



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**SUCO DE CAMU-CAMU (*Myrciaria dubia*) MICROENCAPSULADO
OBTIDO ATRAVÉS DE SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO**

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por Cristina Maria Araujo Dib Taxi, aprovada pela Comissão Julgadora em 28 de março de 2001.

Campinas, 28 de março de 2001

Profa. Dra. Hilary Castle de Menezes
Presidente da Banca

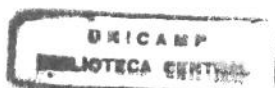
CRISTINA MARIA ARAUJO DIB TAXI
Engenheira Química

Prof. Dra. HILARY CASTLE DE MENEZES
Orientadora

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de DOUTOR EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS.

Campinas/SP
Março, 2001

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE



00114358

UNIDADE Bc
 N.º CHAMADA:
T/ UNICAMP
T 1984
 V. _____ Ex. _____
 TOMBO BC/ 45247
 PROC. 16-392101
 C ☐ D ☒
 PREÇO R\$ 11,00
 DATA 11/07/01
 N.º CPD _____

CM00158116-1

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

T1984
 D544s

Dib Taxi, Cristina Maria Araujo
 Suco de camu-camu (*Myrciaria dubia*)
 microencapsulado obtido através de secagem por
 atomização / Cristina Maria Araujo Dib Taxi. –
 Campinas, SP: [s.n.], 2001.

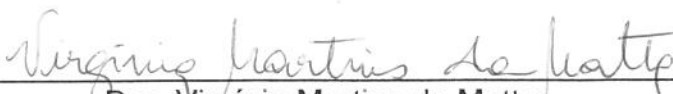
Orientador: Hilary Castle de Menezes
 Tese (doutorado) – Universidade Estadual de
 Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1.Microencapsulação. 2.Atomização. 3.*Myrciaria dubia* I.Menezes, Hilary Castle. II.Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III.Título.

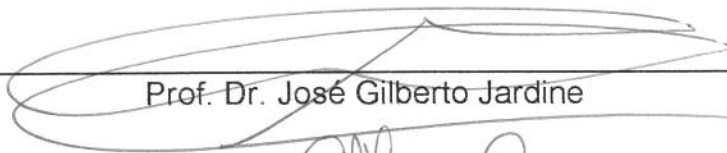
BANCA EXAMINADORA



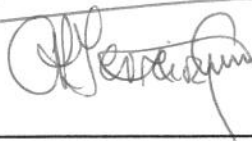
Prof. Dra. Hilary Castle de Menezes
(Orientadora)



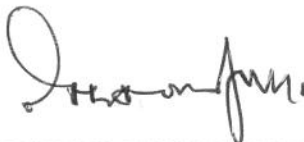
Dra. Virginia Martins da Matta



Prof. Dr. José Gilberto Jardine



Prof. Dr. Carlos Raimundo Ferreira Grosso



Prof. Dr. Carlos Alberto Rodrigues Anjos

Prof. Dra. Silvana M. Srebernich

Prof. Dr. Armando U. O. Sabaa-Srur

*Venho dos caminhos que
me ensinaram que saudade é beleza,
onde a poesia bem
mais traduzia sua verdade em tristeza.
Sou o tempo em que se morreu de amor,
quantos versos vi compor.
Vi reinados caírem por terra,
venci muita estrada,
vi no todo a paz e a guerra,
e em parte eu aprendi:
quem corre cansa,
quem espera alcança,
a esperança me trouxe aqui.
Quem corre cansa,
quem espera alcança,
A esperança me trouxe aqui.
Venho do caminho em que
eu encontrei minha verdade, pra frente,
onde a poesia é
a voz que solta a liberdade da gente.
Sou o tempo em que viver é amar,
bem querer, é se dar.
Sou o vento que envolve a força
do sorriso ou pranto,
sou poeta e no meu canto
canto o mundo que aprendi:
sou esperança, vento que avança,
quem voa alcança além daqui;
sou esperança, vento que avança,
quem voa alcança além daqui.*

Billy Blanco

DEDICO

Aos meus pais, Wilson (*in memorian*) e Luiza,

Ao meu filho, Ricardo

Aos meus irmãos, Kim, Neto, Vera, Paulo, Dani e Thadeu,

A minha segunda mãe, Osvaldina

AGRADECIMENTOS

À Prof. Dra. Hilary Castle de Menezes, pela orientação, sensibilidade, carinho e amizade disponibilizados em todas as etapas do curso e deste trabalho.

Aos senhores membros da banca examinadora, pelo aceite e indispensáveis contribuições a este trabalho.

À Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, pelo investimento em minha qualificação.

À CAPES e à FAPESP, pela ajuda financeira dispensada.

Ao ITAL, nas pessoas do Dr. Maurício Aguirre e dos técnicos Plínio e João por viabilizarem a secagem do suco.

Ao Prof. Sgarbieri, pela gentileza na cessão do horário de uso do *spray-dryer*.

Aos Professores do DTA da UNICAMP, pelos ensinamentos e atenção.

Aos técnicos do DTA: Valdecir, Aninha, Priscila, Mara, Ana Maria, Ana Lourdes, Adalto, Carla, Alice, Judite, Beth, Bernadete, Raquel, Nelson, Roberto e Carol, pela ajuda e carinho.

Aos amigos da Secretaria do DTA: Marlene e Jaime, pela atenção e carinho.

À Profa. Adilma, pelo permissão do uso do mini *spray-dryer*.

Ao Sr. Kunió Matsumara e esposa Guilhermina, pela doação do camu-camu e por todo o carinho e atenção dedicados.

Aos amigos de todas as horas (de estudo e outras mais) construídos durante este curso que, com companheirismo e o carinho, fizeram com que tudo ficasse muito mais fácil: Daisy, Roberta, Vi, Paulo, Edmar, Flávia, Ette, Glória, Fátima, Edy, Amanda, Luciane, Victoria, Niurka, Gaby, Regina, Nonato, Ricardinho, Marili, Abel, Zé Ricardo, Eliete, Alessandra, Rafaella, Marinalda, Suely, Marcus, Daniela, Karla, Leila, Rodrigo, Ricardo e Celina.

Às amigas Laura e Cristiane Rodrigues e seus pais, pela força e carinho constantes.

