



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Departamento de Tecnologia de Alimentos

**Desenvolvimento de doce de fruta em massa funcional de
valor calórico reduzido, pela combinação de goiaba
vermelha e yacon desidratados osmoticamente e acerola**

Fernanda Cardoso Ventura

Engenheira de Alimentos

Prof. Dr. Nelson Horacio Pezoa García

Orientador

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

Campinas 2004

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. N. Horacio Pezoa García
Universidade Estadual de Campinas - DTA
(Orientador)

Profa. Dra. Fernanda E. X. Murr
Universidade Estadual de Campinas – DEA
(Membro)

Prof. Dr. Roberto H. Moretti
Universidade Estadual de Campinas- DTA
(Membro)

Profa. Dra. Hilary C. de Menezes
Universidade Estadual de Campinas – DTA
(Membro)

DEDICATÓRIA

Dedico ao meu pai Ademir, à minha mãe Ana
Maria e aos meus irmãos Renata, Andréa e
Flávio por tudo o que são para mim.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Ao Prof Horacio pela dedicada orientação, criatividade, incentivo, confiança e apoio no desenvolvimento deste trabalho.

À minha família por todo o apoio incondicional, até mesmo quando estava insuportável.

Aos professores da banca examinadora, Profa. Dra. Fernanda Murr, Profa. Dra. Hilary C. de Menezes e Prof. Dr. Roberto Moretti, pelas valiosas correções e sugestões apresentadas à dissertação.

Ao CNPq pela concessão da bolsa.

À Profa Terezinha Gomes pela correção português.

Ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, da Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP, onde foi possível a realização deste trabalho.

Às amigas de república Nanda e Dudinha, por tantas horas de conversa, conselhos, amizade. Dudinha você sabe que é minha irmãzinha de coração.

Aos alunos de iniciação Cintia e Pedro por todo o auxílio e em especial a querida Joeni, que tanto me ajudou ao longo desses anos e pela amiga que ganhei.

Às queridas Ana Koon e Priscila por toda a ajuda, boa vontade, amizade, palavras de consolo em todos os momentos. Vocês moram no meu coração.

Ao Prof Chico e Fifa por terem permitido a realização da análise de FOS no Departamento de Engenharia.

À Prof Pilar por ter permitido a realização da análise microbiológica e a Rosinha por toda a ajuda que me deu quando estava no laboratório.

À Ana Lourdes por ter me ouvido e discutido os resultados por tantas vezes.

Às amigas do laboratório: Dani, Ana Vânia, Pri Efraim, Rafaela, Alessandra, Kathleen, Silvia, Elisângela, Maria Fernanda, Patrícia, Luciane, Paulo, Amanda, Gisele, Gabi e D. Denir pela amizade maravilhosa.

À Gabriela Torezan e Amanda Querido cujas dissertações muito me auxiliaram.

À Simony e Juliana pela ajuda e enorme disposição e boa vontade.

Ao Adauto por todas as risadas e choros em que estava ao meu lado, mesmo não tendo experimentado o doce, fica um carinho especial. Ao Carlos pela disposição.

À CP Kelco pela doação da pectina.

À Usina Santa Maria pela doação do açúcar.

Aos amigos do Depan: Larissa, Carol, Janai, Luciano, Suzi, Valéria, Dora, Juliana, Soninha, Fábio, Noemi

Às amigas Michele e Dra. Neiva pela ajuda, conversas, risadas, conselhos, enfim, por nossas amizades.

Aos amigos de disciplinas e tantas horas Andréa, Claudinha, Jú, Matheus, Bei.

Às amigas de caminhadas e baladas: Dani, Milena Ninno, Jú, Tina, Michele.

Ao Guilherme, Maurício e Paulo pelo incentivo.

Ao Cosme, Jaime e Marcelo, da Secretaria de Pós-Graduação da FEA e funcionários da biblioteca pela paciência e atenção de sempre.

Enfim, à todos aqueles que contribuíram de alguma forma para que eu aqui chegasse.....

MUITO OBRIGADA

Fer

ÍNDICE

RESUMO GERAL	xxxv
GENERAL SUMMARY	xxxix
INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	1
OBJETIVO GERAL	3
Objetivos específicos	3
CAPÍTULO I : Revisão bibliográfica	5
1. GELÉIA E DOCE EM MASSA DE FRUTA	7
2. GOIABA	10
3. ACEROLA	15
4. YACON	17
4.1 Cultivo	17
4.2 Descrição da raiz do yacon	19
4.3 A cultura do yacon	19
4.4 Composição química e nutricional	21
4.5 Poder adoçante	24
4.6 Valor calórico	25
4.7 Toxidade	26
4.8 Propriedades funcionais da inulina e dos FOS	27
5. ALIMENTOS FUNCIONAIS	31
6. DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
CAPÍTULO II: Otimização da desidratação osmótica de goiaba vermelha e yacon utilizando sorbitol e sacarose como agentes desidratantes	57
RESUMO	59
SUMMARY	61

INTRODUÇÃO	63
MATERIAL E MÉTODOS	66
1. MATERIAL	66
1.1 Matéria-prima	66
1.2 Agente osmótico	66
1.3 Antioxidante	66
2. MÉTODOS	66
2.1 Métodos analíticos	66
2.1.1 Sólidos totais e umidade	66
2.2 Processamento	67
2.2.1 Desidratação osmótica do yacon à pressão ambiente	69
2.2.2 Desidratação osmótica da goiaba à pressão ambiente	70
2.2.3 Desidratação osmótica da goiaba e yacon sob vácuo	70
2.3 Planejamento experimental	71
RESULTADOS E DISCUSSÃO	74
1. Perda de umidade	78
2. Incorporação de sólidos	99
3. Validação dos modelos experimentais	119
4. Desidratação osmótica à vácuo	122
CONCLUSÕES	125
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
 CAPÍTULO III: Produção de doce em massa funcional de valor calórico reduzido de frutas combinadas através de processo contínuo	 131
RESUMO	133
SUMMARY	135

INTRODUÇÃO	137
MATERIAL E MÉTODOS	141
1. MATERIAL	141
1.1 Doce em massa	141
2. MÉTODOS	141
2.1 Testes preliminares para formulação do doce em massa de valor calórico reduzido	141
2.2 Processamento das polpas em planta piloto para a formulação dos doces em massa	142
2.2.1 Obtenção da polpa de goiaba	142
2.2.2 Obtenção da polpa de acerola	143
2.2.3 Obtenção da polpa de yacon	143
2.3 Processamento do doce em massa em planta piloto no multiprocessador STEPHAN	144
2.4 Processamento do doce em massa em processo contínuo	145
2.5 Determinações químicas das polpas de frutas e dos doces em massa	151
2.5.1 Sólidos solúveis	151
2.5.2 pH	151
2.5.3 Acidez total titulável	153
2.5.4 Umidade e sólidos totais	153
2.5.5 Atividade de água	153
2.5.6 Açúcares redutores e totais	153
2.5.7 Vitamina C	153
2.5.8 Carotenóides totais	154
2.5.9 Identificação e quantificação de carboidratos por cromatografia de íons (HPLC-PAD)	154
2.6 Determinações físicas dos doces em massa	156
2.6.1 Sinerese	156
2.6.2 Cor	157

2.6.3 Textura	157
2.7 Análise sensorial dos doces em massa	158
2.8 Avaliação microbiológica do doce em massa processado em tratamento térmico contínuo	163
2.8.1 Bolores e leveduras	163
2.8.2 Coliformes	163
2.8.3 Bactérias lácticas	163
2.8.4 Teste de esterilidade comercial	163
RESULTADOS E DISCUSSÃO	164
1. Caracterização química das frutas <i>in natura</i> e das polpas processadas	164
2. Formulações finais dos doces em massa de valor calórico reduzido processados em planta piloto (STEPHAN)	169
3. Caracterização química dos doces em massa de valor calórico reduzido	173
3.1 Identificação e quantificação de carboidratos por cromatografia de íons (HPLC-PAD)	177
4. Caracterização física dos doces em massa	179
4.1 Determinação da medida da sinerese	179
4.2 Determinação da cor	180
4.3 Medida da textura	181
5. Análise sensorial	182
6. Avaliação microbiológica	189
CONCLUSÕES	194
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	197
CONCLUSÕES FINAIS	207
ANEXOS	209
ANEXO I: Curva do perfil de textura do doce em massa (formulação 1) obtida pelo medidor de textura TAXT2.	211

ANEXO II: Curva do perfil de textura do doce em massa (formulação 2) obtida pelo medidor de textura TAXT2.	213
ANEXO III: Curva do perfil de textura do doce em massa (formulação 3) obtida pelo medidor de textura TAXT2.	215
ANEXO IV: Curva do perfil de textura do doce em massa (formulação 4) obtida pelo medidor de textura TAXT2.	217

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO I

TABELA 1: Valores físicos médios determinados em goiaba vermelha comum	11
TABELA 2: Determinações químicas da variedade vermelha comum de goiaba	12
TABELA 3: Composição química de duas diferentes variedades de goiabas	13
TABELA 4: Frutas ricas em ácido ascórbico (AA) e seus teores	16
TABELA 5: Conteúdo de carboidratos na raiz tuberosa do yacon	23
TABELA 6: Fontes vegetais importantes de frutanos	24
TABELA 7: Poder adoçante dos açúcares do yacon	25
TABELA 8: Conclusões científicas de diferentes autores, sobre a influência do licopeno em alguns tipos de doenças	33
TABELA 9: Conclusões científicas de diferentes autores, ressaltando os benefícios da vitamina C na dieta	34

CAPÍTULO II

TABELA 1: Variáveis independentes codificadas para desidratação osmótica	73
TABELA 2: Níveis codificados das variáveis em cada ensaio	74
TABELA 3: Valores de perda de umidade (PU) e incorporação de sólidos (IS) na desidratação osmótica de goiaba vermelha, à pressão ambiente, utilizando sorbitol e sacarose como agente osmótico	75
TABELA 4: Valores de perda de umidade (PU) e incorporação de sólidos (IS) na desidratação osmótica de yacon, à pressão ambiente, utilizando sorbitol e sacarose como agente osmótico	76

TABELA 5: Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística (p) para cada fator no modelo codificado para perda de umidade no processo à pressão ambiente de desidratação osmótica de goiaba utilizando sacarose e sorbitol como desidratantes	79
TABELA 6: Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística (p) para cada fator no modelo codificado para perda de umidade no processo à pressão ambiente de desidratação osmótica de yacon	83
TABELA 7: Análise de variância de modelo ajustado para perda de umidade no processo de desidratação osmótica à pressão ambiente de goiaba vermelha utilizando sacarose e sorbitol	87
TABELA 8: Análise de variância de modelo ajustado para perda de umidade no processo de desidratação osmótica à pressão ambiente de yacon utilizando sacarose e sorbitol	88
TABELA 9: Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística (p) para cada fator no modelo codificado para incorporação de sólidos no processo à pressão ambiente de desidratação osmótica de goiaba	100
TABELA 10: Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística (p) para cada fator no modelo codificado para incorporação de sólidos no processo à pressão ambiente de desidratação osmótica de yacon utilizando sacarose e sorbitol como desidratantes	103
TABELA 11: Análise de variância de modelo ajustado para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica à pressão ambiente de goiaba vermelha utilizando sacarose e sorbitol como desidratantes	107
TABELA 12: Análise de variância de modelo ajustado para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica à pressão ambiente de yacon utilizando sacarose e sorbitol como desidratantes	108
TABELA 13: Dois melhores ensaios de processo de desidratação osmótica a pressão ambiente escolhidos para validação dos modelos experimentais da desidratação osmótica de yacon com solução de sacarose e sorbitol	119

TABELA 14: Dois melhores ensaios de processo de desidratação osmótica a pressão ambiente escolhidos para validação dos modelos experimentais da desidratação osmótica de goiaba vermelha com solução de sacarose e sorbitol	120
TABELA 15: Respostas preditas pelos modelos e observadas experimentalmente para os ensaios otimizados na desidratação osmótica de yacon	121
TABELA 16: Respostas preditas pelos modelos e observadas experimentalmente para os ensaios otimizados na desidratação osmótica de goiaba vermelha	121
TABELA 17: Valores de perda de umidade (PU) e incorporação de sólidos (IS) na desidratação osmótica de yacon, a vácuo e à pressão ambiente, utilizando sorbitol como agente osmótico	122
TABELA 18: Valores de perda de umidade (PU) e incorporação de sólidos (IS) na desidratação osmótica de yacon, a vácuo e à pressão ambiente, utilizando sacarose como agente osmótico	123
TABELA 19: Valores de perda de umidade (PU) e incorporação de sólidos (IS) na desidratação osmótica de goiaba vermelha, a vácuo e à pressão ambiente, utilizando sorbitol como agente osmótico	124
TABELA 20: Valores de perda de umidade (PU) e incorporação de sólidos (IS) na desidratação osmótica de goiaba vermelha, a vácuo e à pressão ambiente, utilizando sacarose como agente osmótico	124

CAPÍTULO III

TABELA 1: Características químicas das frutas <i>in natura</i> e polpas de acerola, goiaba vermelha e yacon desidratados osmoticamente (DO)	165
TABELA 2: Formulações para doces em massa de valor calórico reduzido	171
TABELA 3: Formulação do doce em massa de valor calórico reduzido processado através de processo contínuo (Formulação 4)	172

TABELA 4: Características químicas dos doces em massa de valor calórico reduzido	173
TABELA 5: Concentração dos carboidratos solúveis no yacon <i>in natura</i> , polpa de yacon desidratado osmoticamente e no doce em massa (formulação 4)	177
TABELA 6: Valores para sinerese ocorrida nos doces em massa	179
TABELA 7: Valores médios das determinações instrumentais de cor das formulações dos doces em massa de valor calórico reduzido estudadas	180
TABELA 8: Valores médios dos atributos de textura dos doces em massa	181
TABELA 9: Aceitação média dos atributos cor, aroma, sabor e impressão global dos doces em massa de valor calórico reduzido	182
TABELA 10: Resultados da avaliação microbiológica no doce em massa de valor calórico reduzido (formulação 4)	192

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

FIGURA 1: Estrutura química dos principais frutoligosacarídeos: 1-kestose (A), nistose (B) e frutossilnistose (C)	21
FIGURA 2: Fenômeno de transferência de massa	35

CAPÍTULO II

FIGURA 1: Aparelho de desidratação osmótica a vácuo de circulação natural	68
FIGURA 2: Gráfico dos valores dos efeitos significativos sobre a perda de umidade na desidratação osmótica de goiaba vermelha com solução de sacarose e sorbitol	81
FIGURA 3: Gráfico dos valores dos efeitos significativos sobre a perda de umidade na desidratação osmótica de yacon com solução de sacarose e sorbitol	85
FIGURA 4: Superfícies de resposta e de contorno para a perda de umidade da desidratação osmótica de goiaba vermelha em soluções de sacarose a: C = 63ºBrix (a), T = 37,5ºC (b) e t = 120min (c)	91
FIGURA 5: Superfícies de resposta e de contorno para a perda de umidade da desidratação osmótica de goiaba vermelha em soluções de sorbitol a: C = 63ºBrix (a), T = 37,5ºC (b) e t = 120min (c)	93
FIGURA 6: Superfícies de resposta e de contorno para a perda de umidade da desidratação osmótica de yacon em soluções de sacarose a: C = 63ºBrix (a), T = 37,5ºC (b) e t = 120min (c)	95
FIGURA 7: Superfícies de resposta e de contorno para a perda de umidade da desidratação osmótica de yacon em soluções de sacarose a: C = 63ºBrix (a), T = 37,5ºC (b) e t = 120min (c)	97
FIGURA 8: Gráfico dos valores dos efeitos significativos sobre a incorporação de sólidos na desidratação osmótica de goiaba vermelha com solução de sacarose e sorbitol	101

FIGURA 9: Gráfico dos valores dos efeitos significativos sobre a incorporação de sólidos na desidratação osmótica de yacon com solução de sacarose e sorbitol	105
FIGURA 10: Superfícies de resposta e de contorno para a incorporação de sólidos da desidratação osmótica de goiaba vermelha em soluções de sacarose a: C = 63ºBrix (a), T = 37,5ºC (b) e t = 120min (c)	111
FIGURA 11: Superfícies de resposta e de contorno para a incorporação de sólidos da desidratação osmótica de goiaba vermelha em soluções de sorbitol a: C = 63ºBrix (a), T = 37,5ºC (b) e t = 120min (c)	113
FIGURA 12: Superfícies de resposta e de contorno para a incorporação de sólidos da desidratação osmótica de yacon em soluções de sacarose a: C = 63ºBrix (a), T = 37,5ºC (b) e t = 120min (c)	115
FIGURA 13: Superfícies de resposta e de contorno para a incorporação de sólidos da desidratação osmótica de yacon em soluções de sorbitol a: C = 63ºBrix (a), T = 37,5ºC (b) e t = 120min (c)	117
CAPÍTULO III	
FIGURA 1: Equipamento utilizado no processamento dos doces em massa: multiprocessador piloto de alimentos STEPHAN (a) vista frontal e (b) vista interna	145
FIGURA 2: Equipamento utilizado no processamento contínuo de doce em massa	149
FIGURA 3: Helicóide do misturador estático	151
FIGURA 4: Ficha sensorial utilizada no teste afetivo de aceitação dos doces em massa	161
FIGURA 5: Doces em massa de valor calórico reduzido, formulação 1, 2, 3 e 4	169
FIGURA 6: Histograma de frequência dos valores da escala hedônica atribuídos as formulações dos doces em massa de valor calórico reduzido para o atributo cor	183

FIGURA 7: Histograma de freqüência dos valores da escala hedônica atribuídos as formulações dos doces em massa de valor calórico reduzido para o atributo aroma	185
FIGURA 8: Histograma de freqüência dos valores da escala hedônica atribuídos as formulações dos doces em massa de valor calórico reduzido para o atributo sabor	185
FIGURA 9: Histograma de freqüência dos valores da escala hedônica atribuídos as formulações dos doces em massa de valor calórico reduzido para o atributo impressão global	187
FIGURA 10: Histograma de intenção de compra das formulações dos doces em massa de valor calórico reduzido estudados	189

RESUMO GERAL

Ultimamente tem aumentado a preocupação pela relação entre dieta e saúde, estimulando o consumo de alimentos saudáveis, nutritivos e funcionais e ainda de valor calórico reduzido, que tenham nutrientes com potencial protetor de saúde. Esses alimentos além de satisfazer requerimentos nutricionais e sensoriais básicos desempenham efeitos fisiológicos benéficos que diminuiriam o risco de doenças crônicas cardiovasculares, cancerígenas ou outras. Existe uma grande variedade de produtos para fins especiais, sendo aqueles destinados a dietas de redução de açúcares um dos mais expressivos. Assim, as indústrias têm o desafio de desenvolver processamentos em condições amenas de operação, tempo e temperatura, provocando menores alterações de coloração, sabor e nutricionais. Com base nisso, a finalidade desse trabalho foi concentrar os nutrientes da goiaba vermelha e yacon, através da desidratação osmótica e desenvolver um doce em massa com as frutas desidratadas osmoticamente e acerola, de valor calórico reduzido através de processo contínuo. Primeiramente, foi realizado um estudo para otimizar a desidratação osmótica utilizando xarope de sorbitol e de sacarose. Os ensaios foram realizados utilizando planejamento fatorial completo, variando-se o tempo, temperatura e concentração da solução osmótica, visando a maximização da perda de umidade e minimização da incorporação de sólidos. Na desidratação osmótica utilizando xarope de sorbitol foram obtidas perdas de umidade de 35 a 43% e incorporação de sólidos de 5,7 a 8% na goiaba vermelha e no yacon 53 a 55% de perdas de umidade e 6,02 a 6,46% de incorporação de sólidos. Os resultados obtidos mostraram que utilizando xarope de sorbitol se conseguem maiores perdas de umidade em relação ao xarope de sacarose, contudo há também uma maior incorporação de sólidos, mas isto seria irrelevante no caso de produtos de baixo valor calórico, nos quais o sorbitol é comumente utilizado, por apresentar um valor energético de 2,4kcal/g, enquanto que a sacarose fornece 4kcal/g. Outro objetivo foi também obter um doce em massa de goiaba vermelha, yacon e acerola, com um maior teor em sólidos de frutas que um produto convencional. Foram realizadas três formulações para análise sensorial, sendo utilizado o teste de aceitação. Os doces em massa tiveram boas médias de aceitação sensorial, variando de “gostei ligeiramente” a “gostei moderadamente”, diferindo entre si ($p \leq 0,05$) nos atributos cor, sabor e

impressão global, e não apresentando diferença significativa no atributo aroma. A formulação preferida foi com 50% goiaba vermelha, 30% acerola e 20% yacon, processada em tratamento térmico contínuo. Os resultados da caracterização química (pH, acidez e atividade de água) e física (sinerese, cor e textura) dos doces em massa mostraram concordância com os trabalhos encontrados na literatura. Através da avaliação microbiológica o produto foi considerado como “comercialmente estéril”, indicando que o tratamento térmico foi eficiente para manter a estabilidade microbiológica do produto.

Palavras-chave: concentração osmótica, yacon, acerola, goiaba vermelha, frutooligossacarídeos, processo contínuo

GENERAL SUMMARY

Concern about the relation between diet and health has greatly increased recently, stimulating the consumption of healthy, nutritive and functional foods, preferably of reduced caloric value, containing potentially health-protecting nutrients. In addition to satisfying the basic nutritional and sensory requirements, these foods play a beneficial physiological role in decreasing the risks of chronic cardiovascular diseases, cancer and other diseases. A great variety of special purpose foods exist, those destined for low sugar diets being the most prominent. Thus modern industry faces the challenge of developing processes operating under mild time/temperature conditions so as to minimize alterations in color, flavor and nutritional quality. Based on this idea, the objective of this research was to concentrate the nutrients of red guava and yacon by osmotic dehydration and develop a reduced calorie solid preserve using the osmotically dehydrated fruits plus West Indian cherry by way of a continuous process. Initially the osmotic dehydration process was optimized using sorbitol and sucrose syrups. A complete factorial experimental design was used for these trials, varying the time, temperature and concentration of the osmotic solution, aiming at maximizing moisture loss and minimizing solids incorporation. Osmotic dehydration using sorbitol syrup resulted in moisture losses of from 35 to 43% and solids incorporation between 5.7 and 8% for red guava and moisture losses of from 53 to 55% for yacon with solids incorporation from 6.02 to 6.46%. The results showed that higher moisture losses were obtained using the sorbitol syrup than with the sucrose syrup, although the solids incorporation was also higher. However, in low calorie products this is irrelevant since sorbitol is frequently used in such products due to its low energy value of 2.4kcal/g as compared to 4kcal/g for sucrose. A further objective was to prepare a solid preserve from red guava, yacon and West Indian cherry containing higher fruit solids content than the conventional product. Three formulations were prepared for the sensory acceptance test. The three formulations received good mean scores for acceptance, varying from "liked slightly" to "liked moderately", with significant differences ($p \leq 0.05$) amongst the three for the attributes of color, flavor and overall impression but with no significant difference for aroma. The most preferred formulation was that containing 50% red guava, 30% West Indian cherry and 20% yacon, processed by a continuous heat

treatment. The results of the chemical (pH, acidity and water activity) and physical (syneresis, color and texture) characterizations agreed with those of similar studies reported in the literature. The microbiological evaluation showed the product to be commercially sterile, indicating that the heat treatment was efficient in maintaining the microbiological stability of the product.

Key words: osmotic concentration, yacon, West Indian cherry, red guava, fructooligosaccharides, continuous processing.

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Vários fatores tem sido relacionados ao aparecimento de doenças no organismo humano, dentre eles, a herança familiar, o fumo, o sedentarismo e o *stress*. Entretanto, a alimentação é talvez um dos mais importantes, havendo uma estreita relação entre o alimento e a saúde. Os maus hábitos alimentares como o excessivo consumo de gorduras, principalmente saturadas, excessivo consumo de açúcar e sal e, ainda, o baixo consumo de amido e fibras dietéticas tem originado elevada incidência de doenças crônico degenerativas entre as pessoas, especialmente doenças cardiovasculares, câncer, diabetes e obesidade.

Atualmente tem sido observado um aumento na preocupação na relação entre dieta e saúde, estimulando o consumo de alimentos saudáveis, nutritivos e funcionais e ainda de baixo valor calórico, que tenham nutrientes com potencial protetor de saúde. Esses alimentos além de satisfazer requerimentos nutricionais e sensoriais básicos desempenham efeitos fisiológicos benéficos que diminuiriam o risco de doenças crônicas cardiovasculares, cancerígenas ou outras.

O desenvolvimento de produtos de reduzido valor calórico com alto valor nutricional, e características sensoriais iguais ou superiores aos alimentos processados tradicionalmente constitui um desafio para indústria de alimentos, devendo-se levar em conta a introdução de novas técnicas e matérias-primas, já que a textura, a palatabilidade e o sabor são propriedades de importância crítica ao desenvolvimento desses novos produtos.

A mistura de frutas exóticas, algumas portadoras de sabores e aromas de grande aceitação e componentes funcionais pode resultar em produtos de alta qualidade sensorial e nutricional, como geléias e doces em massa. A goiaba e acerola são excelentes fontes de vitamina C e licopeno, sendo que a vitamina C reforça o sistema imunológico e torna o organismo humano mais resistente a contaminações por vírus e bactérias. O licopeno auxilia na prevenção de doenças cardiovasculares, fortalece o

sistema imunológico, diminui a formação de catarata, inibe alguns tipos de câncer como boca, faringe, esôfago, colo, reto entre outros (KRINSKY,1994).

O yacon é fonte de frutooligossacarídeos, raiz tuberosa, com aparência de batata doce e sabor de pêra, apresenta propriedades funcionais bastante promissoras principalmente pelo seu conteúdo de inulina e de frutanos. Os principais benefícios que a literatura reporta para os frutooligossacarídeos na saúde humana são de baixa cariogenicidade, efeito prebiótico, valor energético reduzido, contribuem na eliminação de bactérias patogênicas e putrefativas por efeito da multiplicação das bifidobactérias, aumentam a absorção de minerais como cálcio, magnésio e ferro, inibem os estágios iniciais do câncer de cólon e regularizam a função de defecação (GIBSON e ROBERFROID, 1995).

O papel da indústria alimentícia hoje, diante de tão grande expectativa por parte das pessoas, é tornar acessível a todas elas alimentos que quando consumidos em pequenas quantidades tragam benefícios à saúde. Ao mesmo tempo, essa mesma indústria que produz e comercializa deve investir parte de seu capital em pesquisa, de forma que todos atributos de efeitos ou propriedades benéficas alegados no rótulo possam ser realmente demonstrados.

OBJETIVO GERAL

Desenvolvimento de doces em massa de frutas exóticas funcionais e de valor calórico reduzido pela não adição de açúcares convencionais e utilizando yacon como fonte de frutooligossacarídeo (FOS) através de processo contínuo, visando a máxima preservação dos seus nutrientes e características sensoriais.

Objetivos Específicos

- Minimização das perdas nutricionais mediante a otimização da desidratação osmótica a pressão ambiente na pré-secagem de goiaba vermelha e yacon, utilizando xarope de sorbitol e de sacarose como agentes desidratantes;
- Comparação entre desidratação osmótica a pressão ambiente e sob vácuo de goiaba vermelha e yacon;
- Processamento e caracterização química das polpas de goiaba, acerola e yacon;
- Processamento dos doces em massa em planta piloto, caracterização química e avaliação sensorial através de teste de aceitação;
- Minimização das perdas nutricionais através de processamento térmico contínuo de curta duração na fabricação do doce em massa, utilizando um trocador de calor tubular/misturador estático;
- Caracterização química, física e microbiológica do produto obtido.

CAPÍTULO I

Revisão Bibliográfica

1. GELÉIA E DOCE EM MASSA DE FRUTA

Geléia de fruta convencional é o produto obtido pela cocção de frutas inteiras, em pedaços, polpa ou suco de frutas, com açúcar e água e concentrado até a consistência gelatinosa. Poderá sofrer a adição de xarope de glicose ou açúcar invertido, não poderá ser colorida e nem aromatizada artificialmente, e será tolerada a adição de acidulantes e de pectina, para compensar qualquer deficiência no conteúdo natural de pectina ou de acidez da fruta. A concentração final de açúcar não deve ser menor que 65°Brix, a fim de assegurar sua conservação (JACKIX, 1988).

Doce em massa é o produto resultante do processamento adequado das partes comestíveis desintegradas de vegetais, com açúcares, com ou sem a adição de água, pectina, corretor de pH e outros ingredientes e aditivos permitidos até uma consistência apropriada, sendo finalmente acondicionado de forma a assegurar sua perfeita conservação. Quanto à consistência, pode ser cremoso, ou em massa que possibilite o corte (BRASIL, 1978).

Na Inglaterra e Estados Unidos distinguem-se como mais importantes quatro denominações: *jam*, *preserve*, *jelly* e *marmelade*. Os *jams* e *preserves* são tecnicamente idênticos, apresentando-se apenas com a seguinte diferença: no *jam*, a fruta é triturada; no *preserve* é inteira ou em pedaços grandes. O *jelly* é um produto obtido a partir do suco clarificado ou concentrado de frutas. É um produto bem geleificado, transparente e brilhante, com sabor característico da fruta que dá o nome. Os *jellies*, que incluem em sua massa pedaços da fruta ou tiras de casca (seria o caso de geléias de laranja com tiras de casca) correspondem simplesmente as geléias com pedaços de frutas. Os *marmelades* correspondem aos doces produzidos a partir de frutas inteiras, pedaços ou frutas trituradas. Em todos os casos, a concentração final de açúcar deve ser o necessário para assegurar a sua conservação, não sendo menor que 65°Brix (SOLER, 1991).

Segundo JACKIX (1988), tecnologicamente, faz-se a seguinte classificação:

- geléia: é obtida a partir de sucos clarificados de fruta, é clara, brilhante e transparente. Quando retirada do vidro deve tremer sem escorrer. Não deve ser açucarada, pegajosa ou viscosa, devendo conservar o sabor e aroma da fruta original. Deve ser macia ao cortar, porém, firme, e permanecer com ângulos definidos.
- gelejada: é uma geléia com pedaços de fruta em suspensão.
- doce em massa: é doce em pasta, de corte.

Os componentes básicos para elaboração de geléias, gelejadas ou doces em massa são: fruta, açúcar (substituído por adoçante/edulcorante no caso de produtos *diet/light*), pectina e ácido, sendo que, tanto a quantidade como a ordem de adição de cada um, durante o processamento definem a qualidade do produto final (TOREZAN, 2000).

Nas geléias e/ou doces em massa de frutas dietéticas ou para fins especiais, os açúcares tradicionais utilizados podem ser substituídos por adoçantes de baixo valor calórico como sorbitol, maltitol ou lactitol e/ou edulcorantes permitidos como sacarina, ciclamatos, aspartame, acesulfame, etc.

Para fins de informação nutricional complementar para o consumidor, a identidade dos alimentos ao qual o alimento está sendo comparado deve ser definida. Os alimentos precisam ser descritos de maneira que possam ser claramente identificados pelo consumidor. O conteúdo de nutriente e o valor energético do alimento com o qual se compara devem ser calculados a partir de uma base de dados de valor reconhecido. Para alimentos *light*, a comparação deve atender a uma diferença relativa mínima de 25% para mais ou para menos, no valor energético dos alimentos (BRASIL, 1998a).

Em 1995, segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos Dietéticos (ABIAD), o público consumidor de produtos *diet* e *light* somariam

aproximadamente 30 milhões de pessoas, das quais 8 milhões seriam diabéticas e o restante obesos e consumidores por opção (CARDOSO,1998).

O primeiro relatório na literatura referente à confecção de geléias sem açúcar, pela reação de um composto de cálcio com a pectina parcialmente desesterificada, é o de Braconnot. Em 1831, ele verificou que, quando misturava sucos de groselha e de cereja, formava-se uma geléia ao serem deixados em repouso. WOODMANSER e BAKER relataram a que a enzima pectinesterase, naturalmente presente em um dos sucos, desesterificava parcialmente a pectina e que o cálcio, naturalmente presente, reagia com os grupos carboxila livres, permitindo um ligamento cruzado das moléculas de pectina para construir uma estrutura de gel (WOODMANSER e BAKER 1954 apud CRUESS, 1973).

Desde o fim da década de 30, o interesse nas pectinas parcialmente desesterificadas, isto é, as de baixa metoxila, aumentou bastante e muitas pectinas de baixa metoxila, produzidas industrialmente, estão no mercado e são usadas industrialmente para vários fins (CRUESS, 1973).

Pectina é um polímero de ácido galacturônico, parcialmente esterificado com grupos metoxila (CARDOSO, 1998), encontrada na parede celular de muitas plantas com a função de agente de hidratação e material de cimentação para a rede de celulose (TOREZAN, 2000).

Pectina de alto metoxil (ATM) é aquela com grau de metoxilação (DM) superior a 50%, e forma géis com sólidos solúveis acima de 60% e pH entre 2,8 e 3,4. Já a pectina de baixo metoxil (BTM) com DM menor que 50% tem a propriedade de formar géis termorreversíveis, pela interação com o cálcio em uma larga faixa de sólidos solúveis (10 a 80%) e pH 2,6 a 6,0 (TOREZAN, 2000).

Grau de metoxilação (DM - *degree of methoxylation*) é uma medida da proporção dos grupos carboxílico que estão presentes na forma esterificada.

Ambas as pectinas, de baixa e alta metoxilação, podem formar gel em altas concentrações de açúcar. Por outro lado, apenas as de baixa metoxilação formam gel

em baixas concentrações de sólidos solúveis (LEME JR., 1968) e o fazem somente em presença de certos cátions, sendo o cálcio o mais freqüentemente utilizado, segundo JACKIX (1988).

Em meio ácido, a pectina está carregada negativamente. A adição de açúcar afeta o equilíbrio pectina/água, desestabilizando conglomerados de pectina e formando uma rede de fibras, que compõem o gel, cuja estrutura é capaz de suportar líquidos. A adição de acidulantes tem por finalidade abaixar o pH para se obter geleificação adequada e realçar o aroma natural da fruta.

Os ácidos mais comumente utilizados são os próprios constituintes naturais e predominantes das frutas, como o cítrico, o málico e o tartárico. De forma geral, o ácido cítrico é o mais utilizado devido ao sabor agradável; já o tartárico possui a vantagem de abaixar o pH para valores bem menores quando utilizado na mesma quantidade do cítrico, porém pode promover a formação de cristais de tartarato de potássio no produto (JACKIX, 1988).

2. GOIABA

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

O Brasil é considerado um dos principais produtores mundiais de goiaba, produzindo cerca de 300.000 toneladas em 2000, sendo as regiões sudeste e nordeste as maiores produtoras da fruta, com destaque para os estados de São Paulo e Pernambuco (IBGE – 2001). Em São Paulo, a variedade mais cultivada é a *Kumagai* (PIZA JR e KAVATI, 1994).

Apesar da grande disponibilidade de goiaba no Brasil, ela é pouco explorada, sendo sua produção direcionada principalmente para as indústrias de pastas, sucos e compotas. Atualmente, mediante investimentos em adubação, podas programadas e irrigação, a produção voltada para o consumo de mesa *in natura* tem crescido consideravelmente. Os avanços e investimentos na produção estão gerando frutos de melhor qualidade que podem ser aceitos tanto pela indústria quanto pelo mercado *in natura* (ARGANDOÑA, 1999).

A goiaba, por ser um fruto não-climatérico, não alcança níveis adequados de qualidade quando colhida antes de atingir o seu grau de maturação ideal na própria planta. O ponto de colheita adequado irá depender do destino que se pretende dar às goiabas, sendo que as frutas destinadas ao suprimento de mercados distantes, ou à industrialização em outros centros, deverão ser colhidas firmes, ou seja, antes de adquirirem a textura macia característica de fruta comestível. As frutas destinadas ao processamento ou consumo local deverão adquirir o seu típico colorido amarelo na própria planta, porém devem estar ainda bem firmes (MEDINA, 1978).

De acordo com o mesmo autor, as principais características físicas a serem consideradas na goiaba são: comprimento, diâmetro, peso, peso específico real e peso específico aparente, conforme mostra a Tabela 1. Tais características podem, entretanto, apresentar variações, não só em função do estágio de maturação das frutas, mas em função do tipo.

Tabela 1 - Valores físicos médios determinados em goiaba vermelha comum

Características Físicas	Médias
Comprimento (cm)	5,110
Diâmetro (cm)	4,983
Peso (g)	67,956
Peso específico real (g/cm ³)	0,877
Peso específico aparente (g/cm ³)	0,477

Fonte: MEDINA (1978).

No Brasil, as variedades mais conhecidas são: vermelha comum, branca comum, australiana, Paluma e a IAC-4. Valores de determinações químicas na goiaba vermelha comum são apresentados em dois diferentes estágios de maturação na Tabela 2. A variedade vermelha Paluma é considerada de excelente qualidade, podendo atender às exigências do mercado *in natura* e da indústria, apresentando um rendimento (g polpa/kg goiaba) superior às variedades tradicionais (CARMO, 2000). PEREIRA (1995) caracteriza a variedade através de frutos grandes piriformes com pescoço curto, casca lisa e amarela quando maduros, polpa firme e espessa de cor vermelha intensa e sabor agradável.

Tabela 2 - Determinações químicas da variedade vermelha comum de goiaba

Determinações químicas	Estágios de maturação	
	Verde	Maduro
pH	3,90	4,0
°Brix	9,5	11,3
Acidez total (expressa em % ácido cítrico)	0,39	0,30
Vitamina C (mg/100mg)	130	107
Açúcares redutores (%)	5,45	7,75
Açúcares totais (%)	5,93	8,75

Fonte: JACKIX (1988).

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

A Tabela 3 mostra a composição química de duas diferentes variedades de goiabas. Esta composição pode variar em função da fertilidade do solo, época do ano, grau de maturação, porção do fruto, variedade, etc.

Tabela 3 - Composição química de duas diferentes variedades de goiabas

Análise química	Branca	Vermelha
Umidade (%)	87,63	84,27
Sólidos totais (%)	12,37	15,73
Proteínas (%)	0,76	0,65
Matérias graxas (%)	0,34	0,42
Açúcares totais (%)	4,83	6,21
Açúcares redutores (%)	3,25	4,50
Fibras (%)	5,73	5,06
Cinzas (%)	0,32	0,53
pH	5,50	5,90

Fonte: MEDINA (1978).

A goiaba é uma das mais completas e equilibradas frutas em relação ao valor nutritivo, destacando-se por seus teores de elementos minerais como cálcio, fósforo e potássio, e vitaminas A e C, além de teores consideráveis de proteínas e fibras. O autor considera também os teores de vitaminas do complexo B como tiamina e niacina e apresenta o teor de ácido ascórbico (vitamina C) da goiaba como sendo um dos mais altos entre as frutas tradicionais, estando, segundo o autor, inferior apenas ao da acerola. De acordo com ARANHA (1997), o camu-camu é a fruta que apresenta maior teor de vitamina C (2700mg de vitamina C/100g polpa). Porém os autores enfatizam que grandes variações nos teores de componentes nutritivos podem ocorrer devido à variedade do fruto, estágio de maturação no momento da colheita, condições climáticas durante o desenvolvimento dos frutos e procedimentos durante o cultivo (CARVALHO, 1999).

Ainda de acordo com o mesmo autor, a goiaba além de ser uma excelente fonte de vitamina C (100 a 169 mg /100g), é uma boa fonte de niacina e β -caroteno (licopeno, correspondendo a 86% do total de carotenóide- CULTIVAR IAC-4 de São Paulo).

Em goiaba cultivar IAC-4 de São Paulo, foram identificados sete carotenóides, sendo o principal o pigmento licopeno. Esses pigmentos naturais encontrados em fungos, bactérias, frutas, plantas, flores, sementes e raízes, com coloração variando do amarelo ao vermelho constituem a maior fonte de vitamina A na dieta. Mundialmente eles fornecem em média 69% das necessidades diárias do indivíduo e 82% nos países desenvolvidos (SIMPSON, 1983).

O licopeno é um componente que pertence à família de antioxidantes, compostos responsáveis pelo combate aos radicais livres (substâncias tóxicas relacionadas ao envelhecimento celular) no organismo. Além de conferir a cor avermelhada a alimentos como tomates, goiabas e outras frutas vermelhas, estudos recentes têm demonstrado uma ação importante na prevenção e combate de doenças bastante severas (câncer, doenças cardiovasculares, catarata e doenças causadas pela idade), como resultado da diminuição dos oxidantes no organismo (GIOVANNUCI, 1999; KRINSKY, 1994).

O tomate é o produto mais citado na literatura quando se fala de funcionalidade e de licopeno em vegetais, possivelmente por ser amplamente cultivado no mundo inteiro, tanto em regiões de clima temperado-frio quanto em climas semitropicais e tropicais. Segundo HART e SCOTT (1995), o tomate fresco possui em média 1,5 a 5,6 mg/100g de licopeno. TONUCCI et al. (1995), reportou uma quantidade maior deste componente de 9,27 mg/100g, não indicando se esse valor corresponde à base úmida ou seca.

A goiaba, menos conhecida mundialmente, porém de alta importância nutricional, possui maior conteúdo de licopeno que o tomate. PADULA e RODRÍGUEZ-AMAYA (1986) reportaram 5,34mg/100g de licopeno em goiabas frescas cultivar IAC-4. Posteriormente WILBERG e RODRÍGUEZ-AMAYA (1995), reportaram uma quantidade de 4,48-6,06/100g mg de licopeno em goiaba madura.

