2003.

SANTOS, V.P.M. **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Banco do Nordeste do Brasil. S. A., cap.2, 1988, p.43-61.

SERENO, A.M.; HUBINGER, M.D.; COMESAÑA, J.F.; CORREA, A. Prediction of water activity of osmotic solutions. **Journal of Food Engineering**, n.49, p.103-114, 2001.

SHI, J.X.; LE MAGUER, M.; WANG, S.L.; LIPTAY, A. Application of osmotic treatment in tomato processing-effect of skin treatments on mass transfer in osmotic dehydration of tomatoes. **Food Research International**, v. 30, n. 9, p.669-674, 1997.

SILVA JÚNIOR, A.; PAIVA, F.F. de A. **Estudos químicos e físico-químicos de clones de cajueiro anão precoce**. Fortaleza: EPACE, 1994, 19p. (EPACE. Boletim de Pesquisa, 23).

SIMAL, S.; BENEDITO, J.; SANCHEZ, E.S.;ROSSELLO, C, Use of ultrasound to increase mass transport rates during osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, v.36, p.323–336, 1998.

SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DO AÇÚCAR E DE DOCES E CONSERVAS ALIMENTÍCIAS DO ESTADO DO CEARÁ (Fortaleza, CE). **Parque Industrial da Castanha do Estado do Ceará-Informe Setorial**. Fortaleza, 1998. (folder).

SLOAN, E. Consumer product trends: about to go nuts. **Food Technology**, v.51, n.2, p.18, 1997.

SOUSA, P.H.M. "**Desidratação osmótica de banana com e sem vácuo com complemento de secagem em estufa de circulação de ar**". 2002. 90f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

SOUSA, P.H.M. de; MAIA, G.A; SOUZA FILHO, M. de S.M. de; FIGUEIREDO, R.W. de; SOUZA, A.C.R. de. Goiabas desidratadas osmoticamente seguidas de secagem em estufa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.3, dez. 2003.

SOUZA FILHO, M. de S.M. **Aspectos físicos, químicos, físico-químicos e tecnológicos de diferentes clones de caju (*Anacardium occidentale*, L.)** Fortaleza, 1987. 167p. Tese (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará.

SOUZA NETO, M.A. "**Desidratação osmótica de manga coité com e sem utilização de vácuo com complemento de secagem em estufa**". 2002. 67f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

STONE, H.; SIDEL, J.L. **Sensory evaluation practices**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1992. 336p.

TEIXEIRA NETO, R.O.; VITALLI, A.A.; QUAST, D.G.; MORI, E.E.M. **Reações de transformação e vida de prateleira de alimentos processados**. Manual Técnico nº 6. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1993. 36p.

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, n.49, p.247-256, 2001.

TORREZAN, R; JARDINE, J.G.; VITALI, A.de A . Efeito da adição de solutos e ácidos em poupa de goiaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas v.19, n.1, Jan./Abr.,1999.

TOSCHI, T.G.; CABONI, M.F.; PONAZZI, G.; LORCKOR, G.; CAPOLLA, P. A study on cashew nut oil composition. **JAOCs**. v. 70, n.10, 4p.,1993.

UBOLDI-EIROA, M.N. Microbiologia de frutas e hortaliças desidratadas. In: AGUIRRE, J.M. de; GASPARINO FILHO, J. (coord.). **Desidratação de frutas e hortaliças**. Campinas: ITAL, 1996. p. 6.1-6.26. (Manual Técnico).

UDDIN, M.S.; Hawlader, M.N.A.; DING, L.; MUJUMDAR, A.S. Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. **Journal of Food Engineering**, v.51, n.1, p.21-26, Jan. 2002.

- VANNUCCHI, H.; MENEZES, E.W.; CAMPINO, A.O.; LAJOLO, F.M. (Eds). **Aplicação das recomendações nutricionais adaptadas a população brasileira.** Ribeirão Preto, Legis Suma, Cadernos de Nutrição. SBAN 2, 1990.
- VIJAYANAND, P; YADAV, A.R.; BALASUBRAMANYAM, N.; NARASIMHAM, P. Storage Stability of Guava Fruit Bar Prepared Using a New Process. **Lebensm.-Wiss. u.- Technol.**, v.33, p.132-137, 2000.
- WILEY, R.C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables.** New York: Chapman & Hall, 1994. 368p.
- WITTIG de PENNA, E.; BUNGER, A.; SANSUR, M.; LÓPEZ, L.; SANTANA, R. Development of proteic soy-based candy bars for sportmen. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion.** v.49, n.3, p.241-247, 1993.

CAPÍTULO 2

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS PRODUTOS E SUB-PRODUTOS OBTIDOS DO CAJU

RESUMO

O sabor e a riqueza nutricional dos produtos da castanha e do pedúnculo de caju, somados ao elevado desperdício deste e a procura de alternativas para utilização da amêndoa, motivaram o desenvolvimento da presente pesquisa. O objetivo foi a obtenção e caracterização físico-química e microbiológica de matérias-primas (ingredientes) derivadas do caju para a elaboração de inúmeras formulações incluindo barras de caju. Para tanto, diferentes produtos da castanha de cajueiro comum e do pedúnculo de caju do clone CCP76, foram processados e submetidos a análises físicas, químicas e microbiológicas. Através da prensagem da amêndoa de castanha de caju obteve-se a torta parcialmente desengordurada que apresentou 36,41% de proteínas, 26,57% de lipídeos totais e 7,86% de fibra digestiva total (FDT) e o óleo (82,74% de ácidos graxos insaturados, predominando 60,54% do oleico e 21,52% do linoleico). Do pseudofruto do caju foi obtido o suco clarificado e concentrado a vácuo com teor de ácido ascórbico de 966,13mg/100g de suco e a fibra de caju com 61,21% de FDT. Juntamente com estes produtos, açúcar mascavo e mel de abelha apresentaram resultados das análises microbiológica com valores abaixo dos limites de contaminação estabelecidos pela legislação nacional para estes produtos.

Palavras-chave: caju, fibra, amêndoa.

ABSTRACT

This research was motivated by the flavor and nutritional richness of the cashew nut and cashew apple, associated with the elevated waste of these products and the search for alternative uses for the nut. The aim was to obtain and physico-chemically and microbiologically characterize the ingredients for the manufacture of a large number of products including cashew bars. For this, different products made from the cashew nut of the common cashew tree and from the clone CCP 76 were processed and submitted to physical, chemical and microbiological analyses. By pressing the cashew nut, a partially defatted meal was obtained, which presented 36.41% protein, 26.57% total lipids and 7.86% total dietetic fiber (TDF) and oil (82.74% unsaturated fatty acids which contains 60.54% of oleic acid and 21,52% of linoleic acid). From the cashew apple, a clarified and vacuum concentrated juice with an ascorbic acid content of 966.13mg/100g of juice was obtained and also cashew fiber with 61.21% TDF. A microbiological analysis of these products, and of brown sugar and honey showed contamination levels below the limits established by the national legislation for this products.

Key-words: cashew, fiber, nut.

2.1. INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale*, L.) é uma planta de porte médio, xerófila, rústica, típica de clima tropical. É uma árvore originária do Brasil, do litoral nordestino (PARENTE *et al.*, 1991) de onde se espalhou para diversos países da África e para a Índia.

A agroindústria do caju é responsável no Nordeste por uma área plantada em torno de 1 milhão de hectares, gerando mão-de-obra direta e indireta no segmento agrícola, industrial e de serviços para 1,5 milhão de pessoas. Deve-se ressaltar que a referida cultura está se expandindo por todo o Brasil (MAIA *et al.*, 2001).

O principal tipo de cajueiro atualmente cultivado no Brasil é o cajueiro comum, cujo rendimento médio, nos últimos anos, não ultrapassa 200kg de castanhas/hectare. As causas dessa baixa produtividade são a idade dos pomares, falta de tratos culturais adequados e, principalmente, a grande variabilidade dos pomares propagados por sementes (SAUNDERS, *et al.*, 1995).

GARRUTI (2001) afirma que o caju é um fruto de especial interesse nutricional e econômico, sendo bastante conhecido pela qualidade de sua castanha (o verdadeiro fruto) e pela riqueza em vitamina C de seu pedúnculo avolumado, o qual corresponde à polpa comestível (pseudofruto).

Nos últimos anos as pesquisas são dirigidas para aumentar a produtividade e rentabilidade da cultura ao mesmo tempo que atacam o problema da desuniformidade dos pomares. Assim, surgiram materiais genéticos anões, precoces e mais produtivos (800-1200kg/ha) que se propagados vegetativamente (clonados) asseguram uniformidade tanto da castanha como do pedúnculo. Dentre os materiais genéticos com disponibilidade comercial se encontram os Clones CCP76, CCP09, CCP1001, CCP06 e mais recentemente foram lançados pela Embrapa Agroindústria Tropical os clones Embrapa 50 e Embrapa 51.

Embora apresentem vantagens em termos de uniformidade e facilidade de colheita em relação ao cajueiro comum, o pseudofruto dos clones tem os mesmos problemas de conservação em função da alta perecibilidade. Em

condições ambientais o caju é muito susceptível ao ataque de microorganismos acidófilos. A conservação pós-colheita do pedúnculo, em temperatura ambiente, não ultrapassa 48 horas (GARRUTI, 2001). Os cuidados na colheita e pós-colheita do caju são muito importantes para a obtenção de matérias-primas de boa qualidade.

Assim, buscando obter mais informações sobre a composição química do pedúnculo e amêndoa da castanha de caju, ao mesmo tempo que se procura assegurar a qualidade dos produtos a serem desenvolvidos nesta pesquisa, realizaram-se análises químicas, físicas e microbiológicas das principais matérias-primas (produtos do pseudofruto e da amêndoa de castanha de caju) a serem empregadas em formulações diversas como barras de caju.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. Caracterização física e química das matérias-primas

2.2.1.1. Teor de lipídeos totais - Determinados em triplicata segundo a metodologia descrita pela AOCS (1990), através de extração sólido-líquido por soxhlet, usando-se como extrator éter de petróleo durante 7,5 horas.

2.2.1.2. Índice de acidez - Determinado em duas repetições na fração lipídica, segundo método AOCS Ca 5a-40 (1990) e definido como % de ácido oleico.

2.2.1.3. Índice de Estabilidade do Óleo (OSI) - Realizada de acordo com a metodologia AOCS Cd 12b-92. Utilizou-se temperatura de 110°C e fluxo de ar de 9LAR/h.

2.2.1.4. Cor - Determinada usando-se o aparelho “Cor Lovibond”, conforme AOCS Cc 13b-45, sendo o resultado final a média de 5 medições.

2.2.1.5. Composição em ácidos graxos - Empregou-se o Método AOCS Ce 1f-96 (1990) em cromatógrafo Perkin Elmer 8420, utilizando-se coluna capilar de sílica fundida CP-Sil-88, 50m x 0,25mm. Temperatura da coluna de 160°C – 10min; temperatura do detector de 300°C e temperatura do injetor de 270°C, gás de arraste (He) – 1,00mL/min.

2.2.1.6. Tocoferóis - Frações do óleo foram analisadas em duplicatas num HPLC com detector por fluorescência de comprimento de onda de 290 a 330nm, por injeção direta do óleo diluído em hexano (50mg/mL). Foi utilizada uma coluna específica para separação de tocoferóis (Lichrosorb Si 60-5µm-Hibar RT 250-4 pre-packed), com a fase móvel composta de hexano/isopropanol (99/1), num fluxo de 1,1mL/min.

2.2.1.7. Teor de proteína bruta - Determinada pelo método de micro Kjeldahl, em três repetições na amostra triturada, segundo AOAC 955.04 (1995), utilizando-se fator de conversão de 6,25.

2.2.1.8. Atividade de água (Aa), pH, açúcares redutores e totais - A atividade de água foi obtida através de medida direta das amostras trituradas em aparelho digital AQUALAB - Decagon, modelo CX-2, sensibilidade 0,001 à temperatura ambiente. O pH foi determinado por medida direta das amostras trituradas em pHmetro. Os açúcares redutores e totais foram determinados de acordo com o recomendado pelas normas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

2.2.1.9. Teor de fibras - Determinadas de acordo com o método oficial da AOAC (1995).

2.2.1.10. Ácido ascórbico - Foi utilizado o método padrão da AOAC (1995), modificado por BENASSI & ANTUNES (1990), que substituíram a solução de extração padrão (ácido metafosfórico) por ácido oxálico. As diluições foram feitas diretamente em ácido oxálico a 1% e permaneceram sob agitação de 40rpm durante 15 minutos à temperatura de 4°C antes de se retirarem as alíquotas para as determinações.

2.2.2. Caracterização microbiológica das matérias-primas

2.2.2.1. Coliformes totais, coliformes a 45°C e *E. coli* - A determinação do número mais provável de coliformes totais (NMP/g) foi realizada através de teste presuntivo em caldo lactosado incubado a 35°C por 48 horas e de teste confirmativo em caldo bile verde brilhante, a 35°C por 48 horas. Em seguida, foi determinado o número mais provável de coliformes a 45°C (NMP/g) e *Escherichia coli* (EC) a 44,5°C por 24 horas.

2.2.2.2. Contagem de bolores, leveduras e *Staphylococcus aureus* - Foram realizadas conforme metodologia descrita no Manual de Métodos de Análises Microbiológicas de Alimentos (SILVA *et al.*, 2001) e no "Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods" (APHA, 2001).

2.2.2.3. *Salmonella sp.* - A determinação de *Salmonella* foi realizada empregando as etapas de pré-enriquecimento em caldo não seletivo (caldo lactosado) incubado a 35°C por 18-24 horas; enriquecimento em caldo seletivo (caldo tetracionato e caldo selenito-cistina) incubado a 35°C por 24 horas; plaqueamento diferencial em ágar *Salmonella-Shigella*, ágar verde brilhante e ágar entérico "Hektoen" incubados a 35°C por 24 horas. Colônias típicas de *Salmonella* de cada meio diferencial foram inoculadas, por picada e estria na rampa, em tubos inclinados contendo ágar lisina ferro e ágar tríplice açúcar ferro. Os tubos foram incubados a 35°C por 24 horas e avaliados quanto à ocorrência de reação típica de *Salmonella*. As colônias com reações típicas foram submetidas a testes bioquímicos e sorológicos para confirmação definitiva.

2.2.2.4. Análise de aflatoxinas - Foram realizadas análises de amostras das amêndoas de castanhas de caju para aflatoxinas B1, B2, G1 e G2 através do método de multitoxina que emprega cromatografia em camada delgada, conforme descrito por SOAREZ & RODRIGUEZ-AMAYA (1989).

2.2.3. Obtenção das principais matérias-primas

2.2.3.1. Obtenção das amêndoas de castanha de caju

Foram utilizadas amêndoas de castanha de caju beneficiadas na Fábrica-Escola do Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical em Pacajus-CE. As amêndoas foram estocadas em temperatura ambiente antes de serem transportadas e prensadas para obtenção da torta e do óleo no Departamento de Tecnologia de Alimentos da FEA-UNICAMP.

A amêndoa da castanha de caju foi obtida através das seguintes operações:

- a) **Preparo das castanhas:** Constou dos seguintes procedimentos: (1) colheita manual do caju, (2) descastanhamento ainda no campo empregando-se máquina de operação manual, seguida de (3) operação de seleção, eliminando-se matérias-estranhas, impurezas e cajuís (castanhas com diâmetro inferior a 15mm), (4) secagem ao sol por 36 horas e (5) calibragem.
- b) **Beneficiamento:** Na etapa de beneficiamento as castanhas foram: (1) autoclavadas por 20min à pressão de 2kgf/cm²; (2) decorticadas em máquinas de operação manual; (3) desidratadas em estufas com circulação forçada de ar até atingirem umidade de 3% (p.s.); (4) despeliculadas através de jatos de ar comprimido; (5) classificadas de acordo com as normas da Portaria do DECEX (1996) e (6) acondicionadas em sacos aluminizados com capacidade para 22,68kg de amêndoas.

2.2.3.2. Obtenção do óleo e da torta da amêndoa de castanha de caju

O óleo foi obtido por prensagem das amêndoas previamente trituradas, classificadas como xerém, material com granulometria entre 1/12 e 1/10 de polegada. Para facilitar a operação de prensagem, antes da extração, o material foi aquecido até 60°C em forno de microondas doméstico. Foi usada prensa do Departamento de Tecnologia de Alimentos da FEA, empregando-se força de 50Ton. Foram utilizadas bateladas de 3,5kg de xerém que produziram em média 720g de óleo por batelada, o que corresponde a um rendimento médio de extração

de 45,7%, considerando-se que a amêndoa da castanha de caju possui em média 45% de óleo. O fluxograma da Figura 2.1 ilustra o processo de obtenção do óleo e da torta da amêndoa de castanha de caju.

2.2.3.3. Obtenção da fibra e do suco concentrado do pedúnculo de caju

A obtenção da fibra e do suco de caju foi realizada na planta piloto do CNPAT. Foram utilizados pedúnculos de caju do clone CP 76 cultivados sob irrigação na Fazenda Uruanã da Companhia Industrial de Óleos do Nordeste-CIONE, no município de Chorozinho-CE.

A Fibra do pedúnculo de caju foi obtida a partir da extração do suco, após sucessivas lavagens e secagem em estufa com circulação de ar forçada a 60°C durante 12 horas, conforme fluxograma da Figura 2.2, que mostra, também, a produção do suco concentrado de caju. As principais etapas do processo são descritas a seguir:

1. *Descastanhamento*: A separação das castanhas foi realizada ainda no campo, empregando-se máquina de operação manual, de modo a evitar danos ao pedúnculo.
2. *Lavagem e seleção*: Após recepção e pesagem na planta piloto, os pedúnculos foram lavados em água corrente. Durante a operação foram eliminados os pedúnculos verdes, machucados, excessivamente maduros e estragados.
3. *Sanifização e lavagem*: Realizada a seleção, os pedúnculos foram sanitizados durante 30min em água contendo 50ppm de cloro livre e posteriormente foram enxaguados em água corrente.
4. *Prensagem*: Realizada em prensa tipo expeller. Na primeira prensagem empregou-se regulagem com pressão média para obtenção do suco com um mínimo de incorporação dos taninos da casca e da fibra do pseudofruto. Em seguida, a fibra foi prensada por mais duas vezes, empregando-se regulagem da prensa para alta pressão, com o objetivo de se retirar o máximo de umidade do material fibroso.

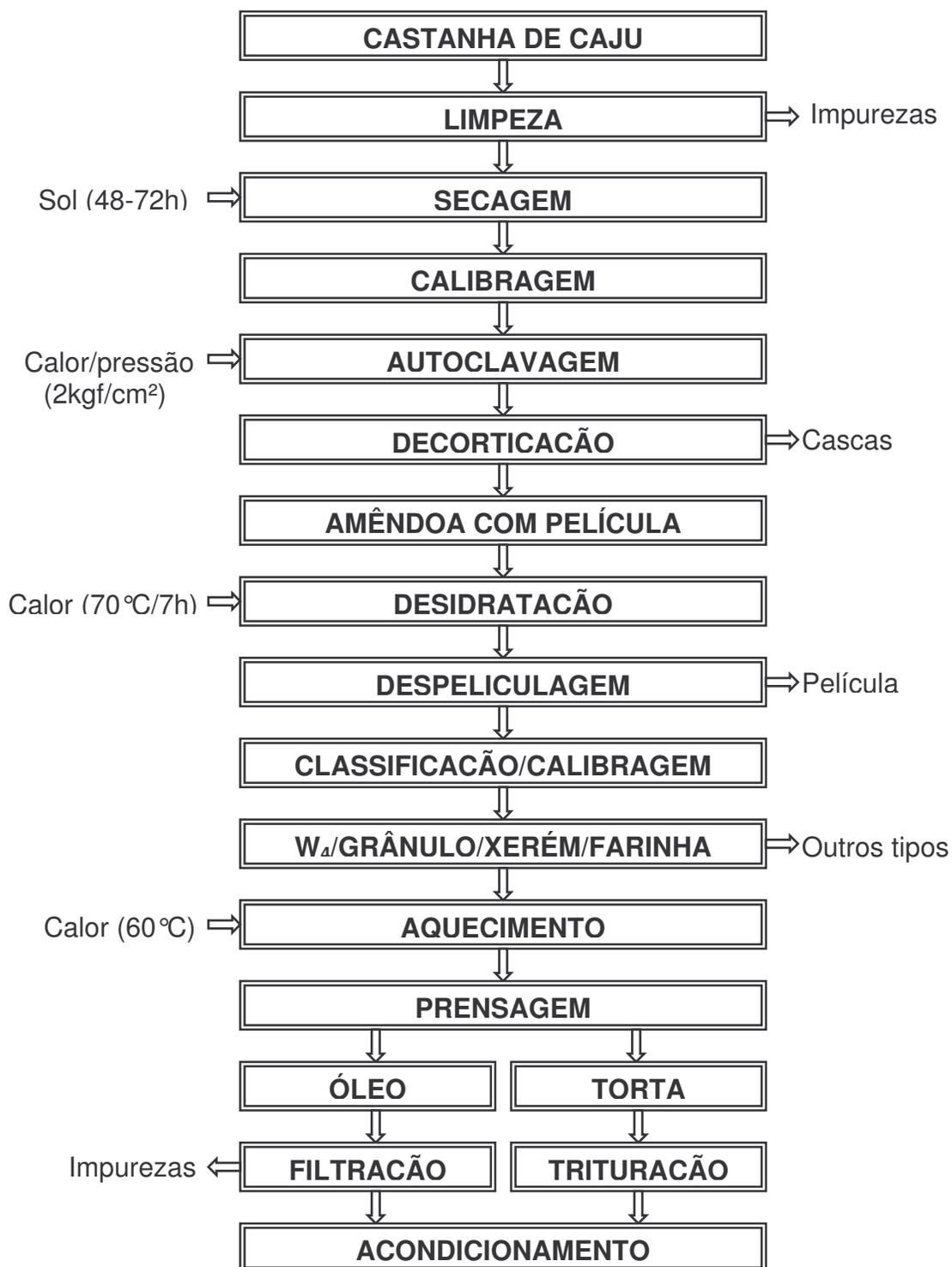


FIGURA 2.1. Fluxograma para a obtenção do óleo e da torta da amêndoa de castanha de caju.

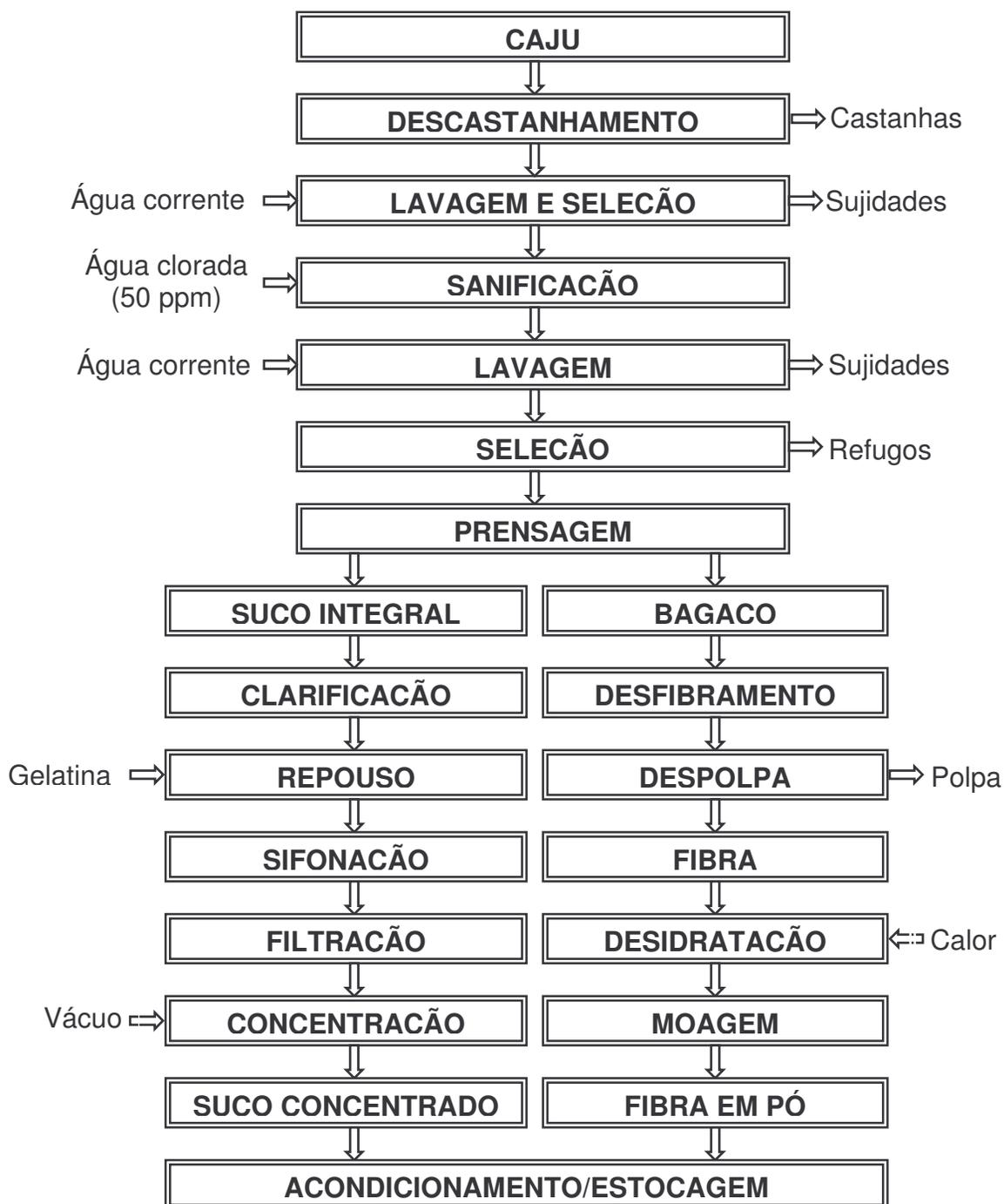


FIGURA 2.2. Fluxograma da produção do suco concentrado e da fibra do pedúnculo do caju.

5. *Clarificação do suco:* Empregou-se solução de gelatina comercial a 10% (p/v) em água para a remoção dos sólidos insolúveis - o material protéico da gelatina reage com os taninos do suco de caju formando o complexo químico insolúvel (proteína-tanino) que floccula e arrasta o material em suspensão, promovendo a decantação da polpa e a redução da adstringência do suco. A solução de gelatina foi adicionada ao suco de forma gradativa, seguida de agitação até que se visualizasse a formação de flocos (grandes grumos) no fundo do tanque, separados do sobrenadante límpido.
6. *Filtração:* após a decantação da polpa, o suco límpido foi sifonado para um outro tanque de aço inox, sendo levado por bombeamento para ser filtrado.
7. *Concentração:* O suco foi concentrado a vácuo (25polHg) à temperatura de 50°C até atingir uma concentração de sólidos solúveis de 65°Brix.
8. *Acondicionamento:* O suco concentrado foi acondicionado em bombonas plásticas e mantido sob refrigeração.

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1. Caracterização das matérias-primas

2.3.1.1. Amêndoa integral e torta da castanha de caju

Os resultados da composição química das amêndoas de castanha de caju (Tabela 2.1) são bastante semelhantes aos encontrados em outras publicações (SANTOS, 1988; LIMA, 1997 e MELO, 1998).

Verifica-se que as operações de aquecimento e prensagem das amêndoas, por promoverem a retirada de parte do óleo e da água das amêndoas, alteraram os conteúdos de proteínas, de cinzas, de umidade e de lipídeos na torta em relação à amêndoa integral. O valor médio da umidade da amêndoa foi de 3,29% contra 3,07% da torta. A perda de umidade foi de 6,68%. O teor de lipídeos totais foi reduzido de 46,64 para 26,57% que representa uma perda de 43,03%. Por outro lado, o resultado de proteína da torta (36,41%) teve um acréscimo de

32,71% em relação ao teor de proteína da amêndoa (24,50%), enquanto os valores de cinzas foram aumentados na torta em relação aos da amêndoa de 2,50 para 3,65% o que corresponde a um aumento de 31,51%.

TABELA 2.1. Composição química da amêndoa integral e da torta da amêndoa de castanha de caju.

Determinação	Amêndoa de Castanha de caju (%)	Torta da amêndoa de castanha de caju (%)
Umidade	3,29	3,07
Lipídeos totais	46,64	26,57
Proteínas (N x 6,25)	24,50	36,41
Cinzas	2,50	3,65

2.3.1.2. Óleo da amêndoa de castanha de caju

A Tabela 2.2 apresenta resultados das análises da fração lipídica da amêndoa de castanha de caju. Chama a atenção a boa estabilidade do óleo da amêndoa da castanha de caju (48 horas) sob condições de alta temperatura (110°C) e saturação de oxigênio. Esta estabilidade é típica de lipídeos com predominância de ácidos graxos saturados. No caso do óleo da amêndoa da castanha de caju, embora haja elevada percentagem de ácidos graxos insaturados (82,74%), predomina, conforme Tabela 2.3, o ácido oleico (60,30%) e o linoleico (21,53%). Estes ácidos apresentam maior estabilidade à oxidação quando comparados com o ácido linolênico que possui três duplas ligações. Isto pode explicar a alta estabilidade do óleo de amêndoa de castanha de caju obtida nesta pesquisa. Do ponto de vista nutricional a presença do ácido linoleico é favorável por ser considerado ácido graxo essencial (TAHIN, 1985). Quanto à análise de tocoferóis, encontrou-se teores totais de 10,58mg/100g de óleo (Tabela 2.2). Estes resultados corroboram os relatados por LIMA (1997) que encontrou valores de 10,19mg de tocoferóis totais por 100g de óleo em amêndoas fritas em óleo de soja.

TABELA 2.2. Características da fração lipídica da amêndoa de castanha de caju.

Determinações	Valores
Índice de acidez (% de ácido oleico)	0,8
Cor (Cor Lovibond)	vermelho-4,8; amarelo-35,8
Tocoferóis totais (mg/100g de óleo)	10,58
Índice de estabilidade – OSI (horas)	48
Índice de peróxido (meq/Kg)	0,8
Ácidos graxos saturados (%)	17,26
Ácidos graxos insaturados (%)	82,74

TABELA 2.3. Composição dos dos ácidos graxos do óleo da amêndoa de castanha de caju.

Ácidos graxos	(%)
Ácido palmítico (C16:0)	8,77
Ácido palmitoleico (C16:1)	0,42
Esteárico (C18:0)	7,92
Oleico (C18:1)	60,30
Linoleico (C18:2)	21,53
Linolênico (C18:3)	0,49
Ácido araquídico (C20:0)	0,57

2.3.1.3. Suco concentrado e fibra do pedúnculo do caju

A Tabela 2.4 apresenta os resultados das análises para caracterização do suco de caju. Verifica-se que o suco de caju concentrado a vácuo possui elevado teor de ácido ascórbico (966,13mg/100g de suco concentrado). Além da riqueza em ácido ascórbico, ressaltam-se também os elevados teores de açúcares redutores (66,52%). De acordo com AZEVEDO & RODRIGUES (2000), o suco de caju clarificado apresenta 1,45% de tanino; 0,48% de sacarose; 3,84% de ácido málico; 46,88% de glicose; 46,72% de frutose e 0,63% de ácido ascórbico. Isto demonstra que, além dos teores de ácido ascórbico, a concentração do suco de caju realizada neste trabalho manteve os teores relativos de açúcares redutores e

não redutores em relação ao suco de caju clarificado obtido por AZEVEDO & RODRIGUES (2000).