Aos amigos de Belém e São Paulo, que torceram pelo meu êxito.

Aos meus anjos da guarda, pela proteção constante.

A DEUS... pela força espiritual sempre presente.

MUITÍSSIMO OBRIGADA

ÍNDICE

	página
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xix
ÍNDICE DE TABELAS.....	xii
RESUMO.....	xxvii
SUMMARY.....	xxix
INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 1: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
1. CAMU-CAMU.....	3
1.1 Aspectos Botânicos.....	3
1.1.1. Taxonomia.....	3
1.1.2. Origem e distribuição geográfica.....	4
1.1.3. Morfologia e floração.....	4
1.2. Aspectos Físicos, Químicos, Físico-Químicos e Nutricionais.....	6
1.2.1. Caracterização física, físico-química e química.....	6
1.2.2. Conteúdo de nutrientes.....	8
1.3. Tecnologia de Colheita e Pós-Colheita.....	10
1.4. Industrialização e Mercado.....	11
1.4.1. Formas de uso.....	11
1.4.2. Importância econômica potencial e comercialização.....	12
1.4.3. Processamento.....	12
2. CONSERVAÇÃO PELO CONTROLE DA UMIDADE.....	14
3. ISOTERMAS DE ADSORÇÃO DE UMIDADE.....	16
3.1. Conceito e Importância do Estudo das Isotermas de Sorção de Umidade.....	16
3.2. Formatos das Isotermas de Sorção de Umidade.....	18
3.3. Métodos de Determinação das Isotermas.....	19
3.4. Modelos Matemáticos para Ajuste de Isotermas.....	20

4. DESIDRATAÇÃO POR ATOMIZAÇÃO	23
5. MICROENCAPSULAÇÃO	24
5.1. Conceito, Histórico e Importância.....	24
5.2 Microcápsulas.....	27
5.3 Material de Parede	28
5.3.1. Maltodextrina.....	29
5.3.2. Goma arábica.....	30
5.4. Etapas do Processo de Microencapsulação.....	31
5.5 Processos de Microencapsulação	31
5.6. Mecanismos de Liberação do Núcleo.....	35
5.7. Aplicações da Microencapsulação	36
6. Pigmentos do Camu-Camu.....	37
6.1. Análise Instrumental da Cor	38
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

CAPÍTULO 2: ESTUDO DA EXTRAÇÃO DO SUCO DE CAMU-CAMU	49
1. INTRODUÇÃO.....	49
2. MATERIAL E MÉTODOS	51
2.1. Material.....	51
2.1.1. Matéria-prima	51
2.1.2. Equipamentos	52
2.2. Métodos.....	52
2.2.1. Higienização dos equipamentos e dos frutos.....	52
2.2.2. Extração e armazenamento do suco.....	53
2.2.3. Análises químicas	53
2.2.3.1. Ácido ascórbico	53
2.2.3.2. Atividade da peroxidase	53
2.2.4. Avaliação sensorial	53
2.2.5. Análise estatística	54

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4. CONCLUSÃO	58
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
 CAPÍTULO 3: MICROENCAPSULAÇÃO DO SUCO DE CAMU-CAMU	61
1. INTRODUÇÃO.....	61
2. MATERIAL E MÉTODOS	62
2.1. Material.....	62
2.1.1. Matéria-prima	62
2.1.2. Material de parede	62
2.2. Métodos.....	63
2.2.1. Preparo da matéria-prima	63
2.2.2. Processamentos para obtenção do suco microencapsulado	63
2.2.2.1. Processamento 1	65
2.2.2.2. Processamento 2.....	66
2.2.3. Análises químicas, físicas e físico-químicas do suco	66
2.2.3.1. pH	66
2.2.3.2. Sólidos solúveis.....	69
2.2.3.3. Sólidos totais	69
2.2.3.4. Teor de polpa.....	69
2.2.3.5. Acidez total titulável	69
2.2.3.6. Açúcares redutores e totais	69
2.2.3.7. Ácido ascórbico	70
2.2.3.8. Atividade de água	70
2.2.3.9. Umidade	70
2.2.4. Morfologia das microcápsulas.....	70
2.2.5. Distribuição do tamanho das microcápsulas	71
2.2.6. Análise sensorial	71
2.2.7. Análise estatística dos dados.....	72

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
3.1. Caracterização do Suco Integral de Camu-Camu	73
3.2. Avaliação do Processo de Microencapsulação em Escala de Laboratório	74
3.2.1. Microencapsulação com maltodextrina	74
3.2.2. Microencapsulação com goma arábica	81
3.3. Morfologia das Microcápsulas	87
3.4. Distribuição do Tamanho das Microcápsulas	93
3.5. Análise Sensorial	97
4. CONCLUSÕES	99
4.1 Microencapsulação com Maltodextrina	99
4.2. Microencapsulação com Goma Arábica	99
4.3 Morfologia das Microcápsulas	100
4.4. Distribuição do Tamanho das Microcápsulas	100
4.5. Análise Sensorial	101
4.6. Considerações finais	101
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

CAPÍTULO 4: ISOTERMAS DO SUCO DE CAMU-CAMU

MICROENCAPSULADO	107
1. INTRODUÇÃO	107
2. MATERIAL E MÉTODOS	109
2.1. Material	109
2.1.1. Matéria-Prima	109
2.2. Métodos	109
2.2.1. Secagem das amostras	109
2.2.2. Preparo dos ambientes com umidade relativa controlada	109
2.2.3. Adsorção de umidade	110
2.2.4. Análise estatística	111
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	112

3.1. Ajuste das isotermas	115
3.2. Especificação de Embalagem	120
4. CONCLUSÕES.....	123
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124

CAPÍTULO 5: ESTUDO DA ESTABILIDADE DO SUCO DE CAMU-CAMU MICROENCAPSULADO

1. INTRODUÇÃO.....	129
2. MATERIAL E MÉTODOS	130
2.1. Material.....	130
2.1.1. Matéria-Prima.....	130
2.1.2. Embalagem	131
2.2. Métodos.....	131
2.2.1. Caracterização da embalagem.....	131
2.2.1.1. Determinação da gramatura	131
2.2.1.2. Determinação da espessura	132
2.2.1.3. Determinação da permeabilidade ao vapor de água	132
2.2.2. Estimativa da Vida-de-Prateleira do Produto	132
2.2.3. Armazenamento	133
2.2.3.1. Determinação de atividade de água	133
2.2.3.2. Determinação instrumental da cor	134
2.2.3.3. Determinação do teor de vitamina C	134
2.2.4. Avaliação microbiológica.....	134
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	135
3.1. Caracterização da Embalagem	135
3.2. Estimativa da Vida-de-Prateleira	135
3.3. Atividade de Água	136
3.4. Vitamina C	141
3.5. Cor.....	147