Além das funções de corante e pró-vitamina A, os carotenóides têm ações de prevenção de doenças cardiovasculares e melhora do sistema imunológico. O consumo de alimentos ricos nesses nutrientes tem demonstrado a diminuição do risco de catarata, principalmente, em idosos e a redução de casos de degeneração macular também associada à idade (KRINSKY, 1994).

3. ACEROLA

A acerola (*Malpighia emarginata*) é uma fruta tropical de cor vermelha intensa quando madura, variando entre os tons alaranjados e vermelhos, com um perfume semelhante ao da maçã, de sabor levemente ácido, polpa macia e muito suco; já era consumida há muitos séculos pelos nativos da região das Antilhas, da América Central e do norte da América do Sul. Por ser uma planta rústica e resistente, a acerola se propagou naturalmente e com facilidade por muitas partes do mundo (OLIVA, 1995).

A importância da acerola está relacionada ao seu caráter nutricional, representado pelo seu elevado teor de vitamina C, que motivou a crescente demanda pela fruta e o interesse de produtores e pesquisadores em todos os continentes (ALVES, MENEZES e SILVA, 1995; INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS, 1995).

De acordo com OLIVEIRA, SOARES FILHO E CUNHA (1998), o Brasil possui uma área plantada de 7.130ha de acerola que produziram, na safra de 1997, 149.761 toneladas de frutas frescas, obtendo uma produtividade média de 21t/ha. Segundo o INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS (1995), a produção está sendo quase toda adquirida por indústrias que a transformam. Os critérios objetivos procurados são: teor de sólidos solúveis totais entre 7 e 7,5°Brix; teor de vitamina C superior a 1.200mg/100g de polpa e a coloração alaranjada/avermelhada da fruta. Porém, na prática, as indústrias exigem frutos com mais de 80% de coloração rosada, virando para o vermelho, com mais de 15mm de diâmetro, peso mínimo de 4g/fruto, com boa firmeza e ausência de ferimentos.

Segundo MACHADO (1992), há uma tendência em âmbito mundial de aumento do consumo de suco de frutas tropicais; para tanto, é preciso que se tenha um produto de qualidade uniforme, o que atualmente é de difícil obtenção, em virtude de os pomares comerciais, na sua grande maioria, terem sido constituídos por mudas oriundas de sementes. Isso se traduz numa dissociação de caracteres genéticos que culmina com a obtenção de plantas e frutos bastante variáveis em relação aos caracteres físico-químicos.

Segundo ARANHA (1997), descobriu-se que, na mesma quantidade de polpa de fruta, a acerola concentra, aproximadamente, até 100 vezes mais vitamina C que a laranja e o limão, 20 vezes mais que a goiaba e 10 vezes mais que o caju e a amora. A acerola está considerada entre os frutos mais ricos em vitamina C, ao lado do camu-camu e cabeludinha (Tabela 4).

Tabela 4 - Frutas ricas em ácido ascórbico (AA) e seus teores

Fruta	AA (mg/100g de polpa)
Camu-camu (<i>Myrciaria dubia</i>)	2700
Acerola (<i>Malpighia glabra</i> L)	1025 a 2808
Cabeludinha (<i>Eugenia tomentosa</i>)	1735
Caju vermelho (<i>Anacardium occidentale</i> L)	187 a 215
Caju amarelo (<i>Anacardium occidentale</i> L)	181 a 229
Goiaba branca (<i>Psidium guajava</i> Raddi)	81 a 104
Goiaba vermelha (<i>Psidium guajava</i> Raddi)	61 a 96
Laranja pêra (<i>Citrus sinensis</i> , Osbeek)	60 a 64
Limão galego (<i>Citrus aurantifolia</i> Suingle)	35 a 57
Mamão (<i>Carica papaya</i> L.)	45 a 87

Fonte: ARANHA (1997).

A quantidade de vitamina C encontrada em acerola apresenta diferenças de acordo com a variedade (aspecto genético), o estágio de maturação do fruto, a época do ano da colheita, os métodos culturais, a fertilidade e disponibilidade de nutrientes do

solo e o clima (temperatura, precipitação pluvial, insolação) do local de cultivo (HENSHALL, 1981).

O Brasil apresenta condições ideais para o cultivo da acerola, sendo um dos maiores produtores mundiais dessa fruta, com parte de sua produção comercializada na forma de polpa. Entretanto, essa planta ainda não possui variedades definidas, consistindo em um dos principais fatores que, associado ao plantio de mudas obtidas por via sexuada, levam à grande desuniformidade (quantitativa e qualitativa) da produção brasileira dessa fruta (MATSUURA et al., 2001).

4. YACON

De acordo com ZARDINI (1991), o yacon (*Smallanthus sonchifolia*) é uma planta nativa dos Andes que possui grandes raízes tuberosas, com elevada quantidade de oligofrutanos. O nome yacon deriva da palavra quéchua “yaku” que significa água, porém, essa espécie é conhecida também por outros nomes regionais como: arboloco, aricama, jícama/chícama, yíquima, jiquimilla, llacon, llagon, llag'on e yacón.

O yacon era originalmente classificado como Polymnia, mas estudos mais recentes de ROBINSON (1978 apud GRAU e REA, 1997) restabeleceram o gênero Smallanthus.

4.1 CULTIVO

Enquanto que nos Andes há uma perda sucessiva da área de cultivo de yacon, tem havido um processo inverso fora de lá. A Nova Zelândia começou esse processo nos anos 70. Em 1985, o cultivo foi levado da Nova Zelândia para o Japão, e depois para a Coreia. No Japão se desenvolveu uma pequena indústria agrícola com o yacon, visando principalmente a suas propriedades dietéticas e medicinais. No início dos anos

90, um agricultor brasileiro de origem japonesa introduziu a espécie na cidade de São Paulo. Aqui há produção não só das raízes frescas, como também desidratadas (chips) e folhas secas para o preparo de chá. A alta produtividade e rusticidade do yacon têm levado alguns cientistas a pleiteá-lo como fonte de matéria prima para xarope de frutose (GRAU e REA, 1997).

A planta cresce rápido e facilmente, atingindo a maturidade em 6 ou 7 meses, e sobrevive até mesmo em solos pobres. Atinge entre 1,5 a 3m de altura, e o sistema radicular é composto por 4 a 20 raízes tuberosas, que podem chegar ao diâmetro de 10 a 25cm. O yacon produz dois tipos de porções subterrâneas comestíveis – o caule rizomáceo (usado pela planta para reprodução vegetativa) e o caule tuberoso (usado pela planta como reserva nutricional). As raízes intumescidas são preferidas para comer por serem mais doces, suculentas e menos fibrosas. Os caules, apesar de suculentos quando jovens, são um pouco ásperos quando maduros (VIETMEYER, 1989; GRAU e REA, 1997).

Entre as plantas andinas, esta é atualmente a mais promissora a atrair a atenção mundial num futuro próximo, devido a sua surpreendente variedade de vantagens e benefícios. Assim como outras espécies do gênero, suas raízes sintetizam inulina ou componentes relacionados a inulina (ZARDINI, 1991). O corpo humano não possui enzimas que hidrolisam esses açúcares, portanto eles passam através do trato digestivo sem ser metabolizados, o que significa que o yacon fornece poucas calorias (VIETMEYER, 1989; NINESS, 1999). Portanto, é um alimento promissor para dietas e diabéticos, e pode ser mais produtivo que outros já conhecidos reservatórios de inulina (chicória e alcachofra, por exemplo), uma vez que tanto as raízes como os rizomas da planta são reservatórios desse carboidrato, ao contrário das outras, nas quais apenas uma das partes das plantas funciona como tal. Esta característica seria importante no caso do processamento visando a produzir inulina e/ou derivados. (ZARDINI, 1991).

4.2 DESCRIÇÃO DA RAIZ DO YACON

As raízes tuberosas têm pesos de 200-500g cada, porém não é raro que atinjam os 2000g. Cada planta produz cachos de 5 a 20 unidades, o que dá uma média de 5kg/planta (GOTO et al., 1995). As raízes tuberosas recém colhidas são insípidas, mas, após uns 3 a 5 dias de exposição ao sol, tornam-se suculentas e doces, pela hidrólise dos frutanos. Nesse processo as cascas ficam pregueadas pela desidratação. Já a produção de inulina ou frutooligossacarídeos exige um rápido processamento para evitar a degradação dos mesmos.

O sabor do yacon, adocicado, tem sido descrito pelo *National Research Council* como semelhante à de uma maçã fresca e um sabor que lembra a melancia (CNR, 1989 apud ESTRELLA e LAZARTE, 1994). Outros autores (OHYAMA et al., 1990; ARAJARA, 1999) descreveram o sabor do yacon como semelhante ao da pêra.

Nos mercados e feiras da região andina o yacon é classificado como fruta e é comercializado junto com maçãs, abacates ou abacaxis e não com outras raízes e tubérculos, como seria esperado (ROBINSON, 1997).

Costuma-se consumir o yacon descascado *in natura* como se fosse uma fruta ou como parte de saladas de frutas junto a bananas, laranjas e mamões. Pode também ser cozido no forno e ainda pode ser preparado sob forma de bebida refrescante (ROBINSON, 1997).

4.3 A CULTURA DO YACON

O yacon é um parente distante do girassol, mas o seu cultivo não é realizado através de sementes, mas de raízes comestíveis (KURODA e ISHIARA, 1995). Cresce em tubérculos grandes suculentos, com raízes que são reservatórios naturais de inulina, em florestas úmidas, em microambientes temperados e chuvosos, como

acontece na área oriental dos Andes. Desde a encosta leste dos Andes da Venezuela até o nordeste da Argentina, a cerca de 2.000m de altitude (GRAU e REA, 1997).

Poucas espécies se adaptam a diferentes ecossistemas como o yacon. Segundo ROBINSON (1997), essa planta cresce entre 900-3500m sobre o nível do mar, como ocorre na Bolívia, Equador e Peru, entre 600-2500m na Argentina; 600-800m no Brasil, ou, ao nível do mar no Japão e Nova Zelândia.

VILHENA (1997) descreveu a técnica usada no Brasil, na região de Capão Bonito/SP, onde se usam tubérculos de 60-80g, plantados em canteiros de 1,0m de largura por 0,4m de altura, com espaçamento de 1,4m entre linhas e 0,9m entre plantas.

Embora o yacon se adapte a uma diversidade de solos, desde ácidos até ligeiramente alcalinos, recomendam-se solos ricos em minerais, leves, bem estruturados e drenados (ROBINSON,1997).

É necessária a irrigação regular devido a sua elevada capacidade de transpiração, porém, uma sobre-irrigação pode ser crítica à qualidade das raízes pelas quebras que se produzem durante a estocagem. Os rendimentos da raiz variam de 15 a 100ton/hectare (ROBINSON, 1997).

No hemisfério sul a cultura pode abranger o período de julho a janeiro, e por isso, as colheitas podem ser realizadas pouco a pouco, ao longo de vários meses. No Brasil, a safra vai de março a setembro (ARAJARA, 1999), mas é possível encontrar uma pequena oferta em outros meses.

A colheita feita depois de sete meses ou mais nos locais altos é realizada manualmente para se obterem tubérculos inteiros, os quais são separados do tronco que, por sua vez, pode ser usado como ração para gado. No Brasil, usa-se a colhedeira mecânica, com pequenas perdas (QUINTEROS, 2000).

4.4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E NUTRICIONAL

O yacon apresenta um alto teor de carboidratos, um elevado conteúdo de cálcio e potássio e relativamente baixos níveis de outros minerais e de vitaminas. Além disto, o suco do yacon é rico em aminoácidos essenciais livres (KAPULER e GURUSIDIAH, 1994).

OHYAMA et al. (1990) verificaram que o yacon possui uma grande quantidade de inulina, mais do que o amido e que, além disto contém o trissacarídeo 1-kestose e outros oligossacarídeos do tipo dos frutanos. Os frutooligossacarídeos pertencem à classe de açúcares constituídos de uma a três unidades de frutose ligada a uma molécula de sacarose na posição $\beta(2-1)$. Os principais componentes são kestose, nistose e 1-frutossilnistose (YUN, 1996).

A existência de 1-kestose, composto chave na biossíntese dos frutanos do tipo da inulina foi confirmada por GOTO et al. (1995) mediante métodos enzimáticos e reações de metilação. Os autores evidenciaram que os frutanos do yacon são da mesma natureza e características dos encontrados nos tubérculos de *Helianthus tuberosus* (Alcachofra de Jerusalém).

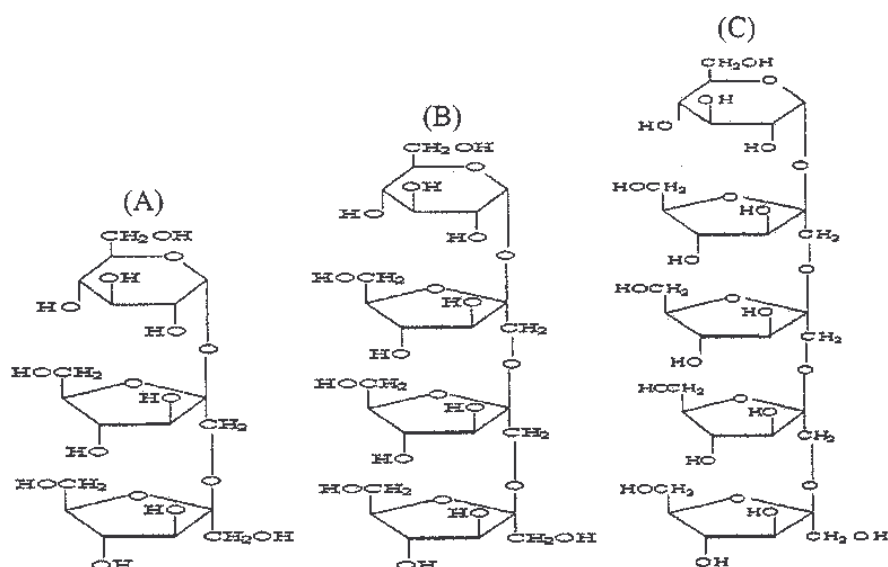


Figura 1- Estrutura química dos principais frutoligossacarídeos: 1-kestose (A), nistose (B) e frutossilnistose (C). Fonte: YUN (1996).

Vários trabalhos sobre a presença de carboidratos, notadamente frutooligossacarídeos, têm sido feito por diversos autores. A Tabela 5 apresenta alguns valores obtidos em diferentes condições.

ASAMI et al. (1989) relataram que os frutooligossacarídeos (FOS) provenientes do yacon foram de baixo grau de polimerização, entre 3 e 10, representando 67% da matéria seca, sendo o grau de polimerização médio de 4,3; enquanto frutanos com DP maiores que 10 correspondiam a traços; fato constatado também por OHYAMA et al. (1990).

Enquanto ASAMI et al. (1991) relataram 67% de FOS (base seca) em yacon recém colhido, OHYAMA et al. (1990) em amostras mantidas sob refrigeração por 96 dias, verificaram apenas 20% de FOS (vide Tabela 5). Isso, na realidade, demonstra o fenômeno da degradação enzimática que ocorre ao longo do armazenamento, mesmo a baixas temperaturas.

FUKAI et al. (1993) constataram que pela ação da frutano hidrolase a concentração dos frutanos do yacon sofre uma queda durante o armazenamento, enquanto a concentração de frutose sobe. Observando os dados de NIETO (1994) na Tabela 5 pode ser verificado um expressivo acréscimo da frutose nas amostras expostas ao sol, com relação às amostras recém-colhidas (mais de 800%), acompanhados por aumentos menores em glicose e sacarose.

WEI et al. (1991) constataram que durante o armazenamento das raízes tuberosas de yacon os conteúdos de frutose e glicose aumentaram e os dos FOS decresceram. No caso da alcachofra de Jerusalém, estes autores observaram um aumento dos FOS de baixo DP acompanhados de uma diminuição dos frutanos de alto DP.

A degradação da inulina acarreta obviamente um acréscimo de doçura, pois os produtos da hidrólise são bem mais doces. ZARDINI (1991) ressaltou que o típico sabor do yacon só aparece depois de uma exposição ao sol por 3-5 dias. Fica claro que existe uma atividade hidrolítica na estocagem do yacon, que aumenta com a temperatura.

Tabela 5 - Conteúdo de carboidratos na raiz tuberosa do yacon

Componente	Base seca (mg/g)	Base úmida (mg/g)				
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Frutose	305,1	6	24,7	215,3		
Glicose	158,3	31	37,5	133,8		
Sacarose	74,5	51	25,1	39,1		
GF ₂	60,1	110	—	—		
GF ₃	47,7	80	—	—		
GF ₄	33,6	40	—	—		
GF ₅	20,6	—	—	—		
GF ₆	15,8	—	—	—		
GF ₇	12,7	—	—	—		
GF ₈	9,6	—	—	—		
GF ₉	6,6	—	—	—		
Total GF ₂ – GF ₉	206,4	—	—	—	101,3	76,1

(1) Análise após 96 dias de colheita das raízes, mantidas sob refrigeração (OHYAMA et al., 1990)

(2) Análise de amostras frescas (FUKAI, MIYAZAKI e NANJO, 1993)

(3) Análise de amostras recém colhidas (NIETO, 1994)

(4) Análise de amostras expostas ao sol por 15 dias (NIETO, 1994)

(5) Análise de amostras recém colhidas (VILHENA, 1997)

(6) Análise de amostras expostas ao sol por 8 dias (VILHENA, 1997)

Quando comparado com outras fontes tradicionais de frutanos como a chicória, alcachofra de Jerusalém ou dália, o yacon pode ser considerado como uma importante fonte de frutanos. A Tabela 6 demonstra isso.

Tabela 6 - Fontes vegetais importantes de frutanos

<i>Espécie</i>	Teor	
	Base fresca (%)	Base seca (%)
Chicória	24	73,6
Alcachofra de Jerusalém	22	74
Dália	13	72
Yacon	>20 ⁽¹⁾	67 ⁽²⁾

Fonte: MODLER (1994)⁽¹⁾, VORAGEN (1998) e ASAMI et al. (1991)⁽²⁾.

4.5 PODER ADOÇANTE

Existem produtos comerciais como Neosugar ® (Meiji Seika, Co, Japão), Actilight ® (EBS, França) e Raftilose ® (Orafti, Bélgica) que são misturas de FOS, de sabor global menos doce que a sacarose (QUINTEROS, 2000).

Os frutanos com DP elevado, DP>10, não são doces tal como acontece com os produtos comerciais Raftiline ® (Orafti, Bélgica), Frutafit ® e Fibruline ® (COSUCRA, Bélgica). No caso, estes produtos não são usados como adoçantes, mas como substitutos de gordura (GORDON, BOCALETTI e ORELLANA 1995), como fibra alimentar ou como agentes que dão volume e corpo aos alimentos manufaturados.

A Tabela 7 resume o poder adoçante dos carboidratos majoritários do yacon, tomando-se como padrão de comparação uma solução de sacarose a 10%.

Tabela 7 - Poder adoçante dos açúcares do yacon em relação a uma solução de 10% de sacarose.

Açúcar	Valor (%)
Sacarose	100
Glicose	70
Frutose	170
1-Kestose	31
Nistose	22
Frutofuranosilnistose	16

Fonte: YUN (1996).

4.6 VALOR CALÓRICO

Os FOS possuem características que permitem sua aplicação em várias áreas. Como apresentam cerca de um terço do poder adoçante da sacarose e não são calóricos, não podem ser considerados carboidratos ou açúcares nem fonte de energia, mas podem ser usados de modo seguro por diabéticos. Têm solubilidade maior que da sacarose, não cristalizam, não precipitam, e nem deixam sensação de secura ou areia na boca. Os FOS não são degradados durante a maioria dos processos de aquecimento, mas podem ser hidrolisados em frutose em condições muito ácidas e em condições de exposição prolongada de determinados binômios tempo/temperatura (BORNET, 1994; YUN, 1996).

Os frutanos do tipo inulina são carboidratos resistentes às enzimas hidrolíticas da saliva e do aparelho digestivo do homem (ROBERFROID, 1993).

Quando ingeridos pelo homem, os frutanos atingem o cólon onde são fermentados pela flora colônica, composta principalmente de bifidobactérias. Pela ação dessas bactérias, são liberados ácidos graxos de cadeia curta (*short chain fatty acids*, SCFA) como ácido acético, propiônico, e butírico; além de CO₂, CH₄ e H₂ (WANG e GIBSON, 1993). Com a produção de ácidos de cadeia curta, a absorção de cálcio, ferro

e magnésio é facilitada, com 15g de FOS por dia, a absorção de Ca^{++} é aumentada em 10,8% em humanos (GIBSON e ROBERFROID, 1995).

FLAMM et al. (2001) avaliaram o valor calórico dos frutooligossacarídeos encontrando que o rendimento de energia para o hospedeiro estaria na faixa de 1,5 a 2,0Kcal/g. Usando outra metodologia baseada no balanço da lipogênese, ROBERFROID, GIBSON e DELZENNE (1993) concluíram que o valor calórico dos FOS está em torno de 1 a 1,5Kcal/g.

4.7 TOXIDADE

Numerosos estudos têm sido conduzidos para avaliar a toxicidade dos frutooligossacarídeos; *in vitro* e, *in vivo*, tanto em animais quanto em humanos.

Os estudos *in vitro* para determinar o potencial tóxico em animais incluíram o teste de mutação microbiana reversa, o teste de mutação de genes e o teste de síntese não programada de DNA. Os testes não evidenciaram qualquer potencial genotóxico, carcinogênético nem toxicidade subcrônica (CLEVENGER et al., 1988; TOKUNAGA, OKU e HOSOYA, 1986). Porém, ALLES et al. (1997) e DAVIDSON et al. (1998), observaram a aparição de flatulência em sujeitos que consumiram dietas contendo 15g/dia e 18g/dia, respectivamente.

Como status legal os FOS são considerados ingredientes e não aditivos alimentares, na maioria dos países. São fibras dietéticas, confirmadas pelas autoridades legais em vários países, e nos Estados Unidos possuem o status GRAS (*Generally recognized as safe*). A sua ingestão pode estar associada à flatulência, e isto se torna mais flagrante em indivíduos que possuem intolerância a lactose. A gravidade desse tipo de sintoma está associada à dose de FOS consumida, isto é, quanto menos FOS, menos sintomas. A ingestão de 20-30g por dia geralmente desencadeia o início de um desconforto severo no indivíduo, sendo o ideal seguir as doses recomendadas de cerca de 10g/dia.pessoa. Somente pessoas muito sensíveis (1 a 2% da população)

sofrem diarreia ou intolerância gastrointestinal com doses de 10g/dia (COUSSEMENT, 1999).

O consumo médio per capita de inulina na dieta européia varia de 2 a 12g/dia, na Bélgica este valor fica em torno de 5-8g/dia e 7-12g/dia na Espanha (MODLER, 1994).

4.8 PROPRIEDADES FUNCIONAIS DA INULINA E DOS FOS

A inclusão de oligossacarídeos na dieta acarreta vários benefícios à saúde humana, mas a contribuição mais importante desses açúcares está associada a uma melhoria na composição da flora intestinal e ao aumento do número de bifidobactérias. Devido às características fermentativas especiais que os oligossacarídeos apresentam ao organismo humano, esses compostos são considerados como um alimento funcional, que, de acordo com BRASIL (1999) é definido como todo aquele alimento ou ingrediente que, além das funções nutritivas básicas, quando consumido como parte da dieta usual, produza efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica. Dessa forma, pode-se verificar que os alimentos funcionais deverão fazer parte da alimentação cotidiana, dentro de uma dieta saudável e balanceada, podendo seu uso regular trazer benefícios fisiológicos específicos, graças à presença de ingredientes fisiologicamente salutarres (MULLER, 2001).

ROBERFROID (1998) definiu como alimento funcional aquele que contém, em concentração adequada, um ou mais componentes que afetam as funções no corpo e produzem efeitos celulares e fisiológicos positivos. Atualmente o Japão possui oficialmente os chamados “alimentos funcionais para usos específicos na saúde”, sob licença do Ministério da Saúde. Muitos países da Europa têm seguido esse mesmo rumo, porém o governo dos Estados Unidos ainda não reconhece os alimentos funcionais, apesar de serem largamente comercializados.

Dentro da variada gama de alimentos funcionais, são de particular destaque os probióticos, os prebióticos e os simbióticos. Os alimentos probióticos contêm

suplementos microbianos vivos que promovem a saúde, melhorando o balanço microbiano do hospedeiro. A grande maioria dos probióticos são bactérias dos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* (GOLDIN, 1998).

Já os prebióticos são definidos como ingredientes alimentares não digestíveis e que afetam favoravelmente o crescimento e a atividade de um número limitado de bactérias no cólon, beneficiando o hospedeiro. Quando os probióticos e prebióticos são usados em combinação em um produto, fala-se de um simbiótico (GIBSON e ROBERFROID, 1995).

Os oligossacarídeos são classificados como prebióticos, porque além de não serem hidrolisados e nem absorvidos na parte superior gastrointestinal, eles promovem de uma forma seletiva o crescimento e/ou estimulam a atividade metabólica de bactérias benéficas à saúde, sendo o crescimento de bifidobactérias considerado o principal objetivo dos prebióticos (CARRARO, 2000).

As bifidobactérias são responsáveis pelos seguintes efeitos benéficos: manutenção normal da microflora intestinal, maior tolerância à lactose, atividade anticariogênica, estímulo ao sistema imunológico e melhoria do valor nutricional dos alimentos. Quanto às suas aplicações terapêuticas podem-se citar: prevenção de infecções urogenitais, alívio da constipação, redução da diarreia induzida por antibióticos, prevenção da osteoporose, prevenção do câncer de cólon (O'SSULLIVAN et al., 1992).

Os FOS são adoçantes de baixa cariogenicidade. Segundo YUN (1996) os FOS não são utilizados pelo *Streptococcus mutans* na formação de ácidos e glucanos insolúveis, causadores das cáries. Já a glicose, frutose ou sacarose que acompanham os FOS em pequenas proporções responderiam pela baixa cariogenicidade.

Pelo fato de serem compostos hipocalóricos e não terem relação com a insulina, como ocorre com carboidratos como a glicose e a sacarose, a inulina bem como os oligofrutanos são inócuos para os diabéticos (YUN, 1996).

Por outro lado, a inulina tem sido introduzida na indústria alimentar como substituto de gordura, de uma maneira vantajosa, pois além de não influir na textura nem nas propriedades organolépticas, permite reduzir consideravelmente a ingestão de calorias. Isto é um meio de combater a obesidade e as doenças coronárias (GORDON et al., 1995).

Os FOS, a inulina e muitos oligossacarídeos não digeríveis, depois de serem ingeridos, escapam à digestão no intestino delgado, porém são quantitativamente fermentados logo, no cólon, pela flora colônica, produzindo-se gases, ácidos graxos de cadeia curta e lactato (ROLAND et al., 1995; CAMPBELL, FAHEY e WOLF, 1997).

A inibição do crescimento de bactérias putrefativas ocorre, estimulando o crescimento de *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* e alguns *Streptococcus*, os FOS contribuem para a inibição de *Clostridium*, *Salmonella*, *Shigella*, *Listeria*, *Campilobacter*, bactérias patogênicas. Após ingestão de 3-5g de FOS/dia em humanos por 2 semanas, GIBSON e ROBERFROID (1995) observaram aumento de bifidobactérias fecais de 6 para 22% e redução de *Bacteróides* e *Clostridium*, respectivamente de 25% para 4%, e 1 para 0,2%.

MODLER (1994) verificou que a adição de *neosugar* à dieta humana (15g/dia), provocou um acréscimo de 10 vezes na população de bifidobactérias do intestino grosso, bem como a ocorrência de bifidobactérias passou de 87% para 100%. Concomitantemente, houve uma redução de 0,3 unidades no pH intestinal e também um decréscimo na contagem de enterobactéria. Estudos similares realizados por HIDAKA e HIRAYAMA (1991) verificou-se que administrando 8g/dia de *neo sugar* aumentaria a produção de ácidos graxos.

Uma série de aspectos benéficos tem sido atribuída às bifidobactérias, por diversos autores e ressaltada por WANG e GIBSON (1993):

- são imunomoduladores contra células malignas.
- produzem vitaminas como B₁, B₆, B₁₂ e ácido fólico.

- produzem enzimas digestivas e lisozima.
- restauram a flora intestinal normal durante a terapia com antibióticos.
- com o decréscimo do pH gastrointestinal, transformam o NH_3 , potencialmente tóxico, a NH_4^+ .
- a diminuição do pH, via formação de acetato e lactato, pelas bifidobactérias suprime os patógenos como *E.coli*, *C.perfringens*, *Salmonellas*, etc.

Além dos benefícios acima citados, existe uma forte evidência de que os frutanos e outros oligossacarídeos não digeríveis normalizam os estados de constipação (VAN LOO et al., 1998).

No que diz respeito às doses bifidogênicas de frutanos, pode-se afirmar que cerca de 4g/dia seriam suficientes para um adulto (ROBERFROID, VAN LOO e GIBSON, 1998). Contudo, fazendo parte de um produto simbiótico (junto com microorganismos), os frutanos já são bifidogênicos a doses de 2,75g/dia e esse efeito dura até sete semanas (ROBERFROID, 1998).

TAPER, DELZENNE e ROBERFROID (1997) implantaram células tumorais de dois tipos, hepáticas e mamárias, em ratos, e na seqüência, foram tratados com 150g/kg de FOS ou inulina. Houve uma redução no crescimento dos tumores com relação ao placebo. Segundo TAPER e ROBERFROID (1999) os frutanos agem pelo seu efeito redutor da glicose e da insulina; sendo assim, as células tumorais aproveitam pouco a glicose e não se desenvolvem. Simultaneamente, haveria uma mudança na sensibilidade à insulina, o que seria parte do mecanismo da inibição do crescimento tumoral.

TAPER et al. (1995) verificaram que os FOS possuem um efeito protetor contra a atrofia induzida por deficiência de cobre ou excesso de frutose. YOUNES et al. (1996), em estudos com ratos determinaram que uma mistura de fibras, incluindo FOS, reduz o nível de uréia no soro sanguíneo, via excreção fecal de uréia. Os efeitos seriam devidos à conversão do NH_3 a NH_4^+ , menos tóxico (JENKINS, KENDALL e VUKSAN, 1999).

Os FOS têm ação de imunomoduladores via *Bifidobacterium* auxiliando no ataque imunológico contra células malignas ou bactérias putrefativas, e resistência adquirida do hospedeiro contra fungos patógenos (GIBSON e ROBERFROID, 1995).

Estudos recentes relatam a atividade antioxidante dos tubérculos de yacon; foram encontrados triptofano e ácidos clorogênicos como os compostos mais importantes, evidenciando que ambas as partes da planta são ricas em fenólicos (SIMONOVSKA et al., 2003).

5. ALIMENTOS FUNCIONAIS

Em meados dos anos 80, crescia no Japão o interesse por alimentos que, além de satisfazer requerimentos nutricionais e sensoriais básicos, desempenhassem efeitos fisiológicos benéficos, denominado alimento funcional. PUPIN (2002) sugeriu a seguinte definição para alimento funcional preparado, é um alimento semelhante em aparência ao alimento convencional, consumido como parte da dieta usual, capaz de produzir demonstrados efeitos metabólicos ou fisiológicos, úteis na manutenção de uma boa saúde física e mental, podendo auxiliar na redução do risco de doenças crônico-degenerativas, além das suas funções nutricionais básicas.

BELLO (1995) definiu alimentos funcionais como sendo todo alimento ou bebida que, consumido na alimentação cotidiana, pode trazer benefícios fisiológicos específicos, graças à presença de ingredientes fisiologicamente salutareos. TURNER (1995) define alimentos funcionais como aqueles alimentos e bebidas que formam parte da dieta normal e que proporcionam certos benefícios fisiológicos, usualmente atribuídos à inclusão de ingredientes particulares. O interesse crescente por esses alimentos aponta para a necessidade de mais pesquisas e de regulamentação.

Pesquisas científicas apontam a relação entre o consumo de alimentos e o desenvolvimento de algumas enfermidades crônicas, gerando como consequência o

conceito de que a saúde é um bem que pode ser controlado pela alimentação. Com isso, surgem consumidores manifestando certas preferências alimentares. Em resposta a essa demanda, a indústria vem oferecendo ao mercado produtos com características muito específicas. Os recentes avanços tecnológicos, assim como o acesso aos novos conhecimentos científicos, estão permitindo que a produção industrial de alimentos seja capaz de responder a tais exigência, procurando atender de modo adequado a esta preocupação atual, o binômio: alimentação x saúde (BELLO,1995).

Os benefícios à saúde atribuídos aos alimentos são dependentes da ação ou funcionalidade de ingredientes nele incorporados. Segundo MULLER (2001), é comumente considerado que percepções sobre as propriedades salutareis de certos alimentos não privam conhecimentos científicos, mas, sem dúvida nenhuma, há um crescente corpo de evidências científicas mostrando que certos alimentos não só proporcionam nutrientes essenciais à vida, mas também podem contribuir para uma boa saúde.

Segundo NEUMANN et al. (2000), o êxito na aceitação desses produtos por parte dos consumidores se apóia nas evidências de que cada vez mais o consumidor confia nos efeitos saudáveis de certas substâncias dos alimentos, acreditando que a alimentação é um fator crítico para o controle da saúde. Além disso, cada vez mais se dispõe de maiores e melhores informações epidemiológicas que apóiam a utilidade e eficácia desses produtos, favorecendo assim a prevenção de enfermidades e/ ou carências e para manutenção do bom estado de saúde.

As Tabelas 8 e 9 apresentam um resumo dos benefícios da vitamina C e do licopeno, nutrientes considerados funcionais pela literatura científica.

Tabela 8 - Conclusões científicas de diferentes autores, sobre a influência do licopeno em alguns tipos de doenças

Doença	Conclusões
Câncer no estômago ⁽¹⁾	A ingestão de vegetais ricos neste nutriente reduz os riscos
Doenças coronárias ⁽²⁾	O baixo nível de licopeno está associado com esta doença em homens de meia-idade
Câncer de mama ⁽³⁾	Risco de desenvolvimento do câncer reduzido
Câncer no ovário ⁽⁴⁾	O licopeno está inversamente ligado com o risco de câncer no ovário, principalmente em mulheres na pré-menopausa
Câncer de próstata ⁽⁵⁾	Riscos reduzidos em homens que consumiram alta quantidade de produtos de tomate
Fibrose hepática ⁽⁶⁾	Em ratos foi inibida pela ação do licopeno.

Fonte: STEFANI et al. (2000)⁽¹⁾; RISSANEN et al. (2001)⁽²⁾; HULTEN et al. (2001)⁽³⁾; CRAMER et al. (2001)⁽⁴⁾; CHEN et al. (2001) e GIOVANNUCCI et al. (2002)⁽⁵⁾ e KITADE et al. (2002)⁽⁶⁾.

De acordo com NEUMANN et al. (2000), ainda não foram estabelecidos níveis adequados e seguros de consumo diário de muitas dessas substâncias promotoras da saúde.

Tabela 9 - Conclusões científicas de diferentes autores, ressaltando os benefícios da vitamina C na dieta

Doença	Conclusões
Infarto do miocárdio ⁽¹⁾	Em dietas deficientes em vitamina C aumentavam o risco de infarto do miocárdio em homens de 42-60 anos e dietas ricas nessa vitamina preveniram doenças da artéria coronária e limitaram a progressão dessas doenças nos indivíduos com esse problema
Câncer ⁽²⁾	Risco de adquirir câncer é 2 vezes maior em dieta com pouca quantidade de frutas e vegetais
Câncer de pulmão ⁽³⁾	A ingestão de 140mg/dia de vitamina C diminui o risco
Cataratas ⁽⁴⁾	A ingestão de vitamina C promove benefícios

Fonte: JACOB (1998)⁽¹⁾; WEBER, BENDICH e SCHALCH (1995)^{(2) (4)} e FONTHAM et al. (1988 apud WEBER, BENDICH e SCHALCH (1995)⁽³⁾.

6. DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

O interesse no pré-tratamento de desidratação osmótica em relação aos processos convencionais se justifica pelas condições amenas de operação, tempo e temperatura, que provocam menores alterações de coloração, sabor e nutricionais (GIANGIACOMO, TORREGGIANI e ABBO, 1987) e ainda pelo seu baixo custo de operação.

Esse processo tem ganho atenção devido a sua potencial aplicação na indústria de alimentos, embora não seja possível produzir um alimento com baixa umidade, capaz de ser considerado auto-estável, quando utilizado sozinho. Por isto a

desidratação osmótica deve ser utilizada como pré-tratamento em processos que efetivamente reduzam a atividade de água (secagem a ar, a vácuo, congelamento ou pasteurização), pois melhora sensivelmente a qualidade do produto (PARJOKO et al, 1996; AZOUBEL, 1999).

No processo de desidratação osmótica o alimento inteiro, em pedaços ou fatiado é imerso numa solução hipertônica (açúcar, sal, poliol), ocorrendo uma transferência simultânea de água e soluto através das membranas das células e provocada pela alta pressão osmótica da solução. Dessa forma ocorrem dois principais fluxos em contracorrente através das paredes celulares. Um importante fluxo de água sai do produto até a solução hipertônica e simultaneamente um fluxo em direção oposta de pequenas concentrações do desidratante difunde-se até o produto (TORREGIANI,1993).

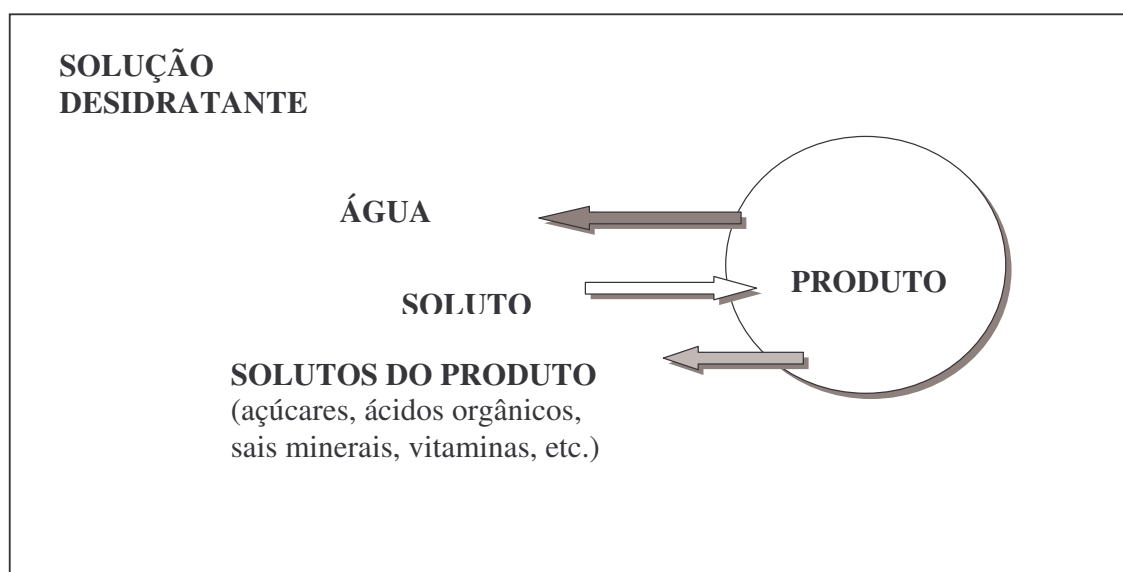


Figura 2 - Fenômeno de Transferência de Massa

O fluxo de água é o que normalmente se deseja, pois quanto maior a remoção de umidade, menor será a atividade de água do produto, conseqüentemente, maior sua estabilidade. O ganho de sólidos, em processos de desidratação, é indesejável, pois pode conferir alterações nas propriedades sensoriais do produto. No entanto, há processos em que se deseja a incorporação de solutos, os chamados processos de impregnação, onde a presença do soluto confere propriedades desejáveis. O fluxo de

constituintes naturais é o que possui o menor valor quantitativo, no entanto é de extrema importância qualitativa no alimento, pois esses constituintes estão presentes em pequenas quantidades e qualquer alteração em sua composição pode alterar significativamente as propriedades dos alimentos (nutricional, sensorial, etc.) (BARBOSA JÚNIOR, 2002).

Em uma solução ideal, a membrana permitiria a passagem de moléculas de solvente e não de moléculas de soluto. Porém, observa-se na realidade, que essas membranas celulares permitem a passagem livre de moléculas de solvente e em menor quantidade de solutos, sendo por isto classificadas como semipermeáveis (TORREGIANI, 1993). Segundo RAOULT-WACK (1994), a transferência de massa ocorre principalmente nas duas primeiras horas.

Esse fenômeno de transferência de massa é fortemente afetado pela natureza da matéria-prima (espécie, variedade, grau de maturidade, tamanho e forma, pré-tratamento, etc) e pelas variáveis do processo (composição e concentração do meio osmótico, relação meio produto, temperatura, superfície e tempo de contato do processo) (LAZARIDES, KATSANIDIS e NICKOLAIDIS, 1995).