A Tabela 2.5 apresenta os teores de fibras solúveis, fibras insolúveis e fibra dietética total da amêndoa de castanha de caju e da fibra do pedúnculo de caju. Observa-se que os dois produtos são boas fontes de fibras, tanto solúveis como insolúveis. Deve-se salientar que os resultados da determinação de fibras da amêndoa de castanha de caju obtidos nesta pesquisa são bastante superiores aos valores de fibra bruta encontrados por outros autores em pesquisas anteriores. Conforme SANCHEZ-CASTILLO *et al.* (1994) o método químico-gravimétrico que estima o valor da fibra bruta, baseado na medida do resíduo após digestão *in vitro* com ácido e álcali, está sendo considerado obsoleto, porque subestima em 3 a 5 vezes o valor real da fibra alimentar. De acordo com CARUSO *et al.* (1999) a análise da fibra através do método detergente, baseado na utilização de um detergente ácido e outro neutro, também apresenta limitações, pois não estima a fração fibra solúvel (pectinas e gomas). SANGRONIS & REBOLLEDO (1993), estudando a composição em fibras de diferentes cereais e produtos derivados dos seus processamentos, encontraram elevada correlação ($r^2=0,98$) entre os teores de fibra insolúvel obtidos através do método Fibra Detergente Neutro (FDN), e de fibra dietética insolúvel (FDI) determinada por métodos enzimicos-gravimétricos, a exemplo do desenvolvido por PROSKY *et al.* (1988). Apesar da elevada correlação encontrada nesta pesquisa, os autores concluem que a determinação de fibra insolúvel pelo método Fibra Detergente Neutro (FDN) subestima os valores de fibra dietética insolúvel (FDI), determinados segundo a metodologia oficial (AACC REPORT, 2001).

TABELA 2.4. Caracterização do suco de caju concentrado a vácuo.

Determinações	Valores
Ácido ascórbico (mg/100g de suco)	966,13±1,85
Açúcares não redutores (%)	1,92±0,53
Açúcares redutores (%)	66,52±0,36
Açúcares totais (%)	68,48±0,17
PH	4,13±0,01
Atividade de água (Aa)	0,787±0,002
Acidez (g de ácido cítrico/100g de suco)	1,21±0,006

TABELA 2.5. Composição em (%) de fibras dietéticas da torta da amêndoa de castanha de caju e da fibra do pedúnculo de caju.

Determinação	Torta da amêndoa de castanha de caju	Fibra do Pedúnculo de caju
Fibra dietética solúvel (FDS)	2,58	13,25
Fibra dietética insolúvel (FDI)	5,29	47,96
Fibra dietética total (FDT)	7,87	61,21

A Tabela 2.6 apresenta a caracterização microbiológica das principais matérias-primas a serem empregadas na formulação das barras de caju. Confrontando-se os resultados de contagem microbiológica das matérias-primas com os da Tabela 2.7, verifica-se que os valores de UFC/g e NMP/g para os grupos de microorganismos investigados são todos inferiores ao limite máximo permitido pela legislação brasileira (BRASIL, 2003). Assim, o resultado da estabilidade microbiológica indicou boas condições higiênico-sanitárias das matérias-primas analisadas.

TABELA 2.6. Caracterização microbiológica das matérias-primas e material de embalagem empregadas na elaboração das barras de caju.

Amostras (ingredientes e embalagem)	Coliformes totais (NMP/g)	Coliformes (a 45°C) (NMP/g)	<i>E. coli</i> (NMP/g)	<i>Salmonella</i> sp (em 25g)	<i>S. aureus</i> (UFC/g)	Bolores e leved. (UFC/g)
Flocos de arroz	< 3	< 3	< 3	Ausência	3,96x10 ²	1,0x10 ¹
Amêndoa	< 3	< 3	< 3	Ausência	< 100	< 100
Mel de caju	< 3	< 3	< 3	-	< 100	< 100
Mel de abelha	< 3	< 3	< 3	Ausência	< 100	< 100
Fibra de caju	< 3	< 3	< 3	Ausência	< 100	< 100
Caju (solar)	< 3	< 3	< 3	-	6,93x10 ²	1,0x10 ¹
Caju (liofiliz.)	< 3	< 3	< 3	Ausência	< 100	< 100
Caju (desid.)	< 3	< 3	< 3	Ausência	< 100	< 100
Açúcar masc.	< 3	< 3	< 3	Ausência	< 100	< 100
Embalagem	< 3	< 3	< 3	-	< 100	1,0x10 ¹

TABELA 2.7. Grupos de microorganismos investigados e seus limites máximos.

Produtos	Coliformes fecais (NMP/g)	<i>Salmonella</i> sp (em 25g)	<i>Bacillus cereus</i> (UFC/g)	Bolores e leveduras (UFC/g)
Frutas secas/desidratadas/liofilizadas	10	ausente	*	2x10 ³
Açúcar mascavo	5x10 ²	ausente	*	*
Nozes, amêndoas e similares	10 ³	ausente	*	*

Fonte: BRASIL (2003) *não especificadas.

2.4. CONCLUSÕES

A pesquisa permitiu concluir que as matérias-primas (ingredientes) analisadas apresentam elevado potencial para a elaboração de diferentes produtos alimentícios (formulações de barras de cereais) em virtude da diversidade e riqueza na composição química de seus componentes originários da castanha e do pseudofruto do caju, visto que:

1. O suco de caju concentrado a vácuo (50 °C) apresentou elevado teor de ácido ascórbico (966,13mg/100g de suco concentrado);
2. A Fibra de caju é boa fonte de fibra alimentar (61,21%);
3. O óleo da amêndoa de castanha de caju apresentou elevada estabilidade à oxidação;
4. A torta de amêndoa de castanha de caju apresentou 36,41% de proteínas, 26,57% de lipídeos totais e 7,86% de fibra alimentar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC REPORT. The definition of dietary fiber. **Cereal Foods World**, v.46, n.3, p.112-129, Mar., 2001.
- AOAC-Association of Official Analytical Chemists: **Official Methods of Analysis**. 16. ed. Washington: AOAC, 1995. 937p.
- AOCS-American Oil Chemists' Society. **Official methods and recommended practices**. 4. Ed., Champaign: AOCS, 1990.
- APHA. DOWNES, F.P.; ITO, K. [ed.]. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. 4.ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2001. 676p.
- BENASSI, M.T.; ANTUNES, A.J. A comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.31, n.4, p.507-513, 1988.
- BRASIL, Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Dispõe sobre os princípios gerais para o estabelecimento de critérios e padrões microbiológicos para alimentos. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)**. Disponível em: <<http://www.vigilanciasanitaria.gov.br/anvisa.html>>. Acesso em: 20 ago. 2003.

CARUSO, L.; LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. de Modelos esquemáticos para avaliação da qualidade analítica dos dados nacionais de fibra alimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.3, p.406-412, set./dez. 1999.

DEPARTAMENTO DE OPERAÇÕES DE COMÉRCIO EXTERIOR. Portaria MICT Nº 105 de 26 de abril de 1996. **Aprovar as normas gerais para padronização, classificação e fiscalização da castanha de caju beneficiada (*Anacardium occidentale* L.)**. Rio de Janeiro, 1996.

GARRUTI, D. dos S. **Composição de voláteis e qualidade de aroma do vinho de caju**. Campinas, 2001. 218p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, 1985. 533p.

LIMA, J.R. **Avaliação de amêndoas de castanha de caju (*Anacardium occidentale*) fritas e salgadas acondicionadas em embalagens flexíveis de diferentes propriedades de barreira**. Campinas, 1997. 118p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos)- Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

MAIA, G.A.; MONTEIRO, J.C.S.; GUIMARAES, A.C.L. Physico-chemical and chemical stability of high pulp cashew apple juice. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.1, p.43-46, Jan./Apr. 2001.

MELO, M.L.P., MAIA, G.A., SILVA, A.P.V. Caracterização físico-química da amêndoa da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) crua e tostada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.2, p.184-187, Maio/Jul. 1998.

PARENTE, J.I.G.; PESSOA, P.F.A.P.; NAMEKATA, Y. **Diretrizes para recuperação da Cajucultura no Nordeste**. Documento nº 04, EMBRAPA. Março, 1991.

PROSKY, L.; ASP, N.G.; SCHWEIZER, T.F.; DEVRIES, J.W.; FURDA, I. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in food products: inter laboratory study. **J. Assoc. Off. Anal. Chem.**, v.71, n.5, p.1017-1023, 1988.

SANCHEZ-CASTILLO, C.P.S.; DEWEY, P.J.S.; BOURGES, H.; JAMES, W.P.T. Dietary fibre, what it is and how it is measured. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v.44, n.2, p.68-75, 1994.

SANGRONIS, E.; REBOLLEDO, M.A. Fibra dietética soluble, insoluble y total en cereales, productos derivados de su procesamiento y en productos comerciales a base de cereales. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v.43, n.3, p.258-263, 1993.

SANTOS, V.P.M. **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Banco do Nordeste do Brasil S.A., cap.2, 1988, p.43-61.

SAUNDERS, L.C.; OLIVEIRA, V.H. de; PARENTE, J.I.G. **Irrigação em cajueiro anão precoce**. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1995. 28p. (Embrapa-CNPAT. Documentos, 16).

SILVA, N. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos**. 2^a ed. Livraria Varela. São Paulo, 2001. 229p.

SOAREZ, L.M.V.; RODRIGUES-AMAYA, D.B. Survey of aflatoxins, ochratoxin A, zearalenone, and sterigmatocystin in some brazilian foods by using multitoxin thin-layer chromatography method. **Journal of Association of Official Analytical Chemistry**, Arlington, v.72, n.1, p.22-26, jan./fev. 1989.

CAPÍTULO 3

EFEITO DE DIFERENTES FATORES NA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA À PRESSÃO ATMOSFÉRICA DE PEDÚNCULO DE CAJU EMPREGANDO- SE SUCO DE CAJU CONCENTRADO COMO AGENTE OSMÓTICO

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de contribuir para reduzir o desperdício do pedúnculo de caju na região Nordeste do Brasil. Atualmente não se aproveita mais que 6% da produção anual, estimada em 1 bilhão de kg. A pesquisa consistiu na desidratação osmótica à pressão ambiente de rodela de pedúnculos de caju, usando-se como agente osmótico suco de caju concentrado a vácuo. Foi utilizado 0,02% de metabisulfito de sódio como agente antioxidante. Empregou-se pedúnculo de caju do Clone CCP76. Foram testados os fatores tempo (90; 112; 165; 218 e 240min), temperatura (30; 35; 40; 45 e 50°C) e concentração do suco de caju (55; 60; 65; 70 e 75°Brix). Verificou-se aumento da perda de peso, perda de umidade, sólidos totais e incorporação de sólidos com a elevação dos níveis das variáveis independentes.

Palavras chave: caju, pedúnculo, desidratação osmótica.

ABSTRACT

The objective of this research was to contribute to a reduction in the misuse of cashew apple in Northeast on Brazil. Today less than 6% of the 1 billion kg annual production is used. This research consisted of an osmotic dehydration at ambient pressure of cashew apple discs using concentrated cashew apple juice. The antioxidant used was 0.02% sodium metabisulphite. The parameters tested were time (90, 112, 165 and 218 e 240min), temperature (30; 35; 40; 45 and 50 °C) and cashew apple juice concentration (55, 60, 65, 70 and 75 °Brix). An increase in the levels of the variables was followed by increases in weight loss, moisture loss, total solids and solids incorporation.

Key words: cashew, cashew apple, osmotic dehydration.

• Nomenclatura

Abreviaturas	Descrições
<i>U</i>	Umidade
<i>ST</i>	Sólidos totais
<i>PP</i>	Perda de peso
<i>PU</i>	Perda de umidade
<i>IS</i>	Incorporação de sólidos
<i>M_i</i>	Massa total inicial do material
<i>M_f</i>	Massa total final do material
<i>ST_f</i>	Teor final de sólidos totais (%)
<i>ST_i</i>	Teor inicial de sólidos totais (%)
<i>U_f</i>	Teor final de umidade (%)
<i>U_i</i>	Teor inicial de umidade (%)
<i>°Brix</i>	teor de sólidos solúveis
<i>pH</i>	Potencial hidrogeniônico
<i>Aa</i>	Atividade de água
<i>t</i>	Tempo
<i>T (°C)</i>	Temperatura em graus celsius
<i>CCP76</i>	Clone de Cajueiro de Pacajus
<i>Min</i>	Minutos
<i>R</i>	Coeficiente de correlação
<i>R²</i>	Coeficiente de determinação
<i>p.s</i>	Peso seco
<i>rpm</i>	Rotações por minuto
<i>ppm</i>	Parte por milhão

3.1. INTRODUÇÃO

A pré-concentração por osmose é usada não somente para diminuir o tempo de secagem, mas também para conferir maior qualidade ao produto. Algumas das vantagens de se utilizar a desidratação osmótica como pré-tratamento comparada ao processo convencional de secagem são a otimização no uso de energia térmica, capacidade de conferir à fruta maior qualidade de textura, proporcionar maior retenção das vitaminas, intensificação do sabor e estabilidade na cor (KARATHANOS *et al.*, 1995; SABLANI & RAHMAN, 2003).

Na desidratação osmótica, os processos que ocorrem inicialmente são a remoção de água devido à diferença na pressão osmótica e a difusão de solutos devida aos gradientes de concentração (MIZRAHI *et al.*, 2001).

A velocidade e o grau de remoção de água de um material e as mudanças na sua composição química dependem do tipo de substância osmótica usada, do tipo e tamanho da matéria-prima, assim como da proporção entre material e solução osmótica, temperatura, tempo de desidratação e tipo de equipamento (KOWALSKA & LENART, 2001).

Diversos autores têm estudado o efeito destas variáveis sobre a cinética de desidratação osmótica, os quais mais comumente utilizaram soluções concentradas de sacarose (40–70º Brix) (SHI & FITO, 1993; RASTOGI *et al.*, 1997; MAEDA & LORETO, 1998; SABLANI & RAHMAN, 2003).

O presente trabalho teve como objetivo estudar a influência das variáveis tempo, temperatura e concentração do suco de caju clarificado e concentrado a vácuo na desidratação osmótica do pedúnculo de caju.

3.2. METODOLOGIA

3.2.1. Matéria-prima

Pedúnculos selecionados de cajueiro anão precoce do clone CCP76 provenientes do Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, no município de Pacajus-CE, foram recebidos, lavados por imersão durante 10min em água clorada (50ppm) e selecionados manualmente, eliminando-se os frutos verdes, muito maduros, injuriados e os deteriorados.

3.2.2. Agente osmótico

Suco de caju clarificado e concentrado a vácuo (55; 60; 65; 70 e 75°Brix) na proporção xarope:fruto de 4:1.

3.2.3. Equipamentos

1. Balança analítica;
2. Refratômetro, Carl Zeiss Jena, com correção de temperatura;
3. Estufa a vácuo, VWR Scientific, modelo 1400E;
4. Dessecador com material absorvente de umidade;
5. pHmetros, micronal, modelos: B374 e B474;
6. Medidor de atividade de água, Aqualab, modelo CX-2 Decagon;
7. Espectrofotômetro para cor, Hunter Lab, modelo Color Quest II;
8. Desidratador à pressão ambiente constituído de um tanque de polipropileno de 8L, bomba peristáltica (Cole Parmer Instrument Co, catálogo N° 7553-20) sistema de aquecimento e medidor de temperatura;
9. Tacho cozedor com medidores de pressão e temperatura, bomba de vácuo e sistema de aquecimento com capacidade para 16 litros. Modelo JAA-180.

3.2.4. Processamento

O processamento foi realizado através das seguintes etapas:

1. Extração, clarificação e concentração a vácuo do suco de caju até as concentrações de 55; 60; 65; 70 e 75°Brix; empregando-se o equipamento descrito no último parágrafo (9) do item 3.2.3.
2. Descastanhamento e corte transversal do pedúnculo em rodela de aproximadamente 1cm de espessura, eliminando-se as duas extremidades do pseudofruto, com o fim de homogeneizar o material.
3. Pesagem das rodela a serem desidratados e transferência para o desidratador.
4. Pesagem do xarope, adição de 0,02% de metabissulfito de sódio e transferência para o desidratador.
5. Concluído o processo de desidratação, as amostras foram lavadas com 2 litros de água corrente, espalhadas sobre papel absorvente por 10 minutos e pesadas.

3.2.5. Métodos analíticos

3.2.5.1. Ácido ascórbico

Empregou-se o método descrito pela AOAC (1994), usando-se ácido oxálico em substituição ao ácido metafosfórico, conforme QUERIDO (1999). As diluições foram feitas diretamente em ácido oxálico a 1% e permaneceram sob agitação de 40rpm durante 15 minutos à temperatura de 4°C antes de se retirarem as alíquotas para as determinações.

3.2.5.2. Sólidos totais

Determinados por adaptação do método 925.45 da AOAC (1994). Realizou-se secagem das amostras em estufa com circulação de ar aquecido a 40°C por 16 horas, transferência para estufa a vácuo a 70°C por 4 horas e posterior pesagem a cada 1 hora até se atingir peso constante.

3.2.5.3. °Brix

O °Brix foi determinado mediante leitura em refratômetro da amostra triturada.

3.2.5.4. Atividade de água, pH, Açúcares redutores e não redutores

A atividade de água foi obtida através de medida direta das amostras trituradas em instrumento Aqualab. O pH foi determinado por medida direta das amostras trituradas em pHmetro. Os açúcares foram determinados de acordo com o recomendado pelas normas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Os açúcares redutores foram determinados pelo método do ácido dinitrosalicílico-DNS. Foi realizada inversão ácida prévia nos extratos das amostras e a partir de então foram determinados os açúcares não-redutores pelo método do ácido dinitrosalicílico–DNS.

3.2.6. Delineamento Experimental

Foi utilizado delineamento composto rotacional central, baseado na Metodologia de Superfície de Resposta (BARROS NETO *et al*, 1995). As variáveis dependentes foram: incorporação de sólidos (IS), perda de peso (PP), perda de umidade (PU), sólidos totais (ST) e umidade (U). As variáveis independentes foram: concentração da solução osmótica; temperatura e tempo. Foram realizados 18 ensaios, cujas condições (níveis codificados e decodificados) de cada variável apresentam-se na Tabela 3.1. A escolha das faixas experimentais utilizadas baseou-se em resultados obtidos a partir de dados da literatura (QUERIDO, 1999).

O modelo proposto foi ajustado verificando-se a significância estatística a $p \leq 0,05$ para cada um dos parâmetros (lineares, quadráticos e interações). Pela análise de variância (ANOVA) observou-se a significância da regressão e da falta de ajuste do modelo através do teste F e do coeficiente de determinação (R^2).

O modelo foi considerado preditivo quando apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e valor do coeficiente de determinação (R^2) superior a

0,85. O coeficiente de determinação (R^2) indica a magnitude de ajuste do modelo e quanto maior o valor (mais próximo de 1 ou 100%) melhor terá sido o seu ajuste, pois maior será, conseqüentemente, a correlação (R) entre as respostas observadas e os valores previstos pelo modelo.

Na otimização do processo de desidratação osmótica objetiva-se, simultaneamente, maximizar a perda de peso e a perda de umidade e minimizar a incorporação de sólidos. Entretanto, como estas variáveis tendem a apresentar correlação positiva, ou seja, ao se aumentarem as perdas de peso e umidade no processo, tende-se a obter resultados mais elevados de incorporação de sólidos e, por sua vez, baixos valores de incorporação de sólidos implicam, também, em baixas percentagens de perdas de peso e umidade, procurou-se, no trabalho, a obtenção de valores para as duas variáveis numa faixa experimental ótima. Deste modo, pré-estabeleceu-se o limite máximo para incorporação de sólidos no patamar de 10%, que permitiria, de acordo com a literatura consultada, que fossem atingidos valores entre 30 e 50 % de perda de peso do material (RAOULT-WACK, 1994; VIDEV *et al.*, 1990).

3.2.6.1. Fórmulas

Determinações	Fórmulas
Perda de peso (PP)	$PP (\%) = 100 \times \left(1 - \frac{m_f}{m_i} \right)$
Incorporação de sólidos (IS)	$IS (\%) = 100 \times \left(\frac{ST_f m_f - ST_i m_i}{ST_i m_i} \right)$
Perda de umidade (PU)	$PU (\%) = 100 \times \left(\frac{U_i m_i - U_f m_f}{U_i m_i} \right)$

TABELA 3.1. Níveis codificados e decodificados das variáveis empregadas no ensaio.

Ensaio	Codificados			Decodificados		
	°Brix	Temperatura (°C)	Tempo (min)	°Brix	Temperatura (°C)	Tempo (min)
1	-1	-1	-1	60	35	112
2	-1	-1	+1	60	35	218
3	-1	+1	-1	60	45	112
4	-1	+1	+1	60	45	218
5	+1	-1	-1	70	35	112
6	+1	-1	+1	70	35	218
7	+1	+1	-1	70	45	112
8	+1	+1	+	70	45	218
9	0	0	-1,68	65	40	90
10	0	0	+1,68	65	40	240
11	0	-1,68	0	65	30	165
12	0	+1,68	0	65	50	165
13	-1,68	0	0	55	40	165
14	+1,68	0	0	75	40	165
15	0	0	0	65	40	165
16	0	0	0	65	40	165
17	0	0	0	65	40	165
18	0	0	0	65	40	165

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Desenvolvimento dos modelos experimentais

As respostas experimentais dos tratamentos estão apresentadas na Tabela 3.2. A partir dessas determinações foram obtidos os gráficos de contornos que constituiram o ponto de partida para o estabelecimento dos critérios utilizados para a otimização dos modelos.

TABELA 3.2. Valores de sólidos totais, umidade, perda de peso, perda de umidade e incorporação de sólidos obtidos em ensaio de desidratação osmótica à pressão ambiente.

Ensaio	Determinações				
	ST (%)	U (%)	PP (%)	PU (%)	IS (%)
01	16,6	83,4	18,95	22,90	3,25
02	18,6	81,4	28,32	32,54	9,34
03	18,0	82,0	24,03	28,35	7,23
04	23,0	77,0	38,52	43,25	10,32
05	17,5	82,5	22,35	25,98	4,89
06	22,1	77,9	32,54	36,25	10,35
07	18,7	81,3	26,54	32,54	6,38
08	23,0	77,0	40,21	44,25	11,91
09	16,9	81,3	19,25	24,54	6,21
10	23,5	76,5	36,50	42,39	12,65
11	18,7	81,3	21,57	25,02	5,99
12	24,4	75,6	34,28	40,04	12,58
13	16,2	83,8	20,01	24,54	6,25
14	17,5	82,5	26,35	28,37	8,94
15	18,8	81,2	29,20	34,25	6,35
16	19,5	80,5	28,80	34,18	7,73
17	19,8	80,2	27,80	33,12	6,84
18	20,5	79,5	27,50	35,50	6,58

3.3.1.1. Perda de Peso (PP)

Os efeitos lineares, quadráticos e das interações entre os fatores, tempo, temperatura e concentração da solução osmótica na perda de peso das rodelas de pedúnculo de caju submetidos à desidratação osmótica são apresentados na Tabela 3.3.

Os valores dos efeitos estimados expressam a importância de cada fator na variável dependente estudada. Neste caso, verifica-se que os efeitos lineares e quadráticos da concentração da solução osmótica, assim como os efeitos lineares do tempo e da temperatura e a interação entre estes dois fatores apresentaram significância estatística na perda de peso ($p \leq 0,05$). Isto significa

que o aumento em qualquer um destes fatores promove mudança na perda de peso, sendo o tempo o fator que apresentou maior influência no crescimento desta variável. Por outro lado, a concentração da solução osmótica apresentou efeito quadrático negativo na perda de peso.

Após a eliminação dos fatores não significativos, elaborou-se a análise de variância para se verificar, através do teste F, a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 95% de confiança. A análise de variância dos dados (Tabela 3.4) apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança ($F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$) e falta de ajuste não significativa ($F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$) no mesmo nível de confiança. Observa-se que o modelo ajustado representa bem o comportamento da perda de peso dentro da faixa experimental estudada.

O coeficiente de determinação (R^2) para o modelo ajustado foi de 0,9508 indicando que a regressão explicou 95,08% da variação dos dados observados. O modelo ajustado para perda de peso no processo de desidratação osmótica foi considerado preditivo, pois apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança e R^2 superior a 0,85 (Tabela 3.5).

As superfícies de resposta e de contorno geradas pelo modelo encontram-se na Figura 3.1. Percebe-se, pela análise dos gráficos a influência da variável tempo na perda de peso das rodela de pedúnculo de caju. Estes resultados estão de acordo com diversos autores que observaram uma relação direta do tempo de tratamento osmótico com a redução em peso do material (GARROTE *et al.*, 1992).

Os gráficos 1c e 1d (Figura 3.1) mostram a influência da concentração da solução osmótica na perda de peso das rodela de pedúnculo de caju. O efeito quadrático negativo da concentração da solução osmótica responde pela formação côncava nas superfícies de resposta Brix*tempo e Brix*temperatura nos gráficos 1d e 1f (Figura 3.1). Verificou-se crescimento da perda de peso com o aumento da concentração da solução osmótica, observando-se decréscimo desta variável somente nas concentrações mais elevadas (após $\pm 70^\circ\text{C}$). Estes resultados estão de acordo com MAEDA & LORETO (1998) os quais estabeleceram que o aumento da concentração da solução osmótica leva a uma

redução do tempo necessário para atingir-se um determinado nível de desidratação. A perda de peso foi representada matematicamente pela equação 1 (Tabela 3.5).

TABELA 3.3. Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística (p) para cada fator no modelo codificado para perda de peso de rodela de pedúnculos de caju no processo de desidratação osmótica à pressão ambiente.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)
°Brix (L)*	3,29374	0,436239	0,004817
°Brix (Q) *	-2,45790	0,453752	0,012341
Temperatura (L) *	7,10788	0,436239	0,000503
Temperatura (Q)	0,90449	0,453752	0,140227
Tempo (L) *	11,24238	0,436239	0,000128
Tempo (Q)	0,86906	0,453752	0,151340
°Brix*Temp. (L)	-0,85500	0,569722	0,230408
°Brix*Tempo (L)	0,00001	0,569722	1,000000
Temp.*Tempo (L) *	2,15000	0,569722	0,032582

#Fatores seguidos de asterisco são significativos a $p \leq 0,05$.

TABELA 3.4. Análise de variância dos dados de perda de peso no processo de desidratação osmótica à temperatura ambiente.

Fontes de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média Quadrática	F (calculado)	F** (tabelado)
Regressão*	675,6862	5	135,1372	46,42	3,11
Resíduo	34,9372	(12)	2,9114	-	-
Falta de ajuste	32,9897	9	3,6655	5,65	8,81
Erro puro	1,9475	3	0,6492	-	-
Total	710,6234	17	-	-	-

#Fontes de variação seguidas de um asterisco são significativas a $p \leq 0,05$

**Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$.

TABELA 3.5. Equações de regressão dos modelos decodificados para perda de peso, incorporação de sólidos, perda de umidade e sólidos totais na desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.

Regressão	R ²
$PP (\%) = -205,589 + 6,3504B - 4,65 \cdot 10^{-2}B^2 - 1,23 \cdot 10^{-2}T - 4,89 \cdot 10^{-2}t + 4,1 \cdot 10^{-3}Tt$	0,9508 (1)
$IS (\%) = 20,7443 + 10,96 \cdot 10^{-2}B - 1,2758 \cdot T + 1,93 \cdot 10^{-2}T^2 - 5,4 \cdot 10^{-2}t + 3,0 \cdot 10^{-4}t^2$	0,9188 (2)
$PU (\%) = -287,405 + 8,7766B - 6,56 \cdot 10^{-2}B^2 + 23,8 \cdot 10^{-2}T - 1,36 \cdot 10^{-2}t + 3,2 \cdot 10^{-3}Tt$	0,9573 (3)
$ST (\%) = -99,326 + 3,9342B - 2,95 \cdot 10^{-2}B^2 - 1,1569T + 1,75 \cdot 10^{-2}T^2 + 3,97 \cdot 10^{-2}t$	0,8897 (4)

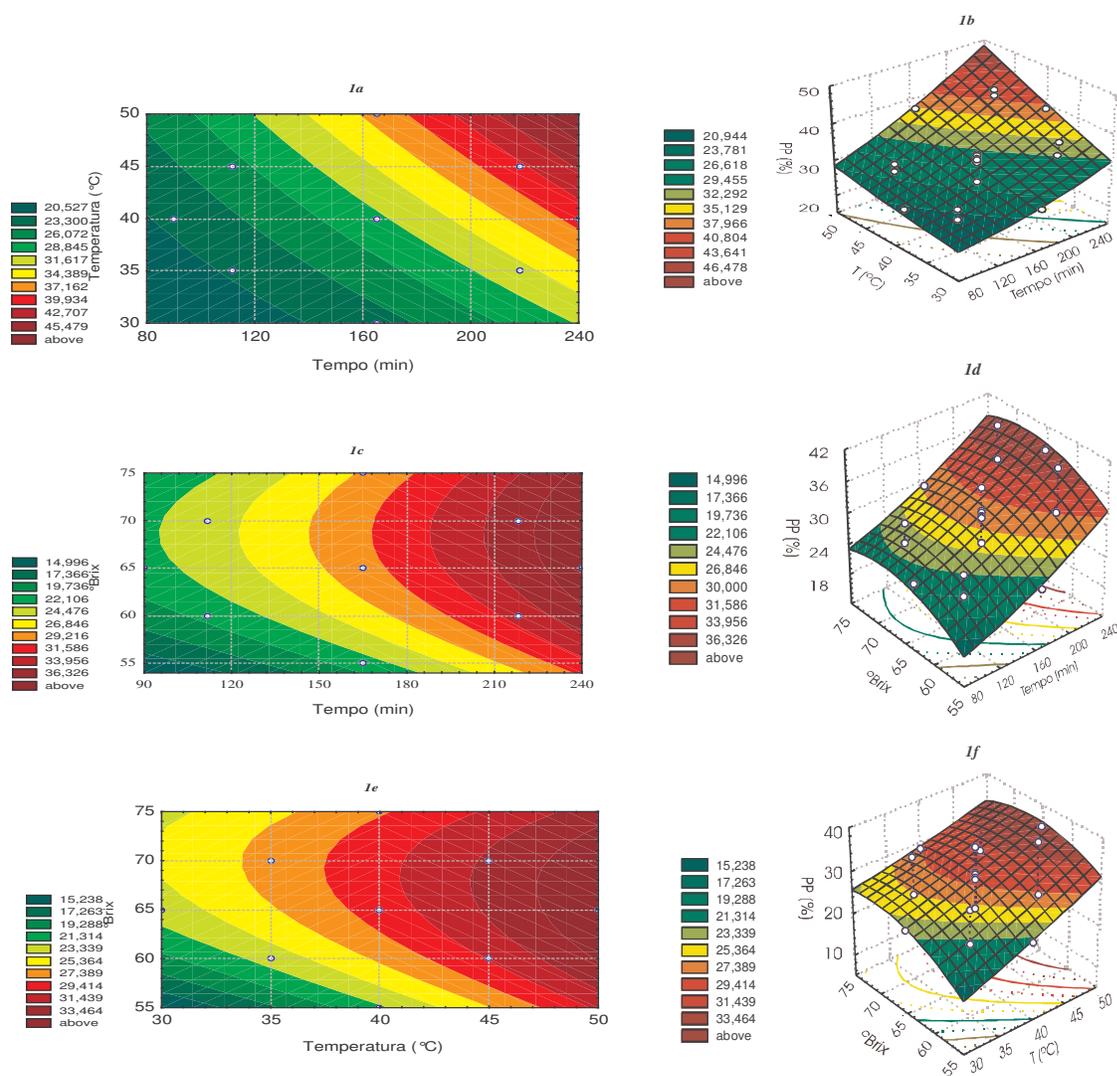


FIGURA 3.1. Curvas de contorno e superfícies de resposta para perda de peso no processo de desidratação osmótica de rodela de pedúnculo de caju. Gráficos da temperatura*tempo (1a e 1b); Brix*tempo (1c e 1d) e Brix*temperatura (1e e 1f).