3.6 Avaliação Microbiológica	157
4. CONCLUSÕES.....	159
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	160
 CONSIDERAÇÕES FINAIS	 163
 ANEXO 1	 165

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Fruto de camu-camu maduro.....	05
Figura 1.2: Isotermas de adsorção e de dessorção de umidade característica de alguns produtos alimentícios	18
Figura 1.3: Tipos de formato de isotermas de adsorção.....	19
Figura 3.1: Fluxograma de processamento do suco de camu-camu microencapsulado.....	64
Figura 3.2: Fotografia do Mini <i>Spray Dryer</i> utilizado na secagem do suco de camu-camu.....	67
Figura 3.3: Superfície de resposta e curvas de contorno para o rendimento em matéria seca do suco de camu-camu encapsulado com maltodextrina	75
Figura 3.4: Superfície de resposta e curvas de contorno para o rendimento em vitamina C do suco de camu-camu encapsulado com maltodextrina	79
Figura 3.5: Superfície de resposta e curvas de contorno para o rendimento em matéria seca do suco de camu-camu encapsulado com goma arábica	83
Figura 3.6: Superfície de resposta e curvas de contorno para o rendimento em vitamina C do suco de camu-camu encapsulado com goma arábica	85

Figura 3.7: Micrografias das microcápsulas de suco de camu-camu encapsulado com maltodextrina	89
Figura 3.8: Micrografias das microcápsulas de suco de camu-camu encapsulado com goma arábica	91
Figura 3.9: Histogramas de distribuição de tamanho de partícula de camu-camu encapsulado com goma arábica	95
Figura 3.10: Histogramas de distribuição de tamanho de partícula de camu-camu encapsulado com maltodextrina	96
Figura 4.1: Isoterma ajustada de adsorção de umidade para o suco de camu-camu microencapsulado com maltodextrina, obtida a 25°C	112
Figura 4.2: Isoterma ajustada de adsorção de umidade para o suco de camu-camu microencapsulado com goma arábica, obtida a 25°C	113
Figura 4.3: Isoterma ajustada de adsorção de umidade para o suco de camu-camu liofilizado (amostra de referência), obtida a 25°C	113
Figura 4.4: Ajuste das isotermas do suco de camu-camu microencapsulado com maltodextrina	117
Figura 4.5: Ajuste das isotermas do suco de camu-camu microencapsulado com goma arábica	118
Figura 4.6: Ajuste das isotermas da amostra de referência do suco de camu-camu	119

Figura 5.1: Valores de atividade de água para as amostras de suco de camu-camu estudadas na temperatura de armazenamento de 25°C	139
Figura 5.2: Valores de atividade de água para as amostras de suco de camu-camu estudadas na temperatura de armazenamento de 35°C	141
Figura 5.3: Teor de vitamina C das amostras de suco de camu-camu estudadas na temperatura de armazenamento de 25°C	145
Figura 5.4: Teor de vitamina C das amostras de suco de camu-camu estudadas na temperatura de armazenamento de 35°C	147
Figura 5.5: Fotografia das amostras de suco de camu-camu em pó estudadas	155

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1: Características diferenciais entre as espécies <i>Myrciaria dubia</i> e <i>Myrciaria sp.</i>	4
Tabela 1.2: Caracterização física, química e físico-química do camu-camu	07
Tabela 1.3: Teor dos nutrientes em 100g de polpa de camu-camu.....	08
Tabela 1.4: Conteúdo de ácido ascórbico de algumas frutas tropicais maduras..	09
Tabela 1.5: Principais agentes encapsulantes usado para alimentos	29
Tabela 2.1: Rendimento do processo de extração, para os três extratores utilizados.....	54
Tabela 2.2: Teor de ácido ascórbico nos sucos e sua perda percentual após extração em cada extrator	55
Tabela 2.3: Atividade de peroxidase nos sucos obtidos pelos três extratores.....	56
Tabela 2.4: Preferência (pontos) das amostras dos sucos, para os três extratores	56
Tabela 2.5: Resultado do desempenho dos extratores de escovas e facas	57
Tabela 3.1: Delineamento experimental das variáveis para otimização do processo de microencapsulação do suco de camu-camu.....	73

Tabela 3.2: Caracterização do suco integral de camu-camu	73
Tabela 3.3: Distribuição do tamanho das microcápsulas de suco de camu-camu microencapsulado com maltodextrina e goma arábica e seus diâmetros médios	94
Tabela 3.4: Resultado do teste de aceitação dos sucos de camu-camu	97
Tabela 3.5: Resultado do teste de intenção de compra dos sucos de camu-camu	98
Tabela 4.1: Soluções salinas saturadas utilizadas nos dessecadores e suas respectivas atividades de água a 25°C.....	110
Tabela 4.2: Parâmetros estimados das equações ajustadas, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) para o suco encapsulado com maltodextrina, a 25°C	116
Tabela 4.3: Parâmetros estimados das equações ajustadas, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), para o suco encapsulado com goma arábica a 25°C	116
Tabela 4.4: Parâmetros estimados das equações ajustadas, coeficientes de determinação (R^2) e desvio percentual médio (P), para o liofilizado (amostra de referência), a 25°C.....	117
Tabela 4.5: Alternativas de composição de embalagens para o suco de camu- camu em pó	122