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

A eficiência do processo de desidratação osmótica pode ser quantificada usando-se os valores de perda de peso (que corresponderiam basicamente à perda de água) e a incorporação de sólidos (QUERIDO, 2000). TORREGGIANI (1993), quando desidratou osmoticamente damascos obteve uma incorporação de sólidos de 3 a 6% e perda de umidade de 23 a 28% em 240min. RAOULT-WACK (1994) reporta que no processo de desidratação osmótica se produz uma incorporação de sólidos da ordem de 5 a 25% e uma perda de água de 40 a 70%. VIAL, GUILBERT e CUQ (1991), reporta uma incorporação de sólidos de 8% e perda de umidade de 60%, operando a

40°C por 210min. QUERIDO (2000), trabalhando com caju a 40°C por 120 a 180 min, obteve incorporações de sólidos na faixa de 4,5 a 5,5%, com perdas de umidade da ordem de 40 a 46%.

A desidratação osmótica permite manter algumas propriedades dos alimentos *in natura*, tais como textura, sabor, cor, valor nutricional e ainda permite reduzir a injúria térmica dos alimentos, o tempo de secagem e o consumo de energia comparado com a secagem convencional (TORREGIANI, 1993; RAOULT-WACK, 1994).

Na desidratação osmótica vários fatores influenciam o processo, tais como: o agente osmótico utilizado, temperatura, tempo, agitação, tamanho do material, pressão, proporção de massa produto, solução e reutilização da solução osmótica.

Os principais agentes osmóticos comumente utilizados na desidratação de frutas são soluções de sacarose, frutose, glicose e xarope de milho, enquanto que para legumes e verduras o sal (NaCl) é o mais utilizado (LERICI et al., 1985; TORREGIANI, 1993; LENART e FLINK, 1984), sendo que o tipo de açúcar afeta fortemente a cinética de remoção de água, a incorporação de sólidos e o equilíbrio da água interna. À medida em que se aumenta a massa molar dos solutos, são observados uma diminuição dos sólidos incorporados e um aumento de perda de água; isso favorece a perda de peso e o processo de desidratação propriamente dito (ISLAM e FLINK, 1982).

De acordo com ERBA et al. (1994) a escolha do soluto deve ser baseada em três fatores principais: características sensoriais do produto, custo e peso molecular.

Poliálcoois, como o sorbitol e o glicerol, podem ser usados como agentes osmóticos alternativos. MAURO (1992), utilizando conjuntamente sacarose e glicerol, observou uma maior redução na atividade de água, do que quando apenas um agente fora utilizado. ERBA et al. (1994) demonstraram que a presença de sorbitol no xarope promove diminuição da incorporação de sólidos e aumento da perda de peso.

Outro fator importante que influencia o processo de desidratação osmótica é a temperatura, pois tem efeito na cinética do processo, aumentando a taxa de

desidratação e o ganho de sólidos, já que modifica diversas propriedades tanto da solução, quanto do produto (FARKAS e LAZAR, 1993).

PONTING et al. (1966) confirmaram a tendência de aumento da taxa de osmose com o aumento da temperatura. Entretanto, acima de 45 a 50°C, há risco de escurecimento da amostra e deterioração do sabor (VIDEV et al., 1990; VIAL, GUILBERT e CUQ, 1991).

Em relação ao tempo, LENART (1996) afirma que o processo de desidratação deve ser realizado no menor espaço de tempo possível, pois nesse período obtém-se um maior grau de desidratação e um pequeno ganho de sólidos. TORREGGIANI et al. (1993), relataram que os intercâmbios entre a amostra e a solução hipertônica ocorrem principalmente nas duas primeiras horas de processo.

O processo de desidratação osmótica é mais eficiente quando conduzido sob agitação, porém, deve-se realizar um controle para que não haja danos ao produto, além de se levarem em consideração os custos relacionados com equipamentos, energia, entre outros (GARRUTI, ABREU e BASTOS, 1996).

LERICI et al. (1985), LENART e FLINK (1984) observaram que a transferência de massa e o rendimento do processo de desidratação osmótica pela redução do tamanho dos pedaços da fruta podem ser aumentados até certo nível, acima do qual os sólidos incorporados aumentam.

RAUOLT-WACK (1994) destacando o efeito dos gradientes de concentração sobre a transferência de massa, verificou que, quando a diferença inicial de concentração entre a solução e a fruta é de até 40%, predomina o ganho de sólidos. Quando essa diferença é superior a 40%, predomina a saída de água ou a desidratação propriamente dita.

O uso da desidratação osmótica é interessante devido à economia energética conseguida quando a água é eliminada do produto sem evaporação. No entanto, parte da viabilidade econômica do processo depende da reciclagem da solução osmótica,

pois ela é progressivamente diluída após cada utilização, elevando a uma diminuição da taxa de transferência de massa (VALDEZ-FRAGOSO et al., 1998). ANGELINI (2002), constatou que é viável a reutilização da solução osmótica em, pelo menos, seis desidratações consecutivas, de quatro horas cada, utilizando o mesmo xarope que havia sido reconcentrado antes de cada reutilização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLES, M.S.; KATAN, M.B.; SALEMANS, J.M.J.I.; VAN LAERE, K.M.J.; GERICH HAUSEN, M.J.W.; ROSENDAAL, M.J.; NAGENGAST, F.M. Bacterial fermentation of fructooligosaccharides and resistant starch in patients with a ileal pouch-anal anastomosis. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v.66, p.1286-1292, 1997.

ALVES, R.E.; MENEZES, J.B.; SILVA, S.M. Colheita e pós-colheita da acerola. In: SÃO JOSÉ, A.R.; ALVES, R.E. (Ed.). **Acerola no Brasil: produção e mercado**. Vitória da Conquista: UESB, 1995. p.77-89.

ANGELINI, R. **Desidratação osmótica de kiwi (*Actinidia deliciosa* L.): estudo da reutilização da solução osmótica**. 72 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

ARAJARA, F. Yacon, o primo da batata que ajuda a controlar o diabete. **Saúde**, São Paulo, Brasil, n.194, p.38-42, novembro. 1999.

ARANHA, F.Q. **Investigação do tempo de suplementação com vitamina C, do suco de acerola e do fármaco, necessário para normalizar os níveis séricos de ácido ascórbico em idosos institucionalizados de João Pessoa-PB**. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1997.

ARGANDOÑA, E.J.S. **Desidratação de goiaba por imersão e secagem**. 1999. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

ASAMI, T.; KUBOTA, M.; MINAMISAWA, K.; TSUKIHASHI, T. Chemical composition of yacon, a new root crop from the Andean highlands. **Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Japão, v.66, n.2, p.122-126, 1989.

ASAMI, T.; MINAMISAWA, K.; TSUKIHASHI, T.; KANO, K.; HORI, I.; OHYAMA, T.; KUBOTA, M.; TSUKIHASHI, T. Fluctuation of oligofructan contents in tubers of yacon (*Polymnia sonchifolia*) during growth and storage. **Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Japão, v.62, n.6, p.621-627, 1991.

AZOUBEL, P.M. **Estudo da cinética de desidratação por imersão e secagem de tomate cereja (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiform*)**. 1999.101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

BARBOSA JÚNIOR, J.L. **Influência da temperatura e da concentração na desidratação osmótica de abóbora e cenoura utilizando metodologia de superfície de resposta**. 2002. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V., VEJA-MERCADO, H. **Dehydration of Foods**. Chapman & Hall. 1996.

BELLO, J. Los alimentos funcionales o nutraceuticos. I- Nueva gama de productos en la industria alimentaria. **Alimentaria**, Madrid, p.25-30, sept, 1995.

BORNET, F.R.J. Undigestible sugars in food products. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v.59, p.7635-7695, 1994.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº27, 13/01/1998. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes). **Diário Oficial**, Brasília, Secretaria de Vigilância Sanitária, 16 jan. 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº29, 13/01/1998. Aprova o Regulamento Técnico referente a Alimentos para Fins Especiais. **Diário Oficial**, Brasília, Secretaria de Vigilância Sanitária, 15 jan. 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução Normativa nº9, 11/12/1978. Aprova o Regulamento Técnico referente à Doce em Pasta. **Diário Oficial**, Brasília, Secretaria de Vigilância Sanitária, 11 dez. 1978.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução nº 18, 30/04/1999. Aprova o Regulamento Técnico referente à Diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. **Diário Oficial**, Brasília, Secretaria de Vigilância Sanitária, 30 abr. 1999.

CAMPBELL, J.M.; FAHEY, G.C.; WOLF, B.W. Selected indigestible oligosaccharides affect large bowel mass, cecal and fecal short-chain fatty acids, pH and microflora in rats. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.127, p.130-136, 1997.

CÂNDIDO, L.M.B.; CAMPOS, A M. **Alimentos para fins especiais: Dietéticos**. São Paulo: Livraria Varela, 1995. p.200-243.

CARDOSO, M. H. **Processamento de suco clarificado de geléia de banana “light” em calorias**. 1998. 116 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

CARMO, A. J. Produtores de goiaba buscam mercado *in natura*. **Jornal O Estado de São Paulo**, São Paulo, suplemento agrícola, 19 abr. 2000. p.10.

CARRARO, C.H. **Probióticos e Prebióticos**. Disponível em: <<http://www.enteral.com.br>>. Acesso em: 05 agos. 2003.

CARVALHO, H. A. **Utilização de atmosfera modificada na conservação pós-colheita da goiaba ‘kumagai’**. 115 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

CHEN, L.; STACEWICZ-SAPUNTZAKIS, M.; DUNCAN, C.; SHARIFI, R.; GHOSH, L.; VAN BREEMEN, R.; ASHTON, D.; BOWEN, P.E. Oxidative DNA damage in prostate cancer patients consuming tomato sauce-based entrees as a whole-food intervention. **J. Natl. Cancer Inst.** v.93, n.24, p. 1874-1879, 2001.

CLEVENGER, M.A.; TURNBULL, D.; INOUE, H.; ENOMOTO, M.; ALLEN, J.A.; HENDERSON, L.M.; JONES, E. Toxicological evaluation of neosugar: genotoxicity, carcinogenicity and chronic toxicity. **Journal of American College of Toxicology**, v.7, p.643-662, 1988.

COUSSEMENT, P.A.A. Inulin and oligofructose: safe intakes and legal status. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.129, p.14125-14175, 1999.

CRAMER, D. W.; KUPER, H.; HARLOW, B. L.; TITUS-ERNSTOFF, L. Carotenoids, antioxidants and ovarian cancer risk in pre and postmenopausal women. **Int.J.Cancer**, Bethesda, v.94, n.1, p. 128-134, 2001.

CRUESS, W.V. **Produtos Industriais de Frutas e Hortaliças**. São Paulo: Ed. Blucher, 1973, p. 13-22.

DAVIDSON, M.H.; MKI, K.C.; SYNECKI, C.; TORRI, S.A.; DRENNAN, K.B. Effects of dietary inulin in serum lipids in men and woman with hypercholesterolemia. **Nutrition Research**, Tarrytown, v.18, n.3, p.503-517, 1998.

ERBA, M. L.; FORNI, E.; COLONELLO, A.; GIANGIACOMO, R. Influence of sugar composition and air dehydration levels on the chemical-physical characteristics of osmodehydrofrozen fruit. **Food Chemistry**, Oxford, v.50, n.1, p.69-73, 1994.

ESTRELLA, J.E.; LAZARTE, J.E. In vitro propagation of jicama (*Polymnia sonchifolia*): a neglected andean crop. **Hortscience**, Alexandria, v.29, n.4, p.331, 1994.

FARKAS, D.F; LAZAR, M.E. Osmotic dehydration of apple pieces: effect of temperature and syrup concentration on rates. **Food Technology**, Chicago, v.23, p.688-690, 1969. Apud: *Food Research International*, v.26, p.59-68, 1993.

FLAMM, G.; GLINSMANN, W.; KRITCHEVSKY, D.; PROSKY, L.; ROBERFROID, M. Inulin and oligofructose as dietary fiber: a review of the evidence. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Ohio, v.41, n.5, p. 353-362, 2001.

FUKAI, K., MIYAZAKI, S., NANJO, F. Distribution of carbohydrates and related enzyme activities in yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Soil Science and Nutrition**, Fujeda, Japão, v.39, n.3, p.567-571, 1993.

FUNCTIONAL the technical issues. **Food Manufactory**. v.70, n. 4, p. 32-52, apr. 1995.

GARRUTI, D.S.; ABREU, F.A.P.; BASTOS, M.S.R. Obtenção de caju com aw intermediária. I – Parâmetros físicos da secagem osmótica. **EMBRAPA/CNPAT**, Fortaleza, Brasil, 1996.

GIANGIACOMO, R.; TORREGGIANI, D.; ABBO, E.; Osmotic dehydration of fruit: Part 1. Sugars exchange between fruit and extracting syrups. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 11, n.3, p. 183 –195, 1987.

GIBSON, G.R.; ROBERFROID, M.B. Dietary modulation of the colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.125, p.1401-1412, 1995.

GIOVANNUCCI, E.; RIMM, E. B.; LIU, Y.; STAMPFER, M. J.; WILLETT, W. C. A prospective study of tomato products, lycopene, and prostate cancer risk. **J. Natl. Cancer Inst**, Bethesda, v. 94, n. 5, p.391-398, 2002.

GIOVANNUCI, E. **National Cancer Institute**, Bethesda, p. 317-331, 1999.

GOLDIN, B.R. Health benefits of probiotics. **British Journal of Nutrition**, Inglaterra, v.80, sup.2, p.5203-5207, 1998.

GORDON, D.T.; BOCALETTI, W.; ORELLANA, R. Fat substitutes, fat mimetics and bulking agents. The rest of the story. **Tecnología de Alimentos**, México, v.30, n.5, p.22-29, 1995.

GOTO, K.; FUKAI, K.; HIKIDA, J.; NANJO, F.; HARA, Y. Isolation and structural analysis of oligosaccharides from yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, Tokyo, v.59, n.12, p.2346-2347, 1995.

GRAU, A., REA, J. Yacon. *Smallanthus sonchifolia* (Poepp. & Endl.) H. Robinson. In: Hermann, M. e Heller, J. (eds). **Andean roots and tubers: ahipa, arracha, maca, yacon**: promoting the conservation and use of understanding and neglected crops. Gater Slaben, Institute of plant genetics and crop plant research, 1997. capítulo 21, p. 199-241. Disponível em:<<http://www.cipotato.org/market/abstracts/bherm.htm>.> Acesso em 04 fev. 2003.

HART, D. J.; SCOTT, K. J. Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. **Food Chemistry**, Oxford, v.54, n.1, p. 101-111, 1995.

HIDAKA, H.; HIRAYAMA, M. Useful characteristics and commercial applications of fructooligosaccharides. **Biochemical Society Transactions**, London, v.19, p.561-565, 1991.

HENSHALL, J.D. Ascorbic acid in fruit juices and beverages. In: COUNSELL, J.N.; HORNING, D.H. eds. **Vitamin C (Ascorbic Acid)**. London: Applied Science, 1981.

HULTEN, H.; VANKAPPEL, A. L.; WINKVIST, A.; KAAKS, R.; HALLMANS, G.; LENNER, P.; RIBOLI, E. Carotenoids, alpha-tocopherols, and retinol in plasma and breast cancer risk in northern Sweden. **Cancer Causes Control**, v. 12, n. 6, p.529-537, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS (São Paulo, SP). **Soluções fruta a fruta**: acerola. São Paulo, 1995. 59p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IN: **Fruitséries I**, Ministério da Integração Nacional, Brasil, 2001.

ISLAM, M.; FLINK, J. N. Dehydration of potato II. Osmotic concentration and its effect on air drying behavior. **Journal of Food Technology**, Oxford, v.17, n.3, p.387-403, 1982.

JACKIX, M. H. **Doces, Geléias e Frutas em Calda**. (Teórico e Prático). Campinas: Editora Ícone, 1988.172p

JACOB, R. A. Vitamin C Nutritive and risk of atherosclerotic heart disease. Brief Critical Reviews. **Nutrition Reviews**, New York, v.56, n.11, p. 334-343, 1998.

JENKINS, J.A.; KENDALL, C.W.C.; VUKSAN, V. Inulin, oligofructose and intestinal function. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.129, p.1431s-1433s, 1999.

KAPULER, A. M.; GURUSIDDIAH, S. The twenty protein aminoacids free in the juices of out common vegetables and herbs. *Journal of Home & Consumer Horticulture*, v.1, n.1, p.3-18, 1994. Apud: **Food Science and Technology Abstracts**, England, HU105, 1994.

KITADE, Y.; WATANABE, S.; MASAKI, T.; NISHIOKA, M.; NISHINO, H. Inhibition of liver fibrosis in LEC rats by a carotenoid, lycopene, or a herbal medicine, Sho-saiko-to. **Hepatol Res.**, v.22, n. 3, p. 196-205, 2002.

KRINSKY, N. I. The biological properties of carotenoids. **Pure Appl. Chem.**, Oxford, v. 66, p.1003-1010, 1994.

KURODA, S.; ISHIARA, J. Field growth characteristics of plantlets propagated *in vitro* and line selection for increased percentage of sugar in tuberous root of yacon, *Polymnia sonchifolia*. **Bulletin of the Shikoku National Agricultural Experiment Station**, Kioto, Japão, v.57, p.111-121, 1995.

LAZARIDES, H. N.; KATSANIDIS, E.; NICKOLAIDIS, A. Mass transfer kinetics during osmotic preconcentration aiming at minimal solid uptake. **Journal of Food Engineering**, Great Britain, v.25, p. 151-166, 1995.

LEME JÚNIOR, J. **Contribuição ao estudo da geleificação de frutas e do equilíbrio do gel péctico**. 1968. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968 .

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

LENART, A.; FLINK, J.M. Osmotic concentration of potato I: Criteria for the end-point of the osmosis. **Journal of Food Technology**, Oxford, v.19, p.45-63, 1984.

LERICI, C. R.; PINNAVAIA, G.; DALLA ROSA, M.; BARTOLUCCI, L. Osmotic dehydration of fruits: influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. **Journal Food Science**, Oxford, v. 50, p.1217-26, 1985.

MACHADO, U. D. **Nordeste-EMBRAPA**: Relatório de avaliação e proposições. Brasília: Sinpaf, 1992. 321 p.

MATSUURA, F.C.A. U; CARDOSO, R.L.; FOLEGATTI, M.I.S.; OLIVEIRA, J.R.P.; DE OLIVEIRA, J.A.B.; SANTOS, D.B. Avaliações Físico-Químicas em Frutos de Diferentes Genótipos de Acerola (*Malpighia Punicifolia* L.). **Revista Brasileira Fruticultura**, Brasil, v.23, n.3, Jaboticabal, dez. 2001.

MAURO, M.A. **Cinética da desidratação osmótica de banana nanica**. 1992. 184 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

MEDINA.J.C. Frutas Tropicais 6 – Goiaba – **Instituto de Tecnologia de Alimentos**, 1978.

MODLER, H.W. Bifidogenic factors – Sources, metabolism and applications. **International Dairy Journal**, England, v.4, p.383-407, 1994.

MULLER, V. **Alimentos Funcionais**, Duas Rodas – Acontece – Ano II, número 08, agos-set., p.2-3, 2001.

NEUMANN, A. I. C. P.; ABREU, E. S.; TORRES, E. A. F. S. Alimentos saudáveis, alimentos funcionais, fármaco alimentos, nutracêuticos...Você já ouviu falar? **Higiene Alimentar**, Brasil, v.14, n71, p.19-23, abril, 2000.

NIETO, C. Estudios agronómicos y bromatológicos en jícama (*Polymnia sonchifolia* Poep. Et Endl.) **Archivos Latinamericanos de Nutrición**, Caracas, v.41, p.213-221, 1994.

NINESS, K.R. Inulin and oligofructose. What are they?. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.129, p. 1402s-1406s, 1999.

O'SSULLIVAN, M.G.; THORNTON,G.; O'SULLIVAN, G.C.; COLLINS, J.K. Probiotic bacteria: myth or reality?. **Trends in Food Science and Technology**, Oxford, v.2, p.309-314, December, 1992.

OHYAMA, T.; ITO, O.; YASUYOSHI, S.; IKARASHI, T.; MINAMISAWA, K.; KUBOTA, M.; TSUKIHASHI, T.; ASAMI, T. Composition of storage carbohydrate in tubers of yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Soil Science and Plant Nutrition**, Japão, v.36, n.1, p.167-171, 1990.

OLIVA, P. B. **Estudo do armazenamento da acerola in natura e estabilidade do néctar de acerola**. 1995. 103 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

OLIVEIRA, J.R.P.; SOARES FILHO, W. dos S.; CUNHA, R.B. da. **A cultura da acerola no Brasil**. Fortaleza : Embrapa-CNPAT, 1998. 35p. (Embrapa-CNPAT. Documentos, 85).

PADULA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, B. D. Characterization of the carotenoids and assessment of the vitamin A value of Brazilian guavas (*Psidium guajava* L.) **Food Chemistry**, Oxford, v. 20, p. 11-19, 1986.

PARJOKO, L.; RAHMAN, M.S.; BUCKLE, K.A.; PERERA, C.O. Osmotic dehydration kinetics of pineapple wedges using palm sugar. **Lebensmitteln wissenschaft and technologie**, v.29, p.452-459, 1996.

PASSOS, L. M. L. **Utilização do yacon para estudo de seus açúcares e como fonte de invertase, purificação e caracterização de invertase extraída do yacon**. 2003. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

PEREIRA, M.L. **Acondicionamento de goiabas minimamente processadas por desidratação osmótica em embalagens sob atmosfera modificada passiva**. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

PIZA JR. C. T., KAVATI, R. **A cultura da goiaba de mesa**. Campinas, CATI, Boletim Técnico 219, 29p., 1994.

PONTING, J.D.; WALTERS, G.G.; FORREY, R.R.; JACKSON, R.; STANLEY, W.L. Osmotic dehydration of fruits. **Food Technology**, Chicago, v.20, p.125-128, 1966.

PUPIN, A. M. **Probióticos, Prebióticos e Simbióticos: Aplicações em Alimentos Funcionais**. Campinas: Seminários Novas Alternativas de Mercado, 2002, p. 133-145

QUERIDO, A. F. **Otimização e comparação dos processos de desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente de pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale L*)**. 2000.113 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

QUINTEROS, E. T. **Produção com tratamento enzimático e avaliação do suco de yacon**. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

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

RISSANEN, T. H.; VOUTILAINEN, S.; NYSSONEN, K.; LAKKA, T. A.; SIVENIUS, J.; SALONEN, R.; KAPLAN, G. A.; SALONEN, J. T. Low serum lycopene concentration is associated with an excess incidence of acute coronary events and stroke: the Kuopio Ischaemic Heart Disease Risk Factor Study. **British Journal Nutrition**, Philadelphia v.85, n. 6, p. 749-754, 2001.

ROBERFROID, M. Dietary fiber, inulin and oligofructose: a review comparing their physiological effects. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.33, p.103-148, 1993.

ROBERFROID, M.; GIBSON, G.R.; DELZENNE, N. The biochemistry of oligofructose, a nondigestible fiber: an approach to calculate caloric value. **Nutrition Reviews**, v.51, p.137-146, 1993.

ROBERFROID, M.B. Prebiotics and synbiotics: concepts and nutritional properties. **British Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.80, suppl.2, p.5197-5202, 1998.

ROBERFROID, M.B.; VAN LOO, J.A.E.; GIBSON, G.R. The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.128, p.11-19, 1998.

ROBINSON, H. Yacon, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endt). In: HERMAN, M.; HELLER, J. **Andean roots and tubers: ahipa, arracha, maca and yacon. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops**. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 1997, p.202-242.

ROLAND, N.; NUGON-BAUDON, L.; ANDRIEUX, C.; SZYLIT, O. Comparative study of the fermentative characteristics of inulin and different types of fibre in rats inoculated with a human whole fecal flora. **British Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.74, p.239-249, 1995.

SACCHETTI, G.; GIANOTTI, A.; DALLA ROSA, M. Sucrose-salt combined effects on mass transfer kinetics and product acceptability. Study on apple osmotic treatments. **Journal of Food Engineering**, Great Britain, v.49, p.163-173, 2001.

SIMONOVSKA, B; VOVK, I.; ANDRENESEK, S.; VALENTOVA, K.; ULRICHOVA, J. Investigation of phenolics acids in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) leaves and tubers. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, 2003.

SIMPSON, K. L. Relative value of carotenoids and precursors of vitamin A. **Proc. Nutr.Soc.** v. 42, p.7-17, 1983.

SOLER, M. P. Processamento industrial. In: SOLER, M. P. (coord). **Industrialização de geléias**. Manual Técnico nº7. Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1991.p.1-20.

STEFANI, DE E.; BOFFETTA, P.; DENEIO-PELEGRINI, H.; CARZOGLIO, J. C.; RONCO, A ; MENDILAHARSU, M. Dietary carotenoids and risk of gastric cancer: a case-control study in Uruguai. **Eur.J.Cancer Prev.**, v.9, n. 5, p.329-334, 2000.

TAPER, H.S.; ROBERFROID, M.B. Influence of inulin and oligofructosase on breast cancer and tumor growth. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.129, p.1488s, 1489s, 1999.

TAPER, H.S.; DELZENNE, N.M.; TSHILOMBO, A.; ROBERFROID, M.B. Protective effect of fructo-oligosaccharide in young rats against exocrine pancreas atrophy induced by high fructose and partial copper deficiency. **Food Chemical Toxicology**, v.33, n.8, p.631-639, 1995 .

TAPER, H.S.; DELZENNE, N.M.; ROBERFROID, M.B. Growth inhibition of transplantable mouse tumors by non-digestible carbohydrates. **International Journal of Cancer**, New York, v.71, p.1109-1112, 1997.

TOKUNAGA, T.; OKU, T.; HOSOYA, N. Influence of chronic intake of new sweetener fructooligosaccharide (neosugar) on growth and gastrointestinal function of rat. **Journal of Nutrition Science and Vitaminology**, v.32, p.111-121, 1986.

TONUCCI, L. H.; HOLDEN, J. M.; BEECHER, G. R.; KHACHIK, F.; DAVIS, C.; MULOKOZI, G. Carotenoid content of thermally processed tomato-based food products. **J. Agric. Food Chem.**, v. 43, n. 3, p. 579-586, 1995.

TOREZAN, G. A. P. **Tratamento enzimático em suco de manga (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) para a obtenção de geléia através de processo contínuo**. 2000. 137 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

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

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pré-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, Great Britain, v.49, p.247-253, 2001.

TURNER, A. Functional Foods and the law. **Food Manufactury**. London. v.70, n. 4, p. 35-36, apr.1995.

VALDEZ-FRAGOSO, A.; WELTI-CHANES, J.; GIROUX, F. Properties of a sucrose solution reused in osmotic dehydration of apples. **Drying Technology**, Monticello, v.16, n.7, p.1429-1445, 1998.

VAN LOO, .; CUMMINGS, J.; DELZENE, N.; ENGLYST, H.; FRANCK, A.; HOPKINS, M.; KOK, N.; Mc FARLANE, G.; NEWTON, D.; QUIGLEY, M.; ROBERFROID, M.; VAN VLIET, T.; VAN DEN HEUVEL, E. Functional food properties of non-digestible oligosaccharides: a consensus report from the ENDO project (DGXII AIRII – CT94-1094). **British Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.81, p.121-132, 1998.

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

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

VIETMEYER, N. D. (Edited by) – National Research Council. **Lost crops of the Incas little-known plants of the Andes with the promise for worldwide cultivation**. Washington Academy Press, 415p., 1989.

VILHENA, S.M.C. **Efeitos da exposição ao sol e do armazenamento sobre a composição dos carboidratos de reserva em raízes tuberosas de yacon (*Polymnia sonchifolia* Poep. Endl)** 1997. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.

VORAGEN, A.G.J. Technological aspects of functional food-related carbohydrates. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v.9, p. 328-335, 1998.

WANG, X.; GIBSON, G.R. Effects of the in vitro fermentation of oligofructose and inulin by bacteria growing in the human large intestine. **Journal of Applied Bacteriology**, Oxford, v.75, p.373-380, 1993.

WANG, X.; GIBSON, G.R. Effects of the in vitro fermentation of oligofructose and inulin by bacteria growing in the human large intestine. **Journal of Applied Bacteriology**, Oxford, v.75, p.373-380, 1993.

WEBER, P.; BENDICH, A.; SCHALCH, W. Vitamin C and human health- a review of recent data relevant to human requirement. **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**. v. 66, n. 1, p. 19-30, 1995.

WEI, B.; HARA, M. YAMAUCHI, R.; UENO, Y.; KATO, K. Fructooligosaccharides in the tubers of Jerusalem artichoke d yacon. **Research Bulletin of the Faculty of Agriculture**, Gifu University, v.56, p.133-138, 1991. Apud: **Food Science and Technology Abstracts J0088**, England, 1992.

WILBERG, V. C.; RODRIGUEZ-AMAYA, B. D. HPLC quantitation of mayor carotenoids of fresh and processed guava and papaya. **Lebensm-diel-Wissenschaft und Tecno**l. v. 28, n. 5, p. 474-480, 1995.

YOUNES, H.; DEMIGNÉ, C.; BEHR, S.R.; GARLEB, K.A.; REMESY, C. A blend of dietary fibers increases urea disposal in the large intestine and lowers urinary nitrogen excretion in rats fed a low protein diet. **Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v.7, p.474-480, 1996.

YUN, J.W. Fructooligosaccharides – occurrence, preparation and application. **Enzyme and Microbial Technology**, New York, v.19, p.107-117, 1996.

ZARDINI, E. Ethno botanical notes on yacon, *Polymnia sonchifolia* (Asteraceae). **Economic Botany**, New York, v.45, n.1, p.72-85, 1991.

CAPÍTULO II

Otimização da desidratação osmótica
de goiaba vermelha e yacon
utilizando sorbitol e sacarose como
agentes desidratantes

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo otimizar o processo de desidratação osmótica (DO) de goiaba vermelha e yacon visando a máxima perda de umidade e mínima incorporação de sólidos. A DO foi conduzida à pressão atmosférica em um *shaker* com agitação orbital, utilizando xarope de sorbitol e de sacarose como agentes osmóticos. Foram estudadas as faixas de concentração das soluções de 53 a 73°Brix, temperatura de 30 a 45°C e tempo variando entre 60 e 180 minutos. Nas condições otimizadas de DO da goiaba vermelha utilizando xarope de sacarose com temperatura na faixa de 37,5 a 40°C, concentração do xarope de sacarose de 62 a 65°Brix e tempo de 156 a 180min, foram obtidas perdas de umidade da ordem de 20 a 34% e de incorporação de sólidos de 4,6 a 6,4%. Já com a utilização de xarope de sorbitol, a temperatura variou de 33 a 37°C, concentração de xarope de sorbitol de 63 a 65°Brix e tempo de 180min, com perdas de umidade na faixa de 35 a 43% e incorporação de sólidos de 5,7 a 8%. Nas condições otimizadas, para a desidratação osmótica de yacon utilizando sorbitol, foram em tempos de 84 a 120min, xarope de sorbitol entre 63 a 69°Brix e temperatura na faixa de 30 a 33°C. Nestas condições foram obtidas perdas de umidade da ordem de 53 a 55% e de incorporação de sólidos de 6,02 a 6,46%. A DO utilizando xarope de sacarose apresenta as melhores condições em tempos de 120 a 156min, solução de sacarose entre 57 e 73°Brix e temperatura na faixa de 37,5 a 42°C. Os melhores resultados foram repetidos sob vácuo, o qual mostrou-se mais eficiente que o processo de desidratação osmótica a pressão ambiente, além de se utilizar menores quantidades de xarope no processo. O processo de DO utilizando sorbitol como agente desidratante, mostrou-se mais eficiente em comparação à sacarose, com maiores perdas de umidade. A incorporação de sólidos utilizando xarope de sorbitol foi maior, mas isto seria irrelevante para seu uso em produtos de baixo valor calórico, pois este é um poliol comumente utilizado em produtos de baixo valor calórico, além de apresentar um valor energético de 2,4kcal/g, enquanto que a sacarose fornece 4kcal/g.

SUMMARY

The objective of this study was to optimize the osmotic dehydration process (OD) of red guava and yacon, aiming at maximizing moisture loss and minimizing solids incorporation. The OD was conducted at atmospheric pressure in an orbital shaker, using sorbitol and sucrose syrups as the osmotic agents. The following conditions were studied: solution concentrations from 53 to 73°Brix, temperature from 30 to 45°C and time varying from 60 to 180 minutes. For the OD of red guava using sucrose syrup under the optimized conditions of temperature in the range from 37.5 to 40°C, sucrose concentration from 62 to 65°Brix and time from 156 to 180 min., moisture losses to the order of 20 to 34% and values for solids incorporation from 4.6 to 6.4% were obtained. Using sorbitol syrup the optimized conditions were temperature from 33 to 37°C, sorbitol concentration from 63 to 65°C and a time of 180min., obtaining moisture losses in the range from 35 to 43% and values for solids incorporation from 5.7 to 8%. In the case of yacon, the optimized conditions for the OD using sorbitol syrup were times from 84 to 120min., sorbitol concentrations from 63 to 69°Brix and temperatures in the range from 30 to 33°C. Under these conditions moisture losses of from 53 to 55% were obtained and solids incorporation from 6.02 to 6.46%. Using sucrose syrup the best conditions were a time in the range from 120 to 156min., sucrose solution from 57 to 73°Brix and temperature from 37.5 to 42°C. In each case the trials were repeated using the best conditions but under vacuum, which was shown to be more efficient than atmospheric pressure, in addition to using smaller amounts of syrup. Sorbitol was shown to be a more efficient dehydrating agent than sucrose, obtaining higher moisture losses. The solids incorporation was also higher using sorbitol but this would be irrelevant in the production of low calorie products, since it is a polyol commonly used in such products, presenting a low energy value of 2.4kcal/g as compared to 4kcal/g for sucrose.

INTRODUÇÃO

O controle do conteúdo de umidade de um produto tem sido uma importante ferramenta para a sua conservação (WELTI e VERGARA, 1997). Segundo LABUZA (1980) o controle do conteúdo de umidade de um alimento é realizado através da remoção da água, de forma que o alimento se torne estável à deterioração química e microbiana, devido à diminuição da atividade de água.

O interesse no pré-tratamento de desidratação osmótica em relação aos processos convencionais justifica-se pelas condições amenas de operação, tempo e temperatura, que provocam menores alterações de coloração, sabor e nutricionais (GIANGIACOMO, TORREGGIANI e ABBO, 1987) e ainda pelo seu baixo custo de operação.

Esse processo tem ganho atenção devido a sua potencial aplicação na indústria de alimentos, embora não seja possível produzir um alimento com baixa umidade, capaz de ser considerado auto-estável, quando utilizado sozinho. Por isso a desidratação osmótica deve ser utilizada como pré-tratamento em processos que efetivamente reduzam a atividade de água (secagem a ar, a vácuo, congelamento ou pasteurização), pois melhora sensivelmente a qualidade do produto (PARJOKO et al, 1996; AZOUBEL, 1999).

No processo de desidratação osmótica o alimento inteiro, em pedaços ou fatiado é imerso numa solução hipertônica (açúcar, sal, poliol), ocorrendo uma transferência simultânea de água e soluto através das membranas das células e provocada pela alta pressão osmótica da solução. Dessa forma ocorrem dois principais fluxos em contra-corrente através das paredes celulares. Um importante fluxo de água sai do produto até a solução hipertônica e simultaneamente um fluxo em direção oposto de pequenas concentrações do desidratante difunde-se até o produto (TORREGGIANI, 1993).

O fluxo de água é o que normalmente se deseja, pois quanto maior a remoção de umidade, menor será a atividade de água do produto, conseqüentemente, maior sua estabilidade. O ganho de sólidos, em processos de desidratação, é indesejável, pois

pode conferir alterações nas propriedades sensoriais do produto. No entanto, há processos em que se deseja a incorporação de solutos, os chamados processos de impregnação, nos quais a presença do soluto confere propriedades desejáveis. O fluxo de constituintes naturais é o que possui o menor valor quantitativo, no entanto é de extrema importância qualitativa no alimento, pois esses constituintes estão presentes em pequenas quantidades e qualquer alteração em sua composição pode alterar significativamente as propriedades dos alimentos (nutricional, sensorial, etc) (BARBOSA JÚNIOR, 2002).

Na desidratação osmótica vários fatores influenciam o processo, tais como: o agente osmótico utilizado, temperatura, tempo, agitação, tamanho do material, reutilização da solução osmótica, efeito do vácuo, entre outros.

Os principais agentes osmóticos comumente utilizados na desidratação de frutas são soluções de sacarose, frutose, glicose e xarope de milho, enquanto que para legumes e verduras o sal (NaCl) é o mais utilizado (LERICI et al., 1985; TORREGIANI, 1993; LENART e FLINK, 1984), sendo que o tipo de açúcar afeta fortemente a cinética de remoção de água, a incorporação de sólidos e o equilíbrio da água interna. À medida em que se aumenta a massa molar dos solutos, são observados uma diminuição dos sólidos incorporados e um aumento de perda de água, o que favorece a perda de peso e o processo de desidratação propriamente dito (ISLAM e FLINK, 1982).

Outro fator importante que influencia o processo de desidratação osmótica é a temperatura, pois tem efeito na cinética do processo, aumentando a taxa de desidratação e o ganho de sólidos, modificando diversas propriedades tanto da solução, quanto do produto (FARKAS e LAZAR, 1993).

Em relação ao tempo, LENART (1996) afirma que o processo de desidratação deve ser realizado no menor espaço de tempo possível, pois nesse período obtém-se um maior grau de desidratação e um pequeno ganho de sólidos.

O processo de desidratação osmótica é mais eficiente quando conduzido sob agitação, porém, deve-se realizar um controle para que não haja danos ao produto, além de se levarem em consideração os custos relacionados com equipamentos, energia, entre outros (GARUTTI, ABREU e BASTOS, 1996).

Recentemente tem-se verificado que a pressão é um importante parâmetro a ser levado em consideração no processo de desidratação osmótica. Estudos realizados com diferentes frutas demonstram que baixas pressões tornam o processo mais rápido além de possibilitar o uso de temperaturas menores na obtenção da mesma taxa de remoção de água (PEZOA-GARCÍA e POBLETE, 1994; FITO, 1994; CASTRO et al., 1997).

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

A escolha da goiaba vermelha e do yacon como matérias-primas para a desidratação osmótica deve-se às características funcionais dos mesmos, a goiaba vermelha rica em vitamina C e licopeno, e o yacon devido a sua surpreendente variedade de vantagens e benefícios (contém frutooligossacarídeos, inulina, pouco calórico, etc), visando à utilização destes importantes vegetais em produtos diferenciados.

O presente trabalho teve como objetivo a otimização do processo de desidratação osmótica à pressão ambiente, de goiaba vermelha e yacon, utilizando sacarose e sorbitol como agentes desidratantes, avaliando a influência da temperatura, pressão, tempo de imersão, do agente osmótico e de sua concentração na desidratação osmótica.

MATERIAL E MÉTODOS

1. MATERIAL

1.1 MATÉRIA – PRIMA

O yacon e a goiaba vermelha foram obtidos na Ceasa Campinas, SP.

1.2 AGENTE OSMÓTICO

O agente osmótico utilizado foi sorbitol em pó da Rhodia e sacarose comercial.

1.3 ANTIOXIDANTE

Os antioxidantes utilizados foram: ácido ascórbico e metabissulfito de sódio (Synth).

2. MÉTODOS

2.1 MÉTODOS ANALÍTICOS

2.1.1 Sólidos totais e umidade

Os sólidos totais foram determinados em aparelho infravermelho Gehaka IV 2002, utilizando-se temperatura de 110°C e controle de tempo *auto-dry*, até que a diferença de peso fosse menor que 0,05%. A determinação da umidade foi realizada por diferença. A utilização deste equipamento foi definida para a realização destas análises após efetuar uma correlação entre o aparelho de infravermelho e a estufa a vácuo e verificação de equivalência de resultados.

Os valores obtidos através desta técnica foram utilizados no cálculo de incorporação de sólidos e perda de umidade.

- Incorporação de sólidos:

$$IS(\%) = 100x\left(\frac{ST_f m_f - ST_i m_i}{m_i}\right)$$

Onde:

$IS(\%)$ = Incorporação de sólidos, com base na massa inicial do material;

ST_f = Teor final de sólidos totais do material (%);

ST_i = Teor inicial de sólidos totais do material (%);

m_i = massa inicial (g);

m_f = massa final (g).

- Perda de Umidade:

$$PU(\%) = 100x\left(\frac{U_i m_i - U_f m_f}{m_i}\right)$$

Onde:

PU = perda de umidade, com base na massa inicial do material (%);

U_i = teor inicial de umidade (%);

U_f = teor final de umidade (%);

U_i = Teor inicial de umidade do material (%);

U_f = Teor final de umidade do material (%);

m_i = massa inicial (g);

m_f = massa final (g).

2.2 PROCESSAMENTO

O processamento foi realizado sob duas condições: com uso do vácuo e à pressão ambiente.

Foi aplicado delineamento experimental na desidratação osmótica realizada à pressão ambiente, e os melhores resultados obtidos foram repetidos, utilizando o equipamento a vácuo.

À pressão ambiente, a desidratação foi conduzida em *shaker* Marconi, modelo MA 830, com agitação orbital a 150rpm, com controle termostático.

O processamento a vácuo (25pol de Hg) foi realizado em equipamento construído especialmente para este fim com circulação natural, munido de medidores de temperatura e pressão, bomba de vácuo e sistema de aquecimento.