3.3.1.2. Incorporação de sólidos (IS)

Verifica-se na Tabela 3.6 que, à exceção do parâmetro Brix quadrático e das interações entre os componentes lineares, todos os demais fatores

apresentaram efeito positivo e significativo na incorporação de sólidos das rodelas de pedúnculo de caju. Isto significa que o aumento dos níveis destes fatores provoca crescimento na incorporação de sólidos. A análise de variância dos dados (Tabela 3.7) apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança ($F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$) e falta de ajuste não significativa ($F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$) no mesmo nível de confiança.

Observa-se que o modelo ajustado reflete bem o comportamento da incorporação de sólidos na faixa experimental estudada com $R^2 = 0,9188$ indicando que o modelo explicou 91,88% da variação dos dados observados (Tabela 3.5). Assim, o modelo ajustado para incorporação de sólidos é considerado preditivo, pois apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e R^2 superior a 0,85.

Na Figura 3.2 mostram-se as superfícies de resposta e de contorno da incorporação de sólidos das rodelas de pedúnculo de caju. São expressivos os efeitos das variáveis tempo e temperatura no aumento da incorporação de sólidos. Observa-se elevação da inclinação das faixas de contorno com o aumento do tempo de processamento, ratificando a influência do efeito quadrático da variável independente tempo no crescimento da incorporação de sólidos das rodelas de pedúnculo de caju. Verifica-se crescimento da incorporação de sólidos com o aumento da temperatura e/ou do tempo de desidratação, ou seja, pode-se observar que, para um dado tempo de processamento, obtêm-se maiores valores de incorporação de sólidos, à medida que se eleva a temperatura da operação de desidratação. Do mesmo modo, ao se fixar uma temperatura de processamento, têm-se crescimento da incorporação de sólidos, com o aumento do tempo de processamento. O aumento na incorporação de sólidos com o aumento do tempo e da temperatura de processamento foi observado por RAOULT-WACK (1994). QUERIDO (1999) atribuiu o aumento da incorporação de sólidos ao rompimento das membranas celulares de pedúnculos de caju provocado pelo aumento do tempo e da temperatura de processamento até 50 °C.

TABELA 3.6. Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (p) para cada fator no modelo codificado para incorporação de sólidos de rodela de pedúnculos de caju no processo de desidratação osmótica à pressão ambiente.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)
°Brix (L)*	1,159299	0,327094	0,038248
°Brix (Q)	0,105543	0,340226	0,776700
Temperatura (L)*	2,796846	0,327094	0,003361
Temperatura (Q)*	1,303105	0,340226	0,031358
Tempo (L)*	4,542273	0,327094	0,000808
Tempo (Q)*	1,405855	0,340226	0,025716
°Brix*Temp. (L)	-0,477500	0,427181	0,345103
°Brix*Tempo (L)	0,452500	0,427181	0,367213
Temp.*Tempo (L)	-0,732500	0,427181	0,184905

#Fatores seguidos de asterisco são significativos a $p \leq 0,05$.

TABELA 3.7. Análise de variância dos dados de incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica à temperatura ambiente.

Fontes de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média Quadrática	F (calculado)	F** (tabelado)
Regressão*	113,3709	5	22,6742	23,19	3,11
Resíduo	11,7318	(12)	0,9776	-	-
Falta de ajuste	10,6369	9	1,1818	3,24	8,81
Erro puro	1,0949	3	0,3649	-	-
Total	123,3847	17	-	-	-

#Fontes de variação seguidas de um asterisco são significativas a $p \leq 0,05$

**Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$.

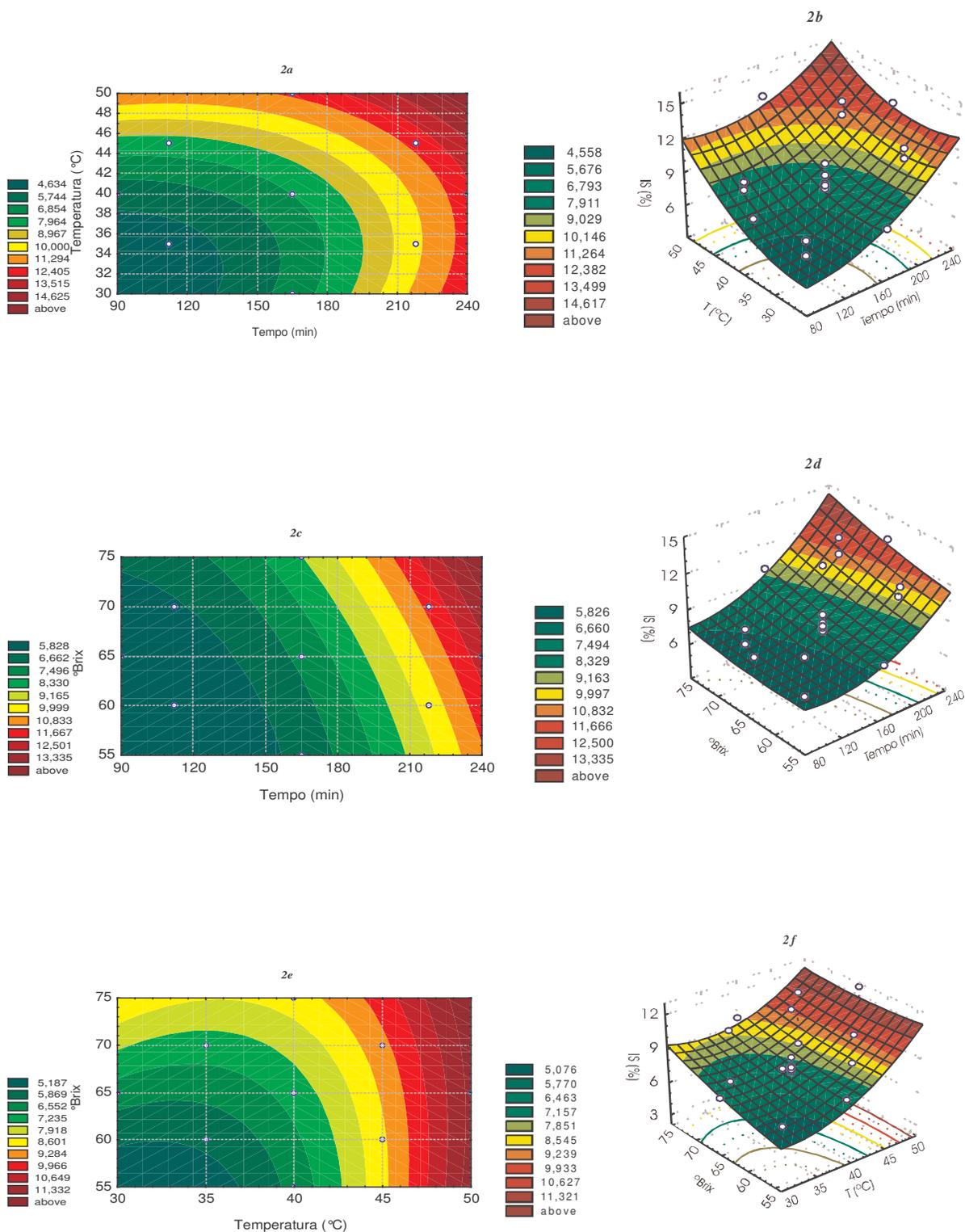


FIGURA 3.2. Superfícies de resposta e curvas de contorno para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica de rodela de pedúnculo de caju. Gráficos da temperatura*tempo (2a e 2b); Brix*tempo (2c e 2d) e Brix*temperatura (2e e 2f).

3.3.1.3. Sólidos Totais (ST)

Os resultados obtidos para efeitos de sólidos totais nas rodela de pedúnculos de caju submetidos à desidratação osmótica são apresentadas na Tabela 3.8. Verificou-se efeito positivo e significativo ao nível de 95% de confiança para os componentes lineares dos fatores tempo e temperatura e temperatura quadrática. Deste modo, um aumento no valor de qualquer um destes componentes contribui para a elevação do teor de sólidos totais no material desidratado osmoticamente. Por outro lado o componente quadrático da concentração da solução osmótica apresentou efeito negativo para esta variável.

A análise de variância dos dados (Tabela 3.9) apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança ($F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$) e falta de ajuste não significativa ($F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$) no mesmo nível de confiança. Como o componente linear da concentração da solução osmótica apresentou significância estatística (p) muito próxima ao nível de 95% de confiança, optou-se por mantê-lo no modelo (Tabela 3.8). O valor de R^2 para o modelo foi de 0,8897 indicando que 88,97% da variação dos dados obtidos foi explicada pela regressão. Assim, o modelo ajustado para sólidos totais é considerado preditivo, pois apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e R^2 superior a 0,85 (Tabela 3.5).

As superfícies de contorno geradas pelo modelo encontram-se na Figura 3.3. Verifica-se crescimento do teor de sólidos com o aumento do tempo e/ou da temperatura de processamento das rodela de pedúnculo de caju. A equação 4 (Tabela 3.5) representa o modelo decodificado para sólidos totais no processo de desidratação osmótica.

TABELA 3.8. Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística (p) cada fator no modelo codificado para sólidos totais de rodela de pedúnculos de caju no processo de desidratação osmótica à pressão ambiente.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)
°Brix (L)	1,06766	0,381574	0,067963
°Brix (Q)*	-1,91389	0,396893	0,016993
Temperatura (L)*	2,56156	0,381574	0,006746
Temperatura (Q)*	1,41661	0,396893	0,037572
Tempo (L)*	3,95579	0,381574	0,001915
Tempo (Q)	0,45998	0,396893	0,330349
°Brix*Temp. (L)	-0,92500	0,498331	0,160434
°Brix*Tempo (L)	0,47500	0,498331	0,410818
Temp.*Tempo (L)	0,67500	0,498331	0,268556

#Fatores seguidos de asterisco são significativos a $p \leq 0,05$.

TABELA 3.9. Análise de variância dos dados de sólidos totais no processo de desidratação osmótica à temperatura ambiente.

Fontes de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média Quadrática	F (calculado)	F** (tabelado)
Regressão*	98,7137	5	19,7427	27,72	3,11
Resíduo	8,5480	(12)	0,7123	-	-
Falta de ajuste	7,0580	9	0,7842	1,59	8,81
Erro puro	1,4900	3	0,4967	-	-
Total	110,9561	17	-	-	-

#Fontes de variação seguidas de um asterisco são significativas a $p \leq 0,05$

**Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$.

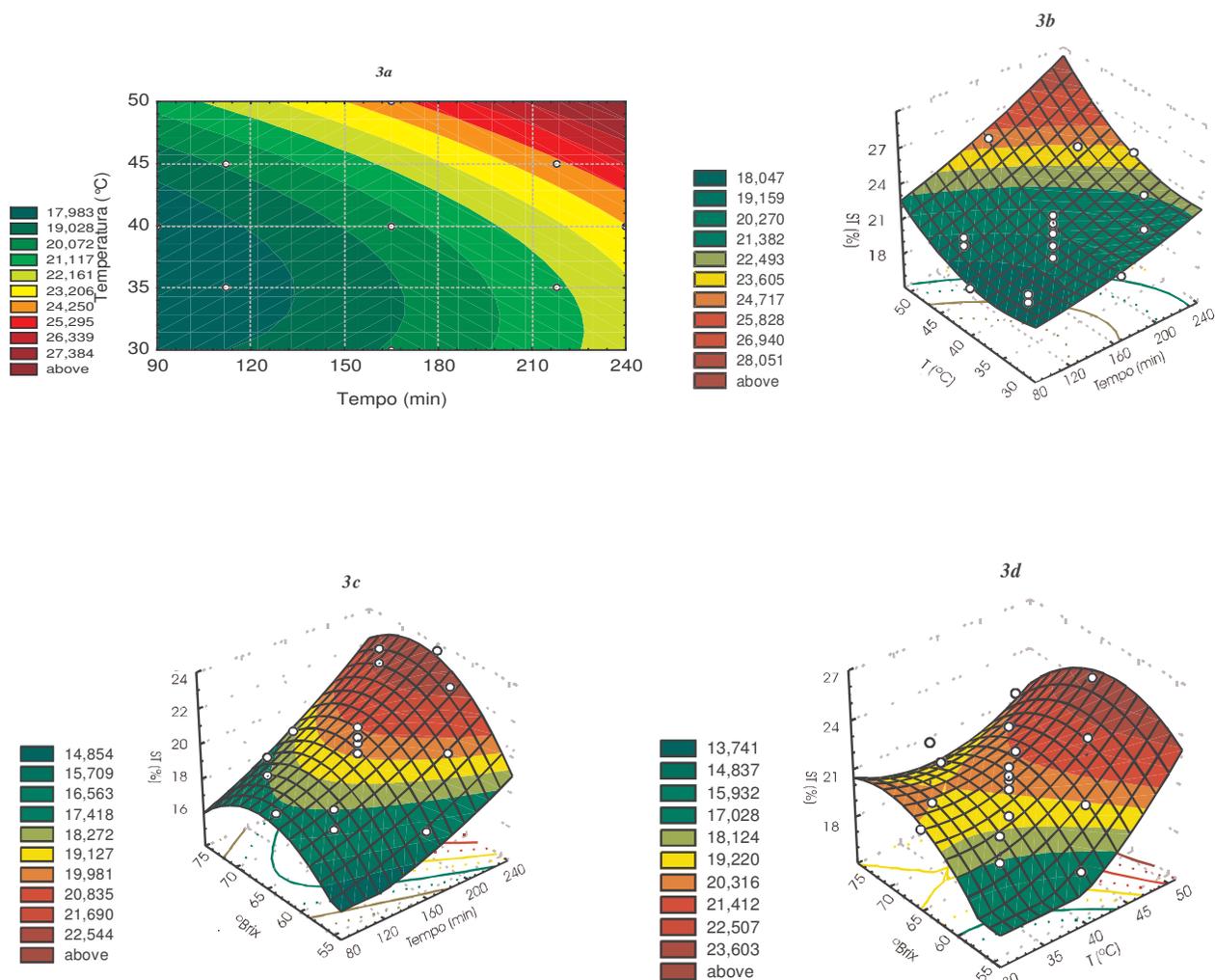


FIGURA 3.3. Curvas de contorno e superfícies de resposta para sólidos totais no processo de desidração osmótica de rodela de pedúnculo de caju. Gráficos da temperatura*tempo (3a e 3b); Brix*tempo (3c) e Brix*temperatura (3d).

3.3.1.4. Perda de umidade (PU)

Obtiveram-se efeitos positivos e significativos ao nível de 95% de confiança para os componentes lineares dos fatores tempo, temperatura e °Brix, ou seja, o aumento de qualquer um destes componentes implica em crescimento na perda de umidade, enquanto o componente Brix quadrático contribuiu para a

redução na perda de umidade, pois apresentou efeito negativo e significativo no mesmo nível de confiança (Tabela 3.10).

A análise de variância dos dados (Tabela 3.11) apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança ($F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$) e falta de ajuste não significativa ($F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$) no mesmo nível de confiança. Como a interação tempo*temperatura apresentou significância estatística (p) muito próxima do nível de 95% de confiança, optou-se por mantê-la no modelo (Tabela 3.10). O valor de R^2 para o modelo foi de 0,9573 indicando que 95,73% da variação dos dados obtidos foi explicada pela regressão. Assim, o modelo ajustado para perda de umidade é considerado preditivo, pois apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e R^2 superior a 0,85 (Tabela 3.5).

As superfícies de contorno juntamente com as superfícies de resposta geradas pelo modelo ajustado encontram-se na Figura 3.4. Observa-se crescimento da perda de umidade com o aumento da concentração da solução osmótica, do tempo e da temperatura de processamento. A concentração do agente osmótico na solução se relaciona diretamente com a transferência de massa, especialmente com a perda de água (QUERIDO, 1999). Entretanto, neste trabalho verifica-se crescimento da perda de umidade com o aumento da concentração da solução osmótica até um certo valor ($\pm 65^\circ\text{Brix}$) a partir do qual se observa redução das taxas de perda de umidade. Observar o formato côncavo dos gráficos 4c (Brix*tempo) e 4d (Brix*temperatura) da Figura 3.4.

A equação 3 (Tabela 3.5) representa o modelo decodificado para perda de umidade no processo de desidratação osmótica.

TABELA 3.10. Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (P) e coeficiente de regressão para cada fator no modelo codificado para perda de umidade de rodela de pedúnculo de caju no processo de desidratação osmótica à pressão ambiente.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)
°Brix (L)*	2,69911	0,460345	0,009894
°Brix (Q)*	-3,86426	0,478825	0,003975
Temperatura (L)*	8,20145	0,460345	0,000386
Temperatura (Q)	0,44059	0,478825	0,425357
Tempo (L)*	11,21916	0,460345	0,000151
Tempo (Q)	1,09606	0,478825	0,106048
°Brix*Temp. (L)	-0,40000	0,601204	0,553419
°Brix*Tempo (L)	-0,64000	0,601204	0,365170
Temp.*Tempo (L)	1,67500	0,601204	0,068642

#Fatores seguidos de asterisco são significativos a $p \leq 0,05$.

TABELA 3.11. Análise de variância dos dados de perda de umidade no processo de desidratação osmótica à pressão ambiente de rodela de pedúnculo de caju.

Fontes de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média Quadrática	F (calculado)	F** (tabelado)
Regressão*	747,2026	5	149,4405	53,75	3,09
Resíduo	33,3631	(12)	2,7803	-	-
Falta de ajuste	31,1944	9	3,4660	4,79	8,85
Erro puro	2,1687	3	0,7229	-	-
Total	780,5659	17	-	-	-

#Fontes de variação seguidas de um asterisco são significativas a $p \leq 0,05$

**Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$.

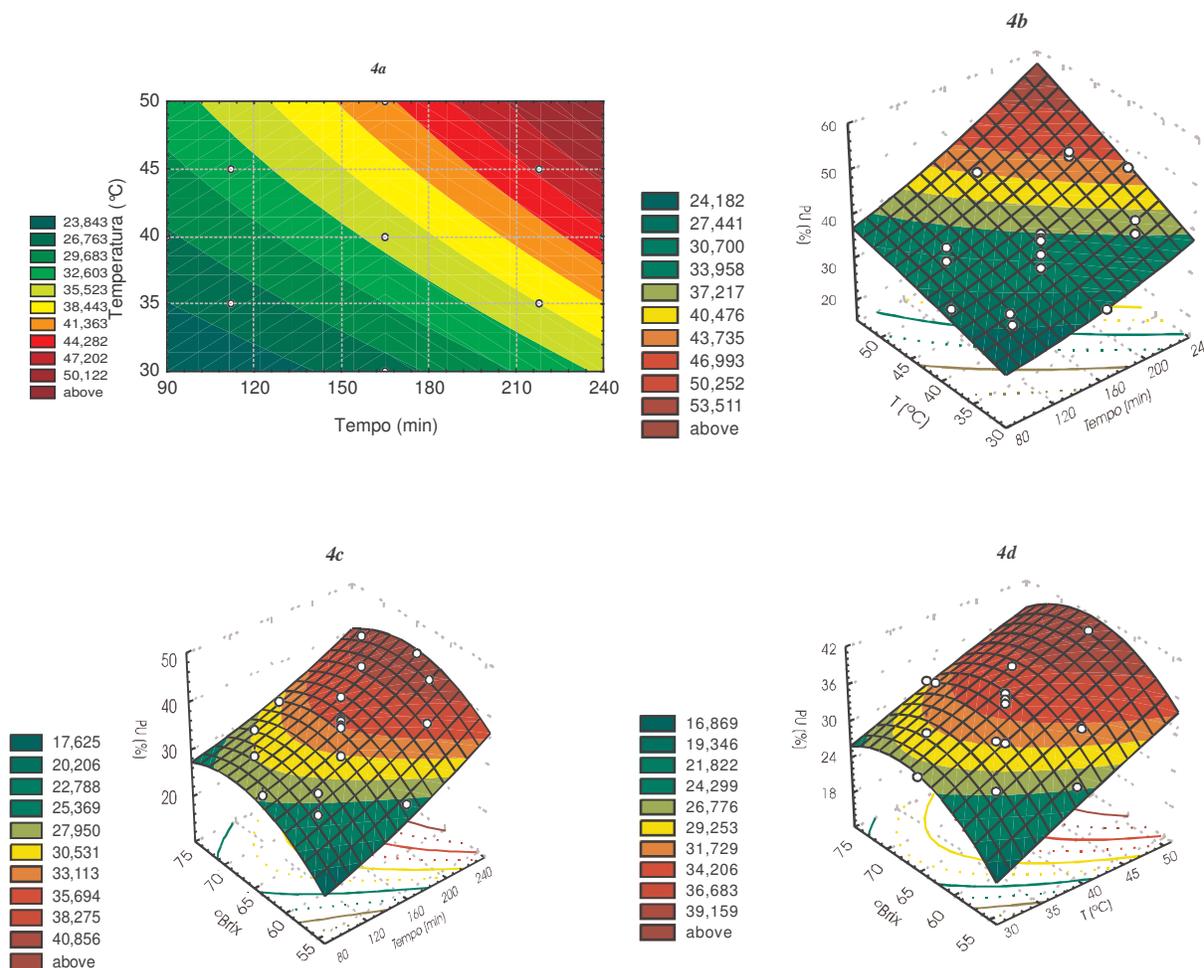


FIGURA 3.4. Superfícies de resposta e curvas de contorno para perda de umidade no processo de desidratação osmótica de rodelas de pedúnculo de caju. Gráficos da temperatura*tempo (4a e 4b); Brix*tempo (4c) e Brix*temperatura (4d).

3.3.2. Otimização do processo de desidratação osmótica

Após obtidas as respostas para todos os ensaios com os modelos ajustados e considerados preditivos, procedeu-se à determinação das condições ótimas. As curvas de contorno da perda de peso e da incorporação de sólidos (Figuras 3.1a e 3.2a) foram sobrepostas e determinadas as faixas ótimas para o processamento (Figura 3.5).

Na Figura 3.5 observa-se a área que delimita a faixa otimizada de tempo e temperatura no processo para perda de peso ($PP \geq 30\%$) e incorporação de sólidos ($IS \leq 10\%$), ou seja, qualquer ponto tomado dentro desta área possibilita a determinação do binômio tempo*temperatura em que se pode realizar o processamento para obtenção do produto otimizado. Assim, de acordo com a Figura 3.5, para obtenção do produto otimizado poder-se-ia trabalhar com combinações de temperatura de 34 até 48°C e tempo variando de 140 a 220 minutos. Deve-se considerar que, embora a taxa de osmose aumente bastante em função de aumentos na temperatura (GARROTE *et al.*, 1992), acima de cerca de 49-50°C, neste trabalho o processo é limitado pelo aumento da incorporação de sólidos acima do limite pré-estabelecido de 10%, além de se aumentar o risco de escurecimento e de deterioração do sabor (VIDEV *et al.*, 1990; VIAL *et al.*, 1991).

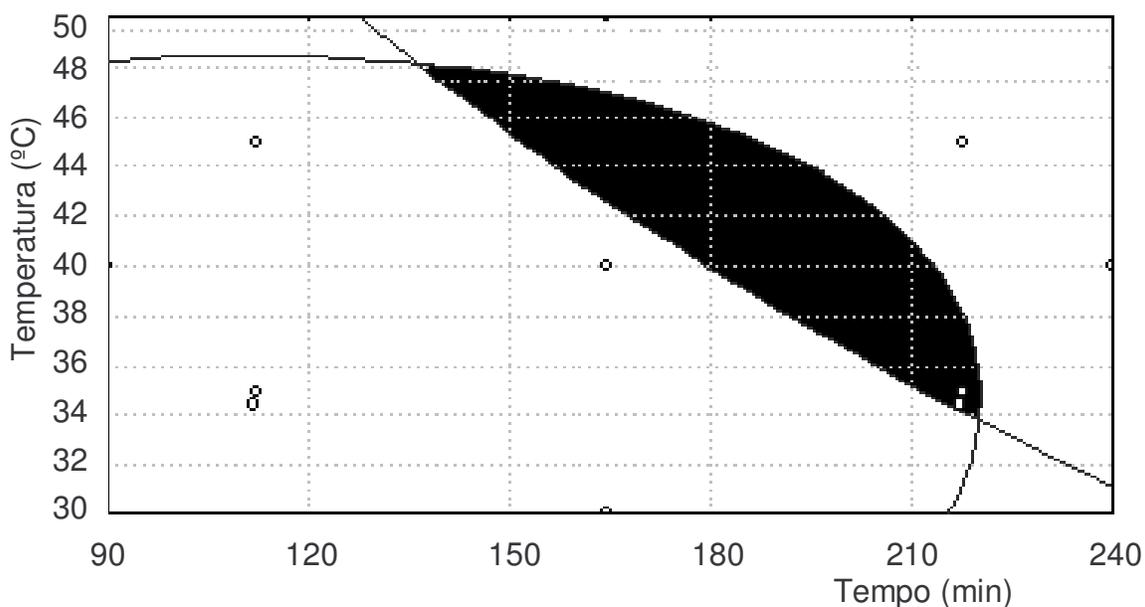


FIGURA 3.5. Faixa otimizada (hachurada) de tempo e temperatura no processo de desidratação osmótica de rodela de pedúnculo de caju com relação às variáveis perda de peso e incorporação de sólidos.

São apresentados nas Tabelas 3.12, 3.13 e 3.14 os valores de perda de peso, incorporação de sólidos e perda de umidade preditos pelos respectivos modelos experimentais ajustados. Verifica-se crescimento destas três variáveis

com o aumento do tempo e da temperatura de processamento nas diversas concentrações da solução osmótica empregadas no trabalho. Entretanto, enquanto os valores de incorporação de sólidos crescem com o aumento da concentração da solução osmótica (Tabela 3.13), observa-se redução dos valores de perda de peso e perda de umidade quando se aumenta a concentração da solução osmótica de 65 para 75°Brix (Tabelas 3.12 e 3.14). Estes dados contrastam com os obtidos por HENG *et al.* (1990), os autores observaram que um aumento na concentração da solução, de 45 para 72°Brix, favorece a perda de água, sem alterar a incorporação do açúcar na desidratação osmótica de mamão.

Como verificou-se crescimento, tanto da taxa de perda de peso como da perda de umidade com o aumento inicial da concentração da solução osmótica, isto é, de 55 a 65°Brix (Tabelas 3.12 e 3.14), os decréscimos dos valores destas duas variáveis verificados nas concentrações mais elevadas da solução osmótica (65 a 75°Brix) podem ser explicados pelo aumento da viscosidade da solução que dificultaria a sua mobilidade e conseqüentemente sua eficiência no transporte de água do fruto para a solução osmótica.

TABELA 3.12. Valores preditos de perda de peso no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente de rodela de pedúnculo de caju.

Tempo (min)	Concentração da solução osmótica								
	55°Brix			65°Brix			75°Brix		
	30°C	40°C	50°C	30°C	40°C	50°C	30°C	40°C	50°C
90	9,32	12,89	16,45	17,02	20,59	24,16	15,43	19,00	22,56
120	11,54	16,34	21,14	19,25	24,04	28,84	17,65	22,45	27,25
180	15,99	23,25	30,50	23,69	30,95	38,21	22,10	29,35	36,61
240	20,44	30,15	39,87	28,14	37,86	47,57	26,54	36,26	45,98

TABELA 3.13. Valores preditos de incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente de rodela de pedúnculo de caju.

Tempo (min)	Concentração da solução osmótica								
	55°Brix			65°Brix			75°Brix		
	30°C	40°C	50°C	30°C	40°C	50°C	30°C	40°C	50°C
90	3,44	4,19	8,80	4,53	5,29	9,90	5,63	6,38	10,99
120	3,71	4,46	9,07	4,80	5,56	10,17	5,90	6,65	11,26
180	5,87	6,62	11,23	6,96	7,72	12,33	8,06	8,81	13,42
240	10,19	10,94	15,55	11,28	12,04	16,65	12,38	13,13	17,74

TABELA 3.14. Valores preditos de perda de umidade no processo de desidratação osmótica a pressão ambiente de rodela de pedúnculo de caju.

Tempo (min)	Concentração da solução osmótica/Temperatura								
	55°Brix			65°Brix			75°Brix		
	30°C	40°C	50°C	30°C	40°C	50°C	30°C	40°C	50°C
90	11,42	16,68	21,94	20,47	25,73	30,99	16,40	21,66	26,92
120	13,90	20,12	26,34	22,94	29,16	35,38	18,87	25,09	31,31
180	18,84	26,98	35,12	27,89	36,03	44,17	23,81	31,95	40,09
240	23,78	33,84	43,90	32,83	42,89	52,95	28,76	38,82	48,88

Na validação dos modelos experimentais escolheu-se binômios tempo*temperatura que estivessem dentro das faixas otimizadas. Além disso considerou-se que para manter as características dos produtos desidratados as mais próximas possíveis das apresentadas pela matéria-prima deveriam ser empregadas temperaturas que provocassem mínimas alterações nos produtos. Conforme a Figura 3.5, a menor temperatura de trabalho na qual se obtém a perda de peso e incorporação de sólidos desejadas no processo otimizado é 34°C com o tempo de processamento de 220 minutos. Utilizou-se um binômio próximo a este, onde pelas condições experimentais seria de controle mais seguro (65°Brix/35°C/218min). Por considerar este tempo de processamento ainda elevado e buscando obter mais dados para comparação com o processo de desidratação

osmótica a vácuo realizado no capítulo 4, escolheu-se também o binômio: 65°Brix/40°C/180min para validação do modelo.

Na Tabela 3.15 relacionam-se as percentagens de perda de peso, incorporação de sólidos, sólidos totais e perda de umidade obtidas pelo modelo ajustado nas duas combinações de tempo, temperatura e concentração da solução osmótica empregadas para a validação dos modelos experimentais (65°Brix/40°C/180min e 65°Brix/35°C/218min). Verifica-se boa proximidade entre as respostas observadas e as obtidas pelo modelo para as variáveis dependentes presentes na Tabela 3.15, confirmando-se a preditividade dos modelos experimentais. Obtiveram-se valores similares para as duas combinações de concentração da solução osmótica, tempo e temperatura empregadas para as variáveis perda de peso, perda de umidade e sólidos totais, entretanto, a incorporação de sólidos foi maior na combinação 65°Brix/35°C/218min, sinalizando a influência do fator tempo no aumento da incorporação de sólidos.

Apesar do emprego de menores valores nas duas combinações de tempo e temperatura empregadas no presente trabalho, os resultados são bastante próximos, na maioria dos parâmetros analisados, aos relatados por QUERIDO (1999) que realizou desidratação osmótica de rodela de pedúnculos de caju, no mesmo equipamento empregado neste trabalho, diferenciando-se apenas no uso de xarope de sacarose a 65°Brix como agente desidratante. A autora obteve para o tratamento 65°Brix/40°C/225min valores de perda de peso de 29,50%, perda de umidade de 36,43%, sólidos totais de 20,91% e incorporação de sólidos da ordem de 9,23%. A diferença do emprego do suco de caju concentrado como agente desidratante em relação ao xarope de sacarose deve-se, possivelmente, ao seu menor peso molecular, pois o suco de caju apresenta 48,8% de glicose; 50,6% de frutose e apenas 0,6% de sacarose (AZEVEDO & RODRIGUES, 2000). O uso de agentes osmóticos de baixo peso molecular promove redução no tempo de desidratação, entretanto, quanto menor o peso molecular, mais baixa é a relação entre perda de umidade e incorporação de sólidos (LENART & LEWICKI, 1990). Comparando os efeitos de sacarose e

xarope de frutose sobre o processo osmótico em maçã, BOLIN *et al.* (1983) mostraram que, após 5 horas de desidratação, as frutas tratadas com xarope de frutose absorveram 70% mais sólidos do que as tratadas com xarope de sacarose

TABELA 3.15. Respostas observadas experimentalmente e respostas previstas pelos modelos experimentais.