Tabela 5.1: Resultado da caracterização da embalagem	135
Tabela 5.2: Valores dos parâmetros de cálculo e TEVP	136
Tabela 5.3: Valores de atividade de água das amostras armazenadas 25°C.....	137
Tabela 5.4: Valores de atividade de água das amostras armazenadas a 35°C..	138
Tabela 5.5: Teor de vitamina C (mg ácido ascórbico/100g suco em pó) e sua perda (%), para as amostras de suco de camu-camu estudadas durante o tempo de armazenamento a 25°C	143
Tabela 5.6: Teor de vitamina C (mg ácido ascórbico/100g suco em pó) e sua perda (%), para as amostras de suco de camu-camu estudadas durante o tempo de armazenamento a 35°C	144
Tabela 5.7: Valores da luminosidade (L*), das coordenadas de cromaticidade (a* e b*) e diferenças em relação ao padrão (tempo zero) para o suco de camu-camu encapsulado com maltodextrina, a 25°C	149
Tabela 5.8: Valores da luminosidade (L*), das coordenadas de cromaticidade (a* e b*) e diferenças em relação ao padrão (tempo zero) para o suco de camu-camu encapsulado com maltodextrina, a 35°C	150
Tabela 5.9: Valores da luminosidade (L*), das coordenadas de cromaticidade (a* e b*) e diferenças em relação ao padrão (tempo zero) para o suco de camu-camu encapsulado com goma arábica, a 25°C	151

Tabela 5.10: Valores da luminosidade (L^*), das coordenadas de cromaticidade (a^* e b^*) e diferenças em relação ao padrão (tempo zero) para o suco de camu-camu encapsulado com goma arábica, a 35°C.....	151
Tabela 5.11: Valores da luminosidade (L^*), das coordenadas de cromaticidade (a^* e b^*) e diferenças em relação ao padrão (tempo zero) para o suco de camu-camu desidratado sem encapsulante, a 25°C.....	152
Tabela 5.12: Valores da luminosidade (L^*), das coordenadas de cromaticidade (a^* e b^*) e diferenças em relação ao padrão (tempo zero) para o suco de camu-camu desidratado sem encapsulante, a 35°C.....	153
Tabela 5.13: Avaliação microbiológica das amostras de suco de camu-camu encapsulado com MD e GA, a 25 e 35°C	158

DIB TAXI, C.M.A.

**SUCO DE CAMU-CAMU (MYRCIARIA DUBIA) MICROENCAPSULADO OBTIDO
ATRAVÉS DE SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO**

RESUMO

A Amazônia constitui-se em uma das maiores reservas de espécies da flora e fauna da Terra. Dentre as espécies vegetais, estão diversas frutas de sabores exóticos que podem ser economicamente importantes para a região e o camu-camu é uma delas, uma fruta que se destaca das frutas pelo seu elevado teor de vitamina C. Os estudos sobre o aproveitamento tecnológico desta fruta são quase inexistentes. Este trabalho objetivou desenvolver e avaliar a estabilidade do suco de camu-camu microencapsulado em *spray dryer*. Foram utilizados frutos oriundos de um pomar particular de um fruticultor do Município de Tomé-Açu, no Estado do Pará. O início do estudo consistiu na avaliação do extrator que apresentasse o melhor desempenho em rendimento de matéria seca e vitamina C para o suco de camu-camu. Em seguida, otimizou-se o processo de microencapsulação através de um planejamento experimental fatorial completo. Como agentes encapsulantes foram utilizadas maltodextrina e goma arábica. A temperatura de entrada do ar de secagem e a concentração do material de parede foram as variáveis escolhidas para avaliar o processo. Após a obtenção do suco microencapsulado, fez-se o levantamento da isoterma de adsorção de umidade para, em seguida, avaliar a estabilidade do produto. O extrator de escovas apresentou o melhor desempenho. Tanto a temperatura de entrada do ar de secagem, quanto o teor de encapsulante, assim como a interação entre essas duas variáveis apresentaram efeito significativo e positivo, ao nível de 5 % de probabilidade, sobre o rendimento de suco em pó. A morfologia das microcápsulas mostrou que o processo de microencapsulação foi eficiente. A goma arábica mostrou-se um encapsulante mais eficiente na retenção de vitamina C. A estabilidade dos produtos encapsulados se mostrou superior à do produto sem encapsulante.

DIB TAXI, C. M. A.

**MICRO-ENCAPSULATED CAMU-CAMU (*MYRCIARIA DUBIA*) JUICE
OBTAINED BY SPRAY-DRYING.**

SUMMARY

The Amazon basin represents one of the Earth's greatest reserves of species of flora and fauna. Within the plant species are a variety of fruits exhibiting exotic flavours which could be of economic importance for the region, camu-camu, a fruit notable for its high vitamin C content, being one of these. There are practically no studies on the technological use of these fruits. This study aimed at developing and evaluating the stability of spray-dried micro-encapsulated camu-camu juice. The fruits were obtained from a private orchard in the municipality of Tomé-Açu in the State of Pará, Brazil. The first part of the study evaluated different juice extractors and procedures aiming at the highest yields in solids and vitamin C. The next step was the optimisation of the micro-encapsulation process, using a complete factorial experimental design. Malt dextrin and gum arabic were used as encapsulating agents and the process variables were the air temperature at the entrance of the spray dryer and the concentration of wall material. After obtaining the micro-encapsulated juice the moisture adsorption isotherm was determined, followed by an evaluation of the stability of the product. The best extractor was shown to be the brush depulper. The air temperature at the entrance to the spray dryer, the concentration of wall material and the interaction between these two variables all showed a significant positive effect on the yield of juice powder, at the level of 5% probability. An examination of the morphology of the micro-capsules demonstrated the efficiency of the process, and gum arabic was shown to be the most efficient wall material for vitamin C retention. Encapsulated products were more stable than other which wall material wasn't used.

INTRODUÇÃO

A Amazônia destaca-se das demais regiões do Brasil por sua riqueza em frutos de sabores exóticos e ricos em vitamina C, com destaque para o camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh), no qual a concentração dessa vitamina chega a ser superior a 2.800mg / 100g de fruto (Clement *et al.*, 1982).

Sabe-se que essa espécie, nativa da Amazônia, tem grande potencial econômico para a região, principalmente por ocorrer em áreas alagadas, várzeas e outras consideradas impróprias para culturas mais exigentes. Assim, o camu-camu tem despertado interesse de vários agricultores e pesquisadores da região que buscam alternativas economicamente viáveis para a Amazônia. É um fruto muito ácido, por isso, normalmente, não é consumido *in natura*, sendo transformado em refresco, sorvete e outros produtos similares na região onde é cultivado (Cavalcante, 1988).