A circulação natural no equipamento a vácuo se dá mediante a diferença de densidade provocada pelo aquecimento de determinado volume do agente osmótico ao passar pelo trocador de calor; esse aquecimento, juntamente com o efeito do vácuo, fazem com que o agente osmótico seja concentrado diminuindo assim o volume e a massa dentro do vaso de desidratação.

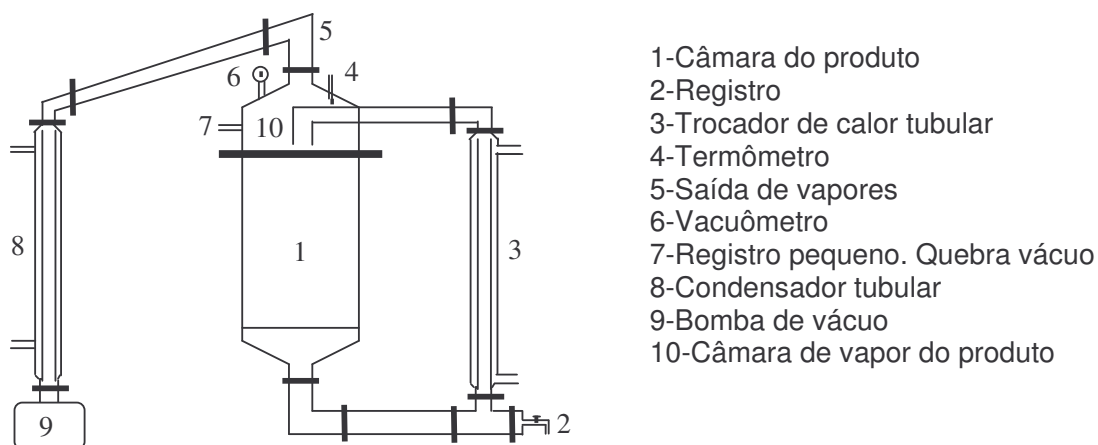


Figura 1 - Aparelho de desidratação osmótica a vácuo de circulação natural

2.2.1 Desidratação osmótica do yacon à pressão ambiente

O processamento foi realizado através das seguintes etapas:

- Preparo prévio da solução osmótica de sorbitol ou sacarose, respeitando-se os limites estabelecidos no planejamento experimental;
- Preparo da matéria-prima: as raízes foram selecionadas e as que não apresentavam injúria física foram lavadas em água corrente, submetidas a banho de imersão em água clorada (200mg/L de cloro livre);
- Posteriormente foi feito o descascamento manual, fatiamento radial da matéria-prima em pedaços com espessura de 6mm;
- Imersão em solução aquosa de metabissulfito de sódio a 200mg/L para inativação enzimática e inibição da oxidação química, a temperatura ambiente, por 2 minutos;
- Transferência da amostra para um erlenmeyer contendo a solução osmótica em uma proporção fruta:xarope de 1:4, acrescida de 1500mg/L de ácido ascórbico e 100mg/L de metabissulfito de sódio.
- A DO foi conduzida em *shaker* com agitação orbital a 150rpm (Marconi, modelo MA 830), com controle termostático.
- Após a desidratação foi realizada a drenagem da solução osmótica, seguida por enxágue da raiz em solução aquosa contendo 200mg/L de metabissulfito de sódio para remoção do excesso de xarope e absorção do excesso de água em papel absorvente, por 5 minutos.

2.2.2 Desidratação osmótica da goiaba à pressão ambiente

O processamento foi realizado através das seguintes etapas:

- Preparo prévio da solução osmótica de sorbitol ou sacarose, respeitando-se os limites estabelecidos no planejamento experimental;
- Preparo da matéria-prima: as frutas foram selecionadas de acordo com o seu estágio de maturação. Foram lavadas em água corrente, submetidas a banho de imersão em água clorada (100mg/L de cloro livre);
- Posteriormente foi feito o descascamento manual, corte em metades, e retirada da polpa e semente;
- Transferência da amostra para um erlenmeyer contendo a solução osmótica em uma proporção fruta:xarope de 1:4;
- A DO foi conduzida em *shaker* com agitação orbital a 150rpm (Marconi, modelo MA 830), com controle termostático.
- Após a desidratação foi realizada a drenagem da solução osmótica, seguida por enxágue da fruta em água para remoção do excesso de xarope e absorção do excesso de água em papel absorvente, por 5 minutos.

2.2.3 Desidratação osmótica da goiaba e yacon sob vácuo

O processamento foi realizado através das seguintes etapas:

- Preparo da solução osmótica de sorbitol ou sacarose;
- Preparo da goiaba: seleção, lavagem em água corrente, banho em água clorada (100mg/L de cloro livre), descascamento manual, corte em metades, e retirada da polpa e semente;

- Preparo do yacon: seleção, lavagem em água corrente, banho em água clorada (200mg/L de cloro livre), descascamento manual, fatiamento e corte radial da matéria-prima em pedaços com espessura de 6mm; inativação enzimática em solução aquosa de metabissulfito de sódio a 200mg/L, à temperatura ambiente, por 2 minutos;
- Pesagem de aproximadamente 1Kg de fruta (proporção fruta:xarope de 1:2);
- Transferência para o vaso de desidratação;
- Pesagem do xarope (2 vezes o peso da fruta);
- Processamento da desidratação osmótica;
- Após a desidratação foi realizada a drenagem da solução osmótica, seguida por enxágue da fruta em água (no caso do yacon, contendo 200mg/L de metabissulfito de sódio), para remoção do excesso de xarope e absorção do excesso de água em papel absorvente, por 5 minutos.

2.3 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Na modelagem do processo de desidratação osmótica, foi utilizado o delineamento baseado na Metodologia de Superfície de Resposta. É uma técnica de otimização baseada no emprego de planejamentos fatoriais, utilizada na análise de processos em que certos fatores (variáveis independentes) influenciam o resultado final (resposta – variável dependente). São todos esses parâmetros (fatores e respostas) que determinam e/ou refletem o comportamento do processo.

Foi utilizado planejamento fatorial completo 2^3 , mais os pontos centrais (nível 0) e pontos axiais (níveis $\pm \alpha$). Dessa forma, cada fator foi estudado em 5 níveis, conforme apresenta a Tabela 1, a fim de se avaliar estatisticamente o nível de significância das variáveis envolvidas no processo (temperatura, tempo e concentração do agente

osmótico) e a forma como atuam sobre as respostas de interesse (perda de umidade e incorporação de sólidos).

Neste estudo foram realizados quatro planejamentos completos, sendo: 1-DO de goiaba vermelha com sorbitol; 2- DO de goiaba vermelha com sacarose; 3- DO de yacon com sorbitol e 4- DO de yacon com sacarose. Em cada planejamento foram realizados dezessete ensaios (Tabela 2), sendo oito fatoriais (combinações entre os níveis ± 1) e três centrais (três variáveis no nível 0) e seis axiais (uma variável no nível $\pm \alpha$ e duas em 0), gerando um modelo quadrático, onde o valor das variáveis dependentes Y (perda de umidade e incorporação de sólidos) é função das variáveis independentes (temperatura, concentração da solução e tempo de imersão), conforme descreve a equação abaixo:

$$Y = \varphi (T, C, t) = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 C + \beta_3 t + \beta_{11} T^2 + \beta_{22} C^2 + \beta_{33} t^2 + \beta_{12} TC + \beta_{13} Tt + \beta_{23} Ct \quad (1)$$

Os pontos centrais são utilizados para estimar o erro experimental e determinar a precisão da equação polinomial. Os pontos axiais ($\pm \alpha$) servem para a ampliação do modelo linear, tornando-o um modelo quadrático. O valor de α é função do número de variáveis independentes (k), sendo definido pela equação 2 (BARROS NETO et al.; 2001). O valor de α calculado para o presente estudo ($k=3$) é 1.6818.

$$\alpha = (2^k)^{1/4} \quad (2)$$

A elaboração dos modelos foi feita utilizando o software STATISTICA 5.0. O modelo proposto foi ajustado verificando a significância estatística a $p \leq 0,1$ para cada um dos parâmetros (lineares, quadráticos e a interação). Posteriormente, na análise de variância (ANOVA), foi observada a significância da regressão e da falta de ajuste em relação a 90% de confiança ($p \leq 0,1\%$) pelo teste F, e o coeficiente de correlação.

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

- 1- Temperatura (30 a 45°C)
- 2- Concentração da solução de sacarose e sorbitol (53 a 73°Brix)
- 3- Tempo (60 a 180min)

Tabela 1 - Variáveis independentes codificadas para desidratação osmótica

Níveis	- 1,68	-1	0	+ 1	+ 1,68
Temperatura (°C)	30	33	37,5	42	45
Concentração da solução (°Brix)	53	57	63	69	73
Tempo (min)	60	84	120	156	180

Tabela 2 - Níveis codificados das variáveis em cada ensaio

Nº ensaio	Tempo (min)	Temperatura (°C)	Concentração (°Brix)
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	1	1	-1
5	-1	-1	1
6	1	-1	1
7	-1	1	1
8	1	1	1
9	-1,68	0	0
10	1,68	0	0
11	0	-1,68	0
12	0	1,68	0
13	0	0	-1,68
14	0	0	1,68
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das determinações feitas nos produtos advindos dos ensaios do planejamento experimental de desidratação osmótica à pressão ambiente de goiaba vermelha e yacon estão nas tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3 - Valores de perda de umidade (PU) e incorporação de sólidos (IS) na desidratação osmótica de goiaba vermelha, à pressão ambiente, utilizando sorbitol e sacarose como agente osmótico

Ensaio	Tempo	Temp.*	Concentração	Sorbitol		Sacarose	
	(min)	(°C)	(°Brix)	PU (%)	IS (%)	PU (%)	IS (%)
1	84	33	57	24,81	6,05	19,63	5,48
2	156	33	57	34,45	6,61	25,23	6,48
3	84	42	57	28,42	7,55	23,88	4,86
4	156	42	57	37,73	10,85	31,85	5,73
5	84	33	69	27,69	5,56	23,75	5,48
6	156	33	69	36,00	7,81	20,66	4,55
7	84	42	69	32,25	6,61	26,63	4,43
8	156	42	69	44,30	9,03	33,63	6,10
9	60	37,5	63	28,56	5,83	17,30	3,78
10	180	37,5	63	43,39	8,78	37,84	6,69
11	120	30	63	28,55	7,31	28,99	5,05
12	120	45	63	34,55	8,07	28,01	5,35
13	120	37,5	53	29,68	7,69	19,54	1,21
14	120	37,5	73	35,03	7,73	26,66	2,19
15	120	37,5	63	36,08	6,66	25,90	1,10
16	120	37,5	63	36,95	6,82	25,40	1,42
17	120	37,5	63	37,83	7,52	30,14	1,82

* Temp. (Temperatura)

Tabela 4 - Valores de perda de umidade (PU) e incorporação de sólidos (IS) na desidratação osmótica de yacon, à pressão ambiente, utilizando sorbitol e sacarose como agente osmótico

Ensaio	Tempo	Temp.*	Concentração	Sorbitol		Sacarose	
	(min)	(°C)	(°Brix)	PU (%)	IS (%)	PU (%)	IS (%)
1	84	33	57	45,61	5,83	44,18	4,42
2	156	33	57	56,65	8,31	52,01	6,64
3	84	42	57	64,63	6,37	41,24	6,49
4	156	42	57	48,82	7,92	54,29	5,68
5	84	33	69	53,34	6,02	38,10	12,75
6	156	33	69	61,48	8,14	52,91	6,87
7	84	42	69	43,14	5,96	40,64	3,36
8	156	42	69	49,00	6,51	54,74	4,67
9	60	37,5	63	40,14	6,16	25,87	0,96
10	180	37,5	63	56,99	9,09	50,74	3,83
11	120	30	63	55,71	6,46	52,50	8,07
12	120	45	63	50,72	7,66	44,62	5,35
13	120	37,5	53	50,82	8,87	47,53	3,78
14	120	37,5	73	55,54	7,24	55,70	4,84
15	120	37,5	63	37,09	2,30	45,24	3,45
16	120	37,5	63	36,33	3,31	48,80	4,26
17	120	37,5	63	41,29	3,04	48,82	4,85

* Temp. (Temperatura)

Como pode-se observar na Tabela 3, os valores de perda de umidade na desidratação osmótica da goiaba vermelha utilizando xarope de sorbitol situaram-se entre 34 e 43% nas melhores condições de processo e a incorporação de sólidos entre 6,6 a 8,8%, bastante aceitáveis quando comparados aos encontrado por SKLIUTAS

(2003) que reporta 30,9% de perda de umidade e 13,80% de incorporação de sólidos na desidratação osmótica de goiaba vermelha utilizando xarope de sorbitol.

PEREIRA (2002) desidratando goiabas vermelhas durante 2 horas utilizando xarope de sacarose a 60ºBrix como agente desidratante obteve perdas de umidade de 24,5% e incorporação de sólidos de 6,78%. Observando a Tabela 3, pode-se constatar nas melhores condições de processo perdas de umidade de 20 a 34% e incorporação de sólidos de 4,6 a 6,4%.

Analisando os dados da Tabela 4, observa-se na desidratação osmótica do yacon uma perda de umidade superior ao relatado na literatura na desidratação osmótica de outras frutas, principalmente quando utilizado sorbitol como agente desidratante. A incorporação de sólidos mostrou-se bastante aceitável independente do agente desidratante utilizado, porém com xarope de sorbitol ocorre uma maior incorporação de sólidos por causa do seu baixo peso molecular que favorece a incorporação de sólidos (TORREGGIANI, 1993).

A maior perda de umidade apresentada no yacon, pode ser devido às propriedades do tecido do yacon, pois de acordo com ISLAM e FLINK (1982) o processo de desidratação osmótica é fortemente dependente das características da microestrutura biológica inicial, como a porosidade e do tamanho do material.

De acordo com TORREGGIANI (1993), quando desidratou osmoticamente damascos obteve uma incorporação de sólidos de 3 a 6% e perda de umidade de 23 a 28% em 240min. RAOULT-WACK (1994) reporta que no processo de desidratação osmótica se produz uma incorporação de sólidos da ordem de 5 a 25% e uma perda de umidade de 40 a 70%. QUERIDO (2000), trabalhando com caju a 40°C por 120 a 180min obteve incorporações de sólidos na faixa de 4,5 a 5,5% com perdas de umidade da ordem de 40 a 46%.

1. PERDA DE UMIDADE

Os resultados da análise estatística aplicada aos dados experimentais de perda de umidade na desidratação osmótica de goiaba vermelha em soluções de sacarose e sorbitol são apresentados na Tabela 5. Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação em negrito são significativos ao nível de 90% de confiança ($p \leq 0,1$). Esses efeitos significativos podem ser mais facilmente visualizados pelo gráfico apresentado na Figura 2.

O efeito estimado indica o quanto cada fator influi nas respostas estudadas. Quanto maior é o seu valor, maior é a sua influência, e um efeito positivo indica que ao passar de um valor mínimo a um valor máximo da variável, a resposta aumenta. Já um efeito negativo indica o contrário, ou seja, ao passar de um valor mínimo para o valor máximo, a resposta diminui.

Tabela 5 - Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística (p) para cada fator no modelo codificado para perda de umidade no processo à pressão ambiente de desidratação osmótica de goiaba utilizando sacarose e sorbitol como desidratantes

Fatores	Efeito estimado		Erro padrão		Significância estatística (p)	
	Sac	Sorb	Sac	Sorb	Sac	Sorb
Tempo (L)	7,6201*	9,4138*	1,4101*	0,5122*	0,0326*	0,0000*
Tempo (Q)	-0,0056	-0,6294	1,5534	0,5643	0,9974	0,3016
Temperatura (L)	3,6752	4,3724*	1,4101	0,5122*	0,1211	0,0001*
Temperatura (Q)	0,6534	-3,7650*	1,5534	0,5643*	0,7149	0,0003*
Concentração (L)	2,3513	3,4911*	1,4101	0,5122*	0,2373	0,0002*
Concentração (Q)	-3,1732	-3,1945*	1,5534	0,5643*	0,1778	0,0008*
Tempo * temp. (L)	3,1150	0,8525	1,8415	0,6690	0,2328	0,2432
Tempo * conc. (L)	-2,4150	0,3525	1,8415	0,6690	0,3200	0,6145
Temp. * conc. (L)	1,2450	1,4925*	1,8415	0,6690	0,5687	0,0609*

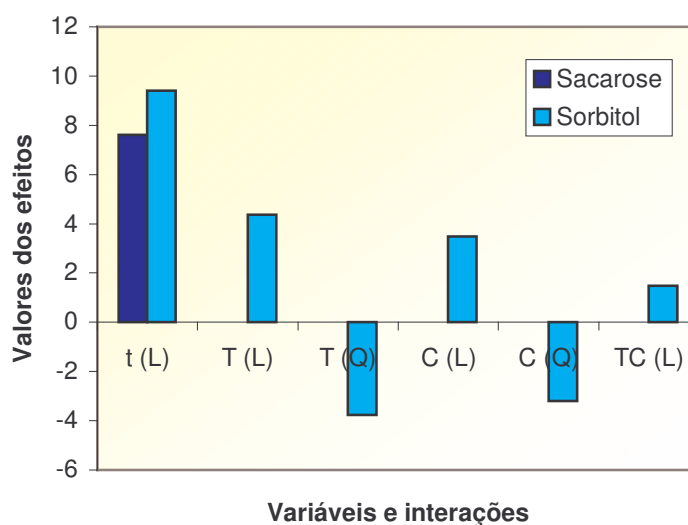
Obs: * Valores apresentam-se significativos a $p \leq 0,1$

Sac: Solução de sacarose

Sorb: Solução de sorbitol

(L): termo linear

(Q) : termo quadrático



(L): termo linear

(Q): termo quadrático

Figura 2 - Gráfico dos valores dos efeitos significativos sobre a perda de umidade na desidratação osmótica de goiaba vermelha com solução de sacarose e sorbitol

Em relação à desidratação osmótica de goiaba vermelha em soluções de sacarose, observa-se que o único parâmetro que é significativo a 90% de confiança é o tempo, esse possui efeito positivo na desidratação osmótica. Utilizando-se solução de sorbitol, observa-se que os efeitos dos parâmetros tempo (L), temperatura (L), concentração (L), e a interação temperatura*concentração possuem efeitos positivos na desidratação. Já os parâmetros temperatura (Q) e concentração (Q), são significativos a 90% de confiança, porém apresentam efeitos negativos.

Tabela 6 - Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística (p) para cada fator no modelo codificado para perda de umidade no processo à pressão ambiente de desidratação osmótica de yacon

Fatores	Efeito estimado		Erro padrão		Significância estatística (p)	
	Sac	Sorb	Sac	Sorb	Sac	Sorb
Tempo (L)	7,6201*	5,5022*	2,2952*	2,5894	0,0128*	0,0712*
Tempo (Q)	-0,0056	7,4688*	2,5286	2,8527*	0,9983	0,0345*
Temperatura (L)	3,6752	-2,9129	2,2952	2,5894	0,1534	0,2977
Temperatura (Q)	0,6534	10,7639*	2,5286	2,8527*	0,8035	0,0070*
Concentração (L)	2,3513	-0,1203	2,2952	2,5894	0,3397	0,9643
Concentração (Q)	-3,1732	10,7391*	2,5286	2,8527*	0,2498	0,0070*
Tempo x temp. (L)	3,1150	-7,2825*	2,9975	3,3817	0,3333	0,0683*
Tempo x conc. (L)	-2,4150	4,6925	2,9975	3,3817	0,4469	0,2078
Temp. x conc. (L)	1,2450	-8,4675*	2,9975	3,3817*	0,6903	0,0408*

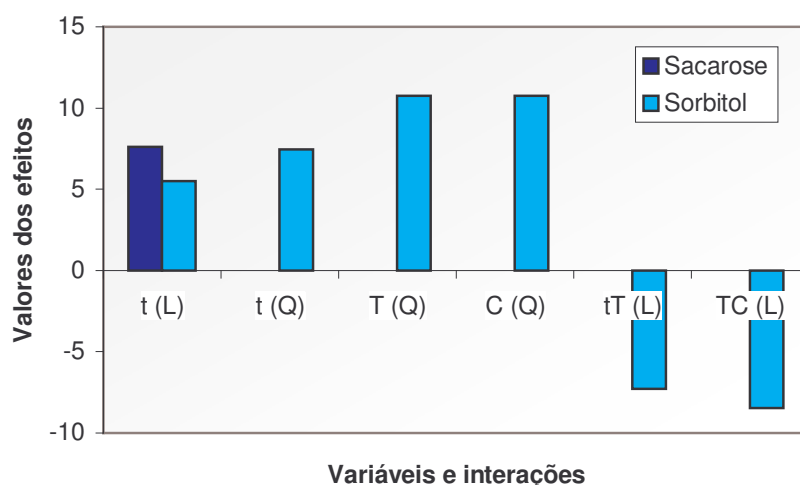
Obs: *Valores apresentam-se significativos a $p \leq 0,1$

Sac: Solução de sacarose

Sorb: Solução de sorbitol

(L): termo linear

(Q): termo quadrático



(L): termo linear

(Q): termo quadrático

Figura 3 - Gráfico dos valores dos efeitos significativos sobre a perda de umidade na desidratação osmótica de yacon com solução de sacarose e sorbitol

Na desidratação osmótica de yacon em soluções de sacarose, observa-se que o único parâmetro significativo a 90% de confiança é o tempo, que possui efeito positivo na desidratação osmótica, como ocorreu na desidratação da goiaba. Utilizando-se solução de sorbitol, observa-se que os efeitos dos parâmetros tempo (L), temperatura (Q), concentração (Q), são positivos na desidratação. Já os parâmetros das interações tempo*temperatura(L) e temperatura*concentração (L), são significativos a 90% de confiança, porém apresentam efeitos negativos.

Após a eliminação dos fatores não significativos, verificou-se através da Análise de Variância (ANOVA) a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 90% de confiança, utilizando o teste F, para o planejamento estudado, conforme a Tabela 7 (os valores em **negrito** apresentam-se significativos a $p \leq 0,1$).

Tabela 7 - Análise de variância de modelo ajustado para perda de umidade no processo de desidratação osmótica à pressão ambiente de goiaba vermelha utilizando sacarose e sorbitol

Fonte de variação	SQ		GL		MQ		F cal		F tab**	
	Sac	Sorb	Sac	Sorb	Sac	Sorb	Sac	Sorb	Sac	Sorb
Regressão	279,92*	464,16*	3*	5*	93,31*	92,83*	6,73*	75,47*	2,56*	2,45*
Resíduo	180,15*	13,53*	13*	11*	13,86*	1,23*	2,23	1,73	9,4	9,38
Falta de ajuste	166,58	12,00	11	9	15,14	1,33				
Erro puro	13,57	1,53	2	2	6,79	0,77				
Total	460,07	477,69	16	16						

Obs: *Valores apresentam-se significativos a $p \leq 0,1$

** Valores tabelados de F a $p \leq 0,1$.

Sac: Solução de sacarose Sorb: Solução de sorbitol

SQ $\Rightarrow$ Soma quadrática;

GL $\Rightarrow$ Grau de liberdade;

MQ $\Rightarrow$ Média quadrática.

O modelo apresentou regressão significativa ao nível de confiança de 90% ($p \leq 0,1$) (F calculado superior ao F tabelado) e falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança (F calculado inferior ao F tabelado).

O coeficiente de correlação (R^2) para o modelo ajustado foi de 0,92937 e 0,97167 para DO utilizando sacarose e sorbitol, respectivamente, indicando que o modelo explicou 92,94% e 97,17% da variação dos dados observados.

O modelo ajustado para perda de umidade no processo de desidratação osmótica da goiaba vermelha utilizando sorbitol e sacarose foi considerado preditivo

pois apresentou regressão significativa ao nível de 90% de confiança, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e R^2 superior a 0,85.

Tabela 8 - Análise de variância de modelo ajustado para perda de umidade no processo de desidratação osmótica à pressão ambiente de yacon utilizando sacarose e sorbitol

Fonte de variação	SQ		GL		MQ		F cal		F tab**	
	Sac	Sorb	Sac	Sorb	Sac	Sorb	Sac	Sorb	Sac	Sorb
Regressão	235,17*	776,98*	3*	6*	78,39*	129,50*	4,53*	3,89*	2,56*	2,46*
Resíduo	224,90*	332,49*	13*	10*	17,30*	33,25*	2,83	0,84	9,4	9,37
Falta de ajuste	211,33	318,22	11	8	19,21	39,78				
Erro puro	13,57	14,27	2	2	6,79	7,14				
Total	460,07	1109,47	16	16						

Obs: *Valores apresentam-se significativos a $p \leq 0,1$

** Valores tabelados de F a $p \leq 0,1$.

Sac: Solução de sacarose

Sorb: Solução de sorbitol

SQ $\Rightarrow$ Soma quadrática;

GL $\Rightarrow$ Grau de liberdade;

MQ $\Rightarrow$ Média quadrática.

O coeficiente de correlação (R^2) para o modelo ajustado foi de 0,92658 e 0,88573 para DO utilizando sacarose e sorbitol, respectivamente, indicando que o modelo explicou 92,66% e 88,57% da variação dos dados observados.

Os modelos propostos para representar a perda de umidade na desidratação osmótica de goiaba vermelha e yacon, em soluções de sacarose (eq. 3 e 4) e de sorbitol (eq. 5 e 6) são os seguintes:

$$\text{PU goiaba (\%)} = 27,51 + 3,81t + 1,84T - 1,66C^2 \quad (3)$$

$$\text{PU yacon (\%)} = 27,19 + 3,81t + 0,33T^2 - 1,59C^2 \quad (4)$$

$$\text{PU goiaba (\%)} = 36,54 + 4,71t + 2,19T - 1,79T^2 + 1,75C - 1,50C^2 \quad (5)$$

$$\text{PU yacon (\%)} = 38,21 + 2,75t + 3,73t^2 + 5,38T^2 + 5,37C^2 - 3,64tT - 4,23TC \quad (6)$$

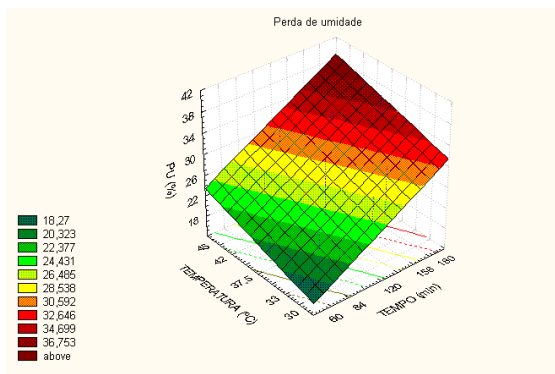
Onde:

T : temperatura ($^{\circ}\text{C}$);

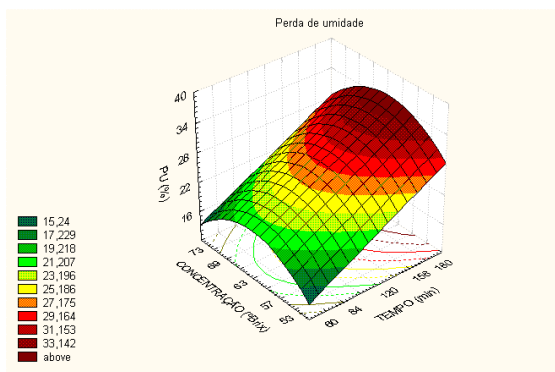
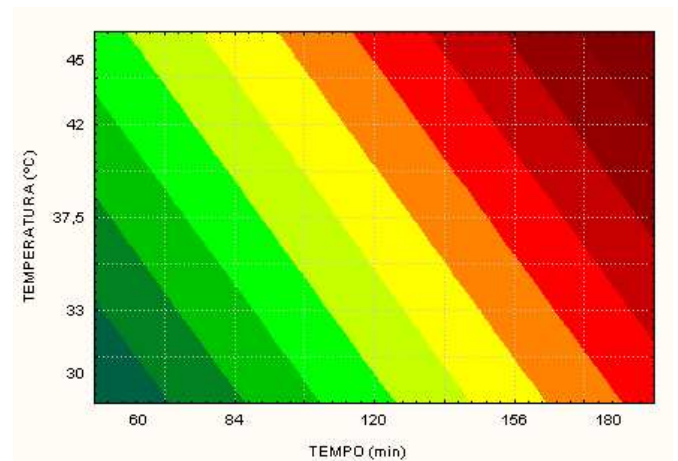
t : tempo (min);

C : concentração ($^{\circ}\text{Brix}$).

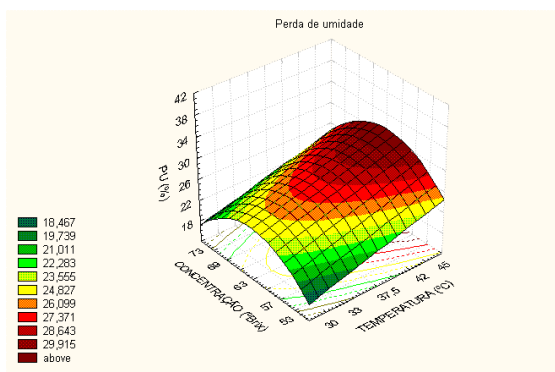
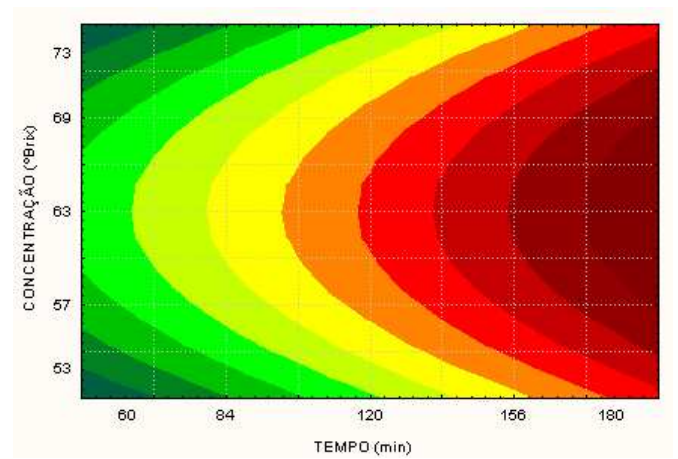
As superfícies de resposta e as curvas de níveis geradas pelos modelos propostos para cada agente osmótico são apresentadas nas Figuras 4 (goiaba vermelha utilizando solução de sacarose), 5 (goiaba vermelha utilizando solução de sorbitol), 6 (yacon utilizando solução de sacarose) e 7 (yacon utilizando solução de sorbitol). Essas superfícies confirmam a análise dos efeitos realizada anteriormente e permitem a visualização da variação da resposta perda de umidade para cada parâmetro estudado.



(a)



(b)



(c)

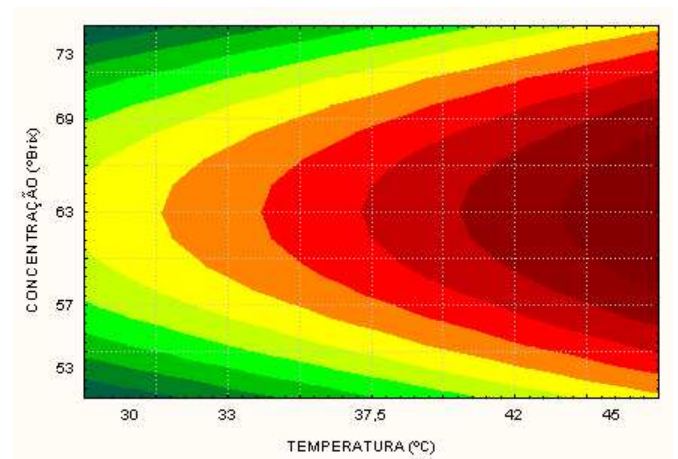
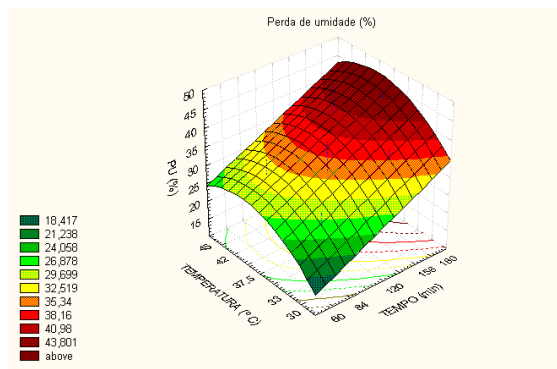
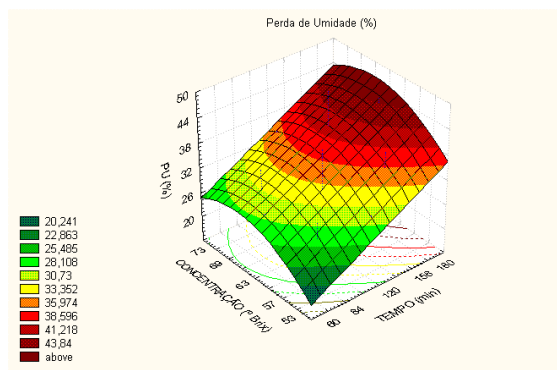
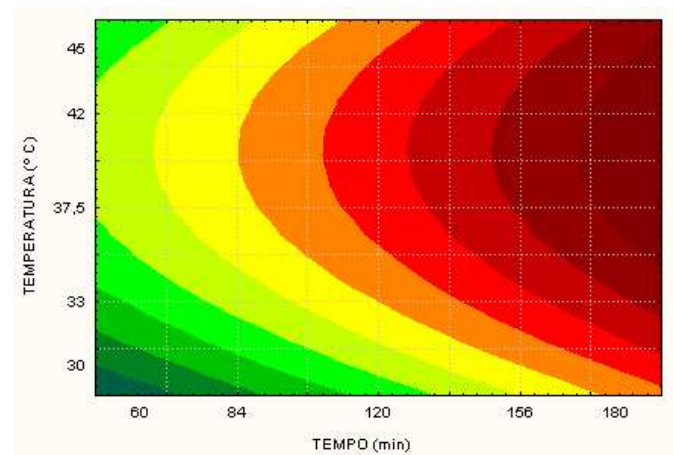


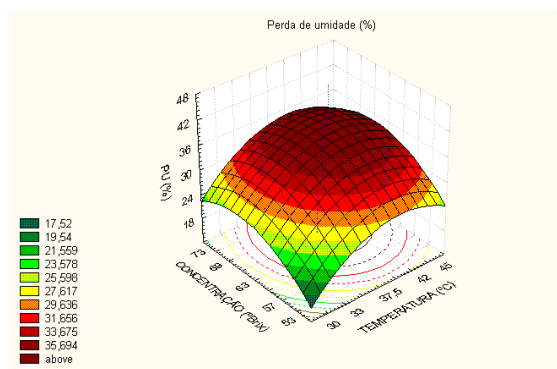
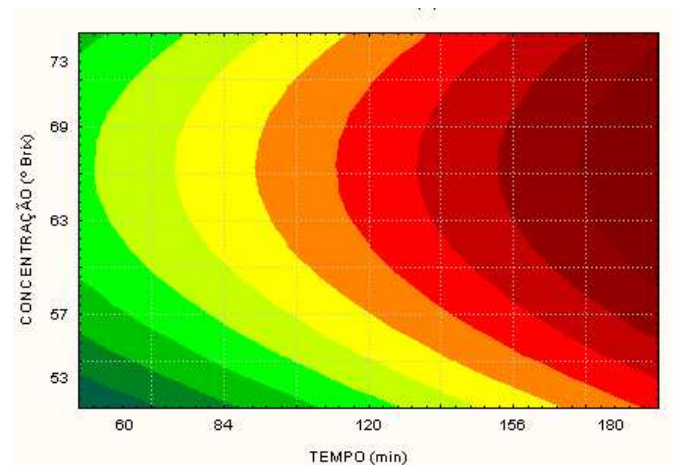
Figura 4 - Superfícies de resposta e de contorno para a perda de umidade da desidratação osmótica de goiaba vermelha em soluções de sacarose a: C = 63°Brix (a), T = 37,5°C (b) e t = 120min (c)



(a)



(b)



(c)

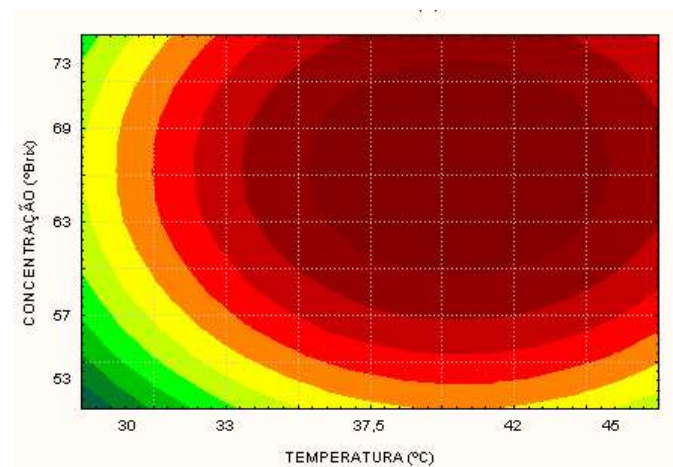
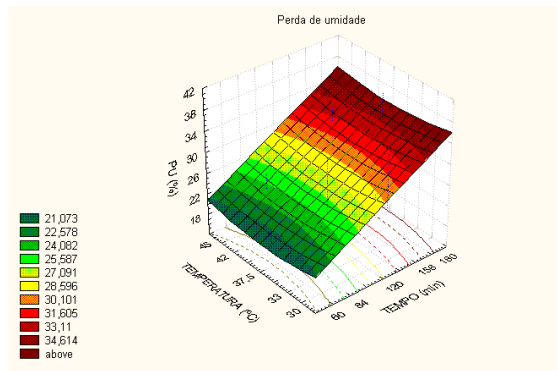
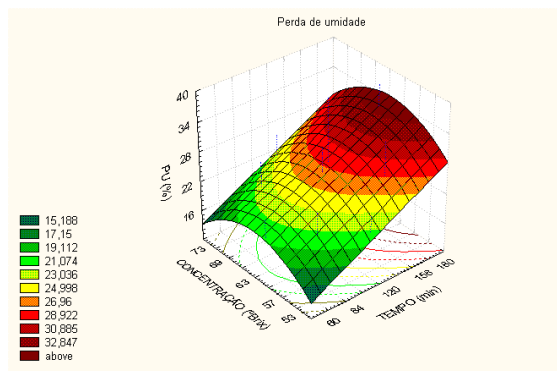
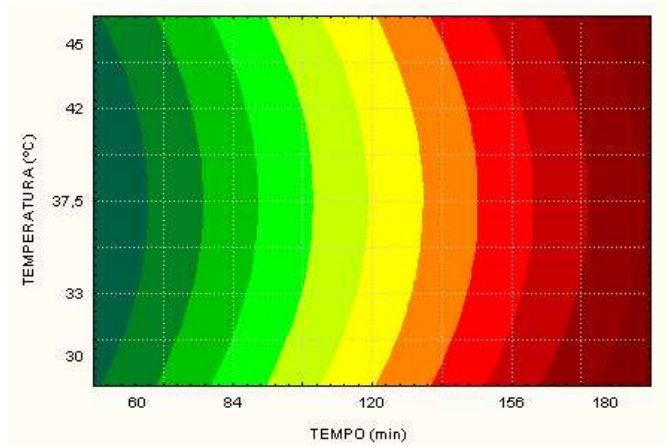


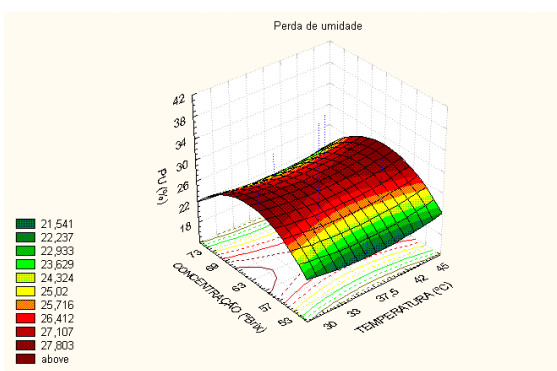
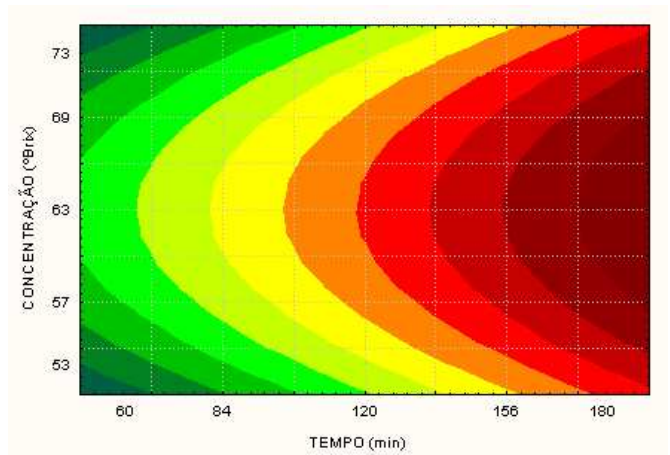
Figura 5 - Superfícies de resposta e de contorno para a perda de umidade da desidratação osmótica de goiaba vermelha em soluções de sorbitol a: $C = 63^\circ\text{Brix}$ (a), $T = 37,5^\circ\text{C}$ (b) e $t = 120\text{min}$ (c)



(a)



(b)



(c)