Determinações	65°Brix/40°C/180min		65°Brix/35°C/218min	
	Observados	Preditos	Observados	Preditos
Perda de peso (%)	30,25 ± 0,16	30,95	31,12 ± 0,18	30,92
Incorporação de sólidos (%)	7,98 ± 0,42	7,72	9,51 ± 0,48	9,34
Sólidos totais (%)	20,90 ± 0,13	20,60	21,10 ± 0,36	21,40
Perda de umidade (%)	35,87 ± 0,18	36,03	35,25 ± 0,19	35,70

3.3.3. Caracterização dos produtos otimizados

Na Tabela 3.16 relacionam-se as características físico-químicas dos produtos *in natura* e daqueles empregados para a validação dos modelos experimentais obtidos na desidratação osmótica. Associado à redução da atividade de água, evidencia-se efeito da concentração dos compostos presentes nos produtos submetidos ao processo de desidratação osmótica em relação ao produto *in natura* (os valores de pH e atividade de água (Aa) diminuem, enquanto os de açúcares e °Brix aumentam). O tratamento de 65°Brix/35°C/218min apresentou resultados para as determinações de atividade de água e pH ligeiramente inferiores aos do tratamento com 65°Brix/40°C/180min, enquanto os valores de °Brix e de açúcares da combinação 65°Brix/40°C/180min são levemente menores do que os do tratamento 65°Brix/35°C/218min. A atividade de água do pedúnculo de caju, após o tratamento osmótico ficou dentro da faixa de valores de 0,900 a 0,970 relatada na literatura para frutos minimamente processados (ALZAMORA *et al.*, 1993).

TABELA 3.16. Valores de pH, Aa, ácido ascórbico, °Brix e açúcares (não redutores, redutores e totais) do pseudofruto de caju *in natura* e desidratado osmoticamente a vácuo pelo emprego de suco de caju concentrado a 65°Brix.

Determinações	Tratamentos		
	<i>In natura</i>	65°Brix/40°C/180min	65°Brix/35°C/218min
Atividade de água (Aa)	0,988 ± 0,001	0,970 ± 0,001	0,967 ± 0,001
Açúc. não redutores (%)	0,56 ± 0,040	1,61 ± 0,070	1,70 ± 0,080
Açúc. redutores (%)	8,21 ± 0,060	15,36 ± 0,070	15,80 ± 0,050
Açúc. totais (%)	8,77 ± 0,090	16,97 ± 0,390	17,50 ± 0,240
°Brix	10,7	17,8	18,8
pH	4,49	4,25	4,10

Foram observadas perdas percentuais de ácido ascórbico, em relação ao pedúnculo *in natura* de 19,24% no tratamento de 65°Brix/40°C/180min e de 17,49% para o tratamento com 65°/35°C/218min. As perdas de ácido ascórbico durante o processamento do pedúnculo de caju possivelmente devem-se, parcialmente, à difusão do ácido para a solução osmótica e, em menor escala, à degradação química e térmica pelo efeito do calor durante o processo osmótico.

Estes valores de perda de ácido ascórbico são ligeiramente inferiores aos relatados por QUERIDO (1999), embora os teores de ácido ascórbico, no presente trabalho, sejam bastante inferiores aos do trabalho citado, inclusive o referente à fruta *in natura* (Tabela 3.17). Embora se tratem de temperaturas consideradas amenas para o processo de desidratação osmótica, o aumento da temperatura de 35 para 40°C pode ter determinado a maior perda de ácido ascórbico, apesar do maior tempo de desidratação empregado naquele tratamento (65°Brix/35°C/218min). ABUGOCH & GUARDA (1991) desidratando kiwi em várias temperaturas observaram que as maiores perdas de ácido ascórbico deram-se a 40°C.

É interessante frisar a diferença nos teores de ácido ascórbico registrados na fruta *in natura*, quando se confronta os dados apresentados neste trabalho (165,89 mg/100g) com os 245,31mg/100g obtidos por QUERIDO (1999). Embora se tenha empregado pedúnculos do mesmo material genético nas duas

pesquisas, os teores de ácido ascórbico no caju são bastante variáveis, podendo oscilar entre 120 a 300mg/100g (OGUNMOYELA, 1983), sendo influenciado por vários outros fatores, tais como: tipo de solo, forma de cultivo, condições climáticas, procedimentos agrícolas para colheita forma de transporte e armazenamento (PARENTE, *et al.*, 1991).

TABELA 3.17. Teores de ácido ascórbico (média, base seca e perda) no pseudofruto de caju *in natura* e desidratado osmoticamente.

Tratamento	Média (mg/100g)	Base seca (mg/100g)	(%) de perda
<i>In natura</i>	165,89 ± 0,07	1304,17	-
65°Brix/40°C/180min	220,17 ± 0,03	1053,44	19,24
65°/35°C/218min	230,29 ± 0,03	1076,12	17,49

3.4. CONCLUSÕES

1. Todos os modelos experimentais ajustados desenvolvidos (perda de peso, incorporação de sólidos, sólidos totais, perda de umidade) através da metodologia de superfície de resposta foram considerados preditivos por apresentarem regressão significativa ao nível de 95% de confiança, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e R² superior a 0,85;
2. Para obtenção do produto otimizado pode-se trabalhar com combinações de temperatura de 34 até 48°C e tempo variando de 140 a 220 minutos;
3. Na avaliação de duas condições otimizadas, utilizadas para a validação do modelo, no processo de desidratação osmótica à pressão ambiente: 65°Brix/40°C/180min e 65°/35°C/218min, obtiveram-se, respectivamente, perda de peso de 30,95 e 30,92%, incorporação de sólidos de 7,72 e 9,34% e perda de umidade da ordem de 36,03 e 35,70%;
4. Obteve-se redução nos teores de ácido ascórbico de 19,24 e 17,49%, respectivamente, para o pseudofruto osmoticamente desidratado a 65°Brix/40°C/180min e 65°/35°C/218min em relação ao caju *in natura* que apresentou 165,89mg/100g de ácido ascórbico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists: **Official Methods of Analysis**. 16. ed. Washington, 1994.
- ABUGOCH, L; GUARDA, A. Estudio de la perdida de ácido ascórbico total en rodajas de kiwi, durante la deshidratación osmótica. **Alimentos**, v.16, n.5, p.15-19, 1991.
- ALZAMORA, S.M.; TAPIA, M.S.; ARGÁIZ, A; WELLI, J. Application of combined methods technology in minimally processed fruits. **Food Research International**, London, v.26, n.2, p.125-130, 1993.
- AZEVEDO, D.C.S.; RODRIGUES, A. SMB chromatography applied to the separation/purification of fructose from cashew apple juice. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, São Paulo., v.17, n.4-7, p.507-516, Dec. 2000.
- BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. Programas computacionais de planejamento experimental e otimização. In: BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e Otimização de Experimentos**. Campinas: Editora da Universidade Estadual de Campinas, 1995. p. 239-271.
- BOLIN, H.R.; HUXSOLL, C.C.; JACKSON, R.; NG, K.C. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. **Journal of Food Science**, Chicago, v.48, n.1, p.202-205, 1983.
- GARROTE, R.L.; SILVA, E.R.; BERTONE, R.A. Osmotic concentration at 5°C and 25°C of pear and apple cubes and strawberry halves. **Lebensmittel - Wissenschaft und-Technologie**, London, v.25, n.2, p.133-138, 1992.
- HENG, K.; GUILBERT, S.; CUQ, J.L. Osmotic dehydration of papaya: influences of process variables on the product quality. **Science des Aliments**, Paris, v.10, n.4, p.831-848, 1990.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, 1985. 533p.
- KARATHANOS, V.T.; KOSTAROPOULOS, A. E. Air-drying kinetics of osmotically dehydrated fruits. **Drying Technology**, v.13, n.5-7, p.1503-1521. 1995.
- KOWALSKA, H.; LENART, A. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. **Journal of Food Engineering**, n.49, p.137-140, 2001.
- LENART, A.; LEWICKI, P.P. Osmotic dehydration of apples at high temperature. In: Mujumbar, A.S., ed. **Drying '89**. Bristol: Hemisphere Publishing Corporation, 1990. p. 7-14.
- MAEDA, M.; LORETO, R.L. Desidratação osmótica de bananas. **Semina: Ci. Agr.**, v.19, n.1, p.60-67, 1998.

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

OGUNMOYELA, O.A. Prospects for cashew apple processing and utilization in Nigeria. **Process Biochemistry**, v.18, n.2, p.6-7, 1983.

PARENTE, J.I.G.; PESSOA, P.F.A.P.; NAMEKATA, Y. **Diretrizes para recuperação da Cajucultura no Nordeste**. Documento nº 04, EMBRAPA. Março, 1991.

QUERIDO, A.F. **Otimização e comparação dos processos de desidratação osmótica a vácuo e à pressão ambiente de pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale* L.)**. Campinas, 1999. 113p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

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.

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

SABLANI, S.S.; RAHMAN, M.S. Effect of syrup concentration, temperature and sample geometry on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of mango. **Food Research International**, v.33, n.1, p.65-71, 2003.

SHI, X.Q.; FITO, P. Vacuum osmotic dehydration of fruits. **Drying Technology**, v.11, n.6, p.1429-1442, 1993.

VIAL, C.; GUILBERT, S.; CUQ, J.L. Osmotic dehydration of kiwi fruits: influence of process variables on the color and ascorbic acid content. **Sciences des Aliments**, Paris, v.11, n.1, p.63-84, 1991.

VIDEV, K.; TANCHEV, S.; SHARMA, R.C.; JOSHI, V.K. Effect of sugar syrup concentration and temperature on the rate of osmotic dehydration of apples. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v.27, n.5, p.307-308, 1990.

CAPÍTULO 4

DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA SOB VÁCUO DE PEDÚNCULO DE CAJU EMPREGANDO-SE SUCO DE CAJU CONCENTRADO COMO AGENTE OSMÓTICO

RESUMO

Apesar da importância econômica e social que representa o caju para a região Nordeste do Brasil, atualmente não se aproveita mais de 6% da produção anual de pedúnculo, estimada em 1 milhão de Toneladas. O presente trabalho foi desenvolvido objetivando-se contribuir para o aumento do nível de utilização do pseudofruto de caju, através da otimização do processo de desidratação osmótica do caju, visando a obtenção de um produto com máxima perda de umidade e mínima incorporação de sólidos. A pesquisa consistiu na desidratação a vácuo de rodela de pedúnculos de caju empregando-se como agente osmótico suco de caju concentrado a vácuo a 65°Brix, como antioxidante foi utilizado 0,02% de metabissulfito de sódio. No processo utilizou-se equipamento com circulação natural munido de medidores de temperatura e pressão, bomba de vácuo e sistemas de aquecimento e refrigeração. As condições ótimas do processo, determinadas a partir da Metodologia de Superfície de Resposta foram: 65°Brix/40°C/100min e 65°Brix/36°C/140min. Nestas condições obtiveram-se, respectivamente, perda de peso de 32,67 e 31,50%, incorporação de sólidos de 5,37 e 6,20% e perda de umidade da ordem de 38,58 e 36,37%.

ABSTRACT

Despite the economic and social importance of cashew in the Northeastern region of Brazil, no more than 6% of the 1 million tons of cashew apple produced annually is used. The aim of this work was to contribute to an increase in the use of cashew apple via the optimization of the osmotic dehydration of cashew apple, with maximum moisture loss and minimum solids incorporation. Cashew apple discs were dehydrated under vacuum using concentrated cashew apple juice as the osmotic agent and 0.02% sodium metabisulphite as antioxidant. A convective circulation equipment with temperature and pressure gauges, vacuum pump, heat and refrigeration units was employed. The optimum conditions established using Response Surface Methodology were 65°Brix/40°C/100min and 65°Brix/36°C/140min. Under this conditions the following results were obtained: 32.67 and 31.50% weight loss, 5.37 and 6.20% solids incorporation and 38.58 and 36.37% moisture loss, respectively.

• Nomenclatura

Abreviaturas	Descrições
<i>U</i>	Umidade
<i>ST</i>	Sólidos totais
<i>PP</i>	Perda de peso
<i>PU</i>	Perda de umidade
<i>IS</i>	Incorporação de sólidos
<i>M_i</i>	Massa total inicial do material
<i>M_f</i>	Massa total final do material
<i>ST_f</i>	Teor final de sólidos totais (%)
<i>ST_i</i>	Teor inicial de sólidos totais (%)
<i>U_f</i>	Teor final de umidade (%)
<i>U_i</i>	Teor inicial de umidade (%)
<i>Brix</i>	teor de sólidos solúveis
<i>pH</i>	Potencial hidrogeniônico
<i>Aa</i>	Atividade de água
<i>t</i>	Tempo
<i>T (°C)</i>	Temperatura em graus celsius
<i>CCP76</i>	Clone de Cajueiro de Pacajus
<i>Min</i>	Minutos
<i>R</i>	Coeficiente de correlação
<i>R²</i>	Coeficiente de determinação
<i>p.s</i>	Peso seco
<i>rpm</i>	Rotações por minuto
<i>ppm</i>	Parte por milhão

4.1. INTRODUÇÃO

A demanda por frutas processadas saudáveis, naturais e saborosas aumenta continuamente, não apenas como produtos acabados, mas também como ingredientes a serem incluídos em alimentos mais elaborados como sorvetes, cereais, laticínios e produtos de confeitaria e panificação. O tratamento osmótico tem se apresentado como uma ferramenta importante para o desenvolvimento de novos produtos derivados de frutas, com maior valor agregado e com propriedades funcionais (TORREGGIANI & BERTOLO, 2001).

A desidratação osmótica comumente ocorre por imersão do produto em soluções de açúcar ou sal. A estrutura complexa da parede celular dos alimentos age como uma membrana semi-permeável, a qual não é completamente seletiva, resultando em dois fluxos de transferência de massa em contracorrente: difusão de água do alimento para a solução e difusão do soluto da solução para o alimento. Em adição, há uma perda dos solutos naturais do produto (açúcares, ácidos orgânicos, minerais, etc.) que pode ser negligenciável embora possa ter um impacto no seu valor nutricional e sensorial (HENG *et al.*, 1990; SAUREL *et al.*, 1994; AZOUBEL & MURR, 2000; KOWALSKA & LENART, 2001).

Tratamentos osmóticos estão sendo usados principalmente como um pré-tratamento introduzido em alguns processos convencionais, tais como secagem a ar convectivo, microondas e liofilização, a fim de melhorar a qualidade do produto final, reduzir custos de energia ou mesmo formular novos produtos (SERENO *et al.*, 2001). A pré-concentração por osmose é usada não somente para diminuir o tempo de secagem, mas também para conferir maior qualidade ao produto. Algumas das vantagens de se utilizar a desidratação osmótica como pré-tratamento comparada ao processo convencional de secagem, são a otimização no uso de energia térmica, capacidade de conferir à fruta melhor textura, proporcionar maior retenção das vitaminas, intensificação do sabor e odor e estabilidade na cor. Mediante estes processos combinados é possível obter produtos de alta qualidade capazes de serem incorporados a produtos de padarias, confeitos, cereais prontos para consumo ou ainda utilizados como

ingredientes de alimentos em pó (KARATHANOS *et al.*, 1995; SABLANI & RAHMAN, 2003).

A intensificação da perda de água pelo aumento da temperatura e da concentração da solução osmótica é limitada, devido às alterações sensoriais indesejáveis na cor, aroma e textura provocadas pelo excesso na aplicação dessas variáveis durante o processo, influenciando diretamente na aceitação do produto final pelo consumidor. A desidratação osmótica a vácuo apresenta-se como um avanço dentro do processo de desidratação osmótica, contribuindo para acelerar a perda de água em comparação com o tratamento a pressão normal, tornando o processo mais rápido e possibilitando a obtenção de frutos desidratados de boa qualidade (QUERIDO, 1999; RASTOGI *et al.*, 2002; MÚJICA-PAZ *et al.*, 2003a).

A velocidade da desidratação e a qualidade dos produtos submetidos tanto à desidratação osmótica a pressão atmosférica quanto à desidratação osmótica a vácuo, dependerão das características da matéria-prima e do agente osmótico utilizado, assim como das condições de operação do processo (BARAT *et al.*, 1998; RASTOGI *et al.*, 2002).

De acordo com MÚJICA-PAZ *et al.* (2003b) o emprego da desidratação osmótica a vácuo apresenta vantagens quando comparado à desidratação osmótica a pressão ambiente na formulação de frutas minimamente processadas com alta atividade de água (Aa), notadamente quando o fruto apresenta alto nível de porosidade como no caso de maçã.

Neste trabalho foram estudados os efeitos de diferentes níveis dos fatores tempo e temperatura na desidratação de rodela de pedúnculos de caju, empregando-se como agente osmótico suco de caju clarificado e concentrado a vácuo.

4.2. METODOLOGIA

4.2.1. Matéria-prima

Pedúnculos selecionados do clone de cajueiro anão precoce CCP76 provenientes do Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, no município de Pacajus-CE foram recebidos, lavados, sanitizados por imersão durante 10min em água clorada (50ppm) e selecionados manualmente, eliminando-se os frutos verdes, muito maduros, injuriados e os deteriorados.

4.2.2. Agente osmótico

Suco de caju clarificado e concentrado a vácuo com sólidos solúveis totais de 65° Brix. O xarope foi usado na proporção xarope:fruto de 2:1 (p/p).

4.2.3. Equipamentos

1. Balança analítica;
2. Refratômetro, Carl Zeiss Jena, com correção de temperatura;
3. Estufa a vácuo, VWR Científic, modelo 1400E;
4. Dissecador com material absorvente de umidade;
5. pHmetros, Micronal, modelos: B374 e B474;
6. Medidor de atividade de água, Aqualab, modelo CX-2 Decagon;
7. Espectrofotômetro para cor, Hunter Lab, modelo Color Quest II;
8. Desidratador a vácuo, munido de medidores de pressão e temperatura, bomba de vácuo e sistema de aquecimento, construído especialmente para este fim QUERIDO (1999).
9. Tacho cozedor com medidores de pressão e temperatura, bomba de vácuo e sistema de aquecimento com capacidade para 16 litros. Modelo JAA-180.

4.2.4. Processamento

O processamento foi realizado através das seguintes etapas:

1. Extração, clarificação e concentração a vácuo do suco de caju até 65°Brix; empregando-se o equipamento descrito no último parágrafo (9) do item 4.2.3.
2. Descastanhamento e corte transversal do pedúnculo em rodela de aproximadamente 1 cm de espessura, eliminando-se as duas extremidades do pseudofruto, com o fim de homogeneizar o material.
3. Pesagem dos pedaços a serem desidratados e transferência para o desidratador.
4. Pesagem do xarope, adição de 0,02% de metabissulfito de sódio e transferência para o vaso de desidratação.
5. Nos primeiros 5 minutos, em intervalos de 1 minuto, foram monitoradas as condições do processo (temperaturas do desidratador, do banho de aquecimento e pressão). Após este período a monitoração foi feita em intervalos de 10 minutos até o final do processo.
6. Concluído o processo de desidratação, as amostras foram lavadas com 2 litros de água corrente, espalhadas sobre papel absorvente por 10 min e pesadas.

4.2.5. Métodos analíticos

4.2.5.1. Ácido ascórbico

Empregou-se o método descrito pela AOAC (1994), usando-se ácido oxálico em substituição ao ácido metafosfórico, conforme QUERIDO (1999). As diluições foram feitas diretamente em ácido oxálico a 1% e permaneceram sob agitação de 40 rpm durante 15 minutos à temperatura de 4°C antes de se retirarem as alíquotas para as determinações.

4.2.5.2. Sólidos Totais

Determinados por adaptação do método 925.45 da AOAC (1994). Realizou-se secagem das amostras em estufa com circulação de ar aquecido a 40°C por 16 horas, transferência para estufa a vácuo a 70°C por 4 horas e posterior pesagem a cada 1 hora até se atingir peso constante.

4.2.5.3. Atividade de Água, pH, Açúcares redutores, não redutores e °Brix

A atividade de água foi obtida através de medida direta das amostras trituradas em instrumento Aqualab. O pH foi determinado por medida direta das amostras trituradas em pHmetro. Os açúcares foram determinados de acordo com o recomendado pelas normas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Os açúcares redutores foram determinados pelo método do ácido dinitrosalicílico-DNS. Foi realizada uma inversão ácida prévia nos extratos das amostras e a partir de então foram determinados os açúcares não-redutores pelo método do ácido dinitrosalicílico-DNS. O teor de sólidos solúveis foi determinado mediante leitura em refratômetro da amostra triturada.

4.2.5.4. Fórmulas

Determinações	Fórmulas
Perda de peso (PP)	$PP (\%) = 100 \times \left(1 - \frac{m_f}{m_i} \right)$
Incorporação de sólidos (IS)	$IS (\%) = 100 \times \left(\frac{ST_f m_f - ST_i m_i}{ST_i m_i} \right)$
Perda de umidade (PU)	$PU (\%) = 100 \times \left(\frac{U_i m_i - U_f m_f}{U_i m_i} \right)$

4.2.6. Delineamento Experimental

Foi utilizado delineamento composto rotacional central, baseado na Metodologia de Superfície de Resposta. A Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) é uma técnica de otimização baseada em planejamentos fatoriais, utilizada na análise de processos, em que certos fatores (variáveis independentes) influenciam o resultado final (respostas ou variáveis dependentes).

O experimento consistiu de 11 ensaios, cujas condições (níveis codificados e decodificados) são apresentadas na Tabela 4.1. As variáveis dependentes foram: incorporação de sólidos (IS), perda de peso (PP), perda de umidade (PU), sólidos totais (ST) e umidade (U).

O modelo proposto foi ajustado verificando-se a significância estatística a $p \leq 0,05$ para cada um dos parâmetros (lineares, quadráticos e interações). Pela análise de variância (ANOVA) observou-se a significância da regressão e da falta de ajuste do modelo ao nível de 95% de probabilidade através do teste F e do coeficiente de determinação (R^2).

O modelo foi considerado preditivo quando apresentou regressão significativa ao nível de 5% de confiança, falta de ajuste não significativa ao mesmo nível de confiança e valor do coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,85. O coeficiente de determinação (R^2) indica a magnitude de ajuste do modelo e quanto maior seu valor (mais próximo de 1 ou 100%) melhor terá sido o ajuste do modelo, pois maior será, conseqüentemente, a correlação – determinada pelo coeficiente de correlação (R) - entre as respostas observadas e os valores previstos pelo modelo ajustado (BARROS NETO *et al.*, 1995).

Na otimização do processo de desidratação osmótica objetiva-se, simultaneamente, maximizar a perda de peso e a perda de umidade e minimizar a incorporação de sólidos. Entretanto, como estas variáveis tendem a apresentar correlação positiva, ou seja, ao se aumentarem as perdas de peso e umidade no processo, tende-se a obter resultados mais elevados de incorporação de sólidos e, por sua vez, baixos valores de incorporação de sólidos implicam, também, em baixas percentagens de perdas de peso e umidade, procurou-se, no trabalho, a

obtenção de valores para as duas variáveis numa faixa experimental ótima. Deste modo, pré-estabeleceu-se o limite máximo para incorporação de sólidos no patamar de 10%, que permitiria, de acordo com a literatura consultada, que fossem atingidos valores entre 30 e 50 % de perda de peso do material (MOY *et al.*, 1978; VIDEV *et al.*, 1990; RAOULT-WACK, 1994).

TABELA 4.1. Relação dos ensaios e níveis codificados e decodificados de cada variável.

Ensaio	Tempo (codificado)	Temperatura (codificada)	Tempo (min)	Temperatura (°C)
1	-1	-1	80	38
2	+1	-1	120	38
3	-1	+1	80	42
4	+1	+1	120	42
5	0	-1,414	100	36
6	0	+1,414	100	44
7	-1,414	0	60	40
8	+1,414	0	140	40
9	0	0	100	40
10	0	0	100	40
11	0	0	100	40

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1. Desenvolvimento dos Modelos Experimentais

As respostas experimentais dos tratamentos estão apresentadas na Tabela 4.2. A partir das respostas foram construídos os gráficos de contorno que constituíram o ponto de partida para o estabelecimento dos critérios utilizados para otimização.

TABELA 4.2. Valores, em percentagem, de incorporação de sólidos, perda de peso, perda de umidade, sólidos totais e umidade das rodela de pedúnculo de caju do clone CCP76 submetidas à desidratação osmótica a vácuo, empregando-se suco de caju concentrado a 65°Brix como agente desidratante.

Ensaio	Umidade (%)	Sólidos totais (%)	Perda de peso (%)	Perda de umidade (%)	Incorporação de sólidos (%)
1	81,8	18,2	24,50	28,62	1,82
2	80,8	19,2	35,50	40,97	5,66
3	79,9	20,1	32,50	38,12	5,77
4	76,2	23,8	39,00	46,53	11,20
5	82,2	17,8	22,50	26,33	1,95
6	78,4	21,6	36,50	42,93	7,26
7	81,6	18,4	23,50	27,77	3,83
8	79,4	20,6	36,50	48,85	11,28
9	80,1	19,9	32,50	38,02	4,84
10	81,0	19,0	34,00	39,31	5,98
11	80,1	19,9	31,50	38,40	5,34

4.3.1.1. Perda de Peso (PP)

Os efeitos lineares, quadráticos e da interação entre os fatores tempo e temperatura na perda de peso das rodela de pedúnculo de caju submetidos à desidratação osmótica são apresentados na Tabela 4.3. Os valores do efeito estimado expressam a magnitude da interferência de cada fator na variável dependente estudada. Neste caso, verifica-se que apenas os efeitos lineares do tempo e temperatura apresentaram efeito positivo e significância estatística na perda de peso. Isto significa que o aumento em qualquer um destes dois fatores promove elevação na perda de peso.

TABELA 4.3. Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (p) e coeficiente de regressão para cada fator no modelo codificado para perda de peso no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)	Coeficiente de regressão
Tempo (L)*	8,9718	0,8898	0,0097	4,4859
Tempo (Q)	-1,1034	1,0592	0,4069	-0,5517
Temperatura (L)*	7,8252	0,8898	0,0127	3,9126
Temperatura (Q)	-1,6036	1,0592	0,2692	-0,8017
Tempo*Temp. (L)	-2,2500	1,2583	0,2156	-1,1250

#Fatores seguidos de asterisco são significativos a $p \leq 0,05$.

(L)= termo de 1° grau; (Q)= termo de 2° grau.

Após a eliminação dos fatores não significativos, elaborou-se a análise de variância para se verificar, através do teste F, a significância da regressão e da falta de ajuste do modelo ao nível de 95% de confiança (Tabela 4.4). O modelo apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança ($F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$) e falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança ($F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$).

TABELA 4.4. Análise de variância do modelo ajustado para perda de peso no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.

Fontes de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média Quadrática	F (calculado)	F** (tabelado)
Regressão*	283,4124	2	141,7062	27,84	4,46
Resíduo	40,7239	(8)	5,0905	-	-
Falta de ajuste	37,5572	6	6,2595	3,95	19,33
Erro puro	3,1667	2	1,5833	-	-
Total	324,1364	10	-	-	-

#Fontes de variação seguidas de um asterisco são significativas a $p \leq 0,05$

**Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$.

O coeficiente de determinação para o modelo ajustado foi de 0,8743 indicando que a regressão explicou 87,4% da variação dos dados observados (Tabela 4.5). O modelo ajustado para perda de peso no processo de desidratação

osmótica a vácuo estudado foi considerado preditivo, pois apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança e R^2 superior a 0,85. Verifica-se também que os resíduos gerados pelo modelo apresentam distribuição aleatória, não indicando nenhuma tendência para o mesmo (Figura 4.1).

Na Figura 4.2 pode-se observar as curvas de contorno e superfícies de respostas geradas através do modelo decodificado ajustado para perda de peso no processo de desidratação osmótica a vácuo. Verifica-se aumento da perda de peso à medida que se elevam os valores da temperatura e do tempo de desidratação, registrando-se, mesmo para os tempos mais prolongados do processo, manutenção da perda de peso das rodela de caju. Alguns autores também mostraram uma relação direta do tempo de tratamento osmótico com a redução de peso do material (GARROTE *et al.*, 1992). Este comportamento, entretanto, difere do relatado em vários trabalhos, em que se verificou decréscimo da taxa de perda de peso ao longo do tempo de processamento, a exemplo dos de VIDEV *et al.* (1990), RAOULT-WACK (1994) e QUERIDO (1999).

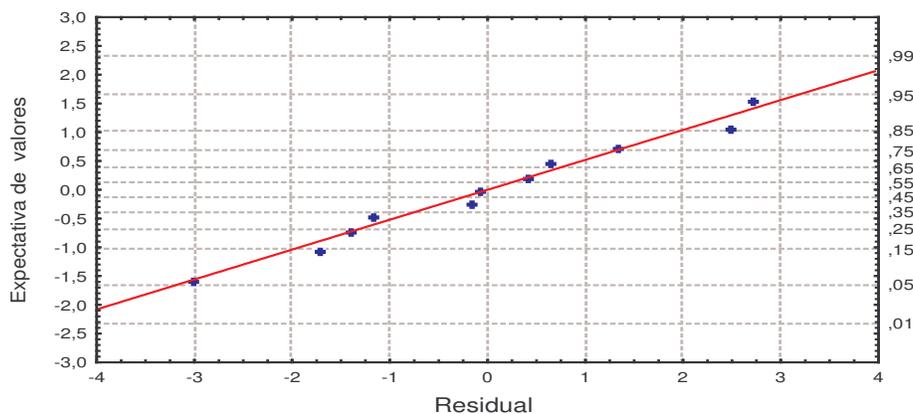


FIGURA 4.1. Distribuição de resíduos do modelo ajustado para perda de peso.

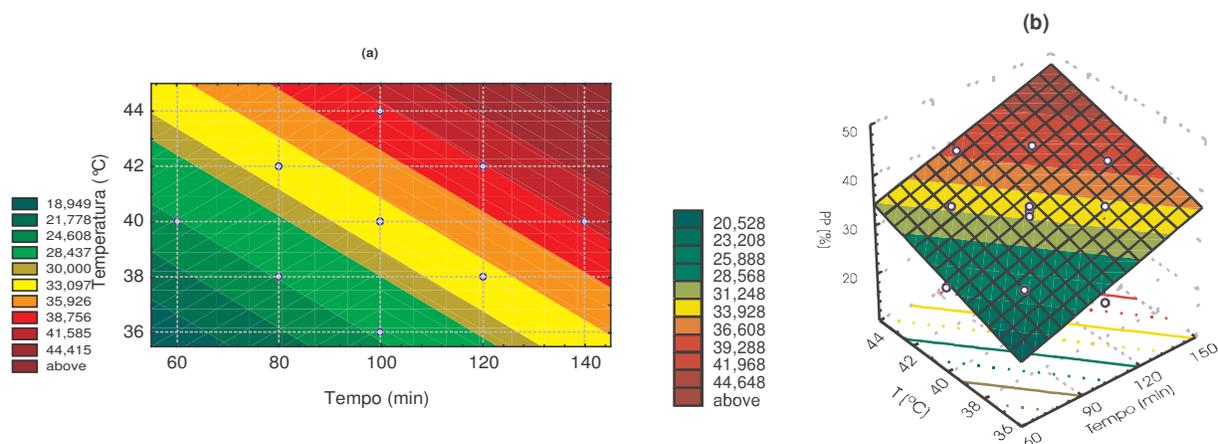


FIGURA 4.2. Curvas de contorno (a) e superfícies de resposta (b) para perda de peso no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodelas de pedúnculo de caju.