Outras regiões do país vêm demonstrando interesse pela cultura do camu-camu para plantio em terra firme. No interior do Estado de São Paulo tem havido um aumento na procura e comercialização de mudas dessa planta, indicando uma tendência de crescimento de produção.

A literatura disponível sobre o camu-camu traz apenas informações sobre a cultura e algumas características químicas do fruto, pouco ou quase nada se tem sobre o seu aproveitamento tecnológico. Por isso, investir em pesquisas com a finalidade de buscar respostas agrônomicas e tecnológicas que viabilizem a cultura do camu-camu é importante, e se faz necessário, como mais uma opção para o desenvolvimento econômico e social de uma região tão grande, com tantas riquezas naturais e, ao mesmo tempo, apresentando enorme carência, como é a região amazônica.

Atualmente, a comercialização desse fruto na região se dá, quase que inteiramente, na forma de polpa congelada, que exige que se mantenha a cadeia do frio durante o transporte, armazenamento e distribuição, o que eleva o seu custo. A microencapsulação do suco de camu-camu, embora seja ainda um processo de custo elevado, visa preservar a qualidade do fruto *in natura* e pode se constituir em uma alternativa para o seu aproveitamento.

O mercado de sucos no Brasil tem crescido de forma acentuada, passando de 531 milhões de litros consumidos em 1990, para 1398 milhões em 1997, com a projeção de consumo de 2.367 milhões de litros para o ano de 2001. Desse mercado, o segmento de sucos em pó responde por cerca de 13% do total consumido (*ACNielsen Corporation Home Page, 1999).

O objetivo deste trabalho foi otimizar as condições de extração do suco de camu-camu, estudar o processo de microencapsulação deste e avaliar a estabilidade durante armazenamento por um período de 90 dias.

* www.acnielsen.com

CAPÍTULO 1

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. CAMU-CAMU

1.1. ASPECTOS BOTÂNICOS

1.1.1. TAXONOMIA

O camu-camu pertence à família das *Myrtaceae* e ao gênero *Myrciaria*. Inicialmente, essa planta foi classificada como "*Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh" passando, posteriormente, à "*Myrciaria paraensis* Berg". Entretanto, os taxonomistas têm adotado a denominação "*Myrciaria dubia*", por ter sido a primeira classificação a ser estabelecida (Ruiz, 1969).

Além do nome comum "camu-camu", outras denominações, também comuns, têm sido relacionadas a essa fruta, entre elas: "camo camo" (em espanhol), "caçari", "araçá - azedo" e "araçá - d'água" (em português) (Ferreira, 1959).

Tem sido constatada a existência de duas fruteiras com o nome camu-camu; uma de forma vegetativa de arbusto e a outra arbórea. A espécie arbórea (*Myrciaria sp*) apresenta conteúdo de vitamina C inferior ao da espécie arbustiva (*Myrciaria dubia*), além de outras diferenças como: número de sementes, cor do fruto, etc.(Villachica,1996). Essas diferenças podem ser observadas na Tabela 1.1.

Tabela 1.1: Características diferenciais entre as espécies *Myrciaria dubia* e *Myrciaria sp.*

Características	<i>Myrciaria dubia</i>	<i>Myrciaria sp.</i>
Porte da planta	Arbusto	Arbóreo
Época de colheita	Dez-Mar	Mar- Mai
Peso do fruto	10g	23g
Cor do fruto	Vermelho intenso	Vinho a marrom
Casca do fruto	Apergaminhada	Semi-lenhosa
Cor da semente	Amarelada	Rósea
Tamanho da semente	Grande	Pequena
Forma da semente	Chata, reniforme	Oval
Sementes por fruto	1 a 3	1 a 2

Fonte: Villachica (1996).

1.1.2. ORIGEM E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

O camu-camu tem seu *habitat* natural nas várzeas e lagos das Amazônias peruana e brasileira. A planta tolera inundações, o que lhe permite permanecer submersa durante um período de 4 a 5 meses por ano (Peters & Vasques, 1986/87).

Sua distribuição geográfica natural no Brasil limita-se aos cursos dos rios sendo encontrada no Estado do Pará; ao longo do rio Amazonas até o Estado do Amazonas; na bacia superior do rio Orinoco, no Estado de Rondônia (Villachica, 1997; Falcão *et al.*, 1989).

1.1.3. MORFOLOGIA E FLORAÇÃO

O camu-camu (*Myrciaria dubia*) é um arbusto com altura média de 3m, podendo alcançar até 8m. Tem um tronco delgado que atinge 15 cm de diâmetro e coloração marrom clara. É bastante ramificado, desde a sua base, formando

vários galhos secundários que, por sua vez, se ramificam na forma de um vaso aberto (Villachica, 1996).

Suas raízes são profundas com muitos pêlos absorventes. As folhas são de formato oval-elíptico e de longitude variando entre 4,5 e 12,0 cm (Ferreyra, 1959).

O fruto é uma baga globosa, de diâmetro situado entre 10 a 32 mm; coloração de vermelha até violeta; com 1 a 4 sementes de 8 a 15 mm de largura conspicuamente aplanadas e cobertas por uma lâmina de fibrilas brancas (Ruiz, 1994).

A Figura 1.1 mostra o fruto de camu-camu maduro na planta.

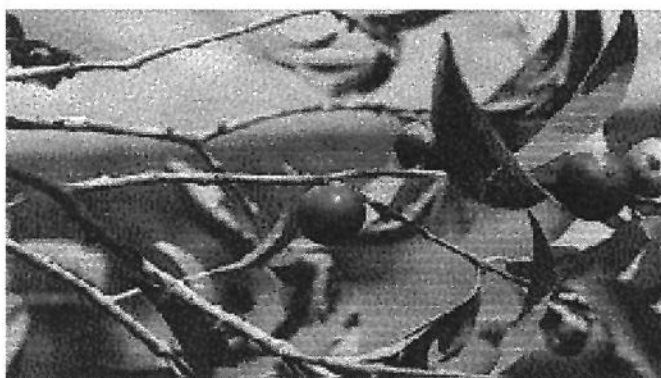


Figura 1.1: Fruto de camu-camu maduro.
Fonte: Silva, 1996.