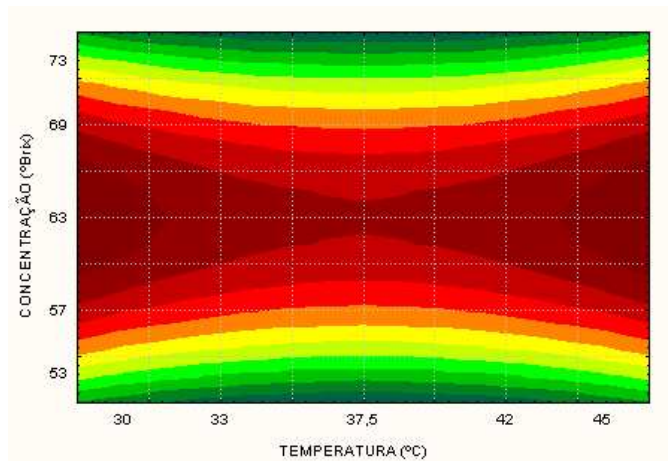
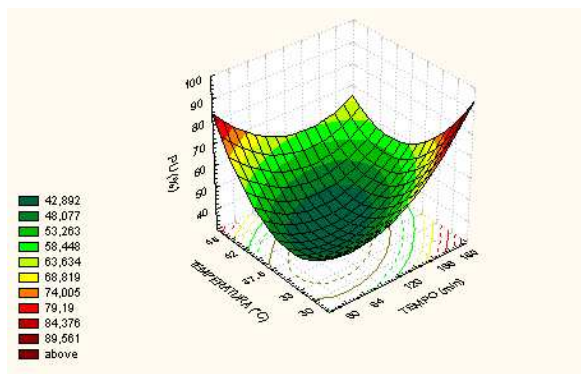
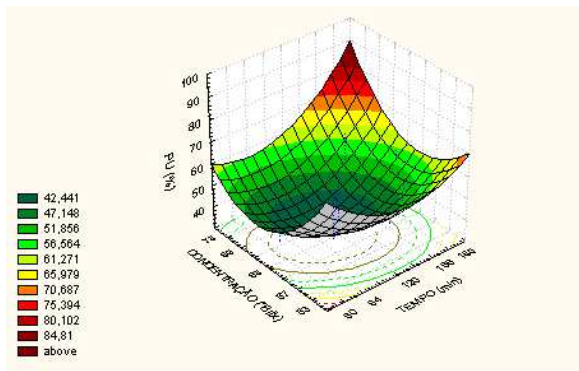
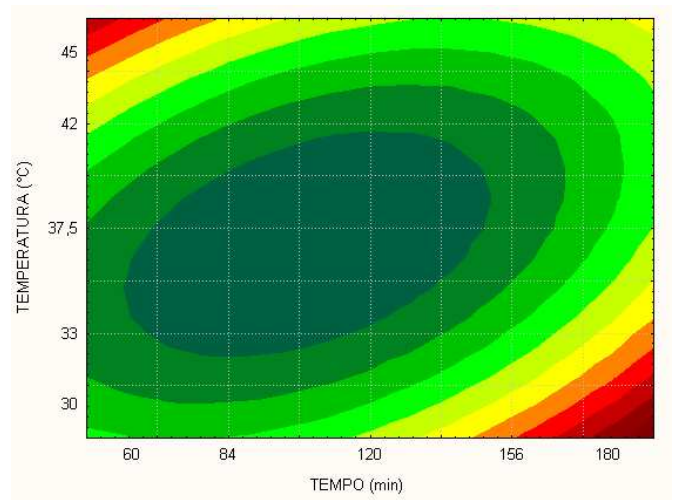


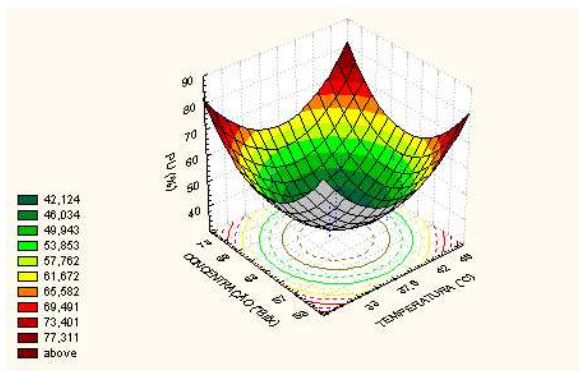
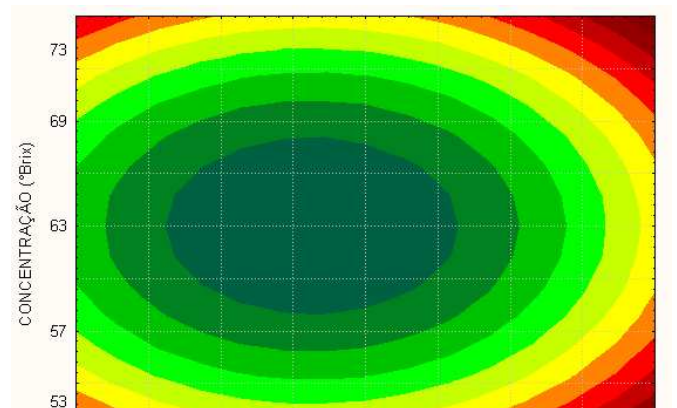
Figura 6 - Superfícies de resposta e de contorno para a perda de umidade da desidratação osmótica de yacon em soluções de sacarose a: $C = 63^\circ\text{Brix}$ (a), $T = 37,5^\circ\text{C}$ (b) e $t = 120\text{min}$ (c)



(a)



(b)



(c)

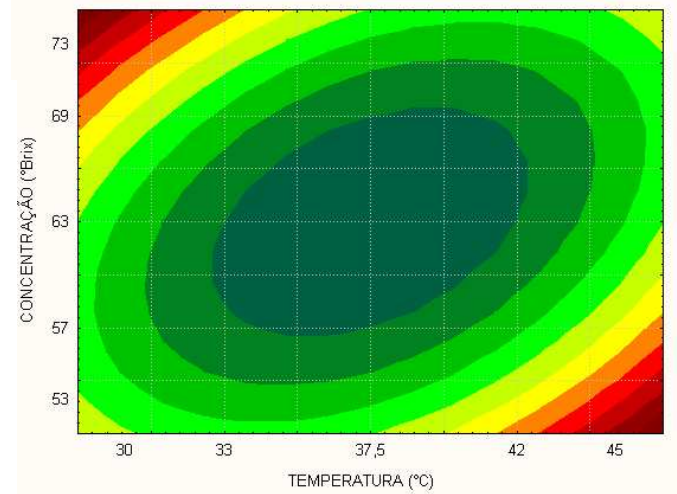


Figura 7 - Superfícies de resposta e de contorno para a perda de umidade da desidratação osmótica de yacon em soluções de sorbitol a: $C = 63^{\circ}\text{Brix}$ (a), $T = 37,5^{\circ}\text{C}$ (b) e $t = 120\text{min}$ (c)

Verifica-se através das figuras de superfície de resposta e de contorno que utilizando-se sacarose como agente osmótico, o parâmetro de menor influência na perda de umidade é a temperatura, e o de maior é o tempo. Em relação à Figura 4, observa-se que perdas de umidade na goiaba vermelha, acima de 34%, considerado aceitável, podem ser obtidas com tempos de imersão de 180min ou superiores, concentração da solução de sacarose de 57 a 69°B e temperaturas acima de 42°C. Já utilizando-se sorbitol, observa-se pela Figura 5, que nessas mesmas condições podem-se obter perdas de umidade acima de 43%, não sendo necessário temperaturas tão altas (37,5°C).

Na DO de yacon, tempos de imersão acima de 180min e concentração de sacarose de 57 a 69°B permitem uma perda de umidade na faixa dos 32%. Com a utilização de xarope de sorbitol, todos os parâmetros exercem grande influência, com temperaturas entre 30 e 42°C, tempos de 60 a 160min e concentração de sorbitol de 53 a 63°B, é possível obter perdas de umidade superiores a 42%.

2. INCORPORAÇÃO DE SÓLIDOS

Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e das interações na incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica de goiaba vermelha e yacon em soluções de sacarose e sorbitol são mostrados na Tabela 9 e 10, respectivamente. O gráfico dos efeitos significativos é apresentado na Figura 8 e 9, respectivamente.

Tabela 9 - Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística (p) para cada fator no modelo codificado para incorporação de sólidos no processo à pressão ambiente de desidratação osmótica de goiaba

Fatores	Efeito estimado		Erro padrão		Significância estatística (p)	
	Sac	Sorb	Sac	Sorb	Sac	Sorb
Tempo (L)	1,1285*	1,9767*	0,5641	0,3892*	0,0856*	0,0014*
Tempo (Q)	3,2223*	0,1736	0,6215*	0,4287	0,0013*	0,6977
Temperatura (L)	-0,0830	1,3612*	0,5641	0,3892*	0,8872	0,0100*
Temperatura (Q)	3,1975*	0,4464	0,6215*	0,4287	0,0013*	0,3324
Concentração (L)	-0,0210	-0,2906	0,5641	0,3892	0,9713	0,4795
Concentração (Q)	0,7174	0,4606	0,6215	0,4287	0,2863	0,3183
Tempo x temp. (L)	0,5675	0,7275	0,7367	0,5082	0,4663	0,1954
Tempo x conc. (L)	-0,2325	0,2025	0,7367	0,5082	0,7615	0,7022
Temp. x conc. (L)	0,4175	-0,8675	0,7367	0,5082	0,5886	0,1316

Obs: *Valores apresentam-se significativos a $p \leq 0,1$

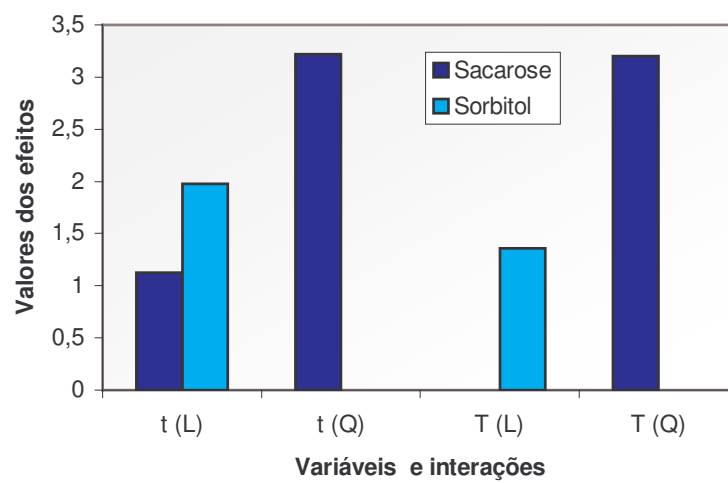
Sac: Solução de sacarose

Sorb: Solução de sorbitol

(L): termo linear

(Q): termo quadrático

Em relação à desidratação osmótica de goiaba vermelha em soluções de sacarose, observa-se que os parâmetros tempo (L), tempo (Q) e temperatura (Q), são significativos a 90% de confiança, e possuem efeitos positivos na incorporação de sólidos. Já utilizando-se sorbitol, os parâmetros tempo (L) e temperatura (L) possuem efeito positivo a $p \leq 0,1$, sendo o parâmetro tempo (L) o que exerce maior influência na incorporação de sólidos.



(L): termo linear

(Q): termo quadrático

Figura 8 - Gráfico dos valores dos efeitos significativos sobre a incorporação de sólidos na desidratação osmótica de goiaba vermelha com solução de sacarose e sorbitol

Tabela 10 - Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística (p) para cada fator no modelo codificado para incorporação de sólidos no processo à pressão ambiente de desidratação osmótica de yacon, utilizando sacarose e sorbitol como desidratantes

Fatores	Efeito estimado		Erro padrão		Significância estatística (p)	
	Sac	Sorb	Sac	Sorb	Sac	Sorb
Tempo (L)	1,0991*	1,7036*	0,5671	0,2831*	0,0938*	0,0265*
Tempo (Q)	3,2112*	2,9169*	0,6248*	0,3119*	0,0013*	0,0112*
Temperatura (L)	-0,0536	0,0698	0,5671	0,2831	0,9273	0,8283
Temperatura (Q)	3,1864*	2,5165*	0,6248*	0,3119*	0,0014*	0,0150*
Concentração (L)	-0,0504	-0,6652	0,5671	0,2831	0,9317	0,1432
Concentração (Q)	0,7062	3,2216*	0,6248	0,3119*	0,2956	0,0092*
Tempo x temp. (L)	0,6175	-0,6250	0,7407	0,3698	0,4320	0,2330
Tempo x conc. (L)	-0,2825	-0,3400	0,7407	0,3698	0,7142	0,4549
Temp. x conc. (L)	0,4675	-0,4600	0,7407	0,3698	0,5480	0,3395

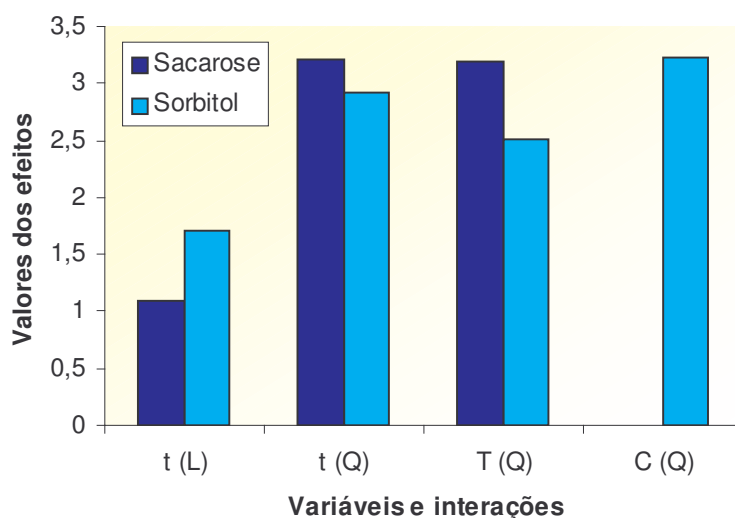
Obs: *Valores apresentam-se significativos a $p \leq 0,1$

Sac: Solução de sacarose

Sorb: Solução de sorbitol

(L) : termo linear

(Q) : termo quadrático



(L): termo linear

(Q): termo quadrático

Figura 9 - Gráfico dos valores dos efeitos significativos sobre a incorporação de sólidos na desidratação osmótica de yacon com solução de sacarose e sorbitol

Observa-se que tanto utilizando-se sacarose, quanto sorbitol, todos os fatores significativos apresentam efeito positivo na incorporação de sólidos.

Eliminando os efeitos não significativos, realizou-se a Análise de Variância (ANOVA) para verificar a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 90% de confiança. Analisando os valores obtidos (Tabela 11 e 12), observa-se que os modelos apresentaram regressão significativa e falta de ajuste não significativa ($p \leq 0,1$). O coeficiente de correlação (R^2) obtido foi superior a 0,85 e os modelos foram considerados preditivos.

Tabela 11 - Análise de variância de modelo ajustado para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica à pressão ambiente de goiaba vermelha utilizando sacarose e sorbitol como desidratantes

Fonte de variação	SQ		GL		MQ		F cal		F tab**	
	Sac	Sorb	Sac	Sorb	Sac	Sorb	Sac	Sorb	Sac	Sorb
Regressão	50,89*	19,65*	4*	2*	12,72*	9,83*	17,42*	18,55*	2,48*	2,73*
Resíduo	8,72*	7,45*	12*	14*	0,73*	0,53*	6,54	2,81	9,39	9,41
Falta de ajuste	8,46	7,03	10	12	0,85	0,59				
Erro puro	0,26	0,42	2	2	0,13	0,21				
Total	59,61	27,10	16	16						

Obs: *Valores apresentam-se significativos a $p \leq 0,1$

** Valores tabelados de F a $p \leq 0,1$.

Sac: Solução de sacarose Sorb: Solução de sorbitol

SQ $\Rightarrow$ Soma quadrática;

GL $\Rightarrow$ Grau de liberdade;

MQ $\Rightarrow$ Média quadrática.

O modelo apresentou regressão significativa ao nível de 90% de confiança ($p \leq 0,1$) (F calculado superior ao F tabelado) e falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança (F calculado inferior ao F tabelado).

O coeficiente de correlação (R^2) para o modelo ajustado foi de 0,87363 e 0,88654 para DO utilizando sacarose e sorbitol, respectivamente, indicando que o modelo explicou 87,36% e 88,65% da variação dos dados observados.

Tabela 12 - Análise de variância de modelo ajustado para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica à pressão ambiente de yacon utilizando sacarose e sorbitol como desidratantes

Fonte de variação	SQ		GL		MQ		F cal		F tab**	
	Sac	Sorb	Sac	Sorb	Sac	Sorb	Sac	Sorb	Sac	Sorb
Regressão	50,38*	55,06*	4*	4*	12,60*	13,77*	16,58*	20,83*	2,48*	2,48*
Resíduo	9,06*	7,93*	12*	12*	0,76*	0,66*	6,77	0,90	9,39	9,39
Falta de ajuste	8,80	7,38	10	10	0,88	0,74				
Erro puro	0,26	0,55	2	2	0,13	0,28				
Total	59,44	62,99	16	16	12,60					

Obs: *Valores apresentam-se significativos a $p \leq 0,1$

** Valores tabelados de F a $p \leq 0,1$.

Sac: Solução de sacarose Sorb: Solução de sorbitol

SQ $\Rightarrow$ Soma quadrática;

GL $\Rightarrow$ Grau de liberdade;

MQ $\Rightarrow$ Média quadrática.

Os modelos propostos para descrever a incorporação de sólidos na desidratação osmótica de goiaba vermelha e yacon, em soluções de sacarose (eq. 7 e 8) e de sorbitol (eq. 9 e 10) são:

$$\text{IS goiaba (\%)} = 1,37 + 0,56t + 1,61t^2 + 1,60T^2 + 0,36C^2 \quad (7)$$

$$\text{IS yacon (\%)} = 1,37 + 0,55t + 1,61t^2 + 1,59T^2 + 0,35C^2 \quad (8)$$

$$\text{IS goiaba (\%)} = 7,44 + 0,99t + 0,68T \quad (9)$$

$$\text{IS yacon (\%)} = 2,95 + 0,85t + 1,46t^2 + 1,26T^2 + 1,61C^2 \quad (10)$$

Onde:

T : temperatura ($^{\circ}\text{C}$);

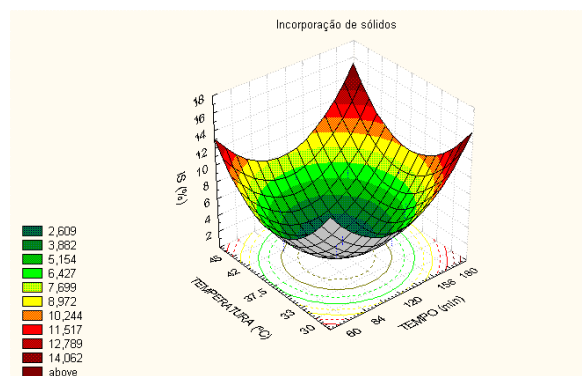
t : tempo (min);

C : concentração ($^{\circ}\text{Brix}$).

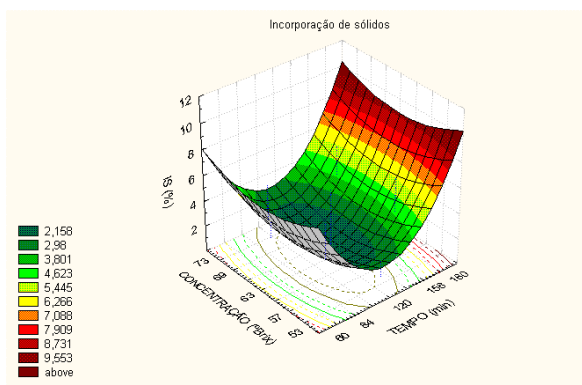
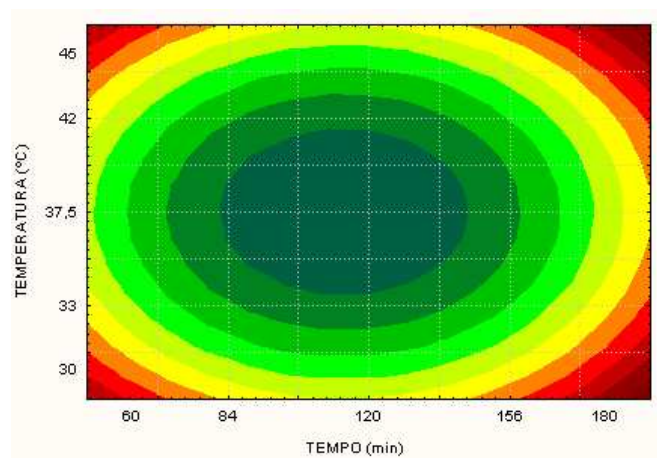
As superfícies de resposta para incorporação de sólidos são mostradas nas Figuras 10, 11, 12 e 13.

Na desidratação osmótica da goiaba, com sacarose, todos os parâmetros estudados influenciam a incorporação de sólidos, já utilizando-se xarope de sorbitol, não há influência maior ou menor de nenhum parâmetro (Figura 11). Para a sacarose, tempos de 60 a 160min, concentração da solução de 53 a 73 $^{\circ}\text{B}$ e temperaturas entre 30 a 44 $^{\circ}\text{C}$, provocam ganhos de sólidos de 6% (Figura 10).

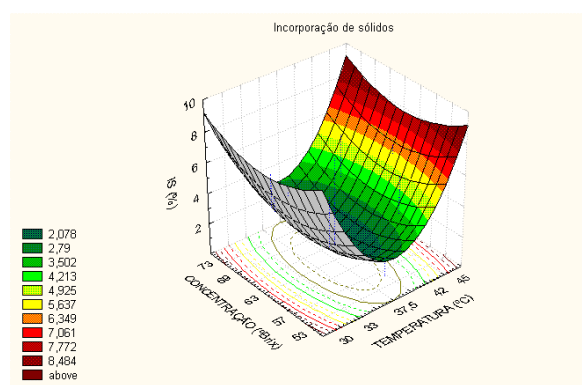
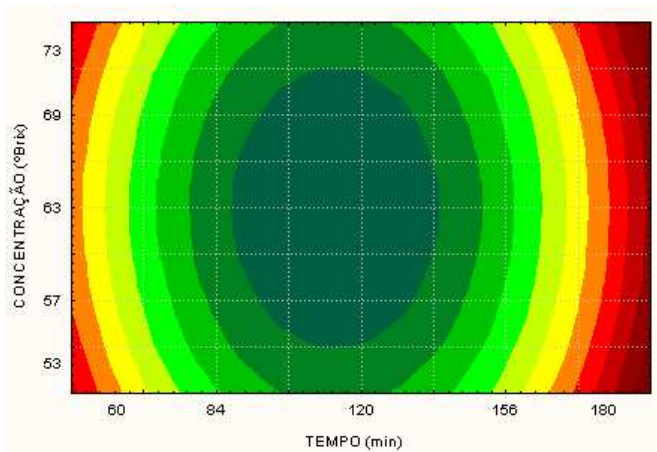
Para o yacon, utilizando-se xarope de sacarose, tempos de 60 a 160min, temperaturas de 33 a 43 $^{\circ}\text{C}$ e concentração da solução de 53 a 73 $^{\circ}\text{Brix}$ ocorre uma incorporação de sólidos de até 6,4% (Figura 12). Para se obter a mesma incorporação utilizando-se xarope de sorbitol, a temperatura deve-se situar na mesma faixa (33 a 43 $^{\circ}\text{C}$), tempo de imersão deve variar entre 80 e 156 min e concentração da solução de sorbitol entre 57 a 69 $^{\circ}\text{Brix}$ (Figura 13).



(a)



(b)



(c)

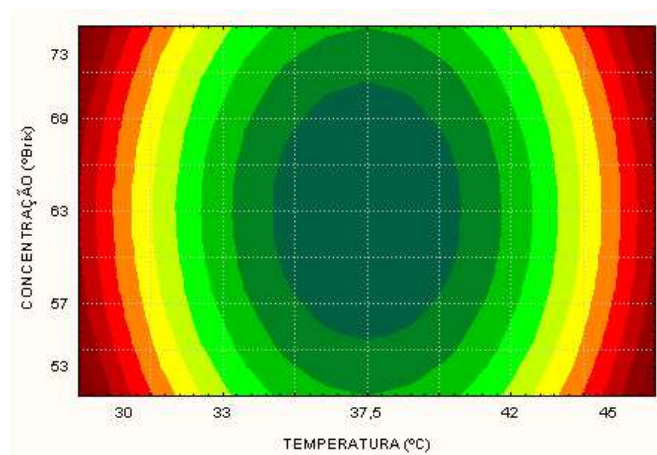
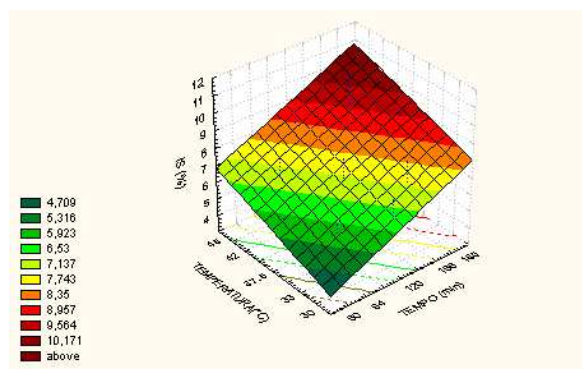
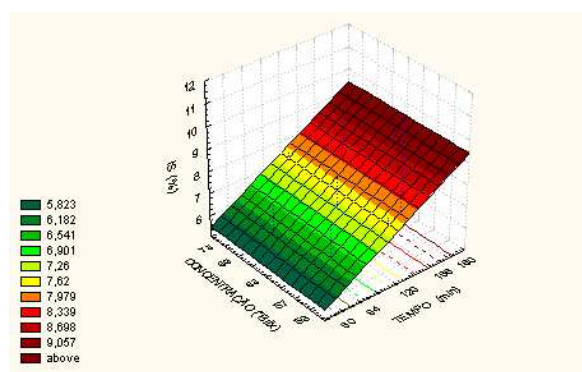
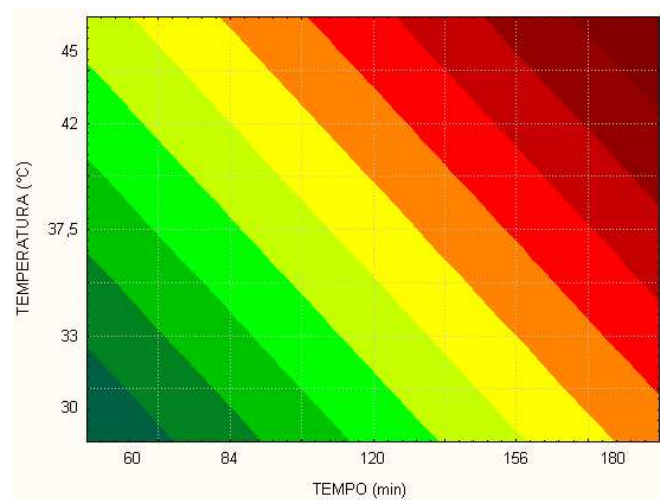


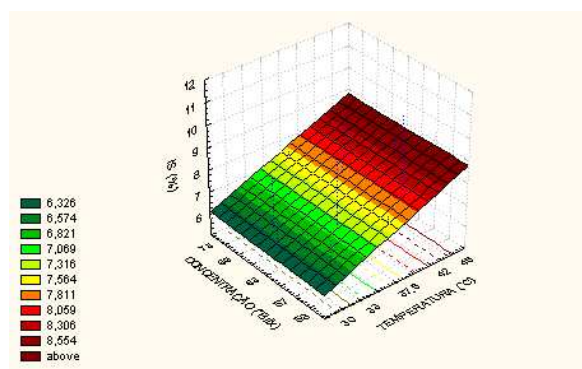
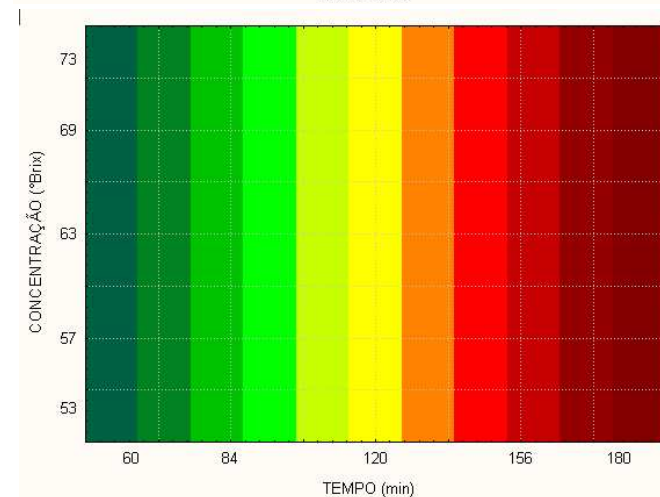
Figura 10 - Superfícies de resposta e de contorno para a incorporação de sólidos da desidratação osmótica de goiaba vermelha em soluções de sacarose a: C = 63°Brix (a), T = 37,5°C (b) e t = 120min (c)



(a)



(b)



(c)

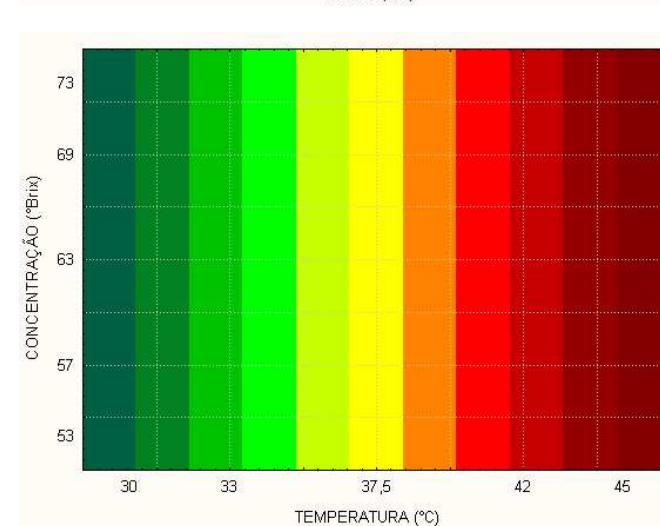
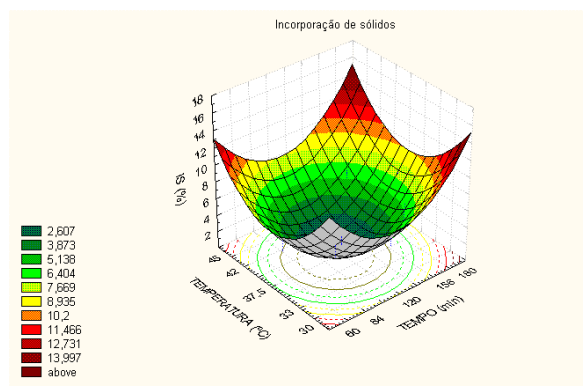
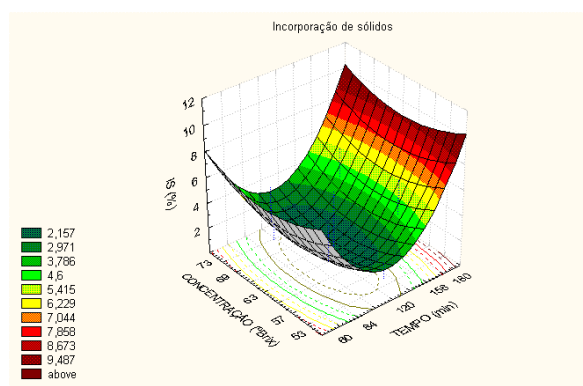
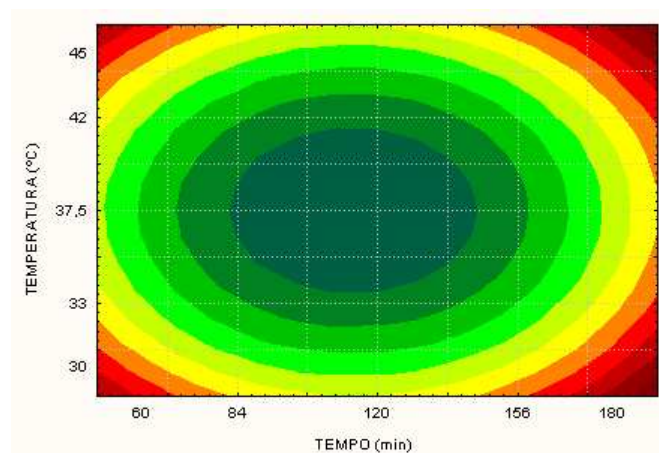


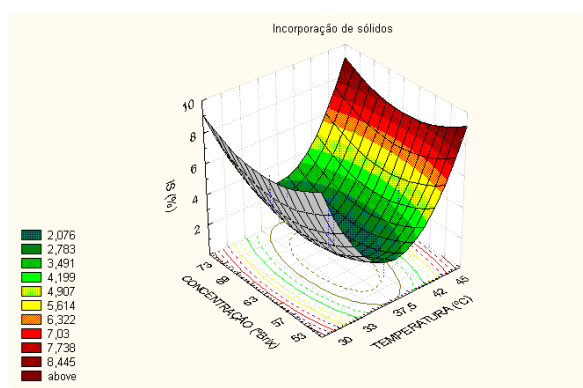
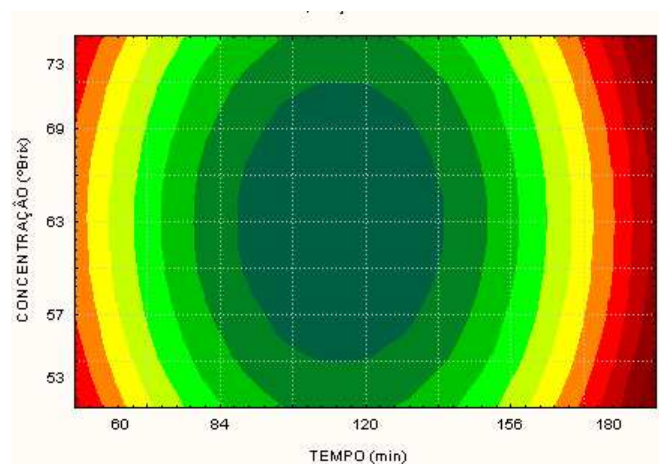
Figura 11 - Superfícies de resposta e de contorno para a incorporação de sólidos da desidratação osmótica de goiaba vermelha em soluções de sorbitol a: C = 63°Brix (a), T = 37,5°C (b) e t = 120min (c)



(a)



(b)



(c)

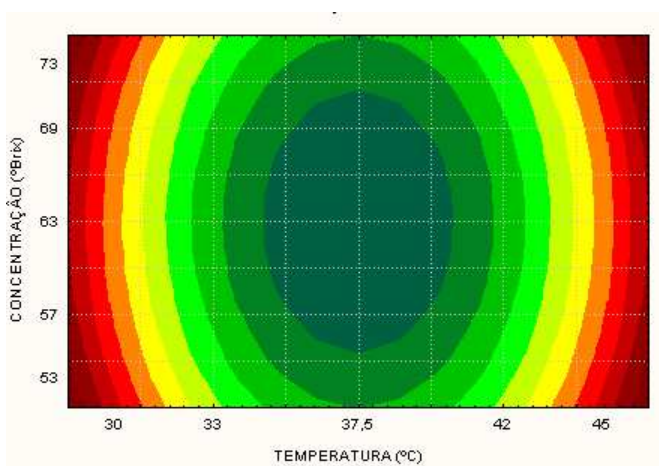
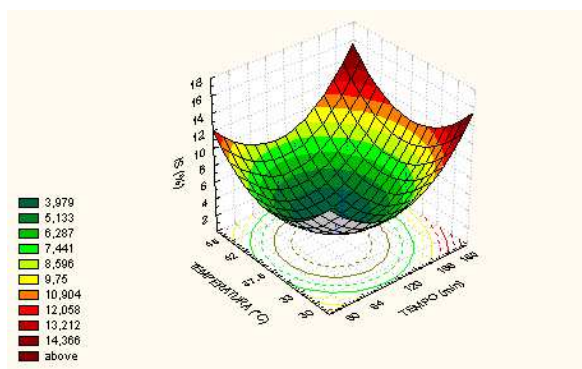
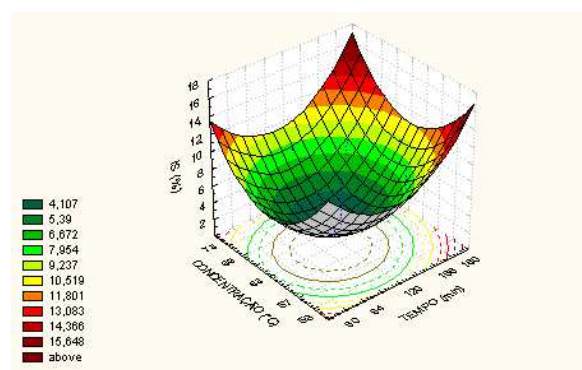
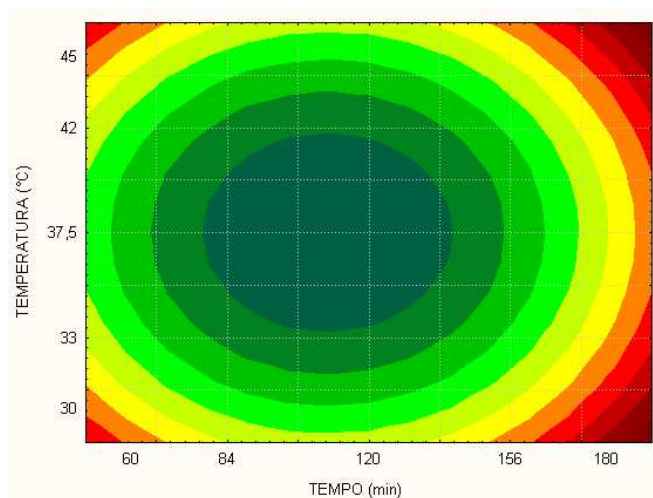


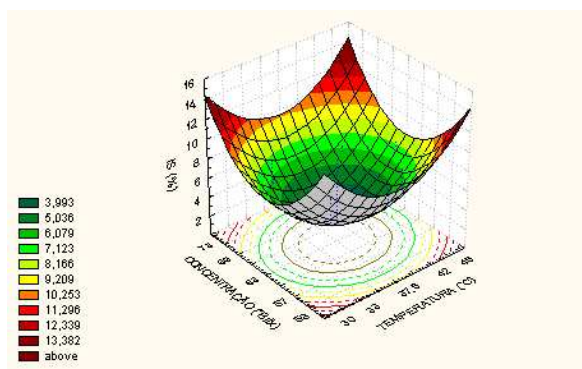
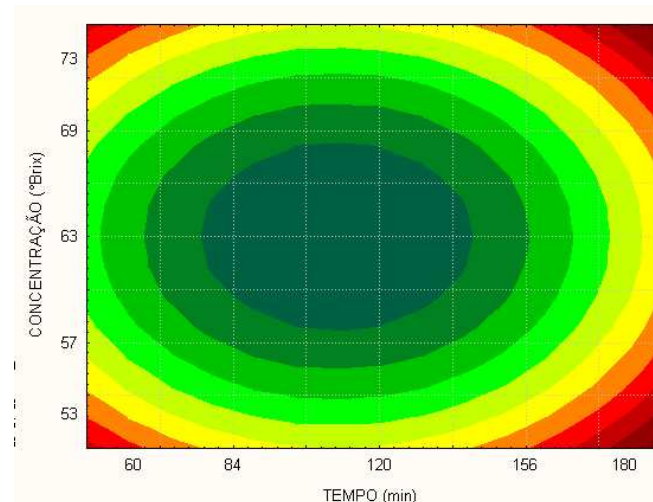
Figura 12 - Superfícies de resposta e de contorno para a incorporação de sólidos da desidratação osmótica de yacon em soluções de sacarose a: C = 63°Brix (a), T = 37,5°C (b) e t = 120min (c)



(a)



(b)



(c)

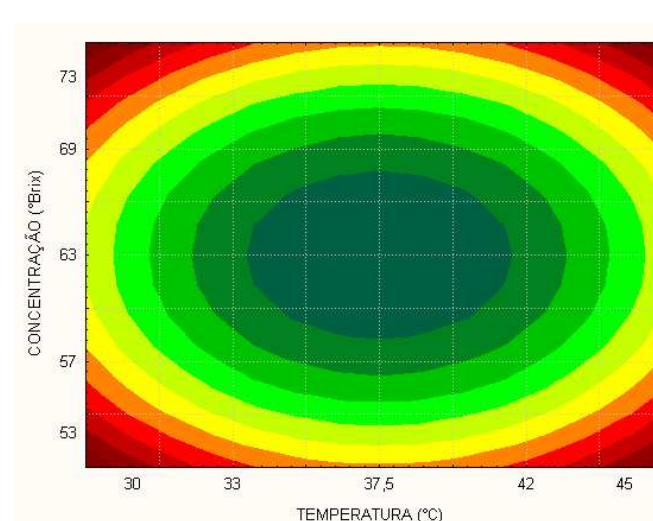


Figura 13 - Superfícies de resposta e de contorno para a incorporação de sólidos da desidratação osmótica de yacon em soluções de sorbitol a: C = 63°Brix (a), T = 37,5°C (b) e t = 120min (c)

3. VALIDAÇÃO DOS MODELOS EXPERIMENTAIS

Na otimização do processo de desidratação osmótica à pressão ambiente foram analisados os resultados obtidos através do programa STATISTICA para perda de umidade e incorporação de sólidos.