De acordo com QUERIDO (1999) este comportamento da perda de peso, no caso do caju, tendendo à estabilização nas etapas finais do processamento deve-se, provavelmente, ao equilíbrio atingido entre o sistema fruto:solução osmótica. O comportamento diferenciado registrado no presente trabalho pode resultar do menor tempo de processamento utilizado em relação ao empregado (240min) por QUERIDO (1999), não permitindo que se atingisse a fase de estabilização presente nos trabalhos citados. A perda de peso foi representada matematicamente pela equação 1 (Tabela 4.5).

TABELA 4.5. Equações de regressão dos modelos decodificados para perda de peso, Incorporação de sólidos, Sólidos totais e Perda de umidade na desidratação osmótica a vácuo de rodelas de pedúnculo de caju.

<i>Regressão</i>	<i>R²</i>	<i>Equação</i>
$PP (%) = -52,2765 + 18,13 \cdot 10^{-2}t + 16,458 \cdot 10^{-1}T$	0,8743	(1)
$IS (%) = -23,0139 - 20,61 \cdot 10^{-2}t + 1,5 \cdot 10^{-3}t^2 + 8,379 \cdot 10^{-1}T$	0,9710	(2)
$ST (%) = -7,4715 + 3,80 \cdot 10^{-2}t + 58,83 \cdot 10^{-2}T$	0,8548	(3)
$PU (%) = 458,447 + 2,62 \cdot 10^{-1}t + 21,544T - 2,44 \cdot 10^{-1}T^2$	0,9396	(4)

4.3.1.2. Incorporação de sólidos (IS)

Os efeitos das variáveis independentes para a resposta incorporação de sólidos são apresentados na Tabela 4.6. Verifica-se que os fatores tempo (L), tempo (Q) e temperatura (L) apresentaram efeitos positivos e significativos na incorporação de peso das rodela de pedúnculo de caju desidratadas a vácuo. Isto significa que um aumento em qualquer um destes fatores provoca crescimento na incorporação de sólidos.

TABELA 4.6. Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (p) e coeficiente de regressão para cada fator no modelo codificado para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a vácuo.

Fatores	Efeito Estimado	Erro puro	Significância estatística	Coeficiente de regressão
Tempo (L)*	4,9518	0,4041	0,0066	2,4759
Tempo (Q)*	2,1851	0,4811	0,0452	1,0925
Temperatura (L)*	4,2502	0,4041	0,0089	2,1251
Temperatura (Q)	-0,7657	0,4810	0,2524	-0,3828
Tempo*Temp. (L)	0,7950	0,5714	0,2987	0,3975

#Fatores seguidos de asterisco são significativos a $p \leq 0,05$.

(L)= termo de 1° grau; (Q)= termo de 2° grau.

A Tabela 4.7 apresenta a análise de variância do modelo ajustado para incorporação de sólidos. Obteve-se significância estatística ao nível de 5% de probabilidade para a regressão ($F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$) e falta de ajuste não significativa ao mesmo nível de confiança ($F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$). O modelo ajustado apresentou valor para R^2 de 0,9710 indicando que o modelo explicou 97,10% da variação dos dados observados (Tabela 4.5). Verifica-se, também, que os resíduos gerados pelo modelo apresentam distribuição aleatória, não indicando nenhuma tendência para o mesmo (Figura 4.3). Assim, o modelo ajustado para incorporação de sólidos é considerado preditivo, pois apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e R^2 superior a 0,85.

TABELA 4.7. Análise de variância do modelo ajustado para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.

Fontes de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F (calculado)	F** (tabelado)
Regressão*	94,1307	3	31,3769	78,31	4,35
Resíduo	2,8051	(7)	0,4007	-	-
Falta de ajuste	2,1520	5	0,4304	1,32	19,30
Erro puro	0,6531	2	0,3265	-	-
Total	96,9358	10	-	-	-

#Fontes de variação seguidas de um asterisco são significativas a $p \leq 0,05$

**Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$.

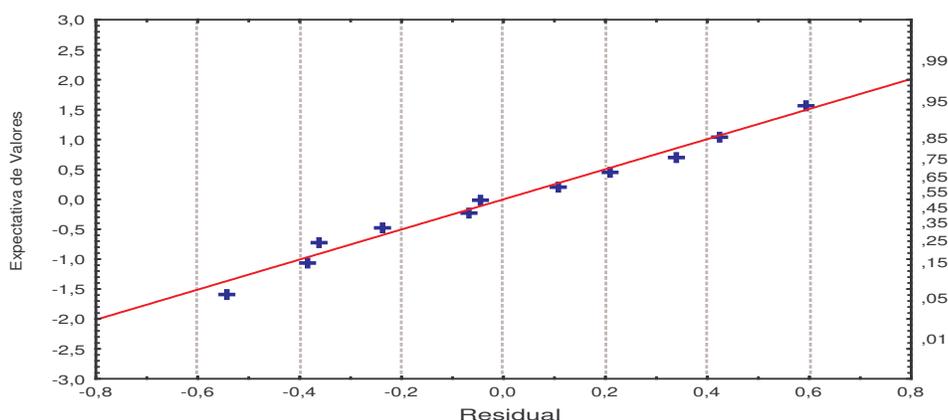


FIGURA 4.3. Distribuição de resíduos do modelo ajustado para incorporação de sólidos.

Na Figura 4.4 observam-se as curvas de contorno e superfícies de resposta da incorporação de sólidos do processo de desidratação osmótica. Observa-se elevação da inclinação das faixas de contorno com o aumento do tempo de processamento, ratificando a influência do efeito quadrático da variável independente tempo no crescimento da incorporação de sólidos das rodela de pedúnculo de caju. Verifica-se crescimento da incorporação de sólidos com o aumento da temperatura e/ou do tempo de processamento, ou seja, pode-se

observar que, para um dado tempo de processamento, obtêm-se maiores valores de incorporação de sólidos à medida que se eleva a temperatura da operação de desidratação. Do mesmo modo, ao se fixar uma temperatura de processamento, têm-se aumento da incorporação de sólidos, à medida que se aumenta o tempo de processamento.

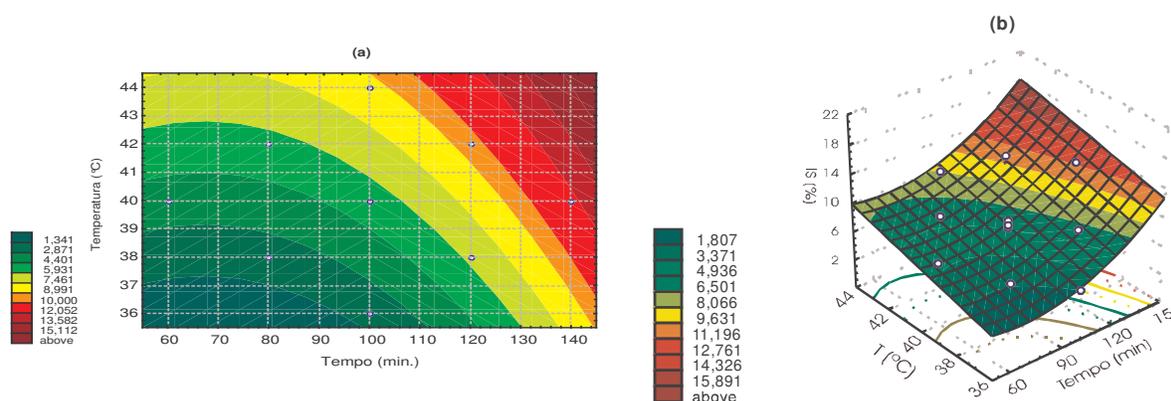


FIGURA 4.4. Curvas de contorno (a) e superfícies de resposta (b) para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.

A incorporação de sólidos é algumas vezes considerada uma das principais deficiências da desidratação osmótica por modificar a composição do produto e poder alterar o seu perfil nutricional natural. Embora o aumento na incorporação de sólidos esteja relacionada principalmente com as características do agente osmótico empregado (LENART & LEWICKI, 1990) e da microestrutura biológica inicial da matéria-prima (ISLAM & FLINK, 1982), fatores como o manuseio, pré-tratamentos e o próprio processamento (temperatura, agitação, tempo e pressão) podem provocar alteração na permeabilidade e seletividade das membranas dos tecidos. O aumento na incorporação de sólidos com o aumento do tempo e da temperatura de processamento foi observado por RAOULT-WACK (1994). QUERIDO (1999) atribuiu o aumento na incorporação de sólidos ao provável rompimento das membranas celulares de pedúnculos de caju decorrente do aumento do tempo e da temperatura de processamento até 50 °C.

A Tabela 4.6 apresenta os coeficientes de regressão codificados para cada um dos fatores. Entretanto, para melhor visualização e praticidade no uso do modelo, a equação 2 (Tabela 4.5) traz a sua representação na forma decodificada.

4.3.1.3. Sólidos totais (ST)

Os resultados obtidos para efeitos de sólidos totais nas rodela de pedúnculos de caju submetidos á desidratação osmótica são apresentadas na Tabela 4.8. Verificou-se efeito positivo e significativo ao nível de 95% de confiança para os parâmetros lineares de tempo e temperatura. Deste modo, um aumento no valor de qualquer um destes componentes contribui para o aumento de sólidos totais no material desidratado osmoticamente.

TABELA 4.8. Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (p) e coeficiente de regressão para cada fator no modelo codificado para sólidos totais no processo de desidratação osmótica a vácuo.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística	Coeficiente de regressão
Tempo (L)*	1,9565	0,3759	0,0349	0,9782
Tempo (Q)	0,2119	0,4475	0,6825	0,1059
Temperatura (L)*	2,9664	0,3759	0,0157	1,4832
Temperatura (Q)	0,4719	0,4474	0,4021	0,2359
Tempo*Temp. (L)	1,3700	0,5316	0,1233	0,6850

#Fatores seguidos de asterisco são significativos a $p \leq 0,05$.

(L)= termo de 1º grau; (Q)= termo de 2º grau.

A análise de variância dos dados (Tabela 4.9) apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança ($F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$) e falta de ajuste não significativa ($F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$) no mesmo nível de confiança.

Deste modo, o modelo ajustado para sólidos totais foi considerado preditivo, pois a análise de variância dos dados apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança pelo teste F, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e R^2 superior a 0,85 (Tabela 4.5). Verifica-se também

que os resíduos gerados pelo modelo apresentam distribuição aleatória, não indicando nenhuma tendência para o mesmo (Figura 4.5).

As curvas de contornos juntamente com as superfícies de respostas geradas pelo modelo ajustado encontram-se na Figura 4.6. Verifica-se distribuição paralela e uniforme das faixas de contorno, obtendo-se crescimento linear do teor de sólidos com o aumento do tempo e/ou da temperatura de processamento das rodela de pedúnculo de caju. A equação 3 (Tabela 4.3) representa o modelo decodificado para sólidos totais no processo de desidratação osmótica.

TABELA 4.9. Análise de variância do modelo ajustado para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.

Fontes de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F (calculado)	F** (tabelado)
Regressão*	25,2515	2	12,6257	23,55	4,46
Resíduo	4,2879	(8)	0,5360	-	-
Falta de ajuste	3,7228	6	0,6205	2,19	19,33
Erro puro	0,5651	2	0,2825	-	-
Total	29,5394	10	-	-	-

#Fontes de variação seguidas de um asterisco são significativas a $p \leq 0,05$

**Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$.

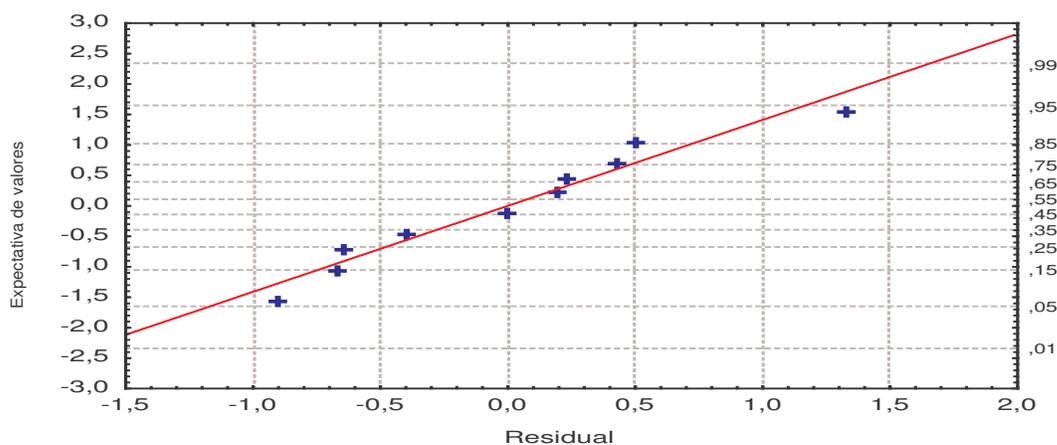


FIGURA 4.5. Distribuição de resíduos do modelo ajustado para sólidos totais.

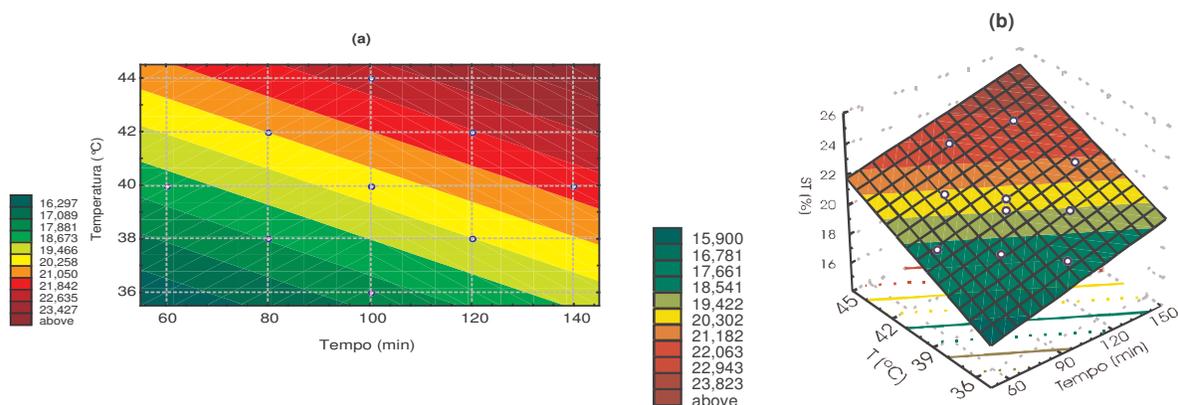


FIGURA 4.6. Curvas de contorno (a) e superfícies de resposta (b) para sólidos totais no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.

4.3.1.4. Perda de umidade (PU)

Relacionam-se na Tabela 4.10 os efeitos estimados para perda de umidade de rodela de pedúnculo de caju submetidos à desidratação osmótica. Efeitos positivos e significativos ao nível de 95% de confiança foram obtidos para os fatores tempo e temperatura lineares (ou seja, o aumento de qualquer um destes componentes implica em crescimento na perda de umidade), enquanto o componente temperatura (Q) contribui para a redução na perda de umidade, pois apresentou efeito negativo significativo no mesmo nível de confiança.

TABELA 4.10. Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (p) e coeficiente de regressão para cada fator no modelo codificado para perda de umidade no processo de desidratação osmótica a vácuo.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística	Coeficiente de regressão
Tempo (L)*	12,6436	0,4687	0,0013	6,3218
Tempo (Q)	0,7793	0,5580	0,2973	0,3896
Temperatura (L)*	9,6345	0,4687	0,0023	4,8173
Temperatura (Q)*	-2,9018	0,5580	0,0350	-1,4509
Tempo*Temp. (L)	-1,9700	0,6628	0,0970	-0,9850

#Fatores seguidos de asterisco são significativos a $p \leq 0,05$.

(L)= termo de 1° grau; (Q)= termo de 2° grau

Verificou-se na análise de variância a significância da regressão e da falta de ajuste em relação a 95% de confiança. Na Tabela 4.11 encontram-se os valores calculados e tabelados de F. Observa-se que o modelo apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança ($F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$) e falta de ajuste não significativa ao mesmo nível de confiança ($F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$). O valor de R^2 para o modelo ajustado foi de 0,9396 indicando que 93,96% da variação dos dados obtidos foi explicada pelo modelo (Tabela 4.5). Assim, o modelo ajustado para perda de umidade é considerado preditivo, pois apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e R^2 superior a 0,85.

Verifica-se também que os resíduos gerados pelo modelo apresentam distribuição aleatória, não indicando nenhuma tendência para o mesmo (Figura 4.7). As curvas de contornos juntamente com as superfícies de respostas geradas pelo modelo ajustado encontram-se na Figura 4.8. Observa-se aumento da perda de umidade com o aumento do tempo e da temperatura de processamento, entretanto, verifica-se diminuição da inclinação das faixas de contornos nas temperaturas mais elevadas do processamento, sinalizando uma tendência à estabilização da perda de umidade. No gráfico das superfícies de respostas (Figura 4.8b) este decréscimo da taxa de aumento da perda de umidade é demonstrado pela formação de um platô na parte superior do gráfico. A equação 4 (Tabela 4.5) representa o modelo decodificado para perda de umidade no processo de desidratação osmótica.

TABELA 4.11. Análise de variância de modelo ajustado para perda de umidade no processo de desidratação osmótica.

Fontes de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F (calculado)	F** (tabelado)
Regressão*	520,4407	3	173,4802	36,29	4,35
Resíduo	33,4655	(7)	4,7808	-	-
Falta de ajuste	32,5866	5	6,5173	14,83	19,30
Erro puro	0,8789	2	0,4394	-	-
Total	553,9061	10	-	-	-

#Fontes de variação seguidas de um asterisco são significativas a $p \leq 0,05$

**Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$.

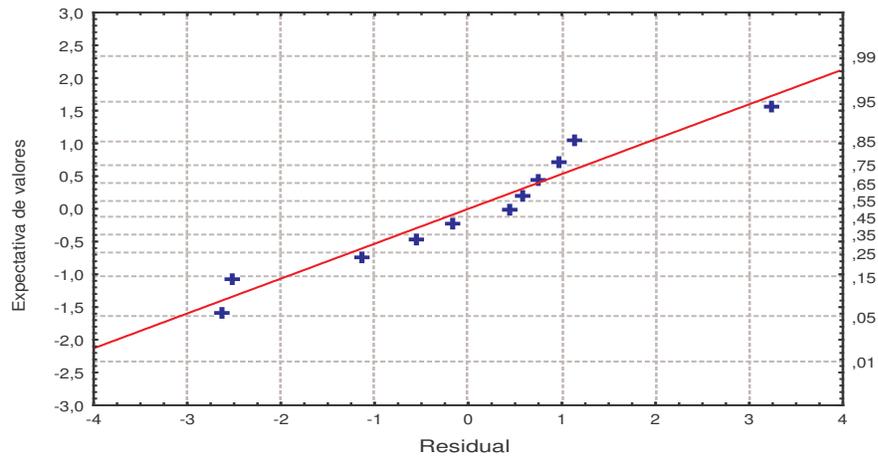


FIGURA 4.7. Distribuição de resíduos do modelo ajustado para perda de umidade.

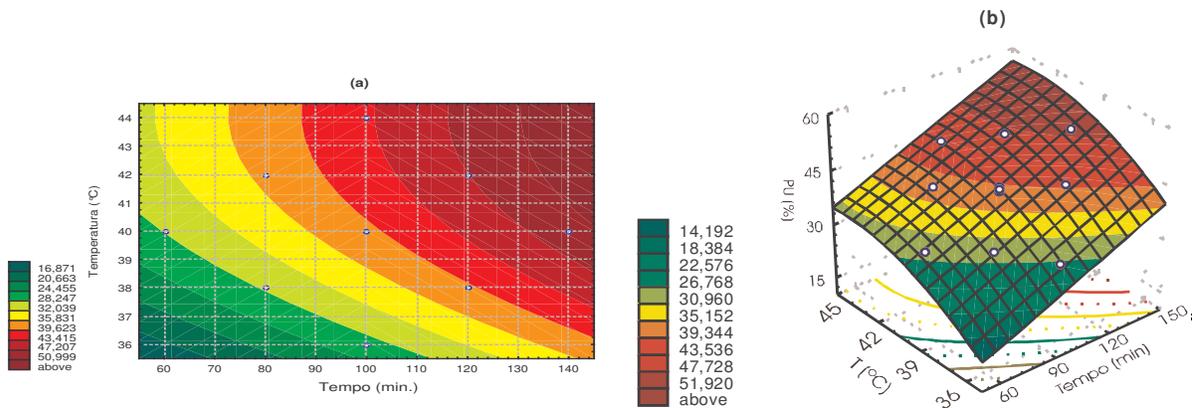


FIGURA 4.8. Curvas de contornos (a) e superfícies de respostas (b) para perda de umidade no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.

4.3.2. Otimização do processo de desidratação osmótica

Após obtidas as respostas para todos os ensaios com os modelos ajustados e considerados preditivos, procedeu-se à determinação das condições ótimas. As superfícies de contorno da perda de peso e da incorporação de sólidos (Figuras 4.2 e 4.4) foram sobrepostas e determinadas as faixas ótimas para o processamento (Figura 4.9). Nesta, observa-se a área hachurada que delimita a faixa otimizada de tempo e temperatura no processo para perda de peso ($PP \geq 30\%$) e incorporação de sólidos ($IS \leq 10\%$), ou seja, qualquer ponto tomado dentro desta área possibilita a determinação do binômio tempo versus temperatura em que se pode realizar o processamento para obtenção do produto otimizado.

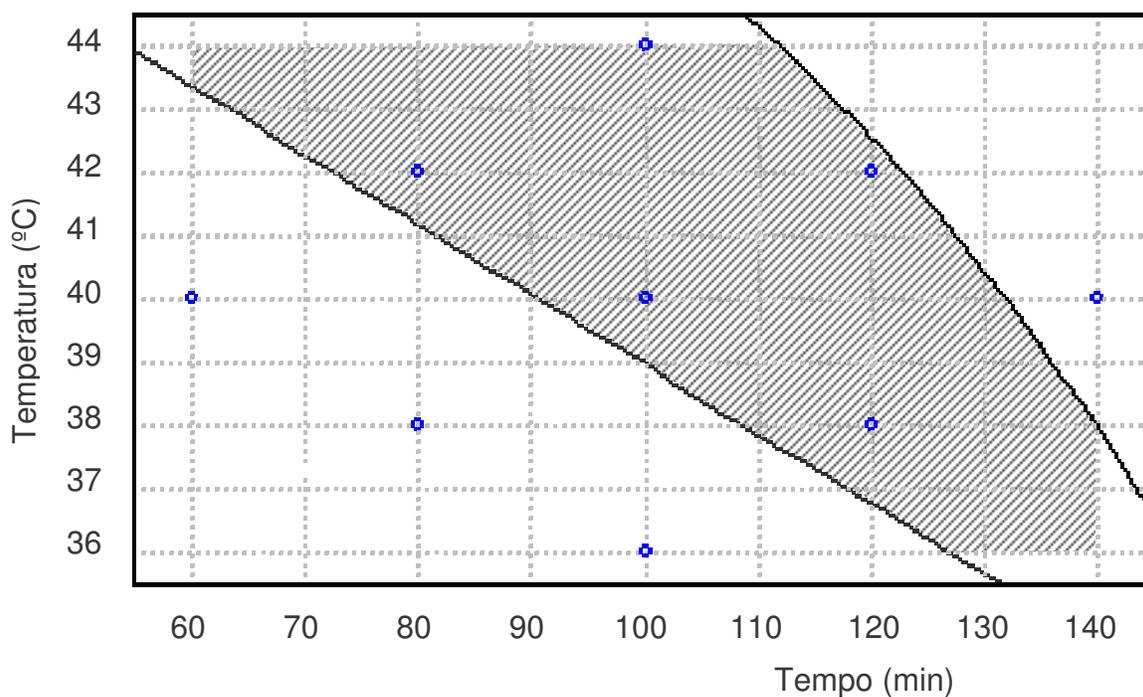


FIGURA 4.9. Faixa otimizada (hachurada) de tempo e temperatura no processo de desidratação osmótica de rodela de pedúnculo de caju.

Assim, de acordo com a Figura 4.9, para obtenção do produto otimizado pode-se trabalhar com combinações de temperatura de 36 até 44°C e tempo variando de 60 a 140 minutos. Na Tabela 4.12 e Figura 4.9 pode-se verificar o elevado crescimento da taxa de incorporação de sólidos principalmente após aproximadamente os 100 primeiros minutos de processamento. (ver a linha direita da faixa hachurada do gráfico que delimita a faixa ótima de processamento). Por outro lado, apesar de continuar crescente, a magnitude do crescimento da taxa de perda de peso se mantém nos mesmos patamares verificados antes dos primeiros 100 minutos (ver a linha esquerda da faixa hachurada do gráfico que delimita a faixa otimizada do processo).

TABELA 4.12. Valores preditos de perda de peso e incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.

Tempo (minutos)	Temperatura (°C)									
	36		38		40		42		44	
	IS (%)	PP (%)	IS (%)	PP (%)	IS (%)	PP (%)	IS (%)	PP (%)	IS (%)	PP (%)
60	0,18	17,85	1,86	21,14	3,53	24,43	5,21	27,72	6,88	31,02
80	0,26	21,47	1,94	24,77	3,61	28,06	5,29	31,35	6,96	34,64
100	1,54	25,10	3,21	28,39	4,89	31,68	6,56	34,98	8,24	38,27
120	4,01	28,72	5,69	32,02	7,37	35,31	9,04	38,60	10,72	41,89
140	7,69	32,35	9,37	35,64	11,05	38,94	12,72	42,23	14,40	45,52

De acordo com RAOULT-WACK (1994) com o decorrer do processo, há um decréscimo na taxa de osmose. A transferência de massa se dá principalmente durante as primeiras duas horas; a partir daí, as taxas de transferência diminuem progressivamente até que a perda de água cessa. Por outro lado, a incorporação de sólidos continua a aumentar; conseqüentemente, o alimento tende a voltar a ganhar peso, resultando em um produto rico em solutos. Por isso, a desidratação osmótica é geralmente conduzida até que se atinja uma

redução de 30 a 50% no peso do material, não sendo, geralmente, recomendado estender-se o processo além disso (PONTING *et al.*, 1966; PONTING, 1973).

Assim como ocorreu no capítulo anterior para o processo de desidratação osmótica à pressão atmosférica, na validação dos modelos experimentais da desidratação osmótica a vácuo escolheu-se binômios tempo*temperatura que estivessem dentro das faixas otimizadas. Além disso considerou-se que para manter as características dos produtos desidratados as mais próximas possíveis das apresentadas pela matéria-prima deveriam ser empregadas temperaturas que provocassem mínimas alterações nos produtos.

Apesar da ampla faixa de combinações de tempo e temperatura que permitem a obtenção do produto otimizado, pois pode-se trabalhar com combinações de temperatura de 36 até 44°C e tempo variando de 60 a 140 minutos, para a validação do modelo as combinações 40°C/100min e 36°C/140min foram escolhidas. Verifica-se (Tabela 4.12) que para o emprego de temperaturas de até 38°C necessita-se de pelo menos 2 horas de processamento para obtenção do produto otimizado (IS=5,69% e PP=32,02%). Na temperatura de 40°C o tempo de processamento reduz-se para 100 minutos (IS=4,89% e PP=31,68%) e a 44°C o tempo de desidratação cai para 1 hora (IS=6,88% e PP=31,02%).

Juntamente com a perda de peso e a incorporação de sólidos, a perda de umidade é uma variável de grande importância na avaliação da eficiência do processo de desidratação osmótica. A Tabela 4.13 apresenta os resultados, em percentagem, da perda de umidade no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju. Verifica-se aumento da perda de umidade com a elevação da temperatura, entretanto, ocorre uma redução na taxa de crescimento desta variável nas temperaturas mais elevadas do processo (notadamente a partir de 42°C).

A Metodologia de Superfície de Resposta constitui-se de duas etapas: modelagem e deslocamento das faixas experimentais em direção ao "ótimo". Neste caso, o ideal seria continuar o experimento, a partir dos devidos deslocamentos das faixas experimentais. Entretanto, ao se realizar ensaios adicionais empregando-se temperaturas acima de 44°C, mesmo quando

combinadas com períodos de desidratação inferiores ao tempo mínimo de 60min usados neste trabalho, verificou-se decréscimo da qualidade dos produtos, visto que as rodela de pedúnculo não se apresentavam, com boa aparência (visualmente) e com baixa consistência (frágeis). A intensificação da perda de água pelo aumento da temperatura e da concentração da solução osmótica é limitada, devido às alterações sensoriais indesejáveis na cor, aroma e textura provocadas pelo excesso na aplicação dessas variáveis durante o processo, influenciando diretamente na aceitação do produto final pelo consumidor (SHI e FITO, 1993; SHI *et al.*, 1995).

TABELA 4.13. Valores de perda de umidade no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculo de caju.

Tempo (min)	Temperatura (°C)				
	36	38	40	42	44
60	16,63	23,60	28,63	31,70	32,82
80	21,87	28,84	33,87	36,94	38,06
100	27,11	34,08	39,11	42,18	42,19
120	32,35	39,32	44,35	47,42	48,54
140	37,59	44,56	49,59	52,66	53,78

Na Tabela 4.14 relacionam-se as percentagens de perda de peso, incorporação de sólidos, sólidos totais e perda de umidade obtidas pelo modelo ajustado nas duas combinações de tempo e temperaturas empregadas para a validação dos modelos experimentais (65°Brix/40°C/100min e 65°Brix/36°C/140min). Verifica-se boa proximidade entre as respostas observadas e as obtidas pelo modelo para as variáveis dependentes presentes na Tabela 4.14, confirmando-se a preditividade dos modelos experimentais.

Observa-se valores similares para as duas combinações de tempo e temperatura empregadas para as variáveis perda de peso, perda de umidade e sólidos totais, entretanto, a incorporação de sólidos foi maior na combinação 36°C/140min, sinalizando a influência do tempo no aumento da incorporação de sólidos. Esta influência está melhor evidenciada na Tabela 4.12.

Estes resultados são todos ligeiramente superiores aos relatados por QUERIDO (1999) que realizou desidratação osmótica a vácuo de rodela de pedúnculos de caju, no mesmo equipamento empregado neste trabalho, diferenciando-se apenas no uso de xarope de sacarose a 65°Brix como agente osmótico. A autora obteve para os tratamentos 35°C/180min e 40°C/100min valores de perda de peso de 30,79 e 29,78%, perda de umidade de 35,69 e 34,58% e incorporação de sólidos da ordem de 4,50 e 4,12%. Estas diferenças provocadas pelo emprego do suco de caju concentrado como agente desidratante devem-se, possivelmente, ao seu menor peso molecular (de acordo com AZEVEDO & RODRIGUES (2000) o suco de caju apresenta 48,8% de glicose; 50,6% de frutose e apenas 0,6% de sacarose) em relação ao xarope de sacarose, visto que, o uso de agentes osmóticos de menor peso molecular promove redução no tempo de desidratação, entretanto, quanto menor o peso molecular, menor a relação entre perda de umidade e incorporação de sólidos (LENART & LEWICKI, 1990). Ainda, conforme TORREGGIANI (1993) o uso de sacarídeos de baixo peso molecular como a glicose, frutose e sorbitol favorecem o ganho de açúcar devido à alta velocidade de penetração das moléculas de tal forma que o enriquecimento de sólidos é o principal efeito do processo no lugar da desidratação. Aumentando-se a massa molar do soluto, um decréscimo do ganho de sólidos e um aumento na perda de água são obtidos, favorecendo o aspecto da desidratação no processo.

TABELA 4.14. Respostas observadas experimentalmente e respostas previstas pelos modelos experimentais.