A floração inicia-se, geralmente, após 2 anos e meio de cultivo. O período de floração é de 6 a 7 meses, em plantas cultivadas, e a meia emissão de flores ocorre entre os meses de dezembro e janeiro. A maior produção de frutos ocorre entre dezembro e março (Villachica, 1997).

1.2. ASPECTOS FÍSICOS, QUÍMICOS, FÍSICO-QUÍMICOS E NUTRICIONAIS

1.2.1. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICA

Os trabalhos efetuados para caracterização química do camu-camu são ainda incipientes. A maioria dos dados encontrados refere-se apenas ao conteúdo de vitamina C, comparando-o com os de outras frutas tropicais.

Na Tabela 1.2, encontram-se alguns dados de caracterização do fruto de camu-camu obtido na Estação Experimental de Fruticultura Tropical do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA (Andrade, 1992).

Zapata & Dufour (1993), analisando suco de camu-camu, encontraram valores de pH equivalentes a 2,44; 2,53; e 2,56, respectivamente, para sucos obtidos a partir de fruto verde, semimaduro e maduro. Eles verificaram, também, que o conteúdo da vitamina C aumentou cerca de 12%, do fruto verde para o maduro. Esse fato o difere da maioria das frutas que, à medida que vão amadurecendo, têm uma diminuição no seu conteúdo de vitamina C. O conteúdo de açúcar do fruto maduro foi baixo, em comparação com o observado para a maioria das frutas e o teor de potássio (aproximadamente 711g/kg) pode ser considerado relevante, no aspecto nutricional.

1.2.2. CONTEÚDO DE NUTRIENTES

Dentre as várias características nutricionais dos alimentos uma das mais importantes é o conteúdo de vitamina C e minerais que esses alimentos apresentam (Fennema, 1982).

Tabela 1.2: Caracterização física, química e físico-química do fruto de camu-camu.

Parâmetro	Resultado Médio
Peso do fruto	8,28g
Peso da casca	1,18g
Peso do endocarpo	5,76g
Peso das sementes	1,34g
Densidade	1,022 g/mL
Umidade	91,20%
PH	3,05
Acidez titulável (ácido cítrico)	2,84%
° Brix	7,75
Relação Brix/Acidez	2,73
Sólidos solúveis em álcool	1,70%
Pectina total	224,58mg/100g
Pectina Solúvel	209,02mg/100g
Protopectina	15,50mg/100g
Antocianina total (polpa)	0,715 (535 nm/g de polpa)
Compostos fenólicos (ext. metanol)	861,34 mg/100g de polpa
Vitamina C total (polpa)	2950,62 mg/100g de polpa

Fonte: Andrade *et al.* (1992)

As frutas, por seu alto teor de vitaminas e outros constituintes, representam um dos alimentos básicos da dieta humana (Vertiz, 1969).

A vitamina C, juntamente com as vitaminas dos grupos A e E, e mais alguns outros compostos presentes nas frutas cítricas como os flavonóides, carotenóides, ácidos fenólicos, etc., parecem ter ação preventiva ao câncer e poder antioxidante, retardando o envelhecimento (Caragay, 1992).

A importância dada ao camu-camu está relacionada com o seu teor elevado de vitamina C, superior, algumas vezes, até ao da acerola, conhecida por apresentar teores dessa vitamina maiores que o apresentado por grande parte das frutas conhecidas (Aragão *et al.*, 1996).

Na Tabela 1.3 encontram-se os teores de nutrientes presentes em 100 g de polpa de camu-camu.

Análises efetuadas na casca indicaram que o teor de vitamina C nela contido é de cerca de 5%, em média, sendo superior ao conteúdo de vitamina C observado na polpa que constitui cerca de 55% do peso do fruto. (Villachica, 1996).

Tabela 1.3: Teor dos nutrientes em 100g de polpa de camu-camu.

Componente	Valor
Água	94,4 g
Valor energético	17,0 cal
Proteína	0,5 g
Carboidrato	4,7 g
Fibra	0,6 g
Cinza	0,2 g
Cálcio	27,0 mg
Fósforo	17,0 mg
Ferro	0,5 mg
Tiamina	0,01 mg
Riboflavina	0,04 mg
Niacina	0,062 mg
Ácido ascórbico reduzido	2780,0 mg
Ácido ascórbico total	2994,0 mg

Fonte: Villachica, 1996

Observa-se, na Tabela 1.2, a composição centesimal e o conteúdo de vitaminas do camu-camu, referente à polpa fresca. Pode-se verificar que o camu-camu contribui discretamente com proteínas, carboidratos e fibras; entretanto, a grande quantidade de vitamina C apresentada pelos frutos de camu-camu merece destaque, justificando o crescente interesse por esse fruto.

Na Tabela 1.4, pode-se observar o conteúdo de ácido ascórbico (mg/100g) na polpa de algumas frutas tropicais maduras. O teor de vitamina C do camu-camu chega a ser cerca de 139, 46 e 30 vezes superior, respectivamente, aos teores dessa vitamina no abacaxi, goiaba e laranja.

Valores ainda maiores de vitamina C no camu-camu foram citados no trabalho de Moraes *et al.* (1994) que atingem a faixa de 3000-6000 mg/100g de polpa.

Tabela 1.4: Conteúdo de ácido ascórbico de algumas frutas tropicais maduras.

Fruta	Ácido ascórbico (mg/100g polpa)
Abacaxi	20
Maracujá (suco)	22
Limão (suco)	44
Goiaba	60
Laranja	92
Acerola	1300
Camu-camu	2780

Fonte: Villachica (1996)

Apesar da maioria dos autores citar que os teores de vitamina C do camu-camu são superiores ao da acerola, deve-se lembrar que fatores ambientais (temperatura, intensidade solar, chuvas, solo, etc.) e, também, a variedade estudada têm influência no teor da vitamina C; e, para que se possa efetivamente afirmar que um teor é superior ao outro, os frutos a serem analisados deverão estar submetidos às mesmas condições.

Deve-se ressaltar, também, que o método de determinação da vitamina C pode ser um fator que contribui para os diferentes teores apresentados, lembrando-se que o teor dessa vitamina deve incluir o somatório dos teores dos ácidos L-ascórbico e desidroascórbico, o que nem sempre é levado em conta (Hoare *et al.*, 1993).