Levando-se em consideração todas as observações realizadas e com a finalidade de se obter a máxima perda de umidade e minimizar a incorporação de sólidos, foram escolhidos os dois melhores ensaios de processo de desidratação osmótica para validar os modelos experimentais de perda de umidade e incorporação de sólidos para cada agente osmótico, procurando-se utilizar temperaturas que provocassem alterações mínimas na estrutura do material.

Tabela 13 – Dois melhores ensaios de processo de desidratação osmótica a pressão ambiente escolhidos para validação dos modelos experimentais da desidratação osmótica de yacon com solução de sacarose e sorbitol

Ensaio	Solução de Sacarose			Solução de Sorbitol		
	T (°C)	C (°Brix)	t (min)	T (°C)	C (°Brix)	t (min)
1	37,5	57	120	30	63	84
2	42	69	156	33	69	120

Tabela 14 - Dois melhores ensaios de processo de desidratação osmótica a pressão ambiente escolhidos para validação dos modelos experimentais da desidratação osmótica de goiaba vermelha com solução de sacarose e sorbitol

Ensaio	Solução de Sacarose			Solução de Sorbitol		
	T (°C)	C (°Brix)	t (min)	T (°C)	C (°Brix)	t (min)
1	37,5	62	156	33	63	156
2	40	65	180	37	65	180

Os resultados experimentais, obtidos no processo de desidratação osmótica nos ensaios otimizados escolhidos e as respostas obtidas através dos modelos propostos encontram-se na Tabela 15 e 16.

Observa-se que os valores preditos pelos modelos do planejamento experimental estão próximos aos valores experimentais, reforçando a validade dos modelos.

A perda de umidade é um parâmetro muito importante também no controle da eficiência do processo de desidratação osmótica. RAOULT-WACK (1994) reporta que este processo permite remover de 40 a 70% da água contida no material, enquanto SHI e FITO (1993) dizem que o teor de água removida está em torno de 50%.

Tabela 15 - Repostas previstas pelos modelos e observadas experimentalmente para os ensaios otimizados na desidratação osmótica de yacon

Resposta	Solução de sacarose				Solução de sorbitol			
	Ensaio 1		Ensaio 2		Ensaio 1		Ensaio 2	
	Observ.	Predito	Observ.	Predito	Observ.	Predito	Observ.	Predito
PU (%)	47,47	48,58	54,51	53,27	46,31	45,61	55,23	54,20
IS (%)	4,33	4,46	4,58	4,40	5,64	5,33	6,28	6,12

OBS: Observ. (condição observada experimentalmente)

Tabela 16 - Respostas previstas pelos modelos e observadas experimentalmente para os ensaios otimizados na desidratação osmótica de goiaba vermelha

Resposta	Solução de sacarose				Solução de sorbitol			
	Ensaio 1		Ensaio 2		Ensaio 1		Ensaio 2	
	Observ.	Predito	Observ.	Predito	Observ.	Predito	Observ.	Predito
PU (%)	33,29	30,66	34,78	35,57	36,88	37,64	43,17	42,32
IS (%)	4,14	3,91	4,53	4,16	9,21	8,05	8,26	8,59

OBS: Observ. (condição observada experimentalmente)

4. DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA À VÁCUO

Os ensaios de desidratação osmótica a pressão ambiente de yacon e goiaba vermelha utilizando sacarose e sorbitol como agentes desidratantes que apresentaram maiores perdas de umidade e menores valores de incorporação de sólidos, foram repetidos com o uso do vácuo.

Tabela 17 - Valores de perda de umidade (PU) e incorporação de sólidos (IS) na desidratação osmótica de yacon, a vácuo e à pressão ambiente, utilizando sorbitol como agente osmótico

Ensaios	Vácuo		Pressão ambiente	
	PU(%)	IS(%)	PU(%)	IS(%)
3	70,12	7,44	64,63	6,37
5	62,97	6,85	53,34	6,02
11	64,34	7,73	55,71	6,46

Com relação à perda de umidade, observa-se que com a utilização do vácuo a perda de umidade foi maior comparado ao processo à pressão ambiente. Em ambos os casos, os valores de perda de umidade se encontram acima aos relatados na literatura, isto pode ser devido às propriedades do tecido do yacon, pois de acordo com ISLAM e FLINK (1982) o processo de desidratação osmótica é fortemente dependente das características da microestrutura biológica inicial, como a porosidade e do tamanho do material.

Utilizando-se baixas pressões, a perda de umidade é aumentada em até 18% (ensaio 5, Tabela 17) e 15,7% (ensaio 14, Tabela 18), com soluções de sorbitol e sacarose, respectivamente. Em trabalhos realizados com kiwi, PEZOA-GARCÍA e RODRIGUES DE LIMA (1997) obtiveram taxa de remoção de água de

aproximadamente 32% maior no processo sob vácuo, em relação ao processo a pressão atmosférica.

Tabela 18 - Valores de perda de umidade (PU) e incorporação de sólidos (IS) na desidratação osmótica de yacon, a vácuo e à pressão ambiente, utilizando sacarose como agente osmótico

Ensaio	Vácuo		Pressão ambiente	
	PU(%)	IS(%)	PU(%)	IS(%)
4	62,38	6,17	54,29	5,68
8	62,92	5,24	54,74	4,67
14	64,44	5,43	55,70	4,84

O uso do vácuo aumentou em até 12,21% (ensaio 8, Tabela 18) a incorporação de sólidos nos frutos desidratados com sacarose e 19,66% (ensaio 11, Tabela 17) com xarope de sorbitol. O tipo de açúcar utilizado como agente osmótico afeta fortemente a cinética de remoção de água, a incorporação de sólidos e o equilíbrio da água interna. A medida em que se aumenta a massa molecular dos solutos, são observados uma diminuição dos sólidos incorporados e um aumento de perda de água, o que favorece a perda de peso e o processo de “desidratação” propriamente dito (ISLAM E FLINK, 1982; HENG et al., 1990; LERICI et al., 1985).

Tabela 19 - Valores de perda de umidade (PU) e incorporação de sólidos (IS) na desidratação osmótica de goiaba vermelha, a vácuo e à pressão ambiente, utilizando sorbitol como agente osmótico

Ensaio	Vácuo		Pressão ambiente	
	PU(%)	IS(%)	PU(%)	IS(%)
2	46,67	7,43	34,45	6,61
7	45,18	7,54	32,25	6,61
15	49,29	7,89	36,08	6,66

Tabela 20 - Valores de perda de umidade (PU) e incorporação de sólidos (IS) na desidratação osmótica de goiaba vermelha, a vácuo e à pressão ambiente, utilizando sacarose como agente osmótico

Ensaio	Vácuo		Pressão ambiente	
	PU(%)	IS(%)	PU(%)	IS(%)
4	43,46	6,30	31,85	5,73
8	45,10	6,88	33,63	6,10
10	49,52	7,73	37,84	6,69

Na desidratação osmótica da goiaba vermelha, o uso do vácuo aumentou a perda de umidade em até 36,45% (ensaio 4, Tabela 20) utilizando xarope de sacarose e em até 40,1% (ensaio 7, Tabela 19) com sorbitol. SKLIUTAS (2003) desidratando goiaba vermelha obteve perda de umidade 28% maior comparado à desidratação à pressão ambiente.

A incorporação de sólidos foi aumentada em até 18,5% (ensaio 15, Tabela 19) e 15,5% (ensaio 10, Tabela 20) sob vácuo com xarope de sorbitol e sacarose, respectivamente. QUERIDO (2000), conseguiu valores de IS de 10% em fatias de caju, trabalhando no mesmo sistema a vácuo, utilizando xarope de sacarose, como agente desidratante.

CONCLUSÕES

- O processo de desidratação osmótica utilizando sorbitol como agente desidratante, mostrou-se mais eficiente em comparação à sacarose, no que se refere a perda de umidade. A incorporação de sólidos utilizando xarope de sorbitol foi maior, fato que seria irrelevante para uso em produtos de baixo valor calórico, pois o sorbitol é um poliol amplamente utilizado em produtos de valor calórico reduzido por apresentar ainda um valor calórico de 2,4kcal/g, enquanto que a sacarose fornece 4kcal/g.
- Todos os modelos empíricos obtidos pela metodologia da superfície de resposta foram considerados preditivos no cálculo da perda de umidade e incorporação de sólidos, por apresentarem regressão significativa e falta de ajuste não significativa, ambos ao nível de 90% de confiança e valores satisfatórios de R^2 .
- A perda de umidade na desidratação osmótica de yacon apresentou valores acima aos relatados na literatura, isto pode ser devido às características do tecido do yacon.
- As condições mais adequadas para a desidratação osmótica de yacon utilizando sorbitol, foram em tempos de 84 a 120min, xarope de sorbitol entre 63 a 69°Brix e temperatura na faixa de 30 a 33°C. Nestas condições foram obtidas perdas de umidade da ordem de 53 a 55% e de incorporação de sólidos de 6,02 a 6,46%. A desidratação osmótica utilizando xarope de sacarose, apresenta as melhores

condições em tempos de 120 a 156min, solução de sacarose entre 57 e 73°Brix e temperatura na faixa de 37,5 a 42°C.

- Nas condições otimizadas de desidratação osmótica de goiaba vermelha utilizando sacarose com temperatura na faixa de 37,5 a 40°C, concentração do xarope de sacarose de 62 a 65°Brix e tempo de 156 a 180min, foram obtidas perdas de umidade da ordem de 20 a 34% e de incorporação de sólidos de 4,6 a 6,4%. Já com a utilização de xarope de sorbitol, a temperatura variou de 33 a 37°C, concentração de xarope de sorbitol de 63 a 65°Brix e tempo de 180min, com perdas de umidade na faixa de 35 a 43% e incorporação de sólidos de 5,7 a 8%.
- O processo de desidratação osmótica a vácuo mostrou-se mais eficiente que o processo de desidratação osmótica à pressão ambiente. Utilizando-se baixas pressões, a perda de umidade do yacon foi aumentada em até 18% e 15,7% com soluções de sorbitol e sacarose, respectivamente. O uso do vácuo aumentou em até 12,21% a incorporação de sólidos nos frutos desidratados com sacarose e 19,66% com xarope de sorbitol. Na desidratação osmótica da goiaba vermelha, o uso do vácuo aumentou a perda de umidade em até 36,45% utilizando xarope de sacarose e em até 40,1% com sorbitol. A incorporação de sólidos foi aumentada em até 18,5% e 15,5% sob vácuo com xarope de sorbitol e sacarose, respectivamente. Além de se utilizar menores quantidades de xarope no processo (processo a vácuo utiliza 1 fruta: 2 xarope, enquanto que a pressão atmosférica 1 fruta: 4 xarope) .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZOUBEL, P.M. **Estudo da cinética de desidratação por imersão e secagem de tomate cereja (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiform*)**. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

BARBOSA JÚNIOR, J.L. **Influência da temperatura e da concentração na desidratação osmótica de abóbora e cenoura utilizando metodologia de superfície de resposta**. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

CASTRO, D.; TRETO, O.; FITO, P.; PANADES, G.; NÚÑEZ, M.; FERNANDEZ, C.; BARAT, J.M. Deshidratación osmótica de piña a vacío pulsante. Estudios de las variables del proceso. **Alimentaria**, Madrid, mayo, p.27-32, 1997.

FARKAS, D.F; LAZAR, M.E. Osmotic dehydration of apple pieces: effect of temperature and syrup concentration on rates. **Food Technology**, Chicago, v.23, p.688-690, 1969. Apud: *Food Research International*, v.26, p.59-68, 1993.

FITO, P. Modeling of vacuum osmotic dehydration of food. **Journal of Food Engineering**, Great Britain, v.22, p. 313-328, 1994.

GARRUTI, D.S.; ABREU, F.A.P.; BASTOS, M.S.R. Obtenção de caju com aw intermediária. I – Parâmetros físicos da secagem osmótica. **EMBRAPA/CNPAT**, Fortaleza, CE, 1996.

GIANGIACOMO, R.; TORREGGIANI, D.; ABBO, E.; Osmotic dehydration of fruit: Part 1. Sugars exchange between fruit and extracting syrups. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 11, n.3, p. 183 –195, 1987.

HENG, F.; GUILBERT, S.; CUQ, J.L. Osmotic dehydration of papaya: Influence of process variables on the product quality. **Sciences des Aliments**, v.10, n.4, p.831-848, 1990.

ISLAM, M.; FLINK, J. N. Dehydration of potato II. Osmotic concentration and its effect on air drying behavior. **Journal of Food Technology**, Oxford, v.17, n.3, p.387-403, 1982.

ISLAM, M.; FLINK, J. N. Dehydration of potato II. Osmotic concentration and its effect on air drying behavior. **Journal of Food Technology**, Oxford, v.17, n.3, p.387-403, 1982.

LABUZA, T.P. The effect of water activity on reaction kinetics of food deterioration. **Food Technology**, Oxford, p.39-41, 1980.

LAZARIDES, H. N.; KATSANIDIS, E.; NICKOLAIDIS, A. Mass transfer kinetics during osmotic preconcentration aiming at minimal solid uptake. **Journal of Food Engineering**, Great Britain, v.25, p. 151-166, 1997.

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

LENART, A.; FLINK, J.M. Osmotic concentration of potato I: Criteria for the end-point of the osmosis. **Journal of Food Technology**, Oxford, v.19, p.45-63, 1984.

LERICI, C. R.; PINNAVAIA, G.; DALLA ROSA, M.; BARTOLUCCI, L. Osmotic dehydration of fruits: influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. **Journal Food Science**, Oxford, v. 50, p.1217-26, 1985.

LERICI, C. R.; PINNAVAIA, G.; DALLA ROSA, M.; BARTOLUCCI, L. Osmotic dehydration of fruits: influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. **Journal Food Science**, Oxford, v. 50, p.1217-26, 1985.

PARJOKO, L.; RAHMAN, M.S.; BUCKLE, K.A.; PERERA, C.O. Osmotic dehydration kinetics of pineapple wedges using palm sugar. **Lebensmittelwissenschaft und technologie**, v.29, p.452-459, 1996.

PEREIRA, L.M. Acondicionamento de goiabas minimamente processadas por desidratação osmótica em embalagens sob atmosfera modificada passiva. 159f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

PEZOA-GARCÍA, N.H.; RODRIGUES DE LIMA, C. Deshidratación osmótica al vacío de kiwi. In: **Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, Libro resumen, Universidad de Los Lagos, 1997.

PEZOA-GARCÍA, N.H.; PEZOA POBLETE, H.N. Desidratação osmótica sob vácuo de frutas tropicais. In: **IV Mostra de trabalhos científicos**, Resumo, Universidade Estadual de Campinas – SP, 1994.

QUERIDO, A. F. **Otimização e comparação dos processos de desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente de pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale* L).** 113 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

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

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

SKLIUTAS, A. R. **Estudo do desenvolvimento de barra dietética de cereal e goiaba pelo processo de osmose a vácuo com utilização de frutoligossacarídeos.** 112 f. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

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

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

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pré-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, Great Britain, v.49, p.247-253, 2001.

WELTI, J.; VERGARA, F. Actividad de Água – Concepto y Aplicación em Alimentos com Alto Contenido de Humedad. In: AGUILERA, J.M. **Temas em Tecnologia de Alimentos**, México: Ed. Instituto Politécnico Nacional, v.I, cap.1, p.11-43, 1997.

CAPÍTULO III

Produção de doce em massa
funcional de valor calórico reduzido
de frutas combinadas através de
processo contínuo

RESUMO

Este trabalho objetivou a formulação de doce em massa de reduzido valor calórico, com maior teor de sólidos das frutas em relação a uma formulação comercial, com a finalidade de se obter um produto principalmente rico em vitamina A, C, o carotenóide licopeno e frutoligossacarídeos provenientes do yacon. Esses últimos substituindo uma parte dos açúcares tradicionais utilizados (sacarose e glicose). As polpas processadas de goiaba vermelha e yacon desidratados osmoticamente e acerola foram caracterizadas físico-quimicamente, mostrando composição adequada para um produto a ser processado. Foram testadas três formulações de doce em massa processadas de forma convencional, em planta piloto, para em seguida, selecionar a de melhor aceitação sensorial e esta ser processada no sistema contínuo. Desta forma, foi escolhida a formulação que apresentou 50% de polpa de goiaba vermelha, 30% de acerola e 20% de yacon. Os resultados do teste afetivo de aceitação mostraram uma boa aceitação, variando de “gostei ligeiramente” a “gostei moderadamente”. O doce em massa produzido através de processo contínuo em equipamento piloto composto por trocador de calor tubular e misturador estático, apresentou concentração final de 29,4ºBrix. O doce em massa foi caracterizado sob os aspectos físicos, químicos e microbiológicos. Os resultados da caracterização em relação a pH, acidez, atividade de água, sinerese, cor e textura mostraram-se coerentes com dados da literatura. Através da avaliação microbiológica, pôde-se classificar o doce em massa como “comercialmente estéril”.

SUMMARY

The objective of this study was the formulation of a reduced calorie solid preserve with a higher fruit solids content than normally found in commercial products, aiming at obtaining a product rich in vitamins A and C, the carotenoid lycopene and the fructooligosaccharides found in yacon, the latter substituting part of the sugars traditionally used (sucrose and glucose). The osmotically dehydrated red guava and yacon pulps and the West Indian cherry pulp were characterized physico-chemically, obtaining results in accordance with those found in the literature. Three formulations were tested and processed conventionally in a pilot plant. The most highly accepted formulation was then re-processed in a continuous system. The formulation chosen contained 50% red guava pulp, 30% West Indian cherry pulp and 20% yacon pulp. The results of the affective acceptance test showed good acceptance varying from “liked slightly” to “liked moderately”. The preserve produced by the continuous process using pilot equipment consisting of a tubular heat exchanger and static mixer, showed a final concentration of 29.4°Brix. The preserve was characterized according to its physical, chemical and microbiological aspects. The results obtained for pH, acidity, water activity, syneresis, color and texture were coherent with data found in the literature. The microbiological evaluation showed that the preserve was commercially sterile.

INTRODUÇÃO

Atualmente os consumidores desejam adquirir produtos de valor calórico reduzido, nutritivos, que tenham nutrientes com potencial protetor de saúde em busca de uma vida mais saudável. Por isso a indústria alimentícia aproveita a oportunidade para colocar no mercado produtos inovadores.

Devido a essa tendência, as frutas frescas têm aumentado sua popularidade em comparação às frutas processadas, porém a dificuldade de conservação e procura por praticidade desses alimentos provocam o aparecimento dos alimentos processados. A desidratação de frutas tem sido objeto de pesquisa na procura por métodos de secagem que proporcionem, além de baixo custo, produtos estáveis, que conservem com pouca alteração suas características nutritivas e sensoriais (SKLIUTAS, 2003).

Algumas alternativas dentre esses produtos são as geléias e doces em massa, de valor calórico reduzido, nas quais a sacarose e o xarope de glicose normalmente adicionados são substituídos por outros adoçantes e/ou edulcorantes, os quais são geralmente utilizados em combinação, pois o efeito sinérgico resultante leva ao aumento do poder adoçante e à diminuição de problemas relativos ao sabor.

Na elaboração de doces em massas mistos vários vegetais podem ser misturados, como por exemplo a goiaba, acerola e o yacon.

As frutas utilizadas na produção de doces devem estar com maturação adequada, quando apresentam melhor sabor e cor, bem como quantidades adequadas de açúcar e pectina. A fruta verde, além de sua deficiência nos atributos citados, pode causar cor castanha no produto final, enquanto que a fruta sobre madura sofre perda de pectina e nutrientes devido à ação de enzimas pécticas e a degradação de vitamina C, por exemplo, ficando ainda mais susceptível ao ataque de fungos e leveduras (JACKIX, 1988).

A sacarose utilizada na fabricação de doces e geléias pode ser substituída, as substâncias mais utilizadas sendo a sacarina, o ciclamato, o acessulfame e o aspartame (edulcorantes sintéticos não calóricos); o esteviosídeo (edulcorante não calórico natural); sorbitol e frutose (adoçantes calóricos) (TOREZAN, 2000) .

O sorbitol possui as funções de adoçante, agente de corpo, inibidor de cristalização, estabilizante e umectante, dentre outras. Tem poder adoçante de 0,5 a 0,7 vezes o da sacarose e valor calórico de 2,4 kcal/g. É considerado não cariogênico e comumente empregado em produtos para fins dietéticos especiais indicados para diabéticos. Porém, possui a desvantagem de induzir à ocorrência de sinerese em geléias, quando estas são submetidas a longos períodos de armazenamento, e tem leve efeito laxativo (CÂNDIDO e CAMPOS, 1996). Na legislação brasileira não há limite máximo de utilização de sorbitol em alimentos e bebidas para dietas com ingestão controlada de açúcares (BRASIL, 2001).

O acessulfame é um edulcorante não nutritivo, derivado do potássio, altamente estável em solução na faixa de pH de alimentos e bebidas, bem como a temperaturas utilizadas em processamento de alimentos, como a pasteurização, esterilização e processos UHT. Possui poder adoçante de 200 vezes maior que soluções de sacarose a 3% (CÂNDIDO e CAMPOS, 1996). É aprovado pelo *Food and Drug Administration* (FDA), e pela legislação brasileira pertence à classe dos edulcorantes artificiais, a serem utilizado até 0,035g/100g em alimentos e bebidas com ingestão controlada de açúcares (BRASIL, 2001).

A frutose é um monossacarídeo, encontrado naturalmente nas frutas, possui uma importante característica no que diz respeito à sua utilização em alimentos para dietas com restrição de açúcares, já que pode ser metabolizado independentemente da insulina e mais lentamente do que a glicose no trato gastrointestinal, prevenindo o rápido aumento de açúcar no sangue. Porém, possui um valor calórico equivalente ao da sacarose e glicose (4 kcal/g); a frutose não é recomendada como substituto desses açúcares em dieta de redução de calorias. (CÂNDIDO e CAMPOS, 1996; BOHANNON et al., 1980).

Quanto à formação de gel, o mecanismo envolvido nas geléias e doces em massa de valor calórico reduzido é diferente daquele que ocorre com produtos convencionais, de alto teor de sólidos.

Para a formação do gel adiciona-se pectina, de baixa ou alta metoxilação, sendo que ambas podem formar gel em altas concentrações de açúcar. Por outro lado, apenas as de baixa metoxilação formam gel em baixas concentrações de sólidos solúveis (LEME JR., 1968) e o fazem somente em presença de certos cátions, sendo o cálcio o mais freqüentemente utilizado (JACKIX, 1988).

Para manter a estabilidade microbiológica de doces sem açúcar, apenas a acidificação do meio não é suficiente, uma vez que o baixo teor de solutos leva a um alto valor da atividade de água, propiciando o desenvolvimento microbiano. Assim, é comum a adição de um conservante, normalmente o ácido sórbico em forma de sal (sorbato de sódio, potássio ou cálcio), com maior atuação contra bolores e leveduras do que contra bactérias (gram negativas), sendo efetivo em doses de 700 a 1000 ppm (KYSLINK, 1990).

Em relação aos processos utilizados na produção de doces em massa de frutas e geléias, o mais difundido é a cocção à pressão atmosférica, mas tem-se também a cocção a vácuo e o processo contínuo.

O processo à pressão atmosférica, amplamente difundido, utiliza normalmente tachos abertos com camisa de vapor e agitador mecânico. O tempo de aquecimento deve ser controlado, pois períodos longos causam a caramelização do açúcar, com conseqüente escurecimento do produto, além de excessiva inversão da sacarose, grande perda de aromas, degradação da pectina e gastos desnecessários de tempo e energia; já um período muito curto de cocção pode resultar em pouca ou nenhuma inversão da sacarose e absorção incompleta do açúcar pela fruta, causando durante o armazenamento destruição do gel e diminuição da concentração de sólidos solúveis do produto (JACKIX, 1988).

Na cocção a vácuo os tachos com camisa de vapor são fechados e conectados a uma bomba de vácuo, possibilitando que o processo ocorra a baixas temperaturas. Desse modo, a cocção a vácuo possui as seguintes vantagens: processamento de bateladas maiores de geléia sem que ocorra caramelização, melhor conservação das características nutricionais e sensoriais da fruta e redução de perda da pectina durante a cocção comparada com o processamento em tachos abertos (CETEC, 1985).

Segundo JACKIX (1988), esse processo apresenta desvantagens em relação ao método tradicional como custo elevado de instalação, maior dificuldade quanto à limpeza da linha e necessidade do uso parcial de xarope de açúcar invertido ou xarope de milho, uma vez que devido à baixa temperatura o grau de inversão da sacarose é pequeno.

O processo contínuo é caracterizado por um fluxo contínuo de alimentação e descarga enquanto durar o processo. No processo contínuo de produção de geléias e doces em massa, os ingredientes são simultaneamente adicionados à polpa ou suco de fruta, enquanto esta é continuamente bombeada através do trocador de calor (TOREZAN, 2000).

As principais vantagens do processo contínuo são originadas pelas suas condições de operação, temperaturas e tempos de residência bem menores que as do processo convencional de produção de geléias e doces, o que minimiza também oxidações, acarretando melhoria na qualidade nutricional e sensorial dos produtos. Destaca-se ainda o menor consumo de energia desse processo, e a maior uniformidade do produto.

O presente trabalho teve como objetivo o processamento de polpas de goiaba e yacon desidratados osmoticamente e acerola e sua caracterização química, visando à utilização das polpas na produção em processo contínuo de um doce em massa de valor calórico reduzido, rico em sólidos das frutas. Com o objetivo de obter um produto principalmente rico em vitamina A, C, o carotenóide licopeno e frutoligossacarídeos provenientes do yacon, esses últimos substituindo uma parte dos açúcares tradicionais utilizados (sacarose e glicose).

MATERIAL E MÉTODOS

1. MATERIAL

1.1 DOCE EM MASSA

- Polpa de goiaba vermelha desidratada osmoticamente
- Polpa de yacon desidratado osmoticamente
- Polpa de acerola
- Pectina de baixo teor de metoxilação (BTM)
- Acessulfame-k – TOVANI BENZAQUEN
- Frutose – TOVANI BENZAQUEN
- Sorbitol em pó – RHODIA
- Fosfato tricálcico – SYNTH
- Sorbato de potássio

2. MÉTODOS

2.1 TESTES PRELIMINARES PARA FORMULAÇÃO DO DOCE EM MASSA DE VALOR CALÓRICO REDUZIDO

Foram realizados testes preliminares de bancada para definir a formulação do doce em massa. Inicialmente, o projeto seria sobre geléia (produzida a partir de sucos clarificados), mas nos testes preliminares, observou-se que, se as polpas das frutas fossem clarificadas ou centrifugadas, alguns componentes nutricionais e funcionais, como o licopeno, por exemplo, seriam perdidos durante os processos. O licopeno ficaria na fase precipitada da centrifugação, principalmente por ser insolúvel em água. Desta

forma teriam diminuição da quantidade de nutrientes que seriam o objeto da pesquisa. Por este motivo foi feita a opção pelo desenvolvimento do doce em massa, característica mais apropriada ao produto obtido.

Visando ao desenvolvimento de um produto com alegação de funcional, utilizou-se a desidratação osmótica para pré-concentrar a goiaba vermelha e o yacon, minimizando as perdas nutricionais, além de um tratamento térmico mais rápido.

Após os testes de bancada, foram escolhidas três formulações para serem desenvolvidas no multiprocessador Stephan, para verificar a aceitação das mesmas perante os provadores através de análise sensorial. Assim, a formulação mais aceita, foi processada no tratamento térmico contínuo.

2.2 PROCESSAMENTO DAS POLPAS EM PLANTA PILOTO PARA A FORMULAÇÃO DOS DOCES EM MASSA

2.2.1 Obtenção da polpa de goiaba

As frutas selecionadas, foram lavadas por imersão em água clorada com 100mg/L de cloro livre e logo lavadas com água potável para a remoção do excesso de cloro. Foram descascadas quimicamente com o auxílio de soda cáustica. O descascamento químico procedeu-se, utilizando solução de soda cáustica a 8% a 45°C, por aproximadamente 1min, até remoção total da casca. Após o descascamento, as frutas foram lavadas em água corrente. As frutas foram cortadas ao meio, e as sementes junto com a parte central foram retiradas. As frutas foram dispostas no equipamento de desidratação osmótica a pressão ambiente, em uma proporção fruta:xarope de 1:4, em tanque de polipropileno de 8L, utilizando bomba peristáltica para a circulação da solução osmótica. Apesar da desidratação osmótica a vácuo demonstrar-se mais eficiente que à pressão atmosférica, o equipamento disponível de

desidratação osmótica a vácuo possui capacidade para 1kg de fruta enquanto que à pressão atmosférica é possível desidratar 8kg de fruta/batelada.

Como já havia sido otimizado o processo de desidratação osmótica da goiaba, utilizou-se solução de sacarose (devido ao seu menor custo comparando-se com o sorbitol), a 65°Brix, durante 3hs. Após a desidratação foi realizada a drenagem da solução osmótica, seguida por enxágüe da fruta em solução aquosa para remoção do excesso de xarope. Em seguida, a água residual foi absorvida em papel absorvente por 5 minutos. A fruta desidratada foi processada em multiprocessador piloto de alimentos STEPHAN, durante 90s a 85°C. Posteriormente, a fruta foi despulpada no extrator de polpa de pás STERLING-SPEED-TROL. Após, a polpa foi envasada em sacos plásticos e congelada em congelador a placas, marca FRIGOTRELLA DO BRASIL.

2.2.2 Obtenção da polpa de acerola

Os frutos foram selecionados, lavados com água potável, sanitizados com solução contendo 100mg/L de cloro livre e finalmente lavados com água potável para retirada do excesso de cloro. Os frutos seguiram para o extrator de polpa de pás STERLING-SPEED-TROL, e posteriormente, a polpa foi processada em multiprocessador piloto de alimentos STEPHAN, durante 90s a 85°C. A polpa obtida foi acondicionada em sacos plásticos, congelada em congelador a placas marca FRIGOTRELLA DO BRASIL, e armazenada.

2.2.3 Obtenção da polpa de yacon

Os frutos foram lavados, imersos em solução de hipoclorito de sódio 200mg/L por 20 min, descascados manualmente, com posterior fatiamento radial da matéria-prima com espessura de 6mm. Posteriormente, foi realizada a inativação enzimática em solução aquosa de metabissulfito de sódio a 200mg/L, a temperatura ambiente, por 2 minutos. Em seguida, os frutos foram dispostos no equipamento de desidratação

osmótica à pressão ambiente, em uma proporção fruta:xarope de 1:4, em tanque de polipropileno de 8L, utilizando bomba peristáltica para a circulação da solução osmótica. Como já havia sido otimizado o processo de desidratação osmótica do yacon, utilizou-se solução de sacarose (devido ao seu menor custo comparando-se com o sorbitol) com 1000mg/L de ácido ascórbico e 100mg/L de metabissulfito, a 57°Brix, durante 156min (condição otimizada de desidratação osmótica conforme capítulo II). Após a desidratação foi realizada a drenagem da solução osmótica, seguida por enxágüe da fruta em solução aquosa contendo 200mg/L de metabissulfito de sódio para remoção do excesso de xarope. Em seguida, a água residual foi absorvida em papel absorvente por 5 minutos. O fruto desidratado foi processado em multiprocessador piloto de alimentos STEPHAN, durante 90s a 85°C, com 1000mg/L de ácido ascórbico. Posteriormente, a fruta foi despulpada no extrator de polpa de pás STERLING-SPEED-TROL. Após, a polpa foi envasada em sacos plásticos e congelada em congelador a placas, marca FRIGOTRELLA DO BRASIL.

2.3 PROCESSAMENTO DO DOCE EM MASSA EM PLANTA PILOTO NO MULTIPROCESSADOR STEPHAN

O processamento do doce em massa, a partir das formulações determinadas nos ensaios preliminares, seguiu as seguintes etapas:

- Mistura e aquecimento das polpas (goiaba vermelha e yacon desidratados osmoticamente e acerola) com sorbitol em pó até 70°C, no multiprocessador Stephan;
- Adição dos demais ingredientes (pectina BTM, acessulfame, fosfato tricálcico, frutose e sorbato de potássio);
- Aquecimento com agitação até 98°C, durante 2 minutos;
- Envase do produto a quente em embalagens de vidro (250mL) e fechamento com tampas metálicas e inversão dos mesmos por aproximadamente 2 minutos;

- Resfriamento à temperatura ambiente.

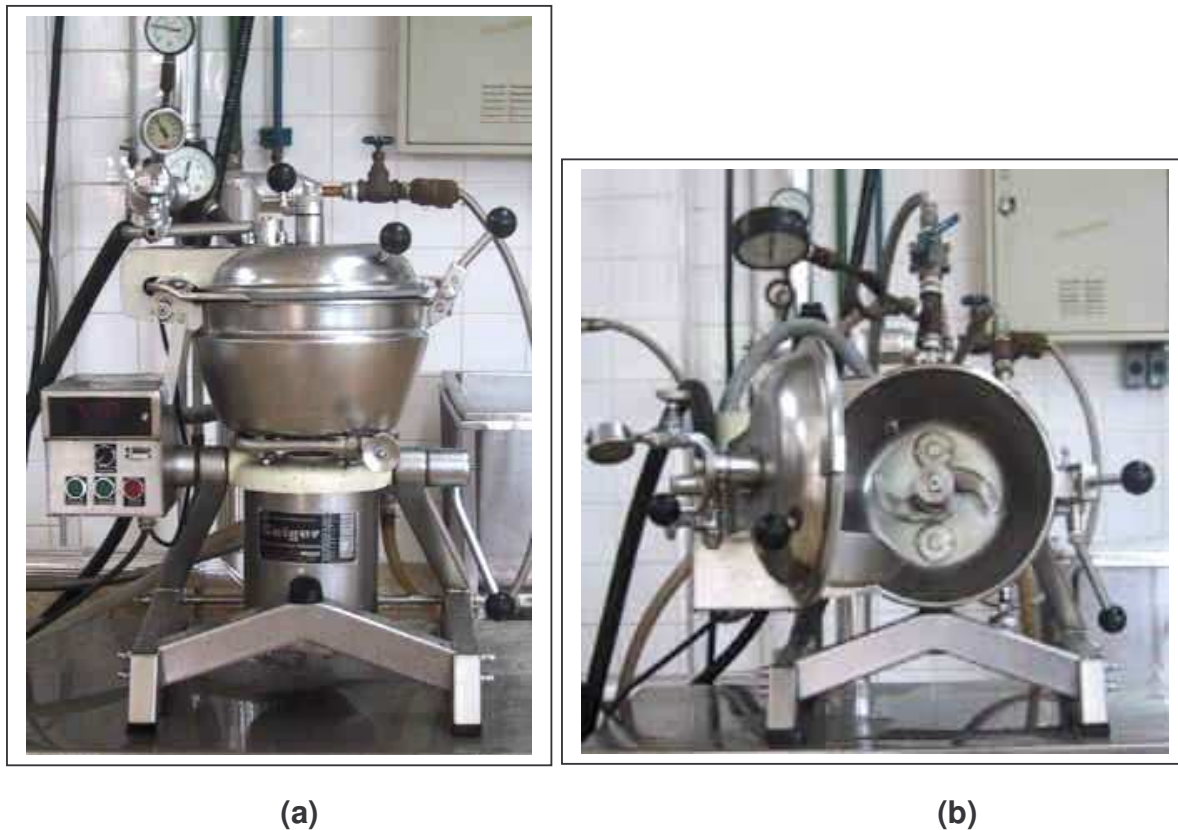


Figura 1 - Equipamento utilizado no processamento dos doces em massa: multiprocessador piloto de alimentos STEPHAN (a) vista frontal e (b) vista interna.

2.4 PROCESSAMENTO DO DOCE EM MASSA EM PROCESSO CONTÍNUO

O processamento do doce em massa em processo contínuo foi realizado com a segunda formulação processada no STEPHAN, pois foi a de maior aceitação na análise sensorial, e seguiu as seguintes etapas:

- Mistura e aquecimento de 70% da polpa de acerola e 30% da polpa de yacon desidratado osmoticamente até 70°C no multiprocessador STEPHAN (Figura1);
- Adição da pectina BTM e do sorbitol em pó até completa dissolução;

- Mistura e aquecimento das polpas (goiaba vermelha desidratada osmoticamente e restante da polpa de yacon e acerola) no evaporador tipo bule até 75°C;
- Adição dos demais ingredientes (acesulfame, fosfato tricálcico, frutose, sorbato de potássio e ácido málico) e a mistura processada no STEPHAN;
- Manutenção do aquecimento de 75°C;
- Transporte ao tanque alimentador do equipamento de processo contínuo (Figura 2a);
- Bombeamento da mistura ao trocador de calor/misturador estático até 90°C utilizando pressão de vapor na camisa do trocador de calor 1,2kgf/cm²;
- Envase do produto a quente em embalagens de vidro (250mL e 600mL) e fechamento com tampas metálicas e inversão dos mesmos por aproximadamente dois minutos;
- Resfriamento à temperatura ambiente.

O equipamento montado para a realização do processo contínuo do doce em massa é localizado na Planta Piloto de Frutas, Hortaliças e Produtos Açucarados no Departamento de Tecnologia de Alimentos – FEA - UNICAMP (Figura 2). É composto por: tanque alimentador de aço inox de 100L; bomba de deslocamento positivo MONO PUMPS (modelo SJ310/v), munida de regulador de velocidades VARIMOT (escala de 0 a 1600rpm); trocador de calor/misturador estático, com 02 trechos retos interligados em aço inox, 05 módulos de aquecimento munidos internamente de misturador estático helicoidal KENICS (205m comprimento) (Figura 3), e 03 tubos de retenção; manômetros para vapor (0 a 4kgf/cm²); válvula redutora de pressão SPIRAX SARCO (modelo BRV2S); termopares rígidos tipo T (cobre-constantan) com fios de extensão; registrador de temperatura; agitador mecânico semi-industrial.

O misturador estático helicoidal é um acessório relativamente simples que oferece vantagens práticas, podendo ser utilizado em trocadores de calor tubulares visando a melhorar a homogeneização do produto e aumentar a transferência de calor (PERRY e CHILTON, 1980).



Figura 2 - Equipamento utilizado no processamento contínuo de doce em massa

Legenda:

a: Tanque de alimentação

b: Bomba de deslocamento positivo

c: Conjunto dos trocadores de calor tubulares que comportam os misturadores helicoidais

d: Registrador de temperatura

e: Termopares

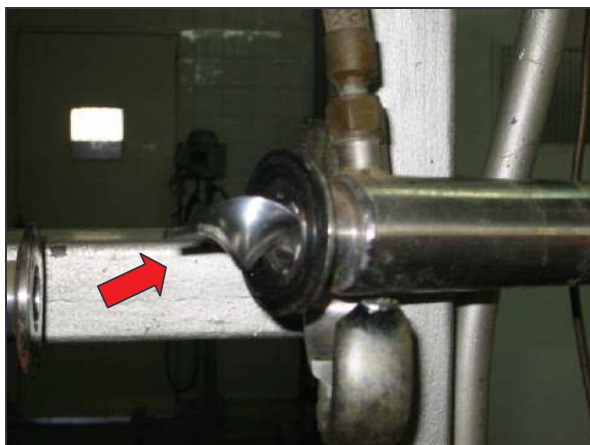


Figura 3 - Helicóide do misturador estático

2.5 DETERMINAÇÕES QUÍMICAS DAS POLPAS DE FRUTAS E DOS DOCES EM MASSA

2.5.1 Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis dos doces em massa foi determinado em refratômetro Carl Zeiss (JENA), sendo feitas as correções das leituras de acordo com a temperatura.

2.5.2 pH

O pH dos doces foi medido em pHmetro MICRONAL modelo B 374, segundo método 13.010, AOAC (1984).

2.5.3 Acidez total titulável

Foi determinada através do método 942.15, AOAC (1997) e expressa em porcentagem de ácido cítrico anidro.

2.5.4 Umidade e sólidos totais

O teor de sólidos totais foi determinado utilizando aparelho infravermelho GEHAKA IV 2002, utilizando-se temperatura de 110°C e controle de tempo *auto-dry*, até que a diferença de peso fosse menor que 0,05%. A determinação da umidade foi realizada por diferença. A utilização deste equipamento foi definida para a realização destas análises após efetuar uma correlação entre o aparelho de infravermelho e a estufa a vácuo e verificação de equivalência de resultados.

2.5.5 Atividade de água

A atividade de água dos doces em massa foi determinada através do aparelho AQUALAB, modelo CX-2 Decagon.

2.5.6 Açúcares redutores e totais

O teor de açúcares redutores e totais foi determinado segundo técnica recomendada pela AOAC método 925.35 e 925.36 (1997).

2.5.7 Vitamina C

O teor de vitamina C dos doces foi determinado através do método que se baseia na redução do 2,6-diclorofenol indofenol-sódico pelo ácido ascórbico, AOAC

(1984), modificado por BENASSI (1990), que substitui o solvente extrator ácido metafórico por ácido oxálico.

2.5.8 Carotenóides totais

O teor de carotenóides totais foi determinado de acordo com o método de RODRIGUEZ-AMAYA (1999).