Determinações	40°C/100min		36°C/140min	
	Observados	Preditos	Observados	Preditos
Perda de peso (%)	32,67 ± 1,26	31,68	31,50 ± 1,10	32,35
Incorporação de sólidos (%)	5,37 ± 0,81	4,89	6,20 ± 0,93	7,69
Sólidos totais (%)	19,61 ± 0,53	19,86	19,33 ± 0,36	19,03
Perda de umidade (%)	38,58 ± 0,66	39,11	36,37 ± 0,85	37,59

4.3.3. Caracterização dos produtos otimizados

Na Tabela 4.15 relacionam-se as características físico-químicas dos produtos *in natura* e daqueles empregados para a validação dos modelos experimentais obtidos na desidratação osmótica. Associado à redução da atividade de água, evidencia-se efeito da concentração dos compostos presentes nos produtos submetidos ao processo de desidratação osmótica em relação ao produto *in natura* (os valores de pH diminuem, enquanto os de açúcares aumentam).

TABELA 4.15. Valores de pH, Aa, ácido ascórbico, °Brix e açúcares (não redutores, redutores e totais) do pseudofruto de caju *in natura* e desidratado osmoticamente a vácuo pelo emprego de suco de caju concentrado a 65°Brix.

Determinações	Tratamentos		
	<i>In natura</i>	36°C/140 min	40°C/100 min
pH	4,59	4,30	4,35
Atividade de água (<i>A_w</i>)	0,986 ± 0,001	0,975 ± 0,001	0,978 ± 0,001
Açúc. não redutores (%)	0,52 ± 0,050	1,64 ± 0,060	1,70 ± 0,070
Açúc. redutores (%)	8,31 ± 0,080	11,48 ± 0,060	11,80 ± 0,040
Açúc. totais (%)	8,83 ± 0,090	13,12 ± 0,090	13,50 ± 0,050
°Brix	11,50	16,20	17,20

No que se refere às perdas de ácido ascórbico, observou-se que a desidratação a 65°Brix/36°C/140min permitiu a obtenção do produto com menor perda de ácido ascórbico (14,87%) que o tratamento em que se utilizou 65°Brix/40°C/100min (27,52%). Estes valores de perda de ácido ascórbico são ligeiramente inferiores aos relatados por QUERIDO (1999), embora os teores de ácido ascórbico, no presente trabalho, sejam bastante inferiores aos do trabalho citado, inclusive o referente à fruta *in natura* (Tabela 4.16). Embora se trate de temperaturas consideradas amenas para o processo de desidratação osmótica, o aumento da temperatura de 36 para 40°C pode ter determinado a maior perda de ácido ascórbico, apesar do menor tempo de desidratação empregado naquele tratamento. As perdas de ácido ascórbico podem resultar tanto de sua difusão para

a solução osmótica como da degradação química, sendo a temperatura fator que exerce influência no processo (VIAL *et al.*, 1991). ABUGOCH & GUARDA (1991) desidratando kiwi em várias temperaturas observaram que as maiores perdas de ácido ascórbico deram-se a 40°C.

É interessante frisar a diferença nos teores de ácido ascórbico registrados na fruta *in natura*, quando se compara os dados apresentados neste trabalho (169,89mg/100g) com os 245,31mg/100g obtidos por QUERIDO (1999). Apesar de se ter empregado pedúnculos do mesmo material genético nas duas pesquisas, os teores de ácido ascórbico no caju são bastante variáveis, podendo oscilar entre 120 a 300mg/100g (OGUNMOYELA, 1983), sendo influenciado por vários outros fatores, tais como: tipo de solo, forma de cultivo, condições climáticas, procedimentos agrícolas para colheita e armazenamento.

TABELA 4.16. Teores de ácido ascórbico (média, base seca e % de perda) no pseudofruto de caju *in natura* e desidratado osmoticamente.

Tratamento	Média (mg/100g)	Base seca (mg/100g)	(%) de perda
<i>In natura</i>	169,89 ± 0,03	1367,87	-
36°C/140 min	225,08 ± 1,40	991,38	14,87
40°C/100 min	194,41 ± 0,20	1164,40	27,52

4.3.4. Comparação entre os dois processos de desidratação osmótica

Para a comparação entre os processos de desidratação osmótica a vácuo e à pressão atmosférica escolheu-se binômios tempo*temperatura empregadas na validação dos modelos experimentais e que estivessem dentro das faixas otimizadas de cada processo (Tabela 4.17). Verifica-se que o processo de desidratação osmótica a vácuo apresentou-se mais eficiente que o realizado à pressão ambiente, pois para as duas condições otimizadas (65°Brix/40°C/100min e 65°Brix/36°C/140min) o emprego do vácuo permitiu obter maior perda de peso, maior perda de umidade e menor incorporação de sólidos, que as empregadas no processo à pressão ambiente 65°Brix/40°C/180min e 65°Brix/35°C/218min,

embora nestas condições se empreguem maiores tempos de processamento. Estes resultados estão parcialmente de acordo com os obtidos por QUERIDO (1999) que na comparação entre condições otimizadas dos processos de desidratação osmótica de rodela de pedúnculo de caju a vácuo (40°C/100min e 35°C/180min) e à pressão ambiente (40°C/225min) encontrou, respectivamente, valores de 29,78; 30,79 e 29,50% para a perda de peso, 34,58; 35,69 e 36,43% para a perda de umidade, 4,12; 4,50 e 9,23% para a incorporação de sólidos e 18,29; 18,51 e 20,91% para sólidos totais. De acordo com SHI & FITO (1993) a desidratação osmótica a vácuo apresenta-se como um avanço dentro do processo de desidratação osmótica, contribuindo para acelerar a perda de água em comparação com o tratamento à pressão normal, tornando o processo mais rápido e possibilitando a obtenção de frutos desidratados de boa qualidade.

TABELA 4.17. Valores, em percentagem, de perda de peso, incorporação de sólidos, sólidos totais e perda de umidade na desidratação osmótica à pressão ambiente e a vácuo de rodela de pedúnculo de caju, empregando-se suco de caju concentrado a vácuo a 65°Brix.

Determinações	Pressão ambiente		Vácuo	
	40°C/180min	35°C/218min	40°C/100min	36°C/140min
Perda de peso	30,25 ± 0,16	31,12 ± 0,18	32,67 ± 1,26	31,50 ± 1,10
Incorporação de sólidos	7,98 ± 0,42	9,51 ± 0,48	5,37 ± 0,81	6,20 ± 0,93
Sólidos totais	20,90 ± 0,13	21,10 ± 0,36	19,61 ± 0,53	19,33 ± 0,36
Perda de umidade	35,87 ± 0,18	35,25 ± 0,19	38,58 ± 0,66	36,37 ± 0,85

4.4. CONCLUSÕES

1. Todos os modelos experimentais ajustados desenvolvidos (perda de peso, incorporação de sólidos, sólidos totais, perda de umidade) através da metodologia de superfície de resposta foram considerados preditivos por apresentarem regressão significativa ao nível de 95% de confiança, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e R^2 superior a 0,85;
2. Para obtenção do produto otimizado pode-se trabalhar com combinações de temperatura de 36 até 44 °C e tempo variando de 60 a 140 minutos;
3. Na avaliação de duas condições otimizadas, empregadas na validação do modelo no processo de desidratação osmótica a vácuo: 65°Brix/40°C/100min e 65°Brix/36°C/140min, obtiveram-se, respectivamente, perda de peso de 32,67 e 31,50%, incorporação de sólidos de 5,37 e 6,20% e perda de umidade da ordem de 38,58 e 36,37%;
4. Conforme previsto pelos modelos experimentais, as variáveis perda de peso e incorporação de sólidos empregadas para otimização do processo de desidratação osmótica variaram de 17,85 a 45,52% e 0,18 a 14,40%, respectivamente, para as combinações de 36 °C e 60 minutos e 44 °C e 140 minutos;
5. Observou-se redução nos teores de ácido ascórbico de 14,87 e 27,52%, respectivamente, para o pseudofruto desidratado a 65°Brix/36°C/140min e 65°Brix/40°C/100min em relação ao caju *in natura* que apresentou 169,89mg/100g de ácido ascórbico;
6. A pesquisa demonstrou que o uso do suco de caju concentrado apresenta-se como alternativa de sucedâneo para a sacarose, pois apresentou resultados similares ao obtido com o xarope de sacarose na desidratação de rodela de pedúnculo de caju.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. **Association of Official Analytical Chemists**: Official Methods of Analysis. 16. ed. Washington, 1994.
- ABUGOCH, L; GUARDA, A. Estudio de la perdida de ácido ascórbico total en rodajas de kiwi, durante la deshidratación osmótica. **Alimentos**, v.16, n.5, p.15-19, 1991.
- AZEVEDO, D.C.S.; RODRIGUES, A. SMB chromatography applied to the separation/purification of fructose from cashew apple juice. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, São Paulo, v.17, n.4-7, p.507-516, Dec. 2000.
- AZOUBEL, P.M.; MURR, F.E. Mathematical modelling of the osmotic dehydration of cherry tomato. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.2, p.228-232, 2000.
- BARAT, J.M.; ANDRÉS, A.; FITO, P. **Deshidratación osmótica de alimentos**. Valência: Departamento de Tecnologia de Alimentos / Universidade Politecnica de Valencia, 1998, 73 p.
- BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. Programas computacionais de planejamento experimental e otimização. In: BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e Otimização de Experimentos**. Campinas: Editora da Universidade Estadual de Campinas, 1995. p. 239-271.
- GARROTE, R.L.; SILVA, E.R.; BERTONE, R.A. Osmotic concentration at 5°C and 25°C of pear and apple cubes and strawberry halves. **Lebensmittel - Wissenschaft und-Technologie**, London, v.25, n.2, p.133-138, 1992.
- HENG, K.; GUILBERT, S.; CUQ, J.L. Osmotic dehydration of papaya: influences of process variables on the product quality. **Science des Aliments**, Paris, v.10, n.4, p.831-848, 1990.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, 1985. 533p.
- 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.
- KARATHANOS, V.T.; KOSTAROPOULOS, A.E. Air-drying kinetics of osmotically dehydrated fruits. **Drying Technology**, v.13, n.5-7, p.1503-1521, 1995.
- KOWALSKA, H.; LENART, A. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables, **Journal of Food Engineering**, n.49, p.137-140, 2001.
- LENART, A.; LEWICKI, P.P. Osmotic dehydration of apples at high temperature. In: Mujumbar, A.S., ed. **Drying '89**. Bristol: Hemisphere Publishing Corporation, 1990. p.7-14.

- MOY, J.H.; LAU, N.B.H.; DOLLAR, A.M. Effects of sucrose and acids on osmotic-dehydration of tropical fruits. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v.2, n.2, p.131-135, 1978.
- MÚJICA-PAZ, H.; VALDEZ-FRAGOSO, A.; LÓPEZ-MALO, A.; PALOU, E.; WELTI-CHANES, J. Impregnation properties of some fruits at vacuum pressure. **Journal of Food Engineering**, v.56, n.4, p.307-314, 2003a.
- MÚJICA-PAZ, H.; VALDEZ-FRAGOSO, A.; LÓPEZ-MALO, A.; PALOU, E.; WELTI-CHANES, J. Impregnation and dehydration of some fruits: effect of the vacuum pressure and syrup concentration. **Journal of Food Engineering**, v.57, n.4, p.305-314, 2003b.
- OGUNMOYELA, O.A. Prospects for cashew apple processing and utilization in Nigeria. **Process Biochemistry**, v.18, n.2, p.6-7, 1983.
- PONTING, J.D. Osmotic dehydration of fruits - recent modifications and applications. **Process Biochemistry**, Watford, v.8, n.12, p.18-20, 1973.
- PONTING, J.D.; WATTERS, G.G.; FORREY, R.R.; JACKSON, R.; STANLEY, W.L. Osmotic dehydration of fruits. **Food Technology**, Chicago, v.20, n.10, p.1365-1368, 1966.
- QUERIDO, A. F. **Otimização e comparação dos processos de desidratação osmótica a vácuo e à pressão ambiente de pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale* L.)**. Campinas, 1999. 113p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos)- Faculdade de Engenharia de alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- 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.
- RASTOGI, N.K.; RAGHAVARAO, K.S.M.S.; NIRANJAN, K.; KNORR, D. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v.13, n.2, p.48-59, 1994. Feb. 2002.
- SABLANI, S.S.; RAHMAN, M.S. Effect of syrup concentration, temperature and sample geometry on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of mango. **Food Research International**, v.33, n.1, p.65-71, 2003.
- SAUREL, R.; RAOULT-WACK, A.; RIOS, G.; GUILBERT, S. Mass transfer phenomena during osmotic dehydration of apple. I. Fresh plant tissue. **International Journal of Food Science and Technology**, n.29, p.531-542, 1994.
- SERENO, A.M.; HUBINGER, M.D.; COMESAÑA, J.F.; CORREA, A. Prediction of water activity of osmotic solutions. **Journal of Food Engineering**, n.49, p.103-114, 2001.
- SHI, X.Q.; FITO, P. Vacuum osmotic dehydration of fruits. **Drying Technology**, v.11, n.6, p.1429-1442, 1993.

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

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

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, n.49, p.247-256, 2001.

VIAL, C.; GUILBERT, S.; CUQ, J.L. Osmotic dehydration of kiwi fruits: influence of process variables on the color and ascorbic acid content. **Sciences des Aliments**, Paris, v.11, n.1, p.63-84, 1991.

VIDEV, K.; TANCHEV, S.; SHARMA, R.C.; JOSHI, V.K. Effect of sugar syrup concentration and temperature on the rate of osmotic dehydration of apples. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v.27, n.5, p.307-308, 1990.

CAPÍTULO 5

ELABORAÇÃO E ANÁLISE SENSORIAL DE BARRAS DE CAJU SUBMETIDAS A DIFERENTES FORMAS DE ESIDRATAÇÃO

RESUMO

Visando ao desenvolvimento de produtos que representem alternativas de utilização da amêndoa da castanha de caju e contribuam para a redução do desperdício do pedúnculo, hoje estimado em mais de 940 mil toneladas/ano, elaborou-se nove (9) formulações de barras de frutas, empregando-se diferentes processos de secagem de rodela do pedúnculo de caju submetido ou não à prévia desidratação osmótica. Foram utilizados caju liofilizado, caju saturado, secagem direta ao sol, secagem a ar em estufas e secagem em secador solar. Foram empregadas, ainda, na formulação, produtos como a farinha (f), xerém (x) e grânulos (g), o óleo e a torta, todos ingredientes obtidos da amêndoa de castanha de caju, bem como a fibra originária da extração do suco do caju, após sucessivas lavagens e secagem para a sua preparação. Além destas matérias-primas, utilizaram-se, como fonte de glicídios, o mel de caju e de abelha, o açúcar mascavo e flocos de arroz. Através de testes sensoriais foram avaliados os atributos de aceitação global, sabor, textura, aparência e intenção de compra dos produtos através da análise de variância univariada (ANOVA) e comparação das médias “a posteriori” dos tratamentos. O resultado da análise sensorial, realizada através de testes afetivos de localização central (TLC) com 100 provadores, permitiram concluir que os três tipos de barras elaborados com pedúnculos de caju liofilizado, caju solar (pedúnculos de caju secos em secador solar) e caju desidratado (pedúnculos desidratados a ar quente em estufa), todos submetidos ao processo de desidratação osmótica a vácuo (65°Brix/40°C/100min) antes da secagem, apresentaram melhor desempenho nos testes de aceitação sensorial para todos os atributos avaliados. Estes três tratamentos não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5.1. INTRODUÇÃO

A agroindústria do caju representa nos dias atuais parcela significativa da economia do Nordeste do Brasil, em decorrência dos produtos industrializados oriundos do seu fruto e pseudofruto. O parque industrial ligado a este setor da economia é constituído de 23 indústrias de beneficiamento do fruto (castanha) e 8 indústrias voltadas para o aproveitamento do pseudofruto (PAIVA *et al.*, (2000). A agroindústria do caju é responsável no Nordeste por uma área plantada em torno de 1 milhão de hectares, gerando mão-de-obra direta e indireta no segmento agrícola, industrial e de serviços para 1,5 milhão de pessoas. Deve-se ressaltar que a referida cultura está se expandindo por todo o Brasil (LEITE & PAULA PESSOA, 1996).

Segundo LOPES NETO (1997) cerca de 90% da produção de caju encontram-se no Nordeste, principalmente no litoral, sendo um produto de grande importância econômica e social para a região, tanto no que se refere à exportação da amêndoa como à diversificação dos produtos oriundos do pedúnculo, com grande aceitação no mercado interno.

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 podem exercer função destacada em seus desenvolvimentos físico e mental. Ultimamente, se tem dado muita atenção ao consumo de alimentos naturais com alto conteúdo de fibras e baixos níveis de aditivos (ESCOBAR *et al.*, 1998).

Objetivando contribuir para o melhor aproveitamento do caju através da alternativa de exploração de mais um produto do caju, foram desenvolvidas e submetidas à avaliação sensorial, através de testes afetivos, nove diferentes formulações de barras do caju.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1. Preparo das barras de caju

Foram elaboradas nove formulações de barras de caju (Tabela 5.1) as quais foram submetidas a testes de aceitação sensorial. Os produtos foram processados na Planta Piloto e Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Tecnologia de Alimentos da FEA-UNICAMP.

Na elaboração das barras de caju empregou-se o fluxograma de produção presente na Figura 5.1. Em todas as formulações em que se utilizou caju submetido à desidração osmótica, optou-se pelo uso do produto obtido através do tratamento a vácuo (65°Brix/40°C/100min) obtido nos ensaios de desidratação osmótica realizados nas etapas iniciais desta pesquisa (Capítulo 4).

Após o processamento das matérias-primas, preparo dos pedúnculos de caju desidratados (Tabela 5.1) e obtenção dos demais ingredientes, foram elaboradas as nove formulações de barras de caju, seguindo o fluxograma da Figura 5.1. Conforme pode ser visualizado, o processo envolveu três operações: 1) preparo do xarope e 2) dosagem dos componentes secos e 3) mistura do xarope com os componentes secos. Utilizou-se para todas as formulações a relação de 57,68% de ingredientes secos para 42,32% de xarope.

Na elaboração do xarope, os ingredientes: suco concentrado, mel de abelha, açúcar mascavo, óleo de amêndoa de castanha de caju, além da lecitina de soja e a goma arábica usados como aditivos, foram misturados e concentrados em tachos abertos até que se atingisse uma concentração de sólidos solúveis de 84°Brix. Em seguida, os componentes sólidos: fibra de caju, flocos de arroz, torta e xerém da amêndoa de castanha de caju, previamente preparados, foram misturados ao material aglutinante e mexidos por 2min. A esta formulação básica, acrescentou-se, separadamente, conforme o tratamento, cada um dos oito tipos de pedúnculos de caju desidratados, presentes na Tabela 5.1. Apenas o tratamento I (controle) não recebeu caju desidratado. Na seqüência, o material foi

colocado em formas metálicas, moldado, resfriado por 15 minutos, cortado e embalado.

TABELA 5.1. Relação e descrição dos tratamentos empregados na elaboração dos cajus desidratados usados nas barras de caju.

Tratamentos	Descrição
A- Caju liofilizado-2	Caju liofilizado, submetido à prévia desidratação osmótica, apresentando umidade final de 10%.
B- Caju solar-2	Caju seco em secador solar ¹ , submetido à prévia desidratação osmótica, até atingir a umidade de 25%.
C- Caju desidratado-2	Caju submetido à secagem a ar quente em estufa, após desidratação osmótica, até atingir a umidade de 20%.
D- Caju liofilizado-1	Caju liofilizado, sem prévia desidratação osmótica, apresentando umidade final de 7%.
E- Caju desidratado-1	Caju submetido à secagem a ar quente em estufa, sem prévia desidratação osmótica, até atingir a umidade de 20%.
F- Caju solar-1	Caju desidratado em secador solar ¹ , sem prévia desidratação osmótica até atingir a umidade de 20%.
G- Caju saturado	Caju saturado a 55°Brix com xarope (glicose/sacarose 1:1) concentrado de 30 até 70°Brix, aumentando-se a concentração do xarope, diariamente, em 10°Brix.
H- Caju passa	Produto comercial. O pedúnculo foi desidratado diretamente ao sol.
I- Testemunha	Formulação básica ²

¹ Secador solar de frutas do DPPPAG/FEAGRI/UNICAMP

² Fórmula com todos os ingredientes da barra, com exceção de qualquer um dos produtos de caju provenientes dos tratamentos anteriores (A-H) descritos na Tabela acima.

5.2.2. Acondicionamento das barras

As nove formulações de barras de caju foram acondicionadas em embalagens de polietileno/alumínio/papel/impressão gráfica com verniz, gramatura de 114,64g/m² e espessura de 95,8µm. As embalagens foram confeccionadas com capacidade para 25g, sendo seladas após o acondicionamento do produto.

5.2.3. Avaliação sensorial das barras

Na avaliação da aceitação sensorial das nove barras de caju (Tabela 5.2) empregou-se Teste de Localização Central (TLC). Os avaliadores foram os membros da Fundação Mokiti Okada. Recrutou-se 100 provadores não treinados, de diferentes faixas etárias, consumidores de barras de cereais. Os testes foram conduzidos em sala utilizada para refeição dos membros da Fundação. Procurou-se minimizar o tráfego de pessoas, conversas, contatos visuais, ruídos e outros fatores que pudessem distrair os provadores durante a realização dos testes. As degustações das nove barras foram divididas em 3 seções com apresentação monádica. As três amostras acompanhadas da ficha de avaliação (Anexo 3) foram ofertadas a cada um dos 100 provadores (aproximadamente 10g) em pratos plásticos descartáveis, de cor branca, codificados em número de três dígitos, juntamente com um copo com água para ser utilizado entre as degustações das amostras. Foram avaliados os atributos de aceitação global, sabor, textura, aparência e intenção de compra dos produtos através de análises de variância univariada (ANOVA) e comparação das médias “a posteriori” dos tratamentos, empregando-se teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (STONE & SIDEL, 1992).

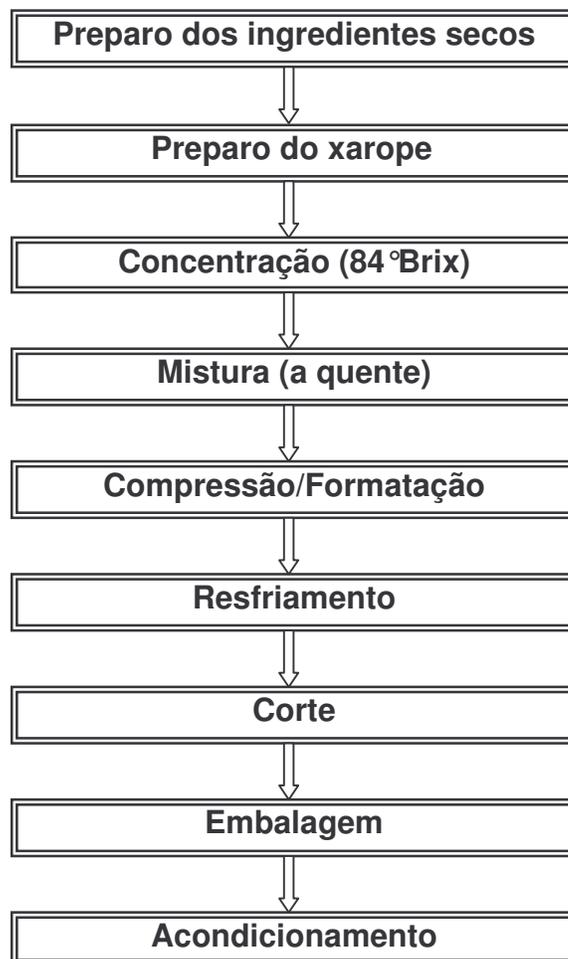


FIGURA 5.1. Fluxograma para a elaboração das barras de caju.

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5.2 são apresentados os resultados dos testes de aceitação sensorial das nove formulações de barras de caju. Verifica-se que as três formulações em que se utilizou desidratação osmótica como tratamento prévio à secagem do caju (Liofilizado-2, Solar-2 e Desidratado-2) apresentaram as maiores médias nos testes de aceitação sensorial para todos os atributos avaliados. Estes tratamentos não apresentaram diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para os atributos aparência, aceitação global e intenção de compra, mas diferiram dos demais tratamentos pelo teste de Tukey ao mesmo nível de significância nos atributos sabor, textura, aceitação global e intenção de compra. De acordo com SHI *et al.*, (1997) os efeitos da desidratação osmótica como pré-tratamento estão relacionados, principalmente, à melhoria de algumas propriedades nutricionais e sensoriais do produto. A remoção da água pode causar o encolhimento dos pedaços do alimento durante a secagem a ar quente. Desse modo, o colapso estrutural pode diminuir se as frutas são impregnadas com açúcares ou polímeros antes da secagem a ar quente (DEL VALLE *et al.*, 1998). Explica-se, assim, os melhores resultados apresentados pelas formulações em que se empregou desidratação osmótica como tratamento preliminar da secagem, neste trabalho.

A Figura 5.2 mostra a distribuição de freqüência, em percentagem, das notas de aceitação global, considerando-se apenas o somatório das notas 7, 8 e 9, que correspondem, respectivamente, aos conceitos hedônicos de gostei moderadamente, gostei muito e gostei extremamente. Observa-se, novamente, que as barras elaboradas com pedúnculos de caju, submetidos ao processo de desidratação osmótica antes da secagem, apresentaram maiores freqüências de notas 7, 8 e 9. Assim, estas formulações foram selecionadas para avaliação da vida útil, através de análise sensorial, físico-químicas e microbiológicas (Capítulo 6).

TABELA 5.2. Médias de aceitação sensorial para os atributos aparência, sabor, textura, aceitação global e intenção de compra das barras de caju.

Barras de caju	Atributos sensoriais				
	Aparência	Sabor	Textura	Aceitação global	Intenção de compra
A- Caju liofilizado-2	7,82 ^a	7,96 ^a	7,93 ^a	8,01 ^a	4,49 ^a
B- Caju solar-2	7,76 ^a	7,71 ^a	7,75 ^{ab}	7,99 ^a	4,47 ^a
C- Caju desidratado-2	7,68 ^a	7,17 ^b	7,50 ^b	7,79 ^a	4,42 ^a
D- Caju liofilizado-1	7,61 ^a	6,12 ^c	6,40 ^c	6,41 ^b	3,66 ^b
E- Caju desidratado-1	6,34 ^b	5,96 ^{cd}	6,22 ^{cd}	6,38 ^{bc}	3,57 ^b
F- Caju solar-1	6,27 ^b	5,95 ^{cd}	6,09 ^{cd}	6,25 ^{bcd}	3,39 ^{bc}
G- Caju saturado	6,10 ^{bc}	5,56 ^{de}	6,00 ^{cd}	6,01 ^{cde}	3,22 ^c
H- Caju passa	6,08 ^{bc}	5,45 ^e	5,89 ^d	5,81 ^{de}	3,14 ^c
I- Testemunha	5,60 ^c	5,37 ^e	5,84 ^d	5,61 ^e	3,13 ^c

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

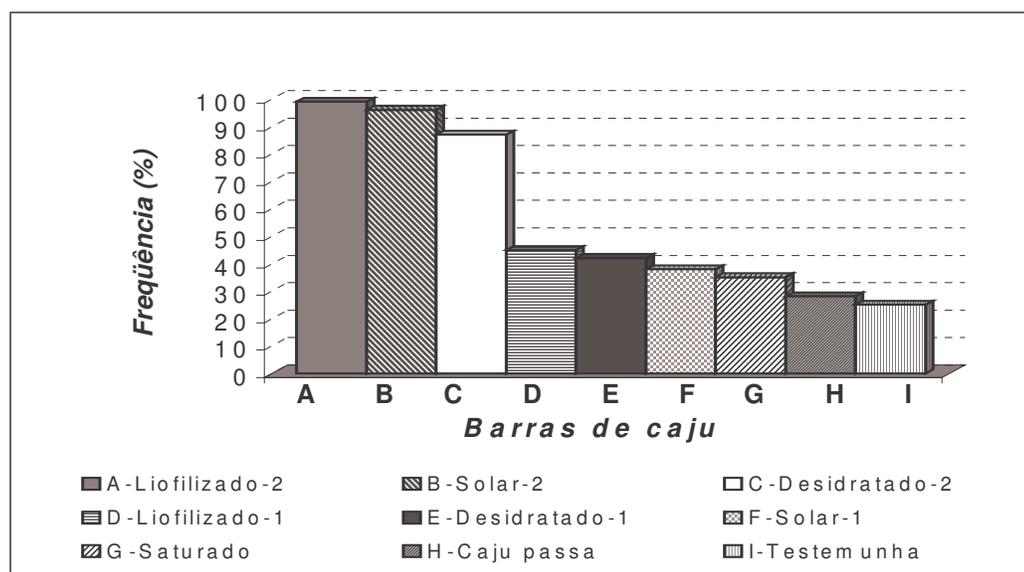


FIGURA 5.2. Resultado da frequência, em (%), do somatório das notas de aceitação global (7=gostei moderadamente, 8=gostei muito e 9=gostei extremamente) das nove barras de caju.

5.4. CONCLUSÕES

1. De um modo geral, as barras submetidas ao processo de pré-secagem por desidratação osmótica (caju liofilizado 2, caju solar-2 e caju desidratado-2) apresentaram melhor desempenho nos testes de aceitação sensorial em todos os atributos avaliados;
2. A utilização do secador solar se apresentou como excelente opção para a secagem do pedúnculo, principalmente quando submetido à pré-secagem por desidratação osmótica (caju solar-2);
3. Todas as barras de caju submetidas à pré-secagem por desidratação osmótica apresentaram notas de intenção de compra superiores a 4, que corresponde ao conceito de certamente compraria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEL VALLE, J.M.; CUADROS, T.R.M.; AGUILERA, J.M. Glass transitions and shrinkage during drying and storage of osmosed apple pieces. **Food Research International**, v.31, n.3, p.191-204, 1998.

ESCOBAR, B.A.; ESTÉVEZ, A.M.; TEPPER, A.L.; AGUAYO, M.R. Características nutricionales de barras de cereales y maní. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Santiago, v.48, n.2, p.160-164, 1998.

LEITE, L.A de S.; PAULA PESSOA, P.F.A. de. **Estudo da cadeia produtiva como subsídio à pesquisa e desenvolvimento do agronegócio**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1996.

LOPES NETO, A. **Agroindústria do Caju** / Alfredo Lopes Neto. Fortaleza: IPLANCE, 1997. 263p.

PAIVA, F.F. de A.; SILVA NETO, R.M. da; PAULA PESSOA, P.F.A. de **Minifábrica de Processamento de Castanha de Caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000a. 22p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 07).

SHI, J.X.; LE MAGUER, M.; WANG, S.L.; LIPTAY, A. Application of osmotic treatment in tomato processing-effect of skin treatments on mass transfer in osmotic dehydration of tomatoes. **Food Research International**, v. 30, n. 9, p. 669-674, 1997.

STONE, H.; SIDEL, J.L. **Sensory evaluation practices**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1992. 336p.

CAPÍTULO 6

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE FÍSICA, QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE TRÊS FORMULAÇÕES DE BARRAS DE CAJU

RESUMO

O pedúnculo do caju contém em 100mL de suco entre 156 e 385mg de vitamina C, 14,70mg de cálcio, 32,55mg de fósforo e 0,57mg de ferro. A amêndoa da castanha de caju apresenta mais de 20% de proteína considerada de boa qualidade, 47% de lipídios, além de minerais e vitamina E. Atualmente, no Brasil se aproveitam menos de 6% da produção de pedúnculo, estimada em 1 milhão de toneladas/ano. Assim, com o objetivo de contribuir para o melhor aproveitamento deste fruto foram desenvolvidos produtos com características de barras de frutas. Foram realizados testes de aceitação sensorial de nove formulações que permitiram selecionar tipos de três barras de caju com pedúnculos desidratados por processos de liofilização, secador solar e por ar quente em estufas, após terem sido submetidos à desidratação osmótica. Os três tipos de barras de caju selecionadas foram estocados por 360 dias, e a intervalos de 45-60 dias foram realizadas análises que demonstraram serem estáveis física, química e microbiologicamente. Todas as barras sofreram um leve, não significativo, aumento da umidade e da atividade de água sendo que a barra de caju liofilizada registrou os menores valores de umidade (6,33%) e atividade de água (0,344). Todas as barras apresentaram elevado teor de ácido ascórbico, mesmo após 360 dias de estocagem, sendo a barra liofilizada a que apresentou maior teor médio (332,40mg/100g) e no final do período de estocagem (293,35mg/100g). As características sensoriais de todas as barras se mantiveram sem alterações e apresentaram boa aceitação ao longo de todo o período de avaliação, recebendo notas para intenção de compra acima de quatro (4) e médias superiores a sete (7) para os atributos textura, aparência, sabor e aceitação global.