Wills *et al.* (1983) compararam os resultados das determinações de vitamina C em frutas e vegetais frescos por três métodos: cromatografia líquida e titulometria (métodos oficiais da AOAC), com o método de microfluorimetria. Eles verificaram que os níveis de ácido ascórbico obtidos pelos métodos citados na AOAC foram semelhantes, enquanto que, para algumas amostras, a microfluorimetria apresentou resultados significativamente maiores.

Aragão *et al.* (1996) efetuaram a determinação do teor de vitamina C através do método enzimático (ascorbato-oxidase) e observaram uma ligeira superioridade no teor daquela vitamina no camu-camu em relação ao da acerola, respectivamente, 1100 e 1040 mg/kg. Esses autores justificaram a preferência pelo método enzimático, em comparação com os outros métodos citados, por ser esse mais simples e mais eficiente, pois as enzimas têm alta especificidade pelo substrato (ácido ascórbico); lembrando ainda que a espectrofotometria utiliza a diferença nas leituras dos valores de absorbância antes e após a oxidação do ácido ascórbico, o que estaria correlacionado com um elevado grau de confiabilidade no resultado analítico.

1.3. TECNOLOGIA DE COLHEITA E PÓS-COLHEITA

A colheita dos frutos de camu-camu, nos arbustos silvestres, é manual e é efetuada pelos moradores ribeirinhos com o auxílio de pequenas embarcações (canoas). O uso dessas canoas se justifica pelo fato de que a colheita ocorre no

período de dezembro a março, quando há inundação das margens dos rios. No caso de plantas cultivadas em áreas de terra firme, a colheita também é manual, sendo os frutos colhidos duas vezes por semana, na época de maior produção. Os frutos são coletados quando estão no início da maturação (aparecimento de pintas avermelhadas na casca) o que facilita o transporte. Após um período de aproximadamente 4 dias da colheita, os frutos apresentam coloração vermelha intensa (Ruiz, 1994).

Após terem sido coletados, os frutos são colocados em recipientes de madeira e estes, preferencialmente, devem ter capacidade máxima de 10 kg, para que se evitem deteriorações, pois a casca do fruto de camu-camu é bastante delgada e facilmente sofre ruptura se o manuseio não for adequado, o que diminui bastante sua qualidade. Os frutos são lavados e colocados em lugares bem arejados sendo então despulpados. Para que sejam obtidas polpas de coloração mais rosada, recomenda-se o uso de água aquecida a 40°C (Villachica, 1996).

Deve-se ressaltar que, após a colheita, é necessário que se tenha um controle das condições de temperatura e umidade na estocagem, pois estas têm influência sobre as perdas de vitamina C (Fonseca & Nogueira, 1984).

1.4. INDUSTRIALIZAÇÃO E MERCADO

1.4.1. FORMAS DE USO

Na década de 60, pouca importância era dada ao camu-camu, provavelmente, pelo desconhecimento em relação a sua composição de nutrientes de grande valor à nutrição humana. A sua maior utilização era como isca para pesca, pois o camu-camu é um alimento muito apreciado por peixes da Amazônia, principalmente o tambaqui (*Colossoma macrocarpum*) (Villachica, 1997).

Segundo Villachica (1997), atualmente, o camu-camu é empregado na fabricação, em pequena escala, de refrescos, sorvetes, picolés, doces em massa, etc., apenas nas regiões onde existe naturalmente. A utilização comercial de polpa congelada ocorre, também, nessas e em outras áreas onde já está sendo cultivado. Tem havido uma demanda crescente por polpa de camu-camu para produção de bebidas denominadas "bebidas saudáveis", em lanchonetes e grandes centros comerciais do país.

1.4.2. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA POTENCIAL E COMERCIALIZAÇÃO

A grande diversidade de recursos fitogenéticos que se encontram disponíveis na região amazônica representa, claramente, uma oportunidade ímpar para o desenvolvimento sustentável da região, desde que se estabeleçam critérios técnico-científicos que evitem o esgotamento desses recursos.

As frutas amazônicas são recursos alimentícios que oferecem para a população local um grande potencial econômico e várias delas têm muitas possibilidades de ser exportadas tanto ao natural, como frutas exóticas, bem como na forma de polpas e sucos concentrados, ou em várias outras possibilidades agroindustriais. O camu-camu chama, cada vez mais, a atenção de produtores e pesquisadores, já tendo sido introduzido nos mercados mundiais, principalmente Japão e EUA (Villachica, 1996).

1.4.3. PROCESSAMENTO

O camu-camu, devido a sua elevada acidez, dificilmente pode ser consumido *in natura*. Para o seu processamento deve-se utilizar, além da polpa, também a casca, pois esta contém os pigmentos antocianicos que conferem

coloração avermelhada característica ao suco e contribui, também, para elevar o teor de vitamina C, que é cerca de 2 a 2,5 vezes o teor encontrado na polpa (Ruiz, 1994).

Algumas alternativas tecnológicas para obtenção de produtos de camu-camu incluem: processamento de doce em massa, néctar, geléia, etc. Uma mistura com outras frutas para suavizar a acidez elevada do camu-camu pode ser uma boa alternativa (Villachica, 1997).

Oliva (1995), utilizando acerola *in natura* estudou a estabilidade do seu néctar, visando estabelecer as condições adequadas à sua comercialização. O néctar foi submetido a diferentes tratamentos: a) acondicionamento em latas, seguido de congelamento em túnel e armazenamento em câmaras frigoríficas a -18 °C; b) aquecimento em trocador de calor de placas seguido de enlatamento (*hot fill*), resfriamento e armazenamento a temperatura ambiente e sob refrigeração a 8 °C e, por fim, c) acondicionamento em latas e submissão a um trocador de calor rotativo (*spin cooker*). Os resultados mostraram que o processo que utilizou o *spin cooker* apresentou menores perdas de ácido ascórbico e menores alterações de sabor e cor em relação ao processo *hot fill*.

Devido às semelhanças entre as polpas de acerola e camu-camu, o processo *spin cooker* também pode ser estudado para camu-camu.