2.5.9 Identificação e quantificação de carboidratos por cromatografia de íons (HPLC-PAD)

A identificação e quantificação dos carboidratos foi determinada através de cromatógrafo de íons:

- Detector eletroquímico: ED-40
- Sistema de bombas: GP 50
- Detector de pulso amperométrico: eletrodo de ouro
- Software para aquisição e processamento de dados além de geração de relatório-PEAKNET
- Pré-coluna e coluna CarboPac PA100

A pré-coluna e a coluna foram conectadas em série seguindo as condições padrão de uso.

a) Preparo da fase móvel

O critério básico para análise dos açúcares em HPLC-PAD é a solubilidade da fase móvel. A fase móvel utilizada foi: NaOH 100mM, acetato de sódio 500mM em NaOH 100mM e água ultra pura obtida de um sistema de purificação compacto Milli-Q

Plus (18 Ω). A fase móvel foi degaseificada durante 5 minutos com nitrogênio. O fluxo do eluente foi de 1,0mL/min.

b) Curva de calibração

Para a construção da curva de calibração foram utilizados padrões de kestose, nistose e frutossilnistose (WAKO DAKO INDUSTRIES LTD.), glicose, frutose e sacarose da MERCK. Foram preparadas as soluções contendo os seis padrões, numa faixa de concentrações de 1-100mg/L. A integração dos picos para cada padrão foi otimizada com base no melhor coeficiente de regressão obtido. Utilizando-se o software PEAKNET de aquisição de dados obteve-se uma curva padrão para quantificação das amostras.

c) Preparo das amostras

As amostras de yacon *in natura*, polpa de yacon desidratado osmoticamente e doce em massa (formulação 4) foram diluídas em água destilada e depois centrifugadas, para ficarem numa faixa de concentrações de 40 -100mg/L.

d) Injeção das amostras no sistema HPLC-PAD

As amostras foram injetadas em uma coluna CarboPac PA100, utilizando um injetor automático (SpectroSERIES AS 100), nas seguintes condições de operação:

- Temperatura ambiente: 22-24°C
- Detector de pulso amperométrico: eletrodo de ouro
- Volume de injeção: 25 μ L
- Fluxo do eluente: 1,0mL/min
- Fase móvel: NaOH 100mM, acetato de sódio 500mM em NaOH 100mM e água ultra-pura (MilliQ).

e) Identificação e quantificação das amostras

As amostras (25µL) foram injetadas no sistema Dionex DX-500 (Sunnyvale, CA, USA), consistindo de uma bomba gradiente GP50 com um detector eletroquímico ED-40, operando na forma de pulso amperométrico, e um eletrodo de trabalho de ouro e eletrodo de referência Ag-AgCl. O programa de detecção amperométrica utilizado para medida dos carboidratos nas amostras está acoplado a um computador usando um programa de aquisição de dados Peak Net 5.1. Os produtos foram analisados usando uma coluna de troca aniônica CarboPac PA 100 (250x4mm) e uma pré-coluna CarboPac PA 100 (50x4mm). O gradiente de eluição utilizado consistiu de dois solventes: (A) uma solução de NaOH 100mM e (B) uma solução de NaOH 100mM contendo 500mM de acetato de sódio. O tempo total de corrida foi de 35 minutos. A eluição iniciou com 100% de A por 10 minutos a um fluxo de 1,0 mL/min, seguido de um gradiente linear de 0-38% do solvente B combinado com o solvente A por 12 minutos. Em seguida a coluna foi lavada por 5 minutos com 100% do solvente B e equilibrada com 100% de A por 5 minutos.

A identificação e quantificação foram realizadas usando padrões comerciais como descrito anteriormente.

2.6 DETERMINAÇÕES FÍSICAS DOS DOCES EM MASSA

2.6.1 Sinerese

A sinerese, exsudação da fase aquosa da rede do gel, foi determinada através da metodologia proposta por BAYDON et al. (1987), onde amostras de doce em massa são colocadas no centro de papel de filtro Whatman nº1, previamente seco em estufa e mede-se após 2 minutos o avanço do anel de umidade, tomado como índice de sinerese, sendo os resultados expressos em centímetros de incremento do diâmetro em relação à amostra.

2.6.2 Cor

A cor é uma propriedade da aparência atribuída à distribuição espectral da luz. Trata-se de uma característica da luz medida através da sua intensidade (energia radiante) e comprimento de onda. A cor pode variar de acordo com a intensidade da luz e seu comprimento de onda (VIAL, GUILBERT e CUQ, 1991).

A *Comission Internationale d'Eclairage* (CIE), em 1931, estabeleceu uma nomenclatura e um espaço de cor, usando algumas formas de notação baseado nos valores de XYZ. A nomenclatura e o espaço formam um método para expressar a cor de um objeto ou de uma fonte de luz.

Os parâmetros de cor L^* (luminosidade), a^* ($+a^*$ vermelho, $-a^*$ verde), b^* ($+b^*$ amarelo, $-b^*$ azul), sistema CIELab (FERREIRA, 1991), foram determinados através de aparelho HUNTER LAB modelo Color Quest II, com iluminante D65 e ângulo 10° , e padrão branco de calibração nº M03500, com $X= 0,83$, $Y= 85,1$ e $Z= 91,0$, com janela de leitura (campo de visão) de 10mm.

A leitura foi realizada em triplicata, transferindo-se amostra de doce em massa, com o auxílio de uma seringa, para uma cubeta de 5x5cm.

2.6.3 Textura

A textura dos doces em massa foi avaliada através de método instrumental denominado Análise do Perfil de Textura (TPA), proposto por FRIEDMAN et al. (1963). Texturômetro TA-XT₂ (*Stable Micro Systems SMS*), equipado com *probe* de diâmetro P/05 e calibre 100mm, foi utilizado para avaliação das amostras.

As amostras de doce em massa foram transferidas para copos plásticos de 50mL, com auxílio de uma seringa. As amostras foram submetidas a dois ciclos de compressão na parte central, em cinco replicatas. As condições utilizadas para os testes foram: velocidade pré-teste de 3,0mm/s, velocidade do teste de 2,0mm/s, velocidade pós-teste de 2,0mm/s, distância de penetração do êmbolo na amostra de

8,0mm, força de contato de 5g. Os parâmetros avaliados foram dureza (g) e adesividade (g x s).

2.7 ANÁLISE SENSORIAL DOS DOCES EM MASSA

Foi realizado teste afetivo de aceitação, utilizando escala hedônica não estruturada de 9cm, avaliando a cor, aroma, sabor, impressão global e intenção de compra seguindo metodologia de STONE e SIDEL (1993) e MEILGAARD et al. (1988).

Os testes afetivos têm por objetivo conhecer a opinião pessoal de um determinado grupo de consumidores, em relação a um ou mais produtos. Essa opinião pode ser dada com relação ao produto de forma global, ou com relação a apenas algumas características específicas do produto. Testes afetivos têm sido muito utilizados por fabricantes ou prestadores de serviços, e constituem-se em uma ferramenta fundamental e valiosa no desenvolvimento, otimização e garantia da qualidade dos produtos (STONE e SIDEL, 1993; MEILGAARD et al., 1988).

Os testes afetivos podem ser classificados em dois tipos: os testes de aceitação, que avaliam o quanto os consumidores gostam ou desgostam de um ou mais produtos; e os testes de preferência, que medem a preferência de um produto sobre os demais, por parte dos consumidores (MEILGAARD et al., 1988).

Foram consultados 34 provadores, sendo 19 do sexo feminino e 15 do sexo masculino, todos alunos, professores e funcionários da Universidade Estadual de Campinas.

As amostras foram analisadas numa mesma sessão, porém de forma monádica, utilizando-se fichas distintas, a fim de se evitar a comparação direta entre elas. A ordem de apresentação das amostras foi balanceada, a fim de se evitar o efeito *first order*, que é a possibilidade da amostra avaliada em primeiro lugar exercer influência sobre a avaliação da(s) amostra(s) subseqüentes.

Foram servidos cerca de 30g de doce em massa em copinhos plásticos descartáveis, codificados com três algarismos, acompanhados de biscoito de água e faca plástica, sendo avaliados os atributos cor, aroma, sabor, impressão global e intenção de compra. Entre uma amostra e outra, o provador poderia comer pão de forma sem casca, para uma amostra não interferir na outra.

Os resultados foram analisados através de Análise de Variância (ANOVA) e teste de Tukey, utilizando o pacote estatístico SAS, e através da distribuição das notas atribuídas para cada doce em massa, nos atributos avaliados (histogramas de frequência)..

Nome _____ Data: _____

No. da Amostra _____

Você está recebendo uma amostra de doce em massa de goiaba, acerola e
yacon de baixo valor calórico.

Por favor, observe, aspire e prove a amostra e marque na escala o que você
achou:

Em relação à cor:

Desgostei extremamente _____ Gostei extremamente

Em relação ao aroma:

Desgostei extremamente _____ Gostei extremamente

Em relação ao sabor:

Desgostei extremamente _____ Gostei extremamente

Em relação à impressão global:

Desgostei extremamente _____ Gostei extremamente

O que você mais gostou nessa amostra? _____

O que você menos gostou nessa amostra? _____

Se este produto estivesse à venda nos mercados, qual seria sua atitude?

- () Eu certamente compraria
- () Eu provavelmente compraria
- () Eu tenho dúvida se compraria ou não
- () Eu provavelmente não compraria
- () Eu certamente não compraria

Justifique: _____

Comentários: _____

Figura 4 - Ficha sensorial utilizada no teste afetivo de aceitação dos doces em massa

2.8 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DO DOCE EM MASSA PROCESSADO EM TRATAMENTO TÉRMICO CONTÍNUO

2.8.1 Bolores e leveduras

A contagem de bolores e leveduras foi realizada de acordo com a metodologia proposta por VANDERZANT e SPLITSTTOESSER (1992).

2.8.2 Coliformes

A análise da presença de coliformes na amostra foi realizada de acordo com a metodologia proposta por VANDERZANT e SPLITSTTOESSER (1992).

2.8.3 Bactérias lácticas

A análise da presença de bactérias lácticas foi realizada de acordo com a metodologia proposta por VANDERZANT e SPLITSTTOESSER (1992).

2.8.4 Teste de esterilidade comercial

Conforme Resolução Normativa nº 9 de 1978, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária “os doces em massa de vegetais e frutas não podem apresentar, após sete dias de incubação a 35°C, modificações de natureza físico-química ou organoléptica, assim como alteração das embalagens (estufamentos, vazamentos e corrosão)”. A resolução afirma que os doces não podem apresentar níveis de contaminação diferentes daqueles fixados pelos padrões microbiológicos vigentes. Assim, foi definida a realização da análise de esterilidade comercial, na qual é realizada análise visual e microbiológica da amostra.

O teste de esterilidade comercial para alimentos ácidos, visando à detecção de bactérias lácticas (indicativas de vazamento), bolores e leveduras (vazamento) e termófilos *flat-sour* (subprocessamento), foi realizado de acordo com a metodologia proposta por LANDRY, SCHWAB e LANCETTE (1995). As amostras de doce em massa foram incubadas às temperaturas de 30°C e 55°C por dez dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS FRUTAS *IN NATURA* E DAS POLPAS PROCESSADAS

De maneira geral, os resultados obtidos na caracterização química das frutas *in natura* e polpas, apresentados na Tabela 1, aproximam-se daqueles citados na literatura. Deve-se ressaltar que ao comparar a caracterização das matérias-primas com resultados de outros estudos, os frutos, inclusive da mesma variedade, podem apresentar diferenças devido a outros fatores como condições climáticas e de solo existentes nas diferentes regiões de cultivo (VIÉGAS, 1991).

Os valores de pH obtidos na acerola foram superiores a 3,5 (3,54 – 3,93). Estes valores estão acima aos encontrados por CAVALCANTE (1991) - entre 3,1 e 3,3. Os valores confirmam que a acerola é uma fruta ácida, demonstrando, porém, a possibilidade de sua utilização industrial para fabricação de geléias e doces, sem a necessidade de adição de ácidos no processamento.

Tabela 1 - Características químicas das frutas *in natura* e polpas de acerola, goiaba vermelha e yacon desidratados osmoticamente (DO)

Análise	Acerola		Goiaba		Yacon	
	<i>in natura</i>	polpa simples*	<i>in natura</i>	polpa DO**	<i>in natura</i>	polpa DO**
°Brix	6,0	8,5	9,5	15,0	9,0	25,5
pH	3,93	3,54	4,04	4,10	6,42	5,84
Umidade (%)	93,79	91,16	88,94	83,73	89,46	72,84
Sólidos totais (%)	6,21	8,84	11,06	16,27	10,54	27,16
Aw	0,998	0,995	0,997	0,989	0,997	0,978
Açúcares redutores (%)	3,82	3,79	5,15	10,60	7,75	6,90
Açúcares totais (%)	4,74	7,50	7,46	13,50	8,89	22,80
Vitamina C (mg/100g)	979,78	902,20	113,49	65,14	1,42	38,13
Acidez (expressa em% ácido cítrico)	0,679	0,749	0,418	0,336	0,021	0,872
Carotenóides totais (expressa em mg/100g)	0,54	0,60	2,35	2,67	0,18	0,21

* polpa simples: processada sem ser submetida a processo de concentração osmótica

** polpa DO: polpa obtida após a desidratação osmótica

A acidez total titulável variou de 0,679 a 0,749% expressa em ácido cítrico, valores dentro da faixa reportada por MATSUURA et al. (2001) que encontraram valores entre 0,69 e 1,65%.

O valor médio para o percentual de umidade da acerola determinado (91,96 a 93,79%) encontra-se na faixa descrita por ALAIS e LINDEN (1990) (74 a 94%) para a maioria dos produtos vegetais, podendo também ser comparado aos valores obtidos por NOGUEIRA (1991) (89,10 a 92,33%); MANICA e CARVALHO (1995) (91,19%) e RITTER (1994) (92,85%).

Os sólidos solúveis apresentaram resultados entre 6 e 8,5ºBrix, valores dentro da faixa reportada por MATSUURA et al. (2001) que encontraram valores entre 6 e 11,6ºBrix. A polpa simples apresentou-se com porcentagem de sólidos solúveis superior a fruta *in natura* possivelmente por ter sido processada em multiprocessador piloto de alimentos STEPHAN, durante 90s a 85°C.

O percentual de açúcares totais encontrado na acerola, ficou entre 4,74 e 7,5%, superando os valores obtidos por NOGUEIRA (1991) (2,84 a 3,94%) e equivalendo aos teores determinados por ALVES (1992) (4,84%); RITTER (1994) (4,92).

Foram encontrados valores de 902,20 a 979,78mg de ácido ascórbico/100g de polpa de acerola e a fruta *in natura*, respectivamente. Esta diminuição do teor de ácido ascórbico após o processamento, pode ser devido a oxidação do mesmo quanto exposto ao ar, calor e luz. O teor de ácido ascórbico em acerola tem sido reportado por vários autores. ASENJO e GUZMAN (1946) relataram valores entre 1.000 e 3.300mg de ácido ascórbico por 100g de polpa de acerola; JAFLE et al. (1950), na Venezuela, encontraram o valor médio de 1.130mg/100g; CRAVIOTO (1951), no México, obteve o valor de 2.520mg/100g; JACKSON e PENNOCK (1958), em Porto Rico, entre 1.580 e 2.750mg/100g; MILLER et al. (1961), no Havaí, de 2.329mg/100g. No Brasil, ROCHA (1988) encontrou teores ao redor de 1.500mg por 100 g de polpa. CAVALCANTE (1991) determinou o teor de vitamina C em frutos provenientes dos Estados de Pernambuco, Ceará e São Paulo, obtendo os valores médios de 2.808, 1.949 e 1.640mg de ácido ascórbico por 100g de polpa, respectivamente. O mais alto valor de

ácido ascórbico reportado na literatura - 4.676mg de ácido ascórbico por 100 g de matéria comestível - foi obtido por MUSTARD (1946), em frutos verdes colhidos na Flórida.

Para a determinação de carotenóides da acerola obteve-se 0,54 a 0,60mg de β -caroteno /100g acerola, um valor pouco maior que o relatado por CAVALCANTE, (1991) de 0,45mg de β -caroteno/100g.

A goiaba vermelha *in natura* apresentou 9,5ºBrix, valor coerente ao encontrado por LIMA et al. (2002) em cultivares variando de 7,2 a 10,9ºBrix. Segundo GONZAGA NETO et al. (1986) altos teores de sólidos solúveis são desejáveis tanto para frutos destinados ao consumo *in natura* quanto para a indústria, no último caso, o custo do processamento é menor.

A acidez total titulável variou de 0,336 a 0,418% expressa em ácido cítrico, goiaba desidratada osmoticamente e *in natura*, respectivamente, valores semelhantes aos encontrados por YAMASHITA e BENASSI (2000), que reportaram 0,41% expressa em ácido cítrico em goiabas vermelhas *in natura*. LIMA et al. (2001) encontraram resultados que variaram de 0,4 a 1,04% expressa em ácido cítrico. Segundo NASCIMENTO et al. (1991), uma acidez elevada é importante para o processamento, pois diminui a adição de acidificantes artificiais. Baixos teores em ácidos, por sua vez, são uma característica desejável quando o objetivo é o consumo *in natura* (PAIVA et al., 1997).

O pH das goiabas variou de 4,04 a 4,10. Segundo MANICA et al. (1998), valores de pH superiores a 3,5 indicam a necessidade de se adicionarem ácidos orgânicos comestíveis no processamento dos frutos, visando a uma melhor qualidade no produto final industrializado.

Os teores de açúcares totais variaram de 7,46 a 13,50% na goiaba *in natura* e na desidratada osmoticamente, respectivamente. Esta variação pode ser devido à incorporação de solutos durante a desidratação osmótica da goiaba vermelha realizada

em soluções de sacarose. LIMA et al. (2001), reportaram teor de açúcares totais variando de 3,03 a 7,07% nos frutos estudados.

O teor de vitamina C, característica especialmente importante nos frutos destinados ao consumo *in natura*, teve valores variando de 65,14 a 113,49mg/100g, da goiaba desidratada osmoticamente e *in natura*, respectivamente; essa diferença pode ser devida à perda, por lixiviação, da vitamina para o agente desidratante durante o processo de DO. LIMA et al. (2001) encontraram valores de 52,80 a 209,88 mg ácido ascórbico/100g.

Os valores de carotenóides encontrados foram 2,35 a 2,67mg de licopeno/100g de polpa *in natura* e desidratada osmoticamente, respectivamente, valores estes abaixo dos citados pela literatura. PADULA e RODRÍGUEZ-AMAYA (1986) reportaram 5,34mg/100g de licopeno em goiabas frescas cultivar IAC-4. Posteriormente WILBERG e RODRÍGUEZ-AMAYA (1995), reportaram uma quantidade de 4,48-6,06/100g mg de licopeno em goiaba madura.

O teor de vitamina C da polpa de yacon desidratado osmoticamente (38,13mg/100g) foi muito superior ao do yacon *in natura* (1,42 mg/100g), possivelmente devido a incorporação de ácido ascórbico durante a desidratação osmótica, pois para inibir o escurecimento das raízes, foram adicionados ácido ascórbico e metabissulfito de sódio como antioxidantes. LIZÁRRAGA et al. (1997) encontrou um maior teor de vitamina C em yacon *in natura* 13mg/100g de ácido ascórbico, entretanto, o teor de carotenóides foi maior do que o relatado pelo mesmo autor (0,08mg/100g de yacon).

O teor de umidade está próximo ao relatado por NIETO (1994) que encontrou 84,8% de umidade no yacon.

O yacon apresentou teores de açúcares totais de 8,89 e 22,80%, *in natura* e desidratado osmoticamente; essa diferença pode ser devida à incorporação de soluto do agente desidratante durante a desidratação osmótica. VIETMEYER (1989) reporta valores de 20% de açúcares totais em amostras de yacon.

2. FORMULAÇÕES FINAIS DOS DOCES EM MASSA DE VALOR CALÓRICO REDUZIDO PROCESSADOS NO MULTIPROCESSADOR STEPHAN EM PLANTA PILOTO

Através dos resultados obtidos no teste de aceitação, a formulação 2 foi escolhida para os testes em escala piloto, no equipamento de tratamento térmico contínuo. Porém, o pH da formulação 2 apresentou valores próximos a 4,3. Adicionando-se ácido cítrico, o pH do produto não reduzia para o valor desejado e o sabor era muito ácido. Com ácido tartárico, o pH do produto foi reduzido, mas o sabor também foi afetado. Assim, adicionou-se ácido málico, conseguindo-se atingir o pH desejado, no caso 3,9 e um sabor agradável. Foi levantada a curva de acidez para se determinar a quantidade exata de ácido málico a ser adicionado ao produto. Essa nova formulação é chamada de formulação 4.



Figura 5 - Doces em massa de valor calórico reduzido, formulação 1, 2, 3 e 4

Tabela 2 - Formulações para doces em massa de valor calórico reduzido

Ingredientes		Formulação 1	Formulação 2	Formulação 3
		(%)	(%)	(%)
Polpas (79,745%)	Polpas de goiaba	25	50	30
	Polpa de yacon	40	20	25
	Polpa de acerola	35	30	45
Outros ingredientes (20,255%)	Sorbitol	12	12	12
	Pectina BTM	1	1	1
	Acessulfame-K	0,035	0,035	0,035
	Fosfato tricálcico	0,16	0,16	0,16
	Frutose	7	7	7
	Sorbato de potássio	0,06	0,06	0,06

Tabela 3 - Formulação do doce em massa de valor calórico reduzido processado através de processo contínuo (Formulação 4)

Ingredientes	Sólidos solúveis (%)	Peso (g)	Sólidos solúveis (g)
Polpa de goiaba	15	7.981	1.197
Polpa de yacon	25,5	3.192	814
Polpa de acerola	8,5	4.788	407
Sorbitol	*	2.415	2.415
Pectina BTM	*	201	201
Acessulfame-K	*	7	7
Fosfato tricálcico	*	32	32
Frutose	*	1.408	1.408
Sorbato de potássio	*	12	12
Ácido málico	*	80	80
Total	—	20.116	6.573

OBS: * produtos em pó.

3. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS DOCES EM MASSA DE VALOR CALÓRICO REDUZIDO

Os resultados da caracterização química dos doces em massa de valor calórico reduzido de acerola, goiaba vermelha e yacon desidratados osmoticamente estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Características químicas dos doces em massa de valor calórico reduzido

Características	F 1	F 2	F 3	F 4
Sólidos solúveis (°Brix)	36	33,9	35,1	29,4
pH	4,55	4,35	4,34	3,9
Açúcares redutores (%)	5,12	3,29	3,7	3,03
Açúcares totais (%)	29,09	26,34	27,91	24,60
Acidez total (expressa em% ácido cítrico)	0,260	0,309	0,342	0,680
Vitamina C (mg/100g)	203,87	199,34	258,89	189,87
Umidade (%)	63,63	65,43	63,75	69,89
Aw	0,947	0,950	0,949	0,978
Carotenóides (expressa em mg/100g)	11,89	7,13	9,51	4,67

Não existe no mercado um produto similar aos doces em massa de valor calórico reduzido para comparação e tampouco limites estabelecidos por legislação quanto ao teor de sólidos solúveis. Contudo, através dos testes realizados foi possível constatar que a formulação 1, 2 e 3 contribuem com 37,5g, 35,63g e 33,39g de sólidos solúveis de fruta (em 100g de formulação).

Considerando-se um doce em massa convencional tipo extra, ou seja, 50% de fruta e 50% de açúcares, com as mesmas proporções de fruta utilizadas na formulação 1, como por exemplo 25% de polpa de goiaba, 35% de polpa de acerola e 40% de polpa de yacon, e partindo-se das mesmas matérias primas sem concentrar (polpa de goiaba com 9,5ºBrix, polpa de acerola com 8,5ºBrix e polpa de yacon com 9ºBrix), obteríamos 10,17% de sólidos solúveis de fruta no doce em massa convencional com uma concentração final total de 67ºBrix, enquanto que o de valor calórico reduzido utilizando frutas desidratadas osmoticamente, obteríamos 16,94% de sólidos de fruta (66,57% a mais de sólidos solúveis provenientes das polpas de frutas em relação ao produto convencional simulado teoricamente).

Sabe-se que o conteúdo de sólidos solúveis provenientes da fruta de geléias e doces em massa comerciais, é muito baixo, ao redor de 5 a 9%. Os sólidos solúveis restantes que esses doces compõem, correspondem a açúcares de adição (sacarose e xarope de glicose, principalmente).

Os teores de sólidos solúveis bem próximos entre si encontrados para as formulações 1, 2 e 3 de 36, 33,9 e 35,1ºB, respectivamente, estão acima dos produtos comerciais e dos relatados normalmente na literatura. CARDOSO (1998), ao formular geléias *light* a partir de suco de banana clarificado, encontrou valores de sólidos solúveis de 20,6 e 25,3ºBrix para as formulações sem adição de substitutos de sacarose; 29,3 e 31,7ºBrix para as formulações com uma mistura composta pelos substitutos sorbitol, frutose e polidextrose, e com teores de sólidos da fruta 25% superiores às duas primeiras formulações.

O pH das três formulações iniciais ficou um tanto elevado, (4,34-4,55), por esse motivo, na formulação preparada em processo contínuo, foi adicionado ácido málico até

pH 3,9. Apesar de a pectina BTM produzir géis em uma larga faixa de pH, com ou sem adição de açúcar na presença de pequenas quantidades de cálcio, o pH teve que ser reduzido para auxiliar a manter a estabilidade microbiológica do produto, uma vez que o baixo teor de solutos leva a um alto valor da atividade de água (0,947 a 0,978), propiciando o desenvolvimento microbiano.

Em relação aos valores de vitamina C obtidos fez-se a seguinte comparação: vinte gramas das formulações de doce em massa (aproximadamente uma colher de sopa), contém em média de 37,97 a 51,78mg de vitamina C respectivamente, o que corresponde a aproximadamente 63,28 a 86,30% da quantidade diária recomendada 60mg/dia para adultos, de acordo com a Portaria n° 33, de 13 de Janeiro de 1998 (BRASIL, 1998a).

Também, com relação à perda de vitamina C durante o processamento pode-se ressaltar que, conforme estudo de TOREZAN (2000), há uma maior perda do teor de vitamina C na geléia convencional, devido ao tempo de processamento à alta temperatura para evaporar uma parte da água presente no suco e assim obter um teor de sólidos solúveis ideal para boa formação do gel, o que não é necessário no caso da geléia e/ou doce sem adição de sacarose e glicose, nos quais a função do tratamento térmico é promover a dissolução dos ingredientes na mistura e a destruição de microorganismos. Assim, a geléia e/ou doce em massa sem adição de sacarose e glicose se mostra mais vantajosa em relação a um doce em massa convencional devido ao maior teor de vitamina C, tanto por possuir um teor inicial maior desse nutriente devido à sua formulação com maior teor de sólidos solúveis das frutas, quanto pela manutenção desse teor em função do processamento que sofre.

Quanto ao valor energético, considerando apenas o teor de açúcares adicionados, não contabilizando as contribuições calóricas de proteínas e lipídeos, que na verdade são inexpressivas nesse tipo de produto, esse valor é de 267,96kcal/100g em um doce convencional com 50% de açúcares, considerando o valor calórico de 4 kcal/g para açúcares, sacarose, glicose e frutose, que podem estar presentes naturalmente nas polpas ou que sejam adicionados.

Seguindo o mesmo cálculo, os doces em massa formulados apresentam um valor energético de 162,22, 154,74 e 145,78Kcal/100g de doce em massa das formulações 1, 2 e 3 respectivamente, considerando os valores calóricos de 4 Kcal/g para a frutose e sacarose e 2,4Kcal/g para o sorbitol, e a incorporação de solutos durante a desidratação. Assim, a diferença mínima comparativa para se considerar o produto *light* em calorias é cumprida, pois os doces apresentam uma redução mínima do valor energético de 65%, e diferença de 105,7kcal/100g nesse atributo em relação a um doce em massa convencional.

Os produtos formulados não obedecem à exigência da Portaria nº27, de 13/01/98, da Secretaria de Vigilância Sanitária/Ministério da Saúde, que aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes) de apresentarem no máximo 40kcal/100g para serem considerados *light*, já que só em base no teor de açúcares o valor energético é de em média 153,52kcal/100g. Assim, o termo correto atribuído aos doces em massa em relação ao valor energético é reduzido (BRASIL, 1998b).

Em relação à classificação do produto quanto à sua utilização em dietas específicas, de acordo com a Portaria nº 29, de 13/01/98, da Secretaria de Vigilância Sanitária, do Ministério da Saúde, que aprova o Regulamento Técnico referente a Alimentos para Fins Especiais, os doces em massa formulados podem ser destinados a dietas de ingestão controlada de açúcares (BRASIL, 1998c).

De acordo com a Resolução nº 19, de 30/04/99, a alegação de propriedade funcional e/ou de saúde, são permitidas em relação à função e ou conteúdo para nutrientes, podendo ser aceitas aquelas que descrevem o papel fisiológico do nutriente no crescimento, desenvolvimento e funções normais do organismo, mediante demonstração da eficácia. Para os nutrientes com funções plenamente reconhecidas pela comunidade científica não será necessária a demonstração de eficácia ou análise da mesma para alegação funcional na rotulagem. As alegações podem fazer referências à manutenção geral da saúde, ao papel fisiológico dos nutrientes e não nutrientes e à redução de risco a doenças. Não são permitidas alegações de saúde que façam referência à cura ou prevenção de doenças (BRASIL, 1999).

A Resolução nº 2, de 07 de janeiro de 2002, referente a aprovação de substâncias bioativas e probióticos isolados com alegação de propriedades funcional e ou de saúde, aprova os carotenóides como substâncias bioativas (BRASIL, 2002). A Portaria nº 33, de 13 de janeiro de 1998, recomenda a ingestão mínima de 60mg/dia de vitamina C para adultos (BRASIL, 1998a). As propriedades funcionais dos frutooligossacarídeos, são aprovadas na Resolução nº 19, de 30 de abril de 1999 (BRASIL, 1999).

3.1 IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE CARBOIDRATOS POR CROMATOGRAFIA DE ÍONS (HPLC-PAD)

Foram realizadas análises para identificação e quantificação dos carboidratos existentes no yacon *in natura*, polpa de yacon desidratado osmoticamente e no doce em massa processado em tratamento térmico contínuo. Os resultados estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Concentração dos carboidratos solúveis no yacon *in natura*, polpa de yacon desidratado osmoticamente e no doce em massa (formulação 4)

Carboidrato (mg/g)	Yacon in natura	Polpa de yacon desidratado osmoticamente	Doce em massa (F 4)
Sacarose	1,73	17,23	19,14
Frutose	23,15	28,78	39,69
Glicose	8,23	9,23	14,75
GF ₂ (kestose)	2,83	16,59	2,78
GF ₃ (nistose)	Não detectado	6,20	0,33
GF ₄ (frutossilnistose)	Não detectado	Não detectado	Não detectado

A concentração de sacarose na polpa de yacon desidratado osmoticamente e no doce em massa apresentou-se elevada, provavelmente devido à incorporação de solutos do agente desidratante (xarope de sacarose) durante o processo de desidratação osmótica. A frutose no doce em massa apresentou maior concentração devido à adição desse monossacarídeo na formulação do doce.

O yacon *in natura* (9ºBrix) apresentou 33,11mg/g de carboidratos simples (frutose + glicose + sacarose) e 2,83mg/g de FOS. Enquanto que a polpa de yacon desidratada osmoticamente (25,5ºBrix) e o doce em massa apresentaram 55,24 e 73,58mg/g de carboidratos simples e 22,79 e 3,11mg/g de FOS, respectivamente.

PASSOS (2003) trabalhando com yacon *in natura* encontrou valores semelhantes de sacarose (1,5mg/g), inferiores de glicose e frutose, 0,5 e 6,2mg/g, respectivamente, e superiores de GF₂ (5mg/g). A autora conseguiu detectar GF₃ na concentração de 1mg/g e também não detectou a presença de GF₄.

Ainda de acordo com a mesma autora, ela relata que para todos os açúcares analisados o pico máximo de concentração ocorreu após 15 dias de armazenamento de yacon, e durante o armazenamento as maiores mudanças ocorreram nas concentrações de frutose e GF₂, no entanto, o aumento da concentração de GF₂ coincide com a diminuição da concentração de frutose, e vice versa, na mesma amostra.

QUINTEROS (2000) trabalhando com yacon amarelo brasileiro relata concentrações de frutose de 4,99, glicose 2,96, sacarose 1,52, GF₂ 1,90, GF₃ 2,07 e GF₄ 1,24mg/g.

A proporção relativa de oligofrutos e monossacarídeos flutua significativamente durante o ciclo de crescimento e depois da colheita, levando a resultados aparentemente contraditórios. Por exemplo, um estudo detalhado dos açúcares do yacon publicado por OHYAMA et al. (1990) indicou que oligofrutos são apenas 20% dos seus açúcares, contra 67% reportados por ASAMI et al. (1991). É importante ressaltar que o primeiro trabalho usou material que estava estocado a baixa

temperatura por mais de 3 meses, enquanto que o segundo utilizou raízes recém-colhidas.

Resultados de análises de carboidratos realizadas por GOTO et al. (1995) sugerem que os oligossacarídeos do yacon possuem ligação β -D-frutofuranosil (2-1), repetindo unidades com terminal sacarose e, portanto, oligossacarídeos tipo inulina. Esses resultados coincidem com os resultados obtidos, onde foram encontradas altas concentrações de frutooligossacarídeos, principalmente GF₂.

4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS FORMULAÇÕES DOS DOCES EM MASSA ESTUDADOS

4.1 DETERMINAÇÃO DA MEDIDA DA SINERESE

A medida de sinerese foi realizada após 05 dias de processamento, os resultados estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores para sinerese ocorrida nos doces em massa

Sinerese	Formulação 1	Formulação 2	Formulação 3	Formulação 4
(cm)	0,10	0,10	0,15	0,25

Comparando os resultados de sinerese das formulações estudadas, percebe-se que os valores obtidos foram próximos entre eles, sendo a formulação 4 que apresentou maior valor. Este fato pode ser explicado pelo teor de umidade presente na amostra (76,89%), havendo portanto mais água disponível para migrar, provocando a sinerese.

TOREZAN (2000), ao estudar geléia de manga sem adição de sacarose e glicose encontrou valores de 0,47cm em média após 5 dias de processamento.

4.2 DETERMINAÇÃO DA COR

Os resultados da medida dos parâmetros L^* , a^* , b^* para os doces em massa estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores médios das determinações instrumentais de cor das formulações dos doces em massa de valor calórico reduzido estudadas

Cor	L^*	a^*	b^*
F 1	43,20	15,37	22,29
F 2	44,09	17,74	21,92
F 3	42,80	16,59	22,52
F 4	44,02	17,70	21,88

Os resultados mostram que as formulações 2 e 4 obtiveram valores próximos em relação à cor, apesar de elas apresentarem formulações semelhantes, o tratamento térmico aplicado foi diferente, o que não alterou a cor das mesmas.

Os doces em massa apresentam pequenas variações (próximo a 3%) nos valores de luminosidade (L^*). No que diz respeito à cromaticidade, a cor predominante é o amarelo, mas apresenta também intensidade de vermelho.

4.3 MEDIDA DA TEXTURA

Os resultados da medida dos parâmetros dureza e adesividade dos doces em massa estudados através da Análise do Perfil de Textura Instrumental estão apresentados na Tabela 8 e o perfil de textura nos anexos I ao IV, respectivamente.

O parâmetro dureza corresponde, na curva do perfil de textura gerada pelo texturômetro, à altura do primeiro pico gerado pela compressão e adesividade, à área do pico negativo formado quando o probe é retirado da amostra (FRIEDMAN, WHITNEY e SZCZESNIAK 1963). Sob o ponto de vista sensorial, dureza é definida como a força necessária para comprimir uma substância entre o molar (para sólidos) ou entre a língua ou palato (para semi-sólidos) para se obter uma deformação ou penetração, enquanto que adesividade é o trabalho necessário para remover o material que adere à boca (dente, palato, língua) (ABBOTT, 1973).

Tabela 8 - Valores médios dos atributos de textura dos doces em massa

Textura	F 1	F 2	F 3	F 4
Dureza (g)	35,82	27,87	27,52	22,97
Adesividade (g x s)	77,13	61,21	74,06	46,81

Pelos resultados apresentados na Tabela 8, nota-se uma grande variação entre as formulações de doce em massa, de 55 a 64% em relação à dureza e adesividade, respectivamente. TOREZAN (2000), reportou valores de 44,21g para dureza e 73,38g.s de adesividade para geléia de manga sem adição de sacarose e glicose.

5. ANÁLISE SENSORIAL

Os resultados do teste afetivo de aceitação realizado para avaliação dos doces em massa de valor calórico reduzido estão apresentados na Tabela 9. A ficha sensorial utilizada no teste está apresentada no item 2.7.

Tabela 9 - Aceitação média dos atributos cor, aroma, sabor e impressão global dos doces em massa de valor calórico reduzido

Atributos	Formulação 1	Formulação 2	Formulação 3
Cor	6.14 ^b	6.8 ^a	6.51 ^{ab}
Aroma	6.41 ^a	7.06 ^a	6.95 ^a
Sabor	6.04 ^b	6.93 ^a	6.43 ^{ab}
Impressão global	6.31 ^b	6.85 ^a	6.40 ^{ab}

Obs: Médias com letras iguais na mesma linha no sentido horizontal não apresentam diferença significativa entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey

As três amostras de doce em massa de valor calórico reduzido apresentaram médias de aceitação entre 6 e 7, cujos valores representam respectivamente gostei ligeiramente e gostei moderadamente, que são índices bastante satisfatórios de aceitação.

Os doces em massa não apresentaram diferença significativa entre si ($p \leq 0,05$) para o atributo aroma. Em relação à cor, sabor e impressão global, a formulação 1 e 2 diferem entre si ao nível de 5% de significância, já a formulação 3 não difere das demais ao nível de 5% de significância. A diferença entre a formulação 1 e 2, em relação à cor e sabor, pode ser percebida provavelmente pelas diferentes quantidades de acerola e goiaba, a formulação 1 apresenta 40% de polpa de yacon (amarelinha e

sabor suave), enquanto que a 2 apenas 20%, e o restante entre polpas de goiaba vermelha e acerola (cores vermelhas e sabores marcantes).

Outra forma de se avaliar a escala hedônica é a análise de distribuição de freqüência dos valores hedônicos obtidos por cada amostra através de histogramas, que tornam possível a visualização da segmentação dos valores hedônicos de cada amostra, revelando o nível de aceitação e rejeição da mesma junto aos consumidores e permitindo a verificação de uma possibilidade de distribuição não normal.

As figuras 6, 7, 8 e 9 mostram os histogramas de distribuição das notas recebidas para cada um dos atributos cor, aroma, sabor e impressão global em cada uma das formulações.