6.1. INTRODUÇÃO

A agroindústria do caju apresenta imensurável importância econômica e social para o Nordeste do Brasil, com uma área de 680.093ha e uma produção de 181.614 toneladas de castanhas de caju que permitem a exportação de 28 mil toneladas de Amêndoas de Castanha de Caju (ACC), gerando divisas anuais da ordem de 135 milhões de dólares, 20 mil empregos diretos e mais 35.700 empregos no campo (ARAÚJO & SILVA, 1995).

LOPES NETO (1997) afirma que a demanda dos consumidores por nozes e castanhas de sabores exóticos aumentou. De acordo com o autor, os consumidores estão se tornando cada vez mais conscientes do valor destes produtos para a saúde devido ao conteúdo em vitaminas e minerais, a chamada *health food*, e novos setores se desenvolvem oferecendo alimentos naturais, cereais, e produtos de panificação enriquecidos com nozes.

Após a acerola e o camu-camu, o caju apresenta o maior teor de vitamina C dentre as frutas comestíveis de espécies cultivadas com média de 261mg de ácido ascórbico por 100mL de suco (SOUZA FILHO *et al.* 1999).

A amêndoa de castanha de caju apresenta 45,30% de extrato etéreo; 21,25% de proteínas; 11,62% de glicídios totais; 21,29% de amido e fornece 572,99Kcal/100g. A proteína possui bom valor biológico e boa distribuição de aminoácidos essenciais. A fração lipídica é composta de 18,50% de ácidos graxos saturados e 81,50% de insaturados. Na fração insaturada se encontram o ácido oleico (62,42%) e o ácido graxo essencial linoleico com 20,20% e na saturada, o ácido palmítico (7,40%) e o esteárico com 9,23% (AROGBA, 2000).

Por muitos anos *snacks* não tem sido considerados como verdadeiros alimentos e seu valor nutritivo é raramente enfatizado, embora exista uma tendência para produção de *snacks* naturais com boa fonte de fibras, calorias e proteína. A tendência de se consumir alimentos mais nutritivos tem levado a indústria a lançar novos tipos de produtos, tais como cereais em barras com incorporação de diferentes frutos e nozes (ESTÉVEZ, 1995).

Assim, a partir da seleção das três melhores formulações de barras de caju desenvolvidas no capítulo 5 e, em virtude das matérias-primas se apresentarem como altas fontes potenciais de proteínas, lipídeos e vitaminas, estudou-se a composição química, qualidade sensorial, bem como as estabilidades física, química e microbiológica das barras durante o período de estocagem dos três tipos de barras de caju.

Os produtos desenvolvidos serão explorados, preferencialmente, no âmbito das minifábricas, utilizando-se a estrutura já presente nas unidades de processamento de castanha de caju e derivados do pedúnculo, a exemplo da associação PA-RURAL, em Barreiras-CE, onde já se explora, além de outros produtos, o mel e a rapadura de caju, que empregam os mesmos equipamentos a serem usados para a fabricação das barras de frutas. Pretende-se atingir "nichos de mercado" de consumidores de alimentos naturais (produto energético), atletas, desportistas, crianças e trabalhadores que necessitam da ingestão de alimentos com elevados teores calóricos.

6.2. MATERIAL E MÉTODOS

As barras de caju estudadas neste capítulo foram desenvolvidas conforme descrito no ítem 5.2.1 e Fluxograma de produção presente na Figura 5.1 do capítulo 5. As determinações da umidade, atividade de água, cor, textura e teor de ácido ascórbico das barras de caju foram realizadas em triplicata, sendo os resultados, as médias das três determinações.

6.2.1. Análises físicas e químicas

6.2.1.1. Umidade

A umidade das amostras foi obtida por evaporação direta em estufa a 70°C segundo a AOAC (1990).

6.2.1.2. Atividade de água (Aa)

A determinação da atividade de água (Aa) das amostras foi feita em aparelho digital AQUALAB - Decagon, modelo CX-2, sensibilidade 0,001 à temperatura ambiente.

6.2.1.3. Textura

A determinação da textura foi realizada utilizando-se Texturômetro TA.XT2 (Stable Micro System), acoplado ao Software Texture Expert com célula tipo probe Warner Brazler. Determinou-se a força máxima de corte (g) empregando-se velocidade do teste de 3mm/s. Foi empregada como amostra a barra inteira com área quadrada de 5cm de lado e 1cm de altura. Foram realizadas três determinações por tratamento.

6.2.1.4. Cor (L*a*b*)

Na leitura da cor empregou-se colorímetro MINOLTA, modelo CR300, com valores expressos em L*a*b*.

6.2.1.5. Fibras

Empregou-se o método oficial da AOAC (1990).

6.2.1.6. Ácido ascórbico

Utilizou-se o método descrito pela AOAC (1990), usando-se ácido oxálico em substituição ao ácido metafosfórico, conforme BENASSI (1990). As diluições foram feitas diretamente em ácido oxálico a 1% e permaneceram sob agitação de 40rpm durante 15 minutos à temperatura de 4°C antes de se retirarem as alíquotas para as determinações.

6.2.2. Caracterização microbiológica das barras de caju

Foram realizadas as determinações microbiológicas do número de bactérias do grupo coliforme total e fecal, *E. coli*, e a contagem de bolores e

leveduras. As análises foram realizadas conforme metodologia descrita no Manual de Métodos de Análises Microbiológicas de Alimentos (SILVA *et al.*, 2001) e no "Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods" (APHA, 2001).

6.2.2.1. Contagem de bolores e leveduras

A população de bolores e leveduras foi determinada pelo método de plaqueamento em superfície em ágar batata dextrosado acidificado. As placas foram incubadas (invertidas) a 21-22°C por 3-5 dias. O resultado foi expresso em unidades formadoras de colônia por grama do produto (UFC/g).

6.2.2.2. Coliformes totais e coliformes a 45°C

A determinação do número mais provável de coliformes totais (NMP/g) foi realizada através de teste presuntivo em caldo lactosado incubado a 35°C por 48 horas e de teste confirmativo em caldo bile verde brilhante, a 35°C por 48 horas. Em seguida, foi determinado o número mais provável de coliformes a 45°C (NMP/g) em caldo *Escherichia coli* (EC) incubado a 44,5°C por 24 horas.

6.2.2.3. *Salmonella* sp.

A determinação de *Salmonella* foi realizada empregando as etapas de pré-enriquecimento em caldo não seletivo (caldo lactosado) incubado a 35°C por 18-24 horas; enriquecimento em caldo seletivo (caldo tetrionato e caldo selenito-cistina) incubado a 35°C por 24 horas; plaqueamento diferencial em ágar *Salmonella-Shigella*, ágar verde brilhante e ágar entérico "Hektoen" incubados a 35°C por 24 horas. Colônias típicas de *Salmonella* de cada meio diferencial foram inoculadas, por picada e estria na rampa, em tubos inclinados contendo ágar lisina ferro e ágar tríplice açúcar ferro. Os tubos foram incubados a 35°C por 24 horas e avaliados quanto à ocorrência de reação típica de *Salmonella*. As colônias com reações típicas foram submetidas a testes bioquímicos e sorológicos para confirmação definitiva.

6.2.3. Avaliação sensorial

Realizou-se teste de aceitação sensorial com 35 provadores empregando-se escala hedônica estruturada de 9 pontos, variando de gostei extremamente até desgostei extremamente. Os testes de aceitação foram realizados em cabines individuais no Laboratório de Análise Sensorial da Embrapa Agroindústria Tropical (CNPAT) no período de 9:00 às 11:00h. Aproximadamente 7g das três amostras, acompanhadas da ficha de avaliação (Anexo 2), foram ofertadas separadamente a cada um dos 35 provadores em pratos plásticos descartáveis, de cor branca, codificados em número de três dígitos, juntamente com um copo com água para ser utilizado entre as degustações das amostras. A cada 45-60 dias de estocagem, repetiu-se os testes de aceitação. Os resultados foram avaliados através de análise de regressão para se estudar a correlação entre o tempo de estocagem (variável independente) e as médias dos atributos de aceitação global, sabor, textura, aparência e intenção de compra dos produtos (variáveis dependentes), análises de variância univariada (ANOVA) e comparação das médias “a posteriori” dos tratamentos, empregando-se teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (STONE & SIDEL, 1992).

Os produtos foram armazenados no Laboratório de Físico-química da Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza-CE), sob condição ambiente, sem controle de temperatura, umidade relativa e luz. Durante o período de estocagem, a temperatura variou de 23°C a 35°C e a umidade relativa de 55% a 85%. A estabilidade dos produtos foi avaliada segundo suas características físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais.

6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.3.1. Caracterização inicial das barras de caju

A composição química das barras de caju (Tabela 6.1) mostra significativos teores de proteína, lipídeos e fibras. Verifica-se que as três barras de caju apresentaram resultados de composição química bastante similares, sendo que a barra liofilizada possui teores de umidade e cinzas ligeiramente inferiores aos das outras barras, enquanto que a barra elaborada com pedúnculo de caju submetido à secagem em secador solar seguida da barra desidratada possui menores teores de proteínas, lipídeos totais e fibras em relação à barra liofilizada.

TABELA 6.1. Composição química inicial (tempo zero) das barras de caju.

Determinações	Tratamentos		
	Secagem solar	Desidratada em estufa	Liofilizada
Umidade (%)	8,26	7,40	6,33
Proteínas (N x 6,25) (%)	9,43	9,73	10,47
Cinzas (%)	1,59	1,63	1,48
Lipídeos totais (%)	9,10	9,70	10,07
Fibras (%)	5,45	5,84	6,13

6.3.2. Umidade e atividade de água em função do tempo de estocagem

As três barras de caju analisadas apresentaram diferença entre si quanto aos teores de umidade e atividade de água, detectando-se diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 6.2). A barra de caju liofilizada seguida da desidratada registrou os menores valores para estas duas variáveis. A análise de regressão dos dados de umidade e atividade de água em função do tempo de estocagem das barras de caju (Tabela 6.3) e as equações das retas com os respectivos coeficientes de determinação (r^2) e valores de p são apresentados nas Tabelas 6.4 e 6.5. Verificou-se correlação linear

significativa a $p \leq 0,05$ para os três tratamentos tanto para a umidade como para atividade de água. As Figuras 6.1 e 6.2 ilustram, respectivamente, o crescimento, ao longo do período de estocagem dos teores de umidade e atividade de água nas amostras das três barras de caju analisadas. Não foram detectadas diferenças significativas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade entre os diversos tempos de estocagem das barras para as duas variáveis. Observou-se pequena variação dos teores de umidade no decorrer do período de estocagem, demonstrando que a embalagem ofereceu boa barreira contra as trocas de água entre o produto e o ambiente externo, mesmo em condições ambientais de altas temperaturas e umidades relativas em que os produtos foram estocados.

TABELA 6.2. Valores médios dos teores de umidade (b.u.) e atividade de água das barras de caju.

Barras de caju	Umidade (%)	Atividade de água
Secagem solar	8,26 ^a	0,515 ^a
Desidratada em estufa	7,40 ^b	0,477 ^b
Liofilizada	6,33 ^c	0,344 ^c
D.M.S.	0,018	0,011

amostras seguidas de mesmas letras em cada coluna não se diferenciam ao nível de erro de 5% pelo teste de Tukey.

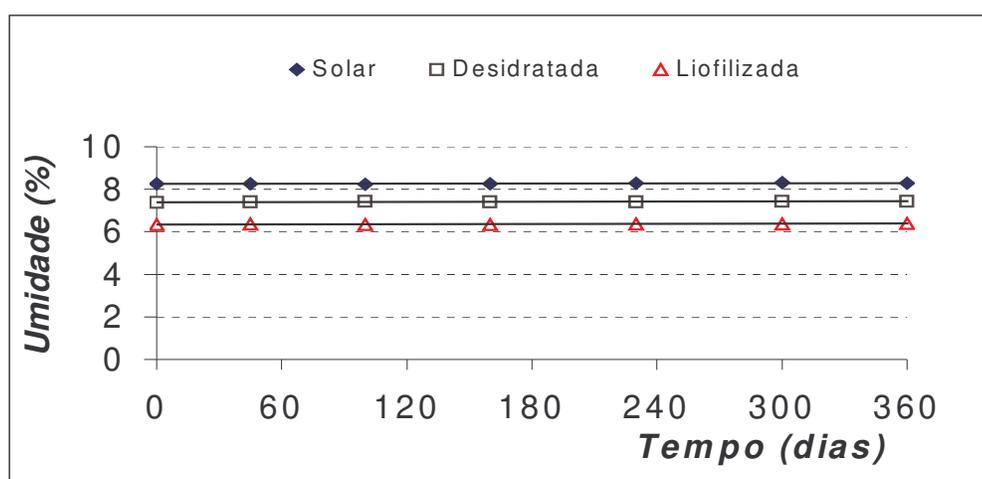


FIGURA 6.1. Variação da umidade (b.u.) em função do tempo de estocagem das barras de caju.

TABELA 6.3. Umidade (b.u) e atividade de água das barras de caju em função do tempo de estocagem.

Tempo (dias)	Umidade (%)			Atividade de água		
	Secagem solar	Desidratada em estufa	Liofilizada	Secagem solar	Desidratada em estufa	Liofilizada
0	8,26 ^a	7,40 ^a	6,33 ^a	0,515 ^a	0,477 ^a	0,344 ^a
45	8,25 ^a	7,41 ^a	6,36 ^a	0,514 ^a	0,463 ^a	0,355 ^a
100	8,24 ^a	7,43 ^a	6,34 ^a	0,523 ^a	0,475 ^a	0,365 ^a
160	8,27 ^a	7,41 ^a	6,35 ^a	0,516 ^a	0,481 ^a	0,377 ^a
230	8,29 ^a	7,42 ^a	6,36 ^a	0,531 ^a	0,485 ^a	0,364 ^a
300	8,30 ^a	7,44 ^a	6,37 ^a	0,551 ^a	0,486 ^a	0,377 ^a
360	8,28 ^a	7,45 ^a	6,39 ^a	0,547 ^a	0,489 ^a	0,379 ^a

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna difrem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

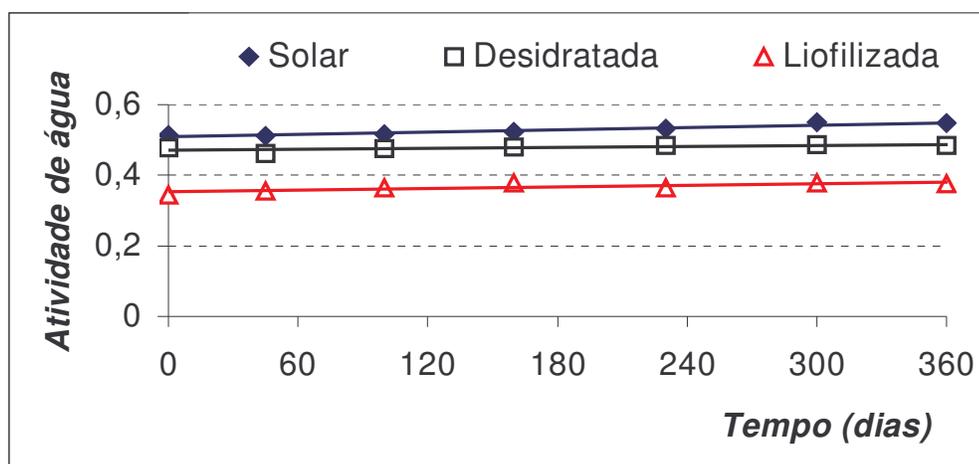


FIGURA 6.2. Variação da atividade de água em função do tempo de estocagem das barras de caju.

TABELA 6.4. Equações das retas com respectivos coeficientes de determinação (r^2) obtidos da análise de regressão linear dos teores de umidade e atividade de água em função do tempo de estocagem de barras de caju, onde x = tempo em dias, e y =umidade (%).

Barras de caju	Umidade (%)		
	Equação da reta	r^2	P
Secagem solar	$Y = 8,2486 + 0,0001x$	0,5757	0,007
Desidratada em estufa	$Y = 7,4030 + 0,0001x$	0,7381	0,010
Liofilizada	$Y = 6,3352 + 0,0001x$	0,7455	0,006

TABELA 6.5. Equações das retas com respectivos coeficientes de determinação (r^2) obtidas da análise de regressão linear dos teores de atividade de água em função do tempo de estocagem de barras de caju, onde x = tempo em dias e y = atividade de água.

Barras de caju	Atividade de água		
	Equação da reta	r^2	P
Secagem solar	$y = 0,5101 + 0,0001x$	0,8263	0,001
Desidratada em estufa	$y = 0,4702 + 0,0001x$	0,6760	0,030
Liofilizada	$Y = 0,3516 + 0,0001x$	0,7239	0,004

6.3.3. Textura em função do tempo de estocagem

Na avaliação da textura, as três barras de caju diferiram, significativamente, entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, sendo a barra desidratada em estufa a que apresentou maior valor para força de corte, seguida da solar (Tabela 6.6). Embora apresente menores valores de umidade e atividade de água, o que poderia contribuir para aumentar a força de corte (dureza) da barra elaborada com pedúnculo caju liofilizado, o mesmo não ocorre em função do processo de liofilização se apresentar como um processo que conserva melhor a estrutura original da fruta em relação aos processos de secagem em secador solar e por ar quente em estufa que promovem encolhimento dos pedaços da fruta aumentando a dureza destes e conseqüentemente a das barras, pois são os pedaços de caju desidratados os componentes (ingredientes) da barra que mais contribuem para aumentar a sua dureza.

A análise de regressão dos valores da força de corte em função do tempo de estocagem (Figura 6.3 e Tabelas 6.7 e 6.8) mostrou que existe correlação linear significativa entre estas duas variáveis para as três barras de caju estudadas. Obteve-se redução dos valores da força de corte com o aumento do tempo de estocagem dos três tipos de barras, tendo esta diferença apresentado significância estatística pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. VIJAYANAND *et al.* (2000) também verificaram redução da dureza de barras de manga e goiaba com o tempo de estocagem dos dois produtos, tanto em condições ambientais (27°C e 65% de UR), como no armazenamento sob condições aceleradas de armazenamento (38°C e 92% de UR), utilizando embalagem de PP ou BOPP.

TABELA 6.6. Valores médios da força de corte das barras de caju.

Barras de caju	Força de corte (g)
Secagem solar	7167,56 ^b
Desidratada em estufa	8185,10 ^a
Liofilizada	6229,34 ^c
D.M.S.	106,564

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não difrem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6.7. Valores da força de corte (g) das barras de caju em função do tempo de estocagem.

Tempo (dias)	Barras de caju		
	Secagem solar	Desidratada em estufa	Liofilizada
0	7409,48 ^{ab}	8544,76 ^{ab}	6535,72 ^{ab}
45	7562,72 ^a	8757,53 ^a	6807,69 ^a
100	7380,49 ^{ab}	8313,36 ^{bc}	6412,28 ^b
160	6944,52 ^c	7955,12 ^{cd}	5971,90 ^{cd}
230	7134,15 ^{bc}	8191,15 ^{bc}	6309,86 ^{bc}
300	6848,06 ^c	7777,21 ^d	5809,12 ^d
360	6893,50 ^c	7756,58 ^d	5758,79 ^d

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não difrem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6.8. Equações com respectivos coeficientes de determinação (r^2) obtidas da análise de regressão da força de corte em função do tempo de estocagem de barras de caju, onde x = tempo em dias e y = força em gramas (g).

Barras de caju	Equação da reta	r^2	p
Secagem solar	$Y = 7487,38 - 1,8734x$	0,7631	0,00003
Desidratada em estufa	$Y = 8625,00 - 2,5768x$	0,8040	0,00001
Liofilizada	$Y = 6669,81 - 2,5802x$	0,7576	0,00001

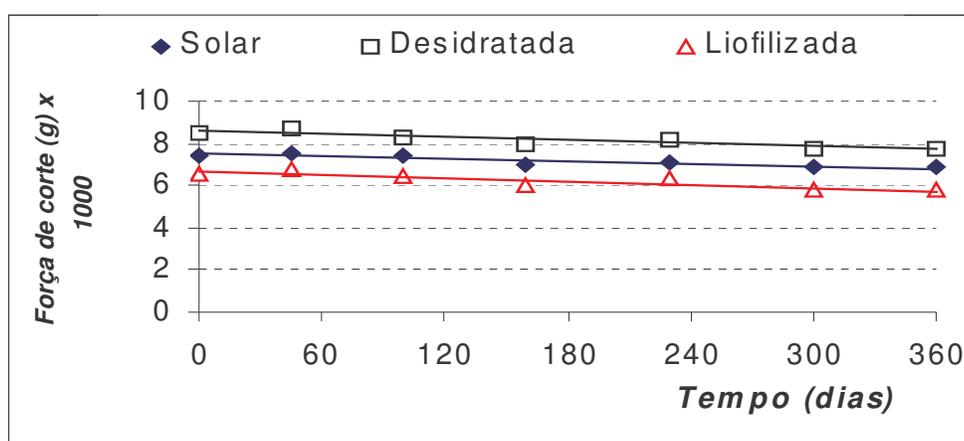


FIGURA 6.3. Variação da força de corte em função do tempo de estocagem das barras de caju

6.3.4. Teores de ácido ascórbico em função do tempo de estocagem das barras de caju.

Por se tratar de um produto em que se utilizou como matéria-prima principal o pedúnculo de caju, rico em ácido ascórbico, somado ao apelo nutricional que o produto apresenta, procurou-se enfatizar a discussão a respeito da presença e variação dos teores do ácido durante o período de estocagem das três barras de caju. A Tabela 6.9 apresenta os teores médios de ácido ascórbico das três barras. Obteve-se diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade entre as três barras analisadas. Todos os produtos apresentaram-se como boas fontes de ácido ascórbico. Entretanto, a barra de caju

liofilizada apresentou o mais elevado teor (332,40mg/100g), seguida da desidratada (275,32mg/100g) e solar com média de 261,34mg/100g.

Neste trabalho, o fluxograma de processamento do pedúnculo de caju para a elaboração das barras de caju (solar, desidratada e liofilizada) foi unificado até a etapa de desidratação osmótica, e como os demais ingredientes empregados na elaboração das três barras foram padronizados, atribui-se, exclusivamente, ao tratamento térmico (secagem solar, desidratação na estufa e liofilização) as diferenças nos teores de ácido ascórbico observadas nas três barras de caju estudadas. Assim, os menores teores de ácido ascórbico presentes nas barras de caju desidratada e solar em relação à liofilizada devem ser atribuídos ao efeito prejudicial do calor durante o tratamento térmico. BIDAISEE & BADRIE (2001) ao desidratarem caju na forma de rodela com solução de sacarose a 30^oBrix durante 24 horas, com posterior aumento diário da concentração da solução em 10^oBrix até atingir saturação a 70^o Brix, seguido de secagem em estufa a 60^oC por 48 horas, obtiveram produto com apenas 5,85 mg/100g de ácido ascórbico. SOUZA FILHO *et al.* (1999) observaram, no processamento de caju por métodos combinados, perdas percentuais de ácido ascórbico, em relação ao pedúnculo "in natura", de 23,3% após o branqueamento, 35,5% depois do quinto dia de osmose, 69,0% após o tratamento térmico (banho-maria a 100^oC por 1 minuto) e 87,3% ao final de 60 dias de armazenamento à temperatura ambiente (28^oC). De acordo com os autores, as perdas de ácido ascórbico durante o processamento do pedúnculo de caju estão associadas a uma combinação de perdas por difusão durante a osmose e à degradação química e física, pelo efeito do calor durante o branqueamento e o tratamento térmico. No entanto, o branqueamento e o tratamento térmico tiveram um efeito maior na degradação da vitamina C do que o processo osmótico.

A Tabela 6.10 e Figura 6.4 mostram a variação dos teores de ácido ascórbico com o tempo de estocagem das barras de caju. Observa-se comportamento linear na redução do teor do ácido com o aumento do tempo de estocagem em todas as barras analisadas. Obtiveram-se correlações lineares significativas com altos valores para os coeficientes de determinação (r^2),

indicando que a regressão linear explica pelo menos 95,96; 96,43 e 92,58% da variação dos teores do ácido com o tempo de estocagem das barras de caju solar, desidratada e liofilizada, respectivamente (Tabela 6.11). Apesar do comportamento semelhante entre as três barras na perda do ácido com o tempo de estocagem, verifica-se que ocorreu diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade já, aos 100 e 160 dias de estocagem, respectivamente, nas barras de caju desidratada e solar, enquanto que isto só veio a ocorrer aos 300 dias na barra de caju liofilizada. Registraram-se elevados teores de ácido ascórbico (226,66; 238,12 e 293,35mg/100g), respectivamente, para as barras solar, desidratada e liofilizada, mesmo após 360 dias de estocagem, o que caracteriza estes produtos como boas fontes de vitamina C (Tabela 6.10). Estes resultados da perda de ácido ascórbico com o tempo de estocagem das barras de caju são similares aos relatados por SILVA JUNIOR (1991), durante a estocagem de polpa de caju em pó submetidas a processos de liofilização ou desidratação por ar quente em estufas. Além do maior teor de ácido ascórbico no pó da polpa de caju liofilizada, média de 446,97mg/100g, em relação ao produto desidratado (316,38mg/100g), o autor verificou, também, comportamento linear na redução da perda do ácido ascórbico com o tempo de estocagem das polpas, detectando diferenças significativas das perdas do ácido, respectivamente, aos 90 e 120 dias de estocagem dos produtos desidratado e liofilizado. O autor atribuiu os resultados à própria instabilidade da vitamina C quando submetida a altas temperaturas.

TABELA 6.9. Valores médios de ácido ascórbico (mg/100g) das barras de caju.

Barras de caju	Ácido ascórbico (mg/100g)
Secagem solar	261,34 ^c
Desidratada em estufa	275,32 ^b
Liofilizada	332,40 ^a
D.M.S.	8,012

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6.10. Teores de ácido ascórbico (mg/100g) das barras de caju em função do tempo de estocagem.

Tempo (dias)	Barras de caju		
	Secagem solar	Desidratada em estufa	Liofilizada
0	300,36 ^a	319,11 ^a	359,36 ^a
45	295,89 ^{ab}	298,58 ^{ab}	353,39 ^a
100	275,33 ^{ab}	281,46 ^{bc}	349,03 ^a
160	261,16 ^{bc}	278,13 ^{bc}	340,60 ^a
230	237,49 ^c	260,73 ^{cd}	332,48 ^{ab}
300	232,52 ^c	251,09 ^{cd}	298,58 ^{bc}
360	226,66 ^c	238,12 ^d	293,35 ^c

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6.11. Equações e respectivos coeficientes de determinação (r^2) obtidos da análise de regressão dos teores de ácido ascórbico em função do tempo de estocagem de barras de caju, onde x = tempo em meses e y = teor de ácido ascórbico (mg/100g).

Barras de caju	Ácido ascórbico (mg/100g)		
	Equação da reta	r^2	p
Secagem solar	$Y = 299,46 - 0,2233x$	0,9596	0,00001
Desidratada em estufa	$Y = 310,55 - 0,2064x$	0,9643	0,00002
Liofilizada	$Y = 365,00 - 0,1910x$	0,9258	0,00003

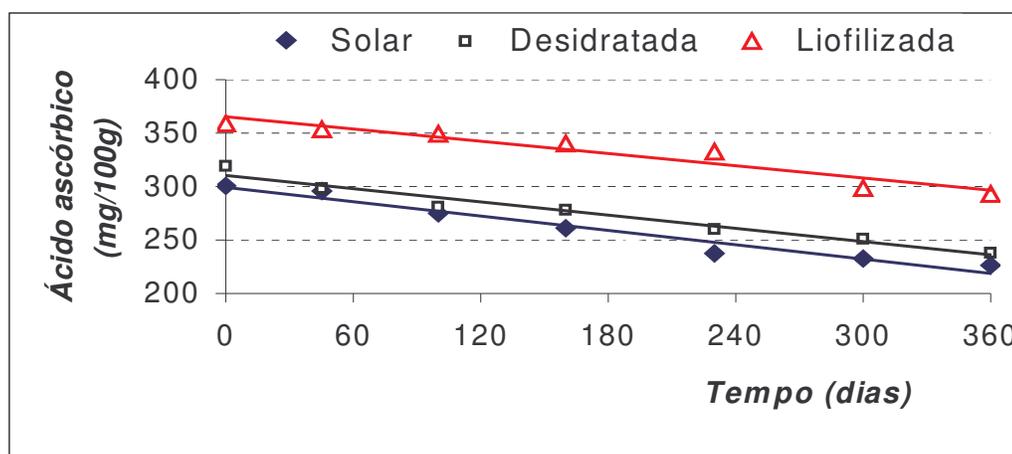


FIGURA 6.4. Variação do teor de ácido ascórbico em função do tempo de estocagem das barras de caju.

6.3.5. Cor das barras de caju em função do tempo de estocagem

Os valores médios das determinações instrumentais das cores dos três tipos de barras de caju pelo sistema CIELab (L^* , a^* , b^* e ΔE^*) são apresentados na Tabela 6.12. Obteve-se diferença significativa entre as três barras pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância para os valores de luminosidade (L^*). A barra de caju solar apresentou, simultaneamente, menores luminosidade ($L^*=34,20$) e variação total de cor ($\Delta E^*=2,29$) dentre as barras analisadas, isto é, a barra solar é a mais escura, pois quanto menor o valor de L^* mais escuro é o produto. Ao mesmo tempo é a barra que menos sofreu alteração da cor original, uma vez que, neste caso, o ΔE^* quantifica a diferença total de cor em relação à cor da barra no início do período de estocagem. Por outro lado, a barra de caju liofilizada registrou maior luminosidade (46,40) e variação total de cor ($\Delta E^*=2,80$), diferenciando-se, significativamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade das demais barras. Embora os cajus desidratados em estufa e em secador solar apresentem-se mais escuros que os liofilizados, observou-se que durante a elaboração dos produtos, quando os pedúnculos entraram em contato com os demais ingredientes da barra (xarope), ocorreu mudança (escurecimento visual) da cor, sendo esta em maior intensidade nos pedaços de pedúnculos liofilizados. Isto explicaria a maior variação total de cor (ΔE^*) apresentada pela barra de caju liofilizada.

Quanto à cromaticidade, todas as barras apresentaram valores positivos de a^* e b^* , sendo a barra de caju desidratada a que apresenta maior intensidade da cor vermelha ($a^*=15,64$) e da cor amarela ($b^*=22,79$), registrando diferença significativa em relação às outras barras pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As variações dos valores de L^* , a^* , b^* e ΔE^* com o tempo de estocagem das barras de caju são apresentadas nas Tabelas 6.13 e 6.14. As equações de regressão, com os respectivos coeficientes de determinação destes dados são apresentados na Tabela 6.15. Verifica-se que a regressão linear explica, respectivamente, 91,59; 98,62 e 95,28% da variação total da cor das barras solar, desidratada e liofilizada com o tempo de estocagem.

TABELA 6.12. Valores médios de L*, a*, b* e ΔE^* das barras de caju.