Segundo Hoare *et al.* (1993), o tratamento térmico ao qual se submetem as frutas ou seus produtos pode provocar aumento na velocidade de oxidação do ácido ascórbico, devendo-se evitar temperaturas altas no processamento. Recomenda-se, também, para que não ocorra a oxidação e, portanto, a degradação do ácido ascórbico, evitar exposição à luz e contaminantes metálicos, os quais farão diminuir o total deste ácido.

Leme Jr.(1973) estudando a estabilidade do ácido ascórbico em acerola liofilizada verificou que a perda de ácido ascórbico correspondeu a 3,6 - 6,4% e que a perda mensal durante o armazenamento, realizado a temperatura ambiente, por um período de 4 a 9 meses, foi 0,9 - 1,0%.

O uso de bissulfito de sódio e outros antioxidantes pode impedir reações oxidativas como a degradação de carotenóides e vitaminas, bem como reações de escurecimento com compostos fenólicos (Ting e Rouse, 1986).

O camu-camu desidratado pode ser uma outra boa alternativa tecnológica para o aproveitamento desta fruta. Essa desidratação pode ser feita por atomização ou liofilização (Villachica, 1997).

2. CONSERVAÇÃO PELO CONTROLE DA UMIDADE

A secagem foi um dos primeiros métodos de preservação de alimentos utilizados pelo homem. As vantagens de sua utilização são diversas, podendo-se citar algumas delas: redução do peso e volume do produto, o que é muito importante na diminuição dos custos de transporte, embalagem e armazenamento; com a diminuição da atividade de água prolonga-se a vida-de-prateleira do produto, pois criam-se condições adversas para a multiplicação de microrganismos e desenvolvimento de reações enzimáticas (Schuler e Schuler, 1973).

A remoção total ou parcial da água do alimento é o princípio do método de conservação pelo controle de umidade. Esta eliminação da água pode ser efetuada de várias maneiras, segundo Camargo *et al* (1984): por secagem natural; por salga; pelo uso de açúcar e por secagem artificial ou desidratação.

O processo de secagem artificial, ou simplesmente secagem, pode ser efetuado por vaporização térmica e por sublimação (liofilização). Essa secagem, por ser um processo artificial, permite que diversos parâmetros sejam controlados durante a sua realização entre eles: as condições higiênico-sanitárias locais, o teor de umidade e a temperatura, além de requerer menor área de processo (Riedel, 1987).

Segundo Travaglini *et al.* (1999), os secadores mais utilizados industrialmente são: secadores de esteiras; secadores pneumáticos (*flash dryers*), e os de torre de secagem por atomização (*spray dryers*); secadores de leite fluidizado; secador de cilindro rotativo; secadores a vácuo (nesta classe encontram-se os liofilizadores), e secadores por microondas. Os fatores condicionantes da escolha do tipo de secador a ser utilizado são: a natureza do produto, as condições de operação e fatores econômicos.

A utilização de alimentos desidratados tem sofrido expansão nos últimos anos. Na área de formulados de vários produtos como: alimentos para recém-nascidos, produtos de panificação e confeitaria, e ingredientes para sorvetes, seu uso tem sido intensificado. O uso de alimentos desidratados também sido observado na área farmacológica onde já existem empresas farmacêuticas produzindo e comercializando pastilhas auxiliares para a digestão cuja composição é, exclusivamente, polpa liofilizada de mamão (Goés, 1981).

3. ISOTERMAS DE SORÇÃO DE UMIDADE

3.1. CONCEITO E IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DAS ISOTERMAS DE SORÇÃO DE UMIDADE

Uma isoterma de sorção de umidade consiste na representação gráfica da relação funcional encontrada entre o conteúdo de umidade de uma substância e a atividade de água dessa mesma substância, medidos a uma temperatura constante (Eiroa, 1981).

As isotermas de sorção de umidade para os alimentos representam as propriedades higroscópicas integradas de muitos componentes cujas propriedades de sorção podem mudar devido às interações físicas e/ou químicas causadas pelo aquecimento ou outros tratamentos (Iglesias & Chirife, 1982).

Essas curvas são de grande validade para os processos de concentração e desidratação de alimentos, e para o desenho de equipamentos com essa finalidade, pois a água será removida com maior ou menor facilidade dependendo da pressão parcial de vapor e energia de ligação da água no alimento. Outra grande validade das isotermas consiste na determinação do valor da monocamada de água do alimento. A importância desta determinação reside na possível evidência de que o valor da monocamada de água está relacionado com o início de várias reações químicas causadoras de deterioração dos alimentos. A partir do estudo das isotermas pode-se estabelecer a embalagem que seja mais adequada para as características do produto, prever as mudanças na umidade que ocorrem durante a estocagem e prever a estabilidade durante a vida-de-prateleira (Teixeira Neto, 1997).

As isotermas de sorção de alimentos são obtidas relacionando-se em um gráfico a quantidade de água sorvida, em função da atividade de água, gerando,

na maioria das vezes, curvas de formato sigmóide. Elas podem ser obtidas em duas direções: adsorção (com umedecimento do produto) ou dessorção (com secagem do produto). Uma isoterma de adsorção é construída colocando-se o material, completamente seco, em vários recipientes com umidade relativa crescente, medindo-se o ganho de peso devido à água adsorvida; a de dessorção é construída a partir do material, inicialmente úmido, em ambientes semelhantes aos da curva de adsorção, medindo-se, então, a perda de peso das amostras. Essas curvas, que teoricamente são idênticas, não se sobrepõem, na prática. É comum haver diferenças entre as isotermas de dessorção e adsorção com os valores obtidos por determinações experimentais; a esse fenômeno denomina-se histerese (Figura 1.2). As razões para que este fenômeno ocorra não são muito claras (Labuza, 1968).

Segundo o mesmo autor, algumas teorias tentam explicar o fenômeno da histerese; todas elas baseiam-se no efeito da água condensando em capilares.

Explica-se a histerese como uma mudança no ângulo de contato entre adsorção e dessorção. O ângulo de contato é mostrado na equação de Kelvin (Equação 1.1), que faz a previsão do ganho de umidade: Segundo a equação de Kelvin, um maior ângulo de contato seria esperado para a adsorção, pois a água deve umedecer a superfície do sólido; para a dessorção, a superfície está inteiramente molhada e, deste modo, o