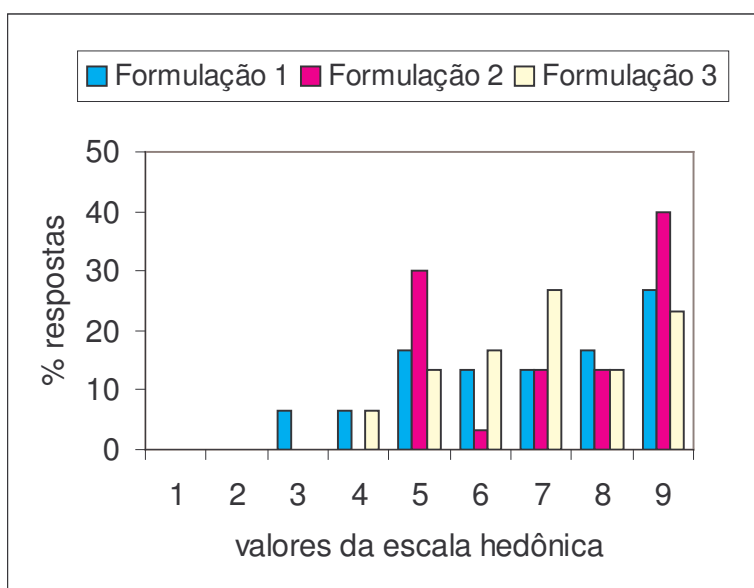


Figura 6 - Histograma de freqüência dos valores da escala hedônica atribuídos às formulações dos doces em massa de valor calórico reduzido para o atributo cor

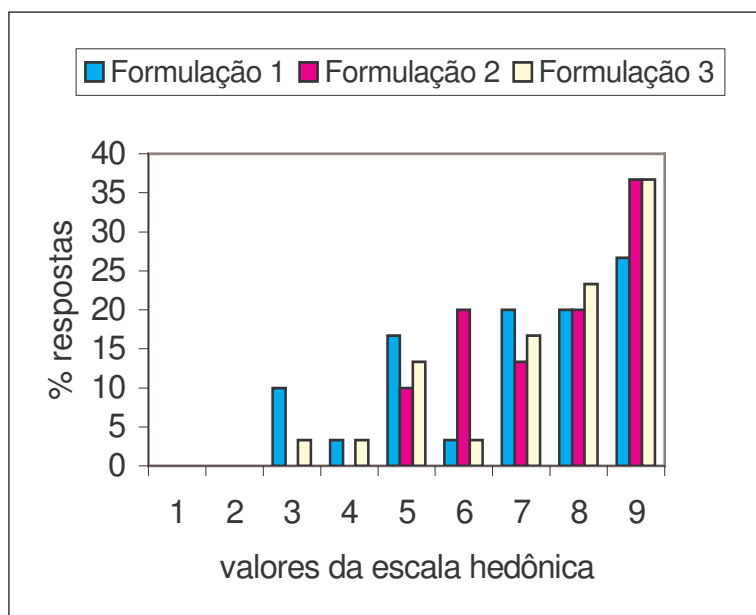


Figura 7 - Histograma de freqüência dos valores da escala hedônica atribuídos às formulações dos doces em massa de valor calórico reduzido para o atributo aroma

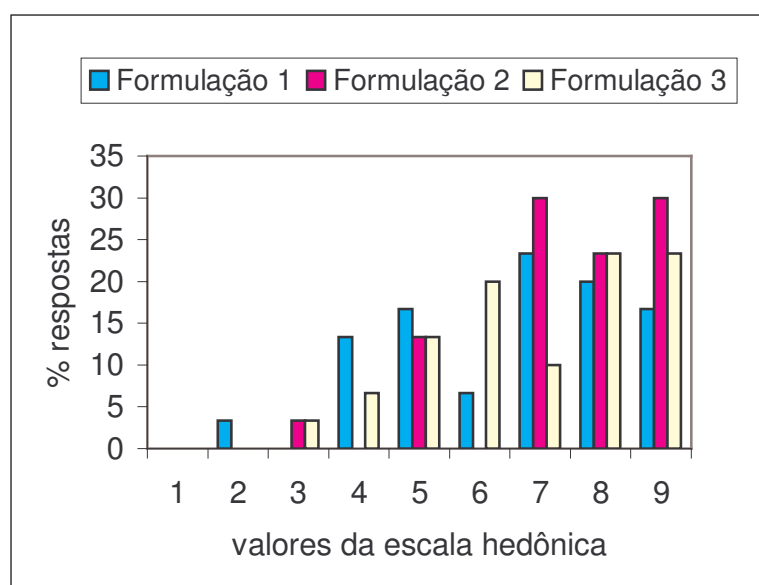


Figura 8 - Histograma de freqüência dos valores da escala hedônica atribuídos às formulações dos doces em massa de valor calórico reduzido para o atributo sabor

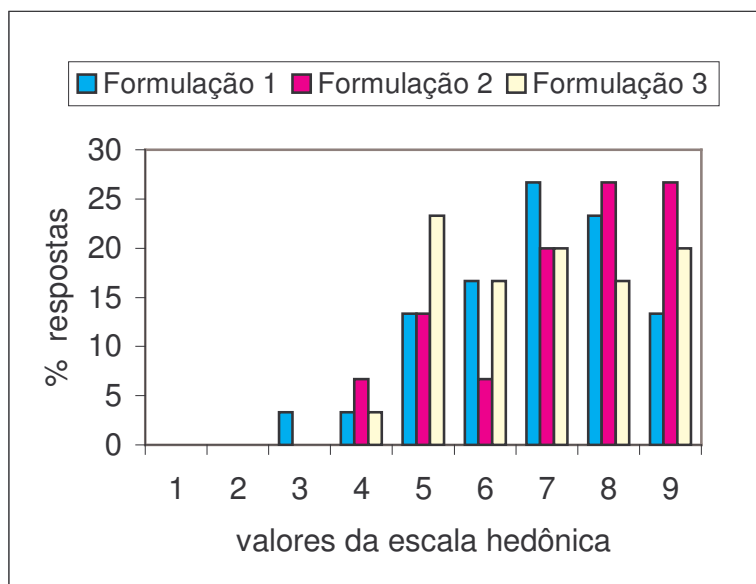


Figura 9 - Histograma de freqüência dos valores da escala hedônica atribuídos às formulações dos doces em massa de valor calórico reduzido para o atributo impressão global

Através desses histogramas pode-se verificar que a maioria das notas recebidas para cada um dos atributos cor, aroma, sabor e impressão global em cada uma das formulações situam-se na região indicativa de aprovação dos produtos (valores iguais ou superiores a 5), convergindo para o lado direito do histograma. Observa-se também que não há possibilidade de um comportamento multi-modal das distribuições, comportamento esse que sugeriria que haver uma determinada proporção de provadores que aprovam esta amostra e uma mesma proporção de provadores que rejeitam a amostra fazendo com que o simples cálculo da média de cada amostra anule esse efeito antagônico, impossibilitando a detecção da segmentação dos provadores.

A intenção de compra dos provadores atingiu valores que variam de 46,66% (formulação 1) a 70% (formulação 2) para os provadores que comprariam os produtos contra 3,33 (formulação 3) a 26,67 (formulação 1) dos provadores que não comprariam os produtos, estando o restante dos provadores em dúvida se comprariam ou não comprariam os produtos.

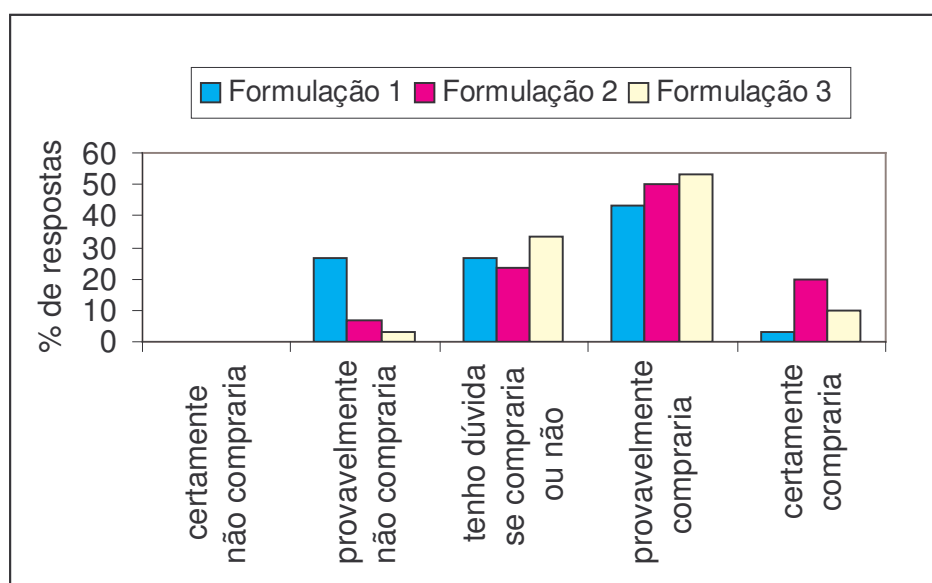


Figura 10 - Histograma de intenção de compra das formulações dos doces em massa de valor calórico reduzido estudados

6. AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Os resultados das análises microbiológicas realizadas no doce em massa de valor calórico reduzido processado em planta piloto em processo contínuo estão apresentados na Tabela 10.

Como mostra a tabela, as análises de bolores/leveduras e coliformes apresentaram resultados negativos, porém o produto apresentou crescimento quando enriquecido em meio ácido (pH=5,0), incubado a 30°C por 96h. O tubo apresentou turbidez, assim, foi realizado um esgotamento para verificar a viabilidade do microrganismo, foram constatados *Bacillus sp.*, mesófilos, gram positivo, catalase positiva, esporos terminal. O produto pode ser considerado como “comercialmente estéril”, pois os microrganismos encontrados podem estar no produto, desde que sejam incapazes de crescer nas condições de pH do produto (pH=3,9).

De acordo com SILVA, JUNQUEIRA e SILVEIRA (1997), dentre os microrganismos cuja presença é considerada normal em alimentos ácidos comercialmente estéreis estão os esporos de bactérias termófilas e mesófilas não ácido tolerantes, capazes de sobreviver aos tratamentos térmicos dimensionados para alimentos ácidos, porém, incapazes de crescer nas condições de pH do produto.

A formação de esporos é importante para a microbiologia de alimentos, pois essas estruturas são resistentes ao calor, a radiações ionizantes, compostos químicos, desidratação e congelamento. A reversão da forma esporo para a forma vegetativa pode resultar na multiplicação bacteriana e conseqüente deterioração do alimento ou produção de toxinas (FRANCO e LANDGRAF, 2002).

Vários fatores influenciam a estabilidade microbiológica dos alimentos, por isso o estudo das interações intrínsecas e extrínsecas que afetam a capacidade de sobrevivência e de multiplicação dos microorganismos nos alimentos é importante. O estudo desse conceito deu origem ao conceito dos obstáculos de LEISTNER (1992). Cada um dos fatores, como atividade de água, pH, temperatura de armazenamento, conservador químico e composição química dos alimentos atuam com intensidades diferentes no controle microbiano.

No caso do doce em massa, a atividade de água não é considerada um obstáculo pois apresenta um alto valor (0,978), a composição química do produto, por

possuir baixa concentração de solutos (não ocorre adição de açúcares), também não influencia positivamente no controle microbiano.

O conceito dos obstáculos deu origem à tecnologia dos obstáculos, que se baseia na utilização simultânea de mais de uma forma de controle microbiano nos alimentos, no caso do doce em massa, o pH igual a 3,9, adição de sorbato de potássio como conservante e armazenamento sob refrigeração. O objetivo final é a obtenção de produtos alimentícios estáveis e seguros à saúde dos consumidores.

Tabela 10 - Resultados da avaliação microbiológica no doce em massa de valor calórico reduzido (formulação 4)

Análises	Doce em massa F 4
Coliformes	N
Bolores e leveduras	N
Bactérias lácticas	N
Esterilidade comercial	
Caldo extrato de malte – incubação 30°C/96h	N
Caldo ácido – incubação 30°C/96h	O
Caldo ácido – incubação 55°C/48h	N

N: não ocorrência de crescimento

O: ocorrência de crescimento

O pH do doce em massa é de 3,9, considerado assim um alimento ácido, e em razão de uma das matérias-primas utilizadas ser uma raiz (yacon), o produto fica mais susceptível à presença de esporos.

Durante o processo contínuo, a temperatura do produto não ultrapassou 90°C dentro do equipamento, mesmo utilizando alta pressão de vapor na camisa do trocador

de calor ($1,2\text{kgf/cm}^2$) e a mínima vazão mássica possível, pois o alto teor de polpa presente no doce e ingredientes (pectina, edulcorantes, aditivos), dificultou a transferência de calor entre o trocador e o produto. Mesmo aumentando-se a pressão de vapor, a temperatura não aumentava, devido a possíveis incrustações do produto na parede do equipamento.

TOREZAN (2000) utilizando o mesmo equipamento, conseguiu atingir temperaturas máximas de 87°C no início do processo, decaindo com o andamento do mesmo, e pressão de vapor na camisa de $1,4\text{kgf/cm}^2$, mas a autora não conseguiu esterilidade comercial na geléia de manga sem adição de sacarose e glicose.

Foram estabelecidas as seguintes condições de operação:

- Pressão de vapor no tanque alimentador: $0,2\text{ kgf/cm}^2$
- Pressão de vapor na camisa do trocador tubular: $1,2\text{ kgf/cm}^2$
- Temperatura da alimentação do produto: 69 a 73°C
- Temperatura de saída do produto do trocador: 87 a 90°C
- Tempo residência: 76s
- Vazão mássica do produto: 3L/min

Durante o processamento, a vazão mássica do produto variou bastante, apesar de a bomba de deslocamento positivo possuir regulador de velocidades VARIMOT.

Um produto similar foi processado no equipamento de tratamento térmico contínuo, a temperatura do produto atingiu 97°C dentro do equipamento, utilizando alta pressão de vapor na camisa do trocador de calor ($1,6\text{kgf/cm}^2$). Para avaliação microbiológica do mesmo, foi realizado teste de esterilidade comercial de acordo com o LANDRY, SCHWAB e LANCETTE (1995), o qual apresentou crescimento de *Bacillus sp*, gram positivo produtores de esporos, quando enriquecido em meio ácido ($\text{pH}=5,0$), incubado a 30°C por 96h . Como esse produto sofreu pasteurização, apresentou pH de $3,9$ e é

armazenado sob refrigeração, pode ser considerado como “comercialmente estéril”, pois os microrganismos encontrados podem estar no produto, desde que sejam incapazes de crescer nas condições de pH do produto.

CONCLUSÕES

- As formulações dos doces em massa estudadas foram classificadas como de valor energético “REDUZIDO” e destinados a dietas para a ingestão controlada de açúcares, de acordo com a legislação vigente;
- Na legislação brasileira há alegações de propriedades funcionais e ou de saúde aprovadas os frutoligossacarídeos e carotenóides e recomenda a ingestão de vitamina C.
- Há diferenças entre dados de vários trabalhos a respeito dos açúcares do yacon. Deve-se levar em conta as diferenças climáticas e de relevo dos locais de cultivo das diferentes plantas usadas nos trabalhos.
- As formulações dos doces em massa estudadas tiveram boas médias de aceitação sensorial, variando de “gostei ligeiramente” a “gostei moderadamente”, diferindo entre si ($p \leq 0,05$) nos atributos cor, sabor e impressão global, e não apresentando diferença significativa no atributo aroma. A formulação estudada preferida foi com 50% de goiaba vermelha, 30% de acerola e 20% de yacon. Os histogramas de frequência mostraram uma concentração das notas atribuídas pelos provadores em torno da média total da equipe para os atributos avaliados, mostrando um consenso na opinião dos mesmos em relação às amostras.
- Através da avaliação microbiológica o doce em massa pode ser classificado como “comercialmente estéril”, apesar de ter apresentado crescimento de *Bacillus sp*, gram positivo produtores de esporos quando enriquecido em meio ácido (pH=5,0), incubado a 30°C por 96h. Como o produto foi pasteurizado, dentre os microrganismos cuja presença é considerada normal em alimentos ácidos

comercialmente estéreis estão os esporos de bactérias termófilas e mesófilas não ácido tolerantes, capazes de sobreviver aos tratamentos térmicos dimensionados para alimentos ácidos, porém, incapazes de crescer nas condições de pH do produto.

- Em teste posterior com produto similar, utilizando o equipamento de processo contínuo, foi conseguido aumentar o coeficiente de troca térmica, o produto apresentou-se “comercialmente estéril”, aumentando-se a pressão de vapor na camisa do trocador tubular para 1,6 kgf/cm², apresentando crescimento de *Bacillus sp*, gram positivo produtores de esporos, quando enriquecido em meio ácido (pH=5,0), incubado a 30°C por 96h.
- Pode-se concluir que os doces em massa estudados apresentaram boas características, como geleificação adequadas, textura, cor e aroma agradáveis, além de possuírem teor de sólidos das frutas maior do que comparado à um doce em massa convencional, fazendo com que esse possa ser destinado a todo tipo de consumidor e não restrito àqueles que necessitam de dietas controladas quanto à calorias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, J.A. Sensory assesment of textural attributes of foods. In: KRAMER, A., SZCZESNIAK, A.S. (eds). **Texture measurements of foods**. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1973.

A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**; 17th ed.; Washington, 1997.

A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**; 14th ed.; Washington, 1984.

ALAIS, C.;LINDEN, G. **Manual de bioquímica de los alimentos**. Barcelona: Masson, 1990; 218p.

ALVES, R. E. Cultura da Acerola. In: DONADIO, L. C. **Curso de Fruticultura Tropical**. Jaboticabal,SP: UNESP, 1992. 268p

ARAJARA, F. Yacon, o primo da batata que ajuda a controlar o diabete. **Saúde**, São Paulo, Brasil, n.194, p.38-42, novembro. 1999.

ARANHA,F.Q. **Investigação do tempo de suplementação com vitamina C, do suco de acerola e do fármaco, necessário para normalizar os níveis séricos de ácido ascórbico em idosos institucionalizados de João Pessoa-PB**. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1997.

ASAMI, T.; MINAMISAWA, K.; TSUKIHASHI, T.; KANO, K.; HORI, I.; OHYAMA, T.; KUBOTA, M.; TSUKIHASHI, T. Fluctuation of oligofructan contens in tubers of yacon (*Polymnia sonchifolia*) during growth and storage. **Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Japão, v.62, n.6, p.621-627, 1991.

ASENJO, C. F.; GUZMÁN, S.F. The high ascorbic acid content of the West Indian Cherry. **Science** , v.103, p.219, 1946.

BAYDON, S.M.; FIZMAN, E.; COSTELL, E.; DURÁN, L. Sineresis de los geles de agar y kappa-carragantado. Influencia de la adición de gomas de garrafin y guar. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, Espanha, v.27, n.4, 1987.

BENASSI, M. T. **Análise do efeito de diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados**. 159 f. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

BOHANNON, N.V.; KARAM, J.H.; FORSHAM, P.H. Endocrine responses to sugar ingestion in mann. **Journal of the American Dietetic Association**, New York, v.76, p.555-560, 1980.

BORNET, F.R.J. Undigestible sugars in food products. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v.59, p.7635-7695, 1994.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº27, 13/01/1998. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes). **Diário Oficial**, Brasília, Secretaria de Vigilância Sanitária, 16 jan. 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº29, 13/01/1998. Aprova o Regulamento Técnico referente a Alimentos para Fins Especiais. **Diário Oficial**, Brasília, Secretaria de Vigilância Sanitária, 15 jan. 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº33, 13/01/1998. Aprova o Regulamento Técnico referente a Ingestão diária recomendada (IDR) para proteínas, vitaminas e minerais. **Diário Oficial**, Brasília, Secretaria de Vigilância Sanitária, 15 jan. 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução Normativa nº2, 07/01/2002. Aprova o regulamento técnico de substâncias bioativas e probióticos isolados com alegação de propriedades funcional e ou de saúde. **Diário Oficial**, Brasília, Secretaria de Vigilância Sanitária, 07 jan. 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução Normativa nº3, 02/01/2001. Aprova o Regulamento Técnico que aprova o uso de aditivos edulcorantes, estabelecendo seus limites máximos para os alimentos. **Diário Oficial**, Brasília, Secretaria de Vigilância Sanitária, 05 jan. 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução Normativa nº9, 11/12/1978. Aprova o Regulamento Técnico referente à Doce em Pasta. **Diário Oficial**, Brasília, Secretaria de Vigilância Sanitária, 11 dez. 1978.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução Normativa nº19, 30/04/1999. Aprova o Regulamento de procedimentos para registro de alimento com alegação de propriedades funcionais e ou de saúde em sua rotulagem. **Diário Oficial**, Brasília, Secretaria de Vigilância Sanitária, 30 abr. 1999.

CÃNDIDO, L.M.B.; CAMPOS, A M. **Alimentos para fins especiais: Dietéticos**. São Paulo: Livraria Varela, 1995. p.200-243.

CARDOSO, M. H. **Processamento de suco clarificado de geléia de banana “light” em calorias**. 1998. 116 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

CARVALHO, H. A. **Utilização de atmosfera modificada na conservação pós-colheita da goiaba ‘kumagai’**. 115 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

CAVALCANTE, M.L. **Composição de carotenóides e valor de vitamina A em pitanga (*Eugenia uniflora*) e acerola (*Malpighia glabra* L)**. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1991.

CETEC. **Manual para fabricação de geléias**. Belo Horizonte, 1985, 42 p. (Série Publicações Técnicas / SPT-015).

CRAVIOTO, R.E. Valor nutritivo de alimentos mexicanos. **Ciência**, Brasil, v.40, p.9-17, 1951.

LANDRY, W.L.; SCHWAB, A.H.; LANCETTE, G.A **Bacteriological Analytical Manual**, FDA, 8ed, cap. 21, 1995.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**, São Paulo: Editora Atheneu, 2002, 182p.

FRIEDMAN, H.H.; WHITNEY, J.E.; SZCZESNIAK, A. S. The texturometer – a new instrument for objective texture measurement. **Journal of Food Science**, Chicago, v.28, p.390-403, 1963.

GIBSON, G.R.; ROBERFROID, M.B. Dietary modulation of the colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.125, p.1401-1412, 1995.

GONZAGA NETO, L.; PEDROSA, A.C.; ABRAMOF, L.; BEZERRA, J.E.F.; DANTAS, A.P.; SILVA, H.M.; SOUZA, M.M. de. Seleção de cultivares de goiabeira (*Psidium guajava* L.) para fins industriais, na Região do Vale do Rio Moxotó. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Brasil, v.8, n..2,p.55-61, 1986.

GOTO, K.; FUKAI, K.; HIKIDA, J.; NANJO, F.; HARA, Y. Isolation and strutral analysis of oligosaccharides from yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, Tokyo, v.59, n.12, p.2346-2347, 1995.

JACKIX, M. H. **Doces, Geléias e Frutas em Calda**. (Teórico e Prático). Campinas: Editora Ícone, 1988.172p

JACKSON, J.C.; PENNOCK, W. Fruit and vitamin C production of five and six years old acerola trees. **Journal of Agricultural University of Puerto Rico**, v.42, p.196-199, 1958.

JAFFLE, W. G.; BUDOWSKI, P.; GORRA, G. Estudio sobre el contenido del ácido ascórbico (vitamina C) en los principales frutos de Venezuela. **Arch. Venez. Nutr.**, v.1, p.83-106, 1950.

KRINSKY, N. I. The biological properties of carotenoids. **Pure Appl. Chem.**, Oxford, v. 66, p.1003-1010, 1994.

KYSLINK, V. **Principles of food preservation**. Trad. J. Spalek. Praha: Elsevier Science Publishing Co. Inc, 1990, 598 p. (Developments in Food Science, v. 22).

LEISTNER, L. Food Preservation by combined methods. **Food Research International**, England, 25:151-158, 1992

LEME JÚNIOR, J. **Contribuição ao estudo da geleificação de frutas e do equilíbrio do gel péctico**. 1968. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968 .

LIMA, M. A.C.; ASSIS, J. S.; GONZAGA NETO, L. Caracterização dos frutos de goiabeira e seleção de cultivares na Região do Submédio São Francisco. **Rev. Bras. Frutic.**, Brasil, abr. 2002, v.24, n.1, p.273-276.

LIZÁRRAGA, L.; ORTEGA, R.; VARGAS, W; VIDAL, A. **Cultivo del yacon (*Polymnia sonchifolia*)**. In Resúmenes Curso Pre Congreso – IX Congreso Internacional de Cultivos Andinos, Cusco, Peru, p.65-70, 1997.

MANICA, I.; CARVALHO, R.I.N. de. Acerola, pesquisa e extensão no Rio Grande do Sul. In: SÃO JOSÉ, A.R.; ALVES, R.E. (Ed.). **Acerola no Brasil: produção e mercado**. Vitória da Conquista : UESB, 1995. p.133-141.

MANICA, I.; KIST, H.; MICHELETTO, E.L.; KRAUSE, C.A. Competição entre quatro cultivares e duas seleções de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.8, p.1305-1313, 1998.

MATSUURA, F.C.A.U.; CARDOSO, R.L.; FOLEGATTI, M.I.S.; OLIVEIRA, J.R.P.; OLIVEIRA, J.A.B.; SANTOS, D.B. Avaliações físico-químicas em frutos de diferentes genótipos de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) **Rev. Bras. Frutic.**, Brasil, v.23, n.3, Jaboticabal, dez.,2001.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evalution Techniques**. Boca Raton: CRC Press, 281 p., 1988.

MILLER, C. D.; WENKAM, N. S.; FITTING, K. O. **Acerola: Nutritive value and home use**. Hawaii Agric. Exp. Sta., 1961 (Circ. n° 59).

MUSTARD, M. J. The ascorbic acid content of some Malpighian fruits and jellies. **Science**, Oxford, v.104, p. 230-235, 1946.

NASCIMENTO, L.M. do; SANTOS R.R. dos; RIBEIRO, I.J.A.; MARTINS F.P.; YOTSUYANAGI, K & COUTINHO, J.R. Caracterização físico-química dos frutos de 23 cultivares de goiabeira (*Psidium guajava*, L.) durante o processo de maturação. I. Coloração da casca, textura, sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Brasil, v. 13, n.3, p. 25-34, 1991.

NIETO, C. Estúdios agronómicos y bromatológicos en jícama (*Polymnia sonchifolia* Poep. Et Endl.) **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.41, p. 213-221, 1994.

NOGUEIRA, C.M.C. da C.D. **Estudo químico e tecnológico da acerola (*Malpighia glabra* L.)**. 117 f. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, 1991.

OHYAMA, T.; ITO, O.; YASUYOSHI, S.; IKARASHI, T.; MINAMISAWA, K.; KUBOTA, M.; TSUKIHASHI, T.; ASAMI, T. Composition of storage carbohydrate in tubers of yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Soil Science and Plant Nutrition**, Japão, v.36, n.1, p.167-171, 1990.

OHYAMA, T.; ITO, O.; YASUYOSHI, S.; IKARASHI, T.; MINAMISAWA, K.; KUBOTA, M.; TSUKIHASHI, T.; ASAMI, T. Composition of storage carbohydrate in tubers of yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Soil Science and Plant Nutrition**, Japão, v.36, n.1, p.167-171, 1990.

PADULA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, B. D. Characterization of the carotenoids and assessment of the vitamin A value of Brazilian guavas (*Psidium guajava* L.) **Food Chemistry**, Oxford, v20, p. 11-19, 1986.

PAIVA, M.C.; MANICA, I.; FIORAVANÇO, J.C.; KIST, H. Caracterização química dos frutos de quatro cultivares e duas seleções de goiabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Brasil, v.19, n.1, p.57-63, 1997.

PASSOS, L. M. L. **Utilização do yacon (*Smallanthus sonchifolia*) para estudo de seus açúcares e como fonte de invertase : purificação e caracterização de invertase extraída do yacon**. 112 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

PERRY, R.H.; CHILTON, C.H. **Manual de engenharia química**. Trad, de Horácio Macedo e outros. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980. cap. 19, p.22: Misturadores estáticos

PYE, J. The scientific approach to product quality. **Food Australia**, Australia, v.48, n. 9, 1996

QUINTEROS, E. T. **Produção com tratamento enzimático e avaliação do suco de yacon**. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

RITTER, U.G. Obtenção de bebida dietética a partir do suco de acerola (*Malpighia glabra* L.). Fortaleza, 1994, 147p. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal do Ceará (UFC).

ROCHA, I.C. **Suco de Acerola: Efeito da temperatura de pasteurização e armazenamento.** 105f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1988.

RODRÍGUEZ-AMAYA, D.B. **A Guide to Carotenoids Analysis**, 1999, p.50-54.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos.** São Paulo, Livraria Varela, 1997, p.73-80.

SKLIUTAS, A. R. **Estudo do desenvolvimento de barra dietética de cereal e goiaba pelo processo de osmose a vácuo com utilização de frutoligossacarídeos.** 112 f. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SOLER, M. P. Processamento industrial. In: SOLER, M. P. (coord). **Industrialização de geléias.** Manual Técnico nº7. Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1991.p.1-20.

STONE, H.; SIDEL, J.L. **Sensory evaluation practices.** LONDON: academic Press, 1985.

TOREZAN, G. A. P. **Tratamento enzimático em suco de manga (*Mangifera indica* L. cv. *Keitt*) para a obtenção de geléia através de processo contínuo.** 2000. 137 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

VANDERZANT, C.; SPLITSTOESSER, F.D. **Compendium of methods for the microbiological examination.** Washington: American Public Health Association (APHA) – Technical Committee on Microbiological Methods for Foods. 3. ed., 1992, 1219 p.

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, 63-84, 1991.

VIÉGAS, F.C.P. A industrialização dos produtos cítricos. In: RODRIGUEZ, O. et al. ed. **Citricultura brasileira**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. p. 898-922.

VIETMEYER, N. D. (Edited by) – National Research Council. **Lost crops of the Incas little-known plants of the Andes with the promise for worldwide cultivation**. Washington Academy Press, 415p., 1989.

WILBERG, V. C.; RODRIGUEZ-AMAYA, B. D. HPLC quantitation of mayor carotenoids of fresh and processed guava and papaya. **Lebensm-diel-Wissenschaft und Technol.**, London, v. 28, n. 5, p. 474-480, 1995.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M.T. Influência da embalagem de atmosfera modificada e do tratamento com cálcio na cinética de degradação de ácido ascórbico e perda de massa em goiabas (*Psidium guajava* L.). **Ciência Tecnologia Alimentos**, Brasil, abr. 2000, v.20, n.1, p.27-31.

YUN, J.W. Fructooligosaccharides – occurrence, preparation and application. **Enzyme and Microbial Technology**, New York, v.19, p.107-117, 1996.

CONCLUSÕES FINAIS

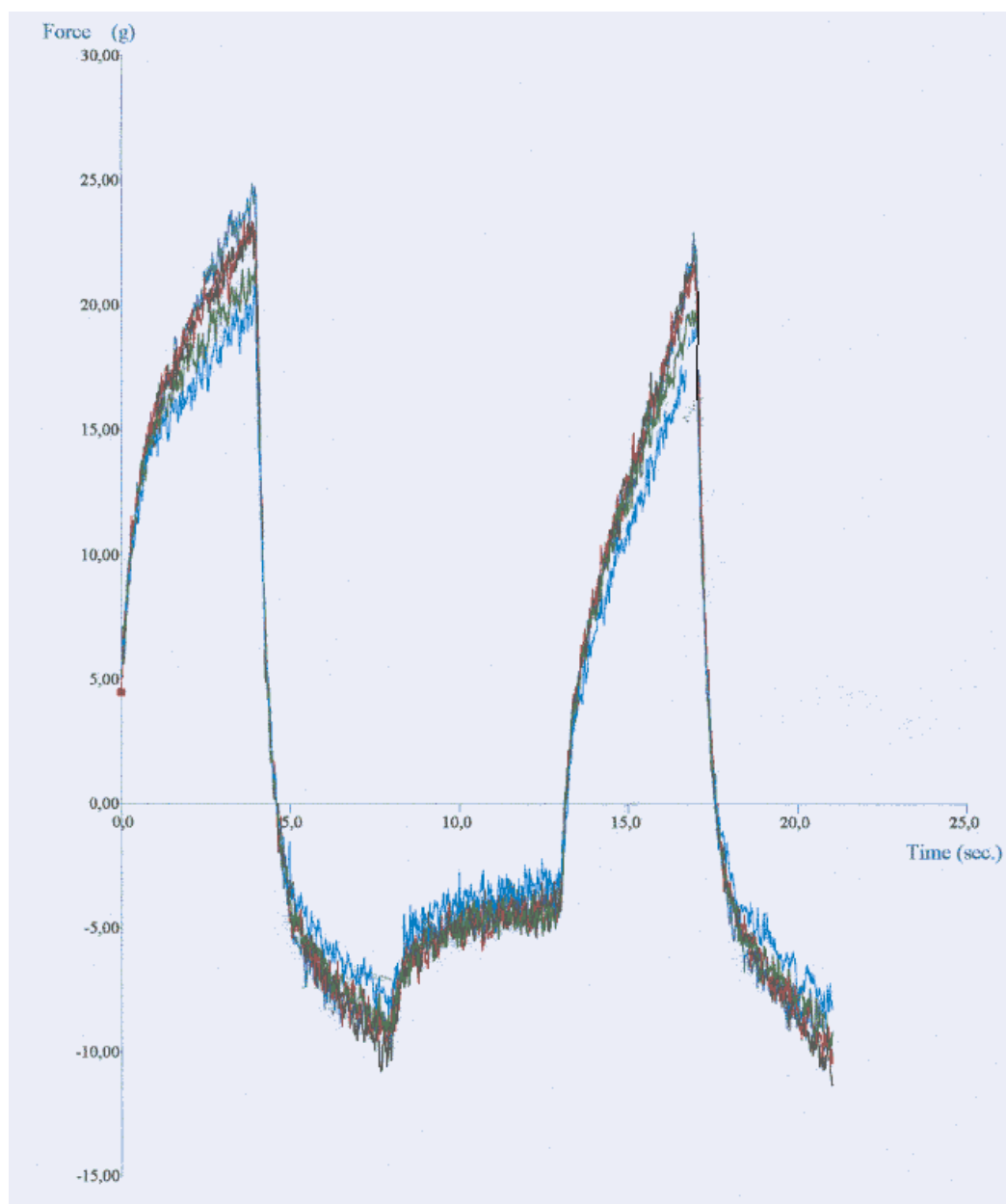
Este estudo possibilitou a determinação de algumas condições otimizadas no processo de desidratação osmótica de goiaba vermelha e yacon. As condições mais adequadas, para a desidratação osmótica de yacon utilizando sorbitol, foram em tempos de 84 a 120min, xarope de sorbitol entre 63 a 69°Brix e temperatura na faixa de 30 a 33°C. Nestas condições foram obtidas perdas de umidade da ordem de 53 a 55% e de incorporação de sólidos de 6,02 a 6,46%. A desidratação osmótica utilizando xarope de sacarose, apresenta as melhores condições em tempos de 120 a 156min, solução de sacarose entre 57 e 73°Brix e temperatura na faixa de 37,5 a 42°C.

Nas condições otimizadas de desidratação osmótica de goiaba vermelha utilizando sacarose com temperatura na faixa de 37,5 a 40°C, concentração do xarope de sacarose de 62 a 65°Brix e tempo de 156 a 180min, foram obtidas perdas de umidade da ordem de 20 a 34% e de incorporação de sólidos de 4,6 a 6,4%. Já com a utilização de xarope de sorbitol, a temperatura variou de 33 a 37°C, concentração de xarope de sorbitol de 63 a 65°Brix e tempo de 180min, com perdas de umidade na faixa de 35 a 43% e incorporação de sólidos de 5,7 a 8%.

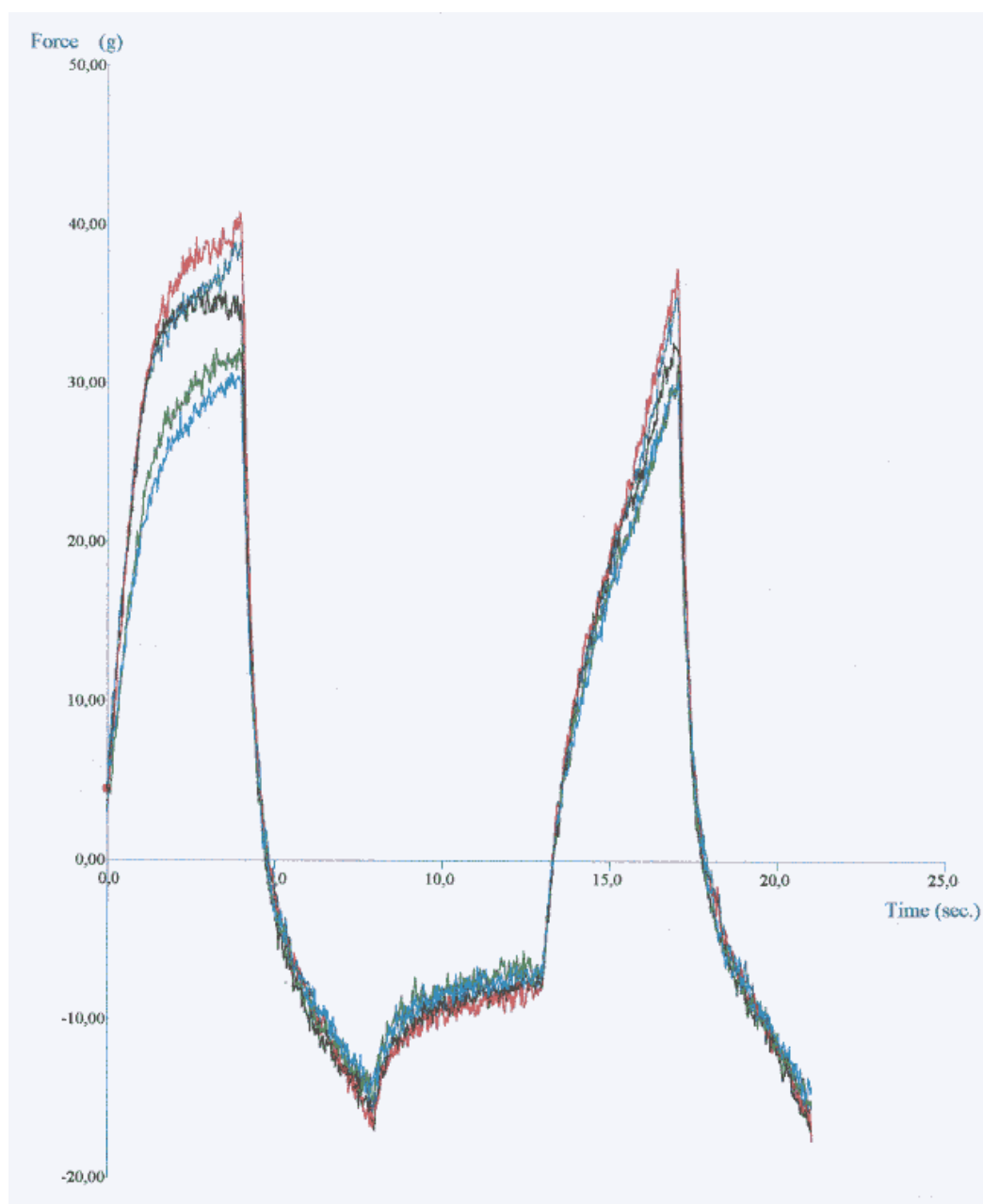
Neste estudo foi possível desenvolver formulações de doces em massa com maior teor de sólidos de frutas se comparado a um doce em massa convencional, de valor calórico reduzido e com boas médias de aceitação sensorial, variando de “gostei ligeiramente” a “gostei moderadamente”, diferindo entre si ($p \leq 0,05$) nos atributos cor, sabor e impressão global, e não apresentando diferença significativa no atributo aroma.

ANEXOS

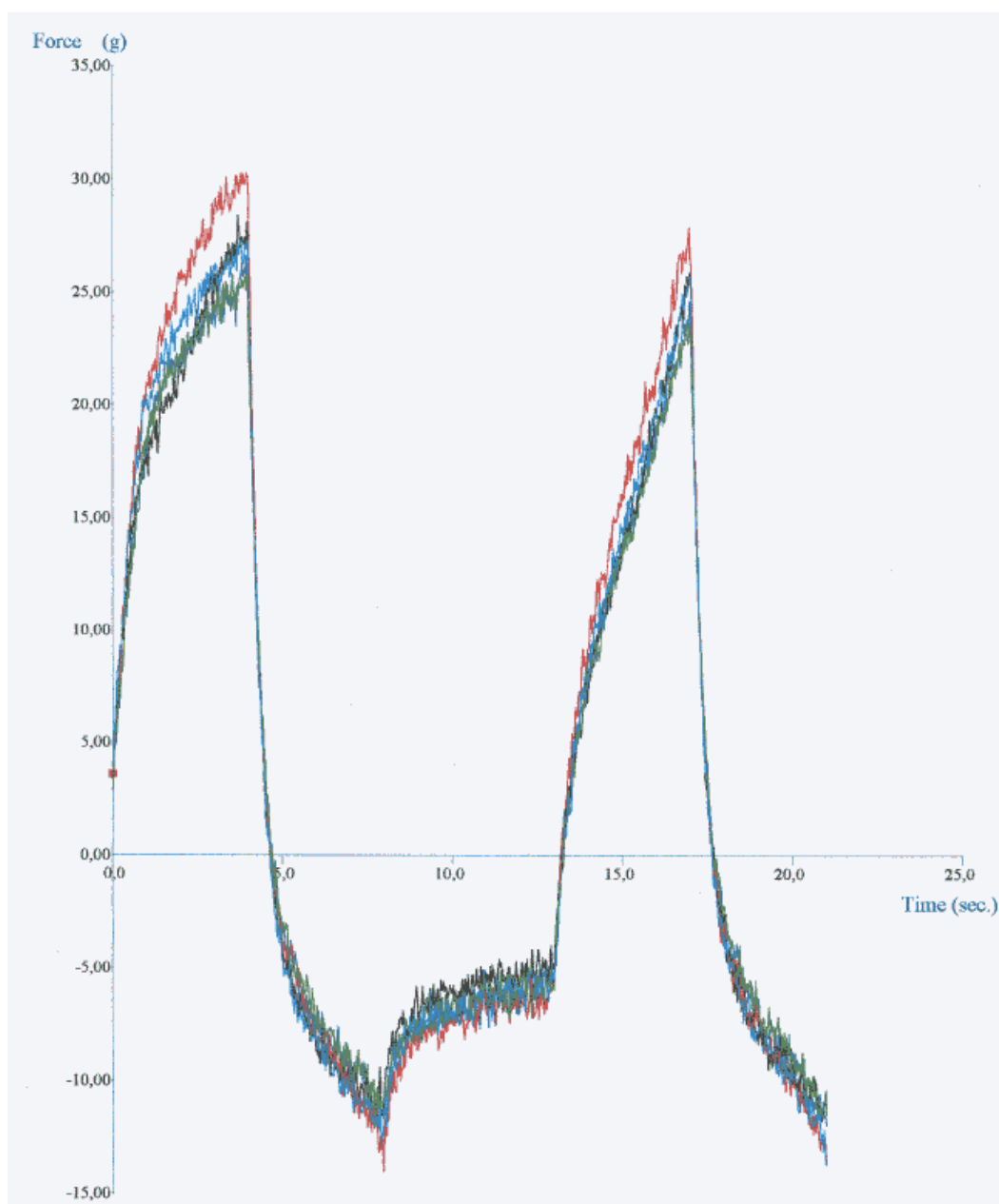
ANEXO I: Curva do perfil de textura do doce em massa (formulação 1) obtida pelo medidor de textura TAXT2.



ANEXO II: Curva do perfil de textura do doce em massa (formulação 2) obtida pelo medidor de textura TAXT2.



ANEXO III: Curva do perfil de textura do doce em massa (formulação 3) obtida pelo medidor de textura TAXT2.



ANEXO IV: Curva do perfil de textura do doce em massa (formulação 4) obtida pelo medidor de textura TAXT2.