Barras de caju	Determinações			
	L*	a*	b*	ΔE^*
Secagem solar	34,20 ^c	11,42 ^b	13,74 ^c	2,29 ^b
Desidratada em estufa	45,63 ^b	15,64 ^a	22,79 ^a	2,49 ^b
Liofilizada	46,40 ^a	11,29 ^b	21,53 ^b	2,80 ^a
D.M.S.	0,690	0,813	0,836	0,296

Médias em uma mesma coluna que possuem letras iguais não difrem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6.13. Variação da cor das barras de caju em função do tempo de estocagem, determinada pelo sistema CIELab.

Tempo (dias)	Barras de caju								
	Secagem solar			Desidratada em estufa			Liofilizada		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	35,68	12,82	13,05	47,81	16,65	21,69	49,07	11,40	21,88
45	34,57	11,46	14,46	45,86	15,56	22,52	46,84	11,51	20,55
100	34,67	10,75	13,78	45,62	15,50	22,27	46,52	10,99	21,37
160	33,53	11,74	13,55	45,39	15,55	22,59	46,14	10,83	21,60
230	34,34	11,29	14,92	45,20	16,19	23,18	45,50	11,84	21,77
300	33,41	11,27	13,72	44,96	14,96	23,77	45,27	11,05	21,74
360	33,21	10,63	12,68	44,54	15,04	23,55	45,12	11,25	21,79

TABELA 6.14. Valores de ΔE^* das barras de caju em função do tempo de estocagem.

Tempo (dias)	Barras de caju		
	Secagem solar	Desidratada em estufa	Liofilizada
0	0,00	0,00	0,00
45	2,25	2,13	2,60
100	2,42	2,27	2,63
160	2,45	2,59	2,99
230	2,76	3,09	3,60
300	2,83	3,56	3,82
360	3,32	3,78	3,95

TABELA 6.15. Equações e respectivos coeficientes de determinação (r^2) obtidas da análise de regressão a variação da cor em função do tempo de estocagem de barras de caju, onde x = tempo, em meses e y = variação da cor (ΔE^*).

Barras de caju	Variação da cor (ΔE^*)	
	Equação da reta	r^2
Secagem solar	$Y = 2,0597 + 0,0031x$	0,9159
Desidratada em estufa	$Y = 1,7786 + 0,0056x$	0,9862
Liofilizada	$Y = 2,2909 + 0,0049x$	0,9528

6.3.6. Aceitação sensorial em função do tempo de estocagem

A aceitação inicial (zero dia) foi bastante alta para todas as barras de caju, o que indica que os produtos foram bem apreciados (Tabela 6.16 e Figura 6.5). As médias das notas da avaliação inicial para as barras de caju solar, desidratada e liofilizada foram, respectivamente, de 7,94; 7,66 e 8,00, sendo que 11,43% dos provadores disseram que gostaram extremamente, 71,43% gostaram muito e apenas 17,14% gostaram moderadamente da barra de caju solar. Para a barra desidratada, 22,86% dos provadores disseram que gostaram extremamente, 34,29% gostaram muito e 28,57% gostaram moderadamente. Quanto à barra de caju liofilizada, 42,86% dos provadores disseram que gostaram extremamente, 28,57% gostaram muito e apenas 20,00% gostaram moderadamente.

A tabela 6.17 apresenta as médias das sete avaliações sensoriais realizadas durante todo o período de estocagem das barras de caju. Não foi verificada diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade entre as barras de caju solar e liofilizada, entretanto, ambas diferiram da barra de caju desidratada em estufa nos atributos sabor, textura e aceitação global. Verificou-se na análise instrumental da textura (Tabela 6.6 e Figura 6.3) que a barra desidratada em estufa foi a que apresentou maior valor para força de corte. Assim, as menores notas sensoriais para o atributo de textura obtido pela barra desidratada em estufa estariam associados à sua maior dureza em relação às outras duas barras de caju.

A análise das médias de aceitação sensorial para todos os atributos avaliados, em cada tempo de armazenamento (Tabelas 6.18 e 6.19) mostrou não haver diferenças significativas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade nas três barras de caju. Apenas para o atributo aceitação global, verificou-se diferença significativa entre a média da avaliação inicial e a realizada aos 300 dias de estocagem, entretanto, esta diferença não pode ser explicada pela perda de qualidade da barra, visto que na análise subsequente, aos 360 dias de estocagem, ocorreu aumento da aceitação global. Obtiveram-se baixas correlações lineares, expressas pelos baixos valores dos coeficientes de determinação das retas, para as três barras analisadas (Tabela 6.20 e Figura 6.6). Observou-se, ainda, que as médias das notas de aceitação global das três barras mantiveram-se superiores a sete (7), mesmo após 360 dias de armazenamento, nota que corresponde ao termo gostei moderadamente na escala hedônica (Tabelas 6.18 e 6.19).

TABELA 6.16. Notas de aceitação inicial das barras de caju (Tempo zero).

Notas/conceitos	Secagem solar		Desidratada em estufa		Liofilizada	
	Fre- quência	(%)	Fre- quência	(%)	Fre- quência	(%)
9. Gostei extremamente	4	11,43	8	22,86	15	42,86
8. Gostei muito	25	71,43	12	34,29	10	28,57
7. Gostei moderadamente	6	17,14	10	28,57	7	20,00
6. Gostei ligeiramente	-	-	5	14,29	1	2,86
5. Nem gostei, nem desgostei	-	-	-	-	2	5,71
4. Desgostei ligeiramente	-	-	-	-	-	-
3. Desgostei moderadamente	-	-	-	-	-	-
2. Desgostei muito	-	-	-	-	-	-
1. Desgostei extremamente	-	-	-	-	-	-
Total	35	100,00	35	100,00	35	100,00
Média das notas	7,94		7,66		8,00	

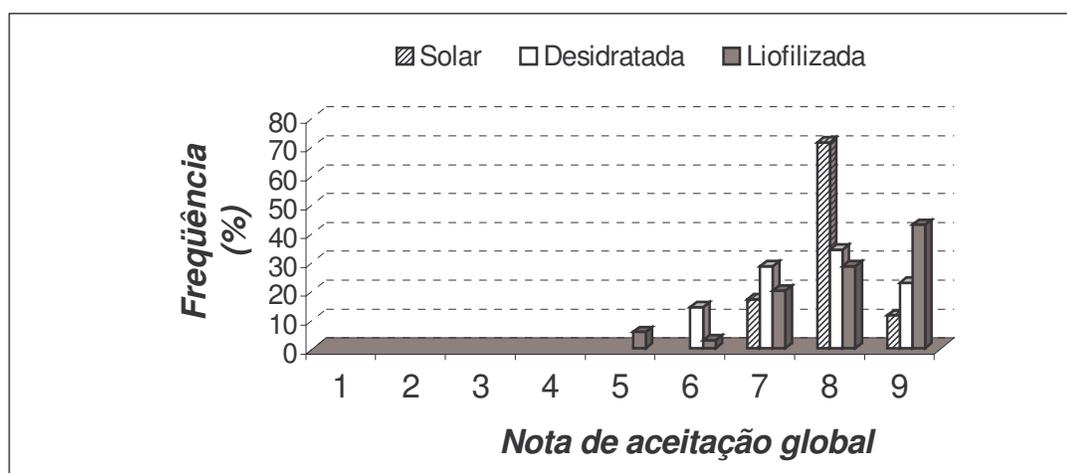


FIGURA 6.5. Histograma da frequência total das notas de aceitação global inicial atribuídas nos testes sensoriais das barras de caju.

TABELA 6.17. Médias das notas de aceitação sensorial para os atributos aparência, sabor, textura, Intenção de compra e aceitação global realizadas durante todo o período de estocagem das barras de caju.

Atributos	Barras de caju			D.M.S.
	Secagem solar	Desidratada em estufa	Liofilizada	
Sabor	7,73 ^a	7,40 ^b	7,68 ^a	0,177
Textura	7,85 ^a	7,25 ^b	7,77 ^a	0,301
Aparência	7,60 ^a	7,45 ^a	7,57 ^a	0,358
Aceitação global	7,80 ^a	7,42 ^b	7,77 ^a	0,204
Intenção de compra	4,28 ^a	4,01 ^a	4,07 ^a	0,340

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6.18. Notas médias de aceitação sensorial dos atributos Aceitação global e intenção de compra das barras de caju em função do tempo de estocagem.

Tempo (em dias)	Aceitação global			Intenção de compra		
	Secagem solar	Desidratada em estufa	Liofilizada	Secagem solar	Desidratada em estufa	Liofilizada
0	7,94 ^a	7,66 ^a	8,00 ^a	4,34 ^a	3,97 ^a	4,51 ^a
45	8,06 ^a	7,80 ^a	7,91 ^a	4,19 ^a	4,08 ^a	4,10 ^a
100	7,91 ^a	7,63 ^a	7,94 ^a	4,20 ^a	4,14 ^a	4,09 ^a
160	7,88 ^a	7,37 ^{ab}	7,89 ^a	4,31 ^a	4,37 ^a	3,57 ^a
230	7,80 ^a	7,31 ^{ab}	7,37 ^a	4,40 ^a	3,91 ^a	3,97 ^a
300	7,43 ^a	6,86 ^b	7,66 ^a	4,43 ^a	3,83 ^a	4,14 ^a
360	7,60 ^a	7,31 ^{ab}	7,60 ^a	4,06 ^a	3,74 ^a	4,11 ^a

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 6.19. Notas médias de aceitação sensorial dos atributos aparência, sabor e textura das barras de caju em função do tempo de estocagem.

Tempo (dias)	Aparência			Sabor			Textura		
	Secagem solar	Desidratada em estufa	Liofilizada	Secagem solar	Desidratada em estufa	Liofilizada	Secagem solar	Desidratada em estufa	Liofilizada
0	7,80 ^a	7,46 ^a	8,03 ^a	7,77 ^a	7,59 ^a	7,97 ^a	7,71 ^a	7,26 ^a	7,89 ^a
45	7,23 ^a	7,54 ^a	7,46 ^a	7,69 ^a	7,49 ^a	7,61 ^a	7,91 ^a	7,46 ^a	7,91 ^a
100	7,74 ^a	7,31 ^a	8,11 ^a	7,86 ^a	7,61 ^a	7,71 ^a	7,83 ^a	7,29 ^a	8,14 ^a
160	7,71 ^a	7,57 ^a	7,63 ^a	7,69 ^a	7,14 ^a	7,59 ^a	7,89 ^a	7,26 ^a	7,54 ^a
230	7,43 ^a	7,66 ^a	7,26 ^a	7,83 ^a	7,46 ^a	7,60 ^a	8,06 ^a	7,34 ^a	7,46 ^a
300	7,63 ^a	7,23 ^a	7,06 ^a	7,74 ^a	7,11 ^a	7,57 ^a	7,89 ^a	6,80 ^a	7,86 ^a
360	7,69 ^a	7,37 ^a	7,46 ^a	7,51 ^a	7,37 ^a	7,71 ^a	7,69 ^a	7,31 ^a	7,60 ^a

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 6.20. Equações com respectivos coeficientes de determinação (r^2) e valores de p obtidos da análise de regressão das médias de aceitação das barras de caju em função do tempo de estocagem, onde x = tempo, em dias e y = aceitação sensorial.

Barras de caju	Equação da reta	r^2	p
Secagem solar	$Y = 8,0456 - 0,0014x$	0,7596	0,007
Desidratada em estufa	$Y = 7,7462 - 0,0019x$	0,6609	0,001
Liofilizada	$Y = 7,9928 - 0,0013x$	0,5855	0,010

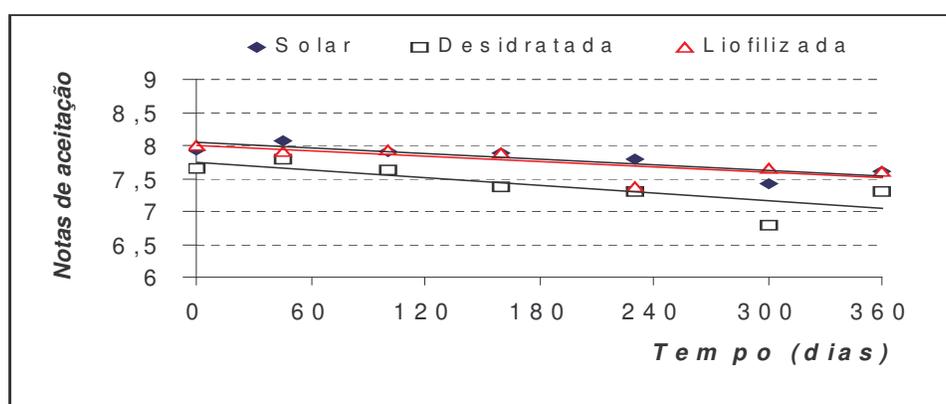


FIGURA 6.6. Variação das notas de aceitação sensorial em função do tempo de estocagem das barras de caju (Gráfico de regressões lineares).

6.3.7. Análise microbiológica em função do tempo de estocagem

Encontram-se na Tabela 6.20 os valores das contagens microbiológicas realizadas durante todo o período de estocagem das barras de caju. Verifica-se que os valores de UFC/g e NMP/g para todos os grupos de microorganismos analisados são inferiores ao limite máximo permitido pela legislação brasileira. Assim o resultado da estabilidade microbiológica indicou que os produtos foram processados e manipulados sob condições higiênico-sanitárias apropriadas e as contagens mantiveram-se abaixo dos limites máximos de tolerância para contaminação microbiológica durante todo o período de estocagem.

TABELA 6.21. Resultados da análise da qualidade microbiológica de amostras das barras de caju.

Amostras (barras de caju)	Tempo (dias)	Colif. (NMP/g)		<i>E. coli</i> (NMP/g)	<i>Salmonella</i> sp (25g)	Contagem padrão (UFC/g)	Bolors e leveduras (UFC/g)
		Totais	a 45 °C				
Solar	0	< 3	< 3	< 3	Ausência	5,2x10 ⁴	< 100
	45	< 3	< 3	< 3	Ausência	3,4x10 ⁴	< 100
	100	< 3	< 3	< 3	Ausência	6,9x10 ⁴	< 100
	160	< 3	< 3	< 3	Ausência	7,7x10 ⁴	<100
	230	< 3	< 3	< 3	Ausência	1,9x10 ³	2,7x10 ²
	300	< 3	< 3	< 3	Ausência	4,8x10 ³	4,06x10 ³
	360	< 3	< 3	< 3	Ausência	5,0x10 ³	2,2x10 ²
Desidratada	0	< 3	< 3	< 3	Ausência	4,2x10 ³	< 100
	45	4	< 3	< 3	Ausência	6,9x10 ⁴	< 100
	100	3	< 3	< 3	Ausência	6,0x10 ⁴	<100
	160	4	< 3	< 3	Ausência	7,4x10 ⁴	<100
	230	< 3	< 3	< 3	Ausência	4,2x10 ²	2,6x10 ²
	300	< 3	< 3	< 3	Ausência	6,6x10 ³	6,8x10 ³
	360	3	< 3	< 3	Ausência	8,2x10 ⁴	2,5x10 ²
Liofilizada	0	< 3	< 3	< 3	Ausência	5,7x10 ⁴	< 100
	45	4	< 3	< 3	Ausência	5,4x10 ⁴	< 100
	100	< 3	< 3	< 3	Ausência	5,9x10 ⁴	< 100
	160	5	< 3	< 3	Ausência	1,4x10 ⁵	< 100
	230	< 3	< 3	< 3	Ausência	6,3x10 ³	< 100
	300	< 3	< 3	< 3	Ausência	5,7x10 ³	2,8x10 ²
	360	< 3	< 3	< 3	Ausência	4,1x10 ⁴	4,2x10 ³

6.4. CONCLUSÕES

1. As barras de caju apresentaram estabilidade física, química e microbiológica durante os 12 meses de armazenamento;
2. Todas as barras sofreram um leve, não significativo, aumento da umidade e da atividade de água;
3. Todas as barras apresentaram elevado teor de ácido ascórbico, mesmo após 360 dias de estocagem, sendo a barra liofilizada a que apresentou maior teor médio (332,40 mg/100g) e no final do período de estocagem (293,35mg/100g);

4. As características sensoriais de todas as barras mantiveram-se sem alterações e apresentaram boa aceitação ao longo de todo o período de avaliação, recebendo notas para intenção de compra acima de quatro e médias hedônicas superiores a sete para todos os demais atributos avaliados;
5. A barra de caju desidratada foi a que apresentou menores notas de aceitação para todos os atributos, diferenciando-se significativamente das barras liofilizada e solar nos atributos aceitação global, sabor e textura. Estas duas não diferiram significativamente entre si, embora a barra de caju solar tenha obtido médias superiores em todos os atributos avaliados;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. Washington, D.C., 1990.

APHA. DOWNES, F.P.; ITO, K. [ed.]. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4.ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2001. 676p.

ARAÚJO, J.P.P. de; SILVA, V.V. (Org.). **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA–CNPAT, 1995. 292p.

AROGBA, S.S. **Studies on kolanut and cashew kernels: moisture adsorption isotherm, proximate composition, and functional properties**. Disponível em <<http://www.elsevier.com/locate/foodchem>.> acesso em: 08 set. 2000.

BENASSI, M.T. **Análise dos efeitos de diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados**. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos). Campinas, 1990. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

BIDAISEE, G; BADRIE, N. Osmotic dehydration of cashew apples (*Anacardium occidentale* L.): quality evaluation of candied cashew apples. **International Journal of Food Science and Technology**, St. Augustine, v.36, p.71-78, 2001.

ESTÉVEZ, A.M.; ESCOBAR, B.; VÁSQUEZ, M.D.; CASTILLO, E.V.; ARAYA, E.; ZACARÍAS, I. Cereal and nut bars, nutritional quality and storage stability. **Plant foods for Human Nutrition**, Santiago, v.47, n.4, p.309-317, jun., 1995.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, 1985. 533p.

LOPES NETO, A. **Agroindústria do caju**. Fortaleza: IPLANCE, 1977. 263p.

SILVA, Jr. A. **Novas alternativas para o aproveitamento industrial de pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale*, L.)**. Fortaleza, 1991, 71p. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal do Ceará (UFC).

SILVA, N. *et al.* **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001. 229 p.

SOUZA FILHO, M. de S.M.; LIMA, J.R.; SOUZA, A.C.R.; SOUZA NETO, M.A.; COSTA, M.C. Efeito do branqueamento, processo osmótico, tratamento térmico e armazenamento na estabilidade da vitamina C de pedúnculos de caju processados por métodos combinados. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.19, n.2, mai., 1999.

STONE, H.; SIDEL, J.L. **Sensory evaluation practices**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1992. 336p.

VIJAYANAND *et al.* Storage stability of guava fruit bar prepared using a new process. **Lebensm-Wiss. U.-Technol.** v.33, p.132-137, 2000.

CONCLUSÕES FINAIS

1. Todos os modelos experimentais ajustados desenvolvidos (perda de peso, incorporação de sólidos, sólidos totais, perda de umidade) através da metodologia de superfície de resposta foram considerados preditivos por apresentarem regressão significativa ao nível de 95% de confiança, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e R^2 superior a 0,85;
2. No processo de desidratação osmótica à pressão atmosférica para obtenção do produto otimizado pode-se trabalhar com combinações de temperatura de 34 até 48°C e tempo variando de 140 a 220 minutos;
3. Na avaliação de duas condições otimizadas, utilizadas para a validação do modelo, no processo de desidratação osmótica à pressão atmosférica: 65°Brix/40°C/180min e 65°/35°C/218min, obtiveram-se, respectivamente, perda de peso de 30,95 e 30,92%, incorporação de sólidos de 7,72 e 9,34% e perda de umidade da ordem de 36,03 e 35,70%.
4. Na desidratação osmótica a vácuo para obtenção do produto otimizado pode-se trabalhar com combinações de temperatura de 36 até 44°C e tempo variando de 60 a 140 minutos;
5. Na avaliação de duas condições otimizadas, empregadas na validação do modelo no processo de desidratação osmótica a vácuo: 65°Brix/40°C/100min e 65°Brix/36°C/140min, obtiveram-se, respectivamente, perda de peso de 32,67 e 31,50%, incorporação de sólidos de 5,37 e 6,20% e perda de umidade da ordem de 38,58 e 36,37%;
6. Verifica-se que o processo de desidratação osmótica a vácuo apresentou-se mais eficiente que o realizado à pressão ambiente, pois para duas condições otimizadas (65°Brix/40°C/100min e 65°Brix/36°C/140min) o emprego do vácuo permitiu obter maior perda de peso, maior perda de umidade e menor incorporação de sólidos, que as empregadas no processo à pressão ambiente 65°Brix/40°C/180min e 65°/35°C/218min.

7. Observou-se redução nos teores de ácido ascórbico de 19,24 e 17,49%, respectivamente, para o pseudofruto de caju desidratado osmoticamente a pressão atmosférica a 65°Brix/40°C/180min e 65°Brix/35°C/218min em relação ao caju *in natura* que apresentou 165,89mg/100g de ácido ascórbico;
8. Observou-se redução nos teores de ácido ascórbico de 14,87 e 27,52%, respectivamente, para o pseudofruto de caju desidratado a vácuo a 65°Brix/36°C/140min e 65°Brix/40°C/100min em relação ao caju *in natura* que apresentou 169,89 mg/100g de ácido ascórbico;
9. As barras de caju apresentaram estabilidade física, química e microbiológica durante os 12 meses de armazenamento;
10. As características sensoriais de todas as barras se mantiveram sem alterações e apresentaram boa aceitação ao longo de todo o período de avaliação, recebendo notas para intenção de compra acima de quatro e médias hedônicas superiores a sete para todos os demais atributos avaliados;
11. Todas as barras apresentaram elevado teor de ácido ascórbico, mesmo após 360 dias de estocagem, sendo a barra liofilizada a que apresentou maior teor médio (332,40 mg/100g) e no final do período de estocagem (293,35mg/100g);
12. A pesquisa demonstrou que o uso do suco de caju concentrado apresenta-se como alternativa de sucedâneo para a sacarose, pois apresentou resultados similares ao obtido com o xarope de sacarose na desidratação osmótica de rodela de pedúnculo de caju.
13. A pesquisa permitiu concluir que as matérias-primas (ingredientes) analisadas apresentam elevado potencial para a elaboração de diferentes produtos alimentícios (formulações) em virtude da diversidade e riqueza na composição química de seus componentes originários da castanha e do pseudofruto do caju, visto que: O suco de caju concentrado a vácuo (50°C) apresentou elevado teor de ácido ascórbico (966,13mg/100g de suco); A Fibra de caju é boa fonte de fibra alimentar (61,21%); O óleo da amêndoa apresentou elevada estabilidade à oxidação; A torta de amêndoa de castanha de caju apresentou 36,41% de proteínas, 26,57% de lipídeos totais e 7,86% de fibra alimentar.

ANEXO 1

TABELA A.1.1.Freqüência (%) das notas de aceitação global das nove barras de caju.

Notas	Barras de caju								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	--	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	1	-	0	1	1	-	2	4
4	-	-	3	4	3	2	14	12	17
5	-	2	1	22	17	25	20	22	29
6	1	1	9	32	34	37	27	35	25
7	22	22	20	22	28	21	26	24	16
8	52	40	36	13	15	6	12	2	7
9	25	34	31	7	2	8	-	2	2
Média	8,01	7,99	7,79	6,41	6,38	6,25	6,01	5,81	5,61

ANEXO 2

TABELA A.2.1.Notas de aceitação global das barras de caju realizada aos 45 dias de estocagem.

Notas/ conceitos	Secagem solar		Desidratada em estufa		Liofilizada	
	Fre- qüência	(%)	Fre- qüência	(%)	Fre- qüência	(%)
9-gostei extremamente	12	34,29	13	37,14	10	28,57
8-gostei muito	16	45,71	8	22,86	16	45,71
7-gostei moderadamente	4	11,43	9	25,71	6	17,14
6-gostei ligeiramente	3	8,57	4	11,43	2	5,71
5-nem gostei, nem desgostei	-	-	1	2,86	5	2,86
4-desgostei ligeiramente	-	-	-	-	-	-
3-desgostei moderadamente	-	-	-	-	-	-
2-desgostei muito	-	-	-	-	-	-
1-desgostei extremamente	-	-	-	-	-	-
Total	35	100,00	35	100,00	35	99,99
Média das notas	8,06		7,80		7,91	

TABELA A.2.2. Notas de aceitação global das barras de caju realizada aos 100 dias de estocagem.

Notas/ conceitos	Secagem solar		Desidratada em estufa		Liofilizada	
	Fre- quência	(%)	Fre- quência	(%)	Fre- quência	(%)
9-gostei extremamente	11	31,43	4	11,43	15	42,86
8-gostei muito	15	42,86	19	54,29	9	25,71
7-gostei moderadamente	6	17,14	8	22,86	8	22,86
6-gostei ligeiramente	2	5,71	3	8,57	2	5,71
5-nem gostei, nem desgostei	-	-	1	2,86	-	-
4-desgostei ligeiramente	1	2,86	-	-	-	-
3-desgostei moderadamente	-	-	-	-	1	2,86
2-desgostei muito	-	-	-	-	-	-
1-desgostei extremamente	-	-	-	-	-	-
Total	35	100,00	35	100,01	35	100,00
Média das notas	7,91		7,63		7,94	

TABELA A.2.3. Notas de aceitação global das barras de caju realizada aos 160 dias de estocagem.

Notas/ conceitos	Secagem solar		Desidratada em estufa		Liofilizada	
	Fre- quência	(%)	Fre- quência	(%)	Fre- quência	(%)
9-gostei extremamente	5	14,29	6	17,14	13	37,14
8-gostei muito	21	60,00	13	37,14	12	34,29
7-gostei moderadamente	9	25,71	8	22,86	7	20,00
6-gostei ligeiramente	-	-	6	17,14	1	2,86
5-nem gostei, nem desgostei	-	-	-	-	1	2,86
4-desgostei ligeiramente	-	-	2	5,71	-	-
3-desgostei moderadamente	-	-	-	-	1	2,86
2-desgostei muito	-	-	-	-	-	-
1-desgostei extremamente	-	-	-	-	-	-
Total	35	100,00	35	99,99	35	100,01
Média das notas	7,88		7,37		7,89	

TABELA A.2.4. Notas de aceitação global das barras de caju realizada aos 230 dias de estocagem.

Notas/ conceitos	Secagem solar		Desidratada em estufa		Liofilizada	
	Fre- quência	(%)	Fre- quência	(%)	Fre- quência	(%)
9-gostei extremamente	6	17,14	6	17,14	2	5,71
8-gostei muito	21	60,00	13	37,14	17	48,57
7-gostei moderadamente	5	14,29	8	22,86	13	37,14
6-gostei ligeiramente	1	2,86	4	11,43	1	2,86
5-nem gostei, nem desgostei	2	5,71	2	5,71	-	-
4-desgostei ligeiramente	-	-	2	5,71	1	2,86
3-desgostei moderadamente	-	-	-	-	1	2,86
2-desgostei muito	-	-	-	-	-	-
1-desgostei extremamente	-	-	-	-	-	-
Total	35	100,00	35	99,99	35	100,00
Média das notas	7,80		7,31		7,37	

TABELA A.2.5. Notas de aceitação global das barras de caju realizada aos 300 dias de estocagem.

Notas/ conceitos	Secagem solar		Desidratada em estufa		Liofilizada	
	Fre- quência	(%)	Fre- quência	(%)	Fre- quência	(%)
9-gostei extremamente	6	17,14	3	8,57	5	14,29
8-gostei muito	13	37,14	16	45,71	19	54,29
7-gostei moderadamente	6	17,14	6	17,14	6	17,14
6-gostei ligeiramente	10	28,57	3	8,57	4	11,43
5-nem gostei, nem desgostei	-	-	1	2,86	1	2,86
4-desgostei ligeiramente	-	-	3	8,57	-	-
3-desgostei moderadamente	-	-	2	5,71	-	-
2-desgostei muito	-	-	1	2,86	-	-
1-desgostei extremamente	-	-	-	-	-	-
Total	35	99,99	35	99,99	35	100,01
Média das notas	7,43		6,86		7,66	

TABELA A.2.6. Notas de aceitação global das barras de caju realizada aos 360 dias de estocagem.

Notas/ conceitos	Secagem solar		Desidratada em estufa		Liofilizada	
	Fre- quência	(%)	Fre- quência	(%)	Fre- quência	(%)
9-gostei extremamente	5	14,29	5	14,29	6	17,14
8-gostei muito	17	48,57	14	40,00	18	51,43
7-gostei moderadamente	9	25,71	9	25,71	6	17,14
6-gostei ligeiramente	2	5,71	4	11,43	4	11,43
5-nem gostei, nem desgostei	2	5,71	1	2,86	-	-
4-desgostei ligeiramente	-	-	1	2,86	-	-
3-desgostei moderadamente	-	-	1	2,86	-	-
2-desgostei muito	-	-	-	-	1	2,86
1-desgostei extremamente	-	-	-	-	-	-
Total	35	99,99	35	100,01	35	100,00
Média das notas	7,60		7,31		7,60	

ANEXO 3

Nome: _____

Idade: _____

Amostra nº: _____

Data: / /

1. Você está recebendo uma amostra codificada de BARRAS DE CAJU. Avalie a **APARÊNCIA** da mesma. Na escala, indique o quanto você gostou ou desgostou da **APARÊNCIA** da amostra.

- 9- gostei extremamente
- 8- gostei muito
- 7- gostei moderadamente
- 6- gostei ligeiramente
- 5- nem gostei / nem desgostei
- 4- desgostei ligeiramente
- 3- desgostei moderadamente
- 2- desgostei muito
- 1- desgostei extremamente

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

+Gostou: _____

-Gostou: _____

3. Agora, por favor, **PROVE** a BARRA DE CAJU e indique na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou **DO SABOR** da mesma:

- 9- gostei extremamente
- 8- gostei muito
- 7- gostei moderadamente
- 6- gostei ligeiramente
- 5- nem gostei / nem desgostei
- 4- desgostei ligeiramente
- 3- desgostei moderadamente
- 2- desgostei muito
- 1- desgostei extremamente

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

+Gostou: _____

-Gostou: _____

5. Prove novamente a BARRA DE CAJU e avalie as características de **TEXTURA** da BARRA (se é dura, crocante, etc.) e indique o quanto você gostou ou desgostou das características de **TEXTURA** da BARRA:

- 9- gostei extremamente
- 8- gostei muito
- 7- gostei moderadamente
- 6- gostei ligeiramente
- 5- nem gostei / nem desgostei
- 4- desgostei ligeiramente
- 3- desgostei moderadamente
- 2- desgostei muito
- 1- desgostei extremamente

6. Comente o que você mais gostou e menos gostou das **CARACTERÍSTICAS DE TEXTURA** na amostra:

+Gostou: _____

-Gostou: _____

7. Agora, por favor, **PROVE** a BARRA DE CAJU e indique na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou **DE UM MODO GERAL** da mesma:

- 9- gostei extremamente
- 8- gostei muito
- 7- gostei moderadamente
- 6- gostei ligeiramente
- 5- nem gostei / nem desgostei
- 4- desgostei ligeiramente
- 3- desgostei moderadamente
- 2- desgostei muito
- 1- desgostei extremamente

8. Comente o que você mais gostou e menos gostou **DE UM MODO GERAL** na amostra:

+Gostou: _____

- Gostou: _____

9. Com base na sua opinião sobre esta amostra, indique na escala abaixo, sua atitude se você encontrasse esta amostra à venda. **Se eu encontrasse esta BARRA DE CAJU à venda eu:**

- 5- certamente compraria
 - 4- possivelmente compraria
 - 3- talvez comprasse / talvez não comprasse
 - 2- possivelmente não compraria
 - 1- certamente não compraria
-

FIGURA A.3.1. Fichas para avaliação sensorial das barras de caju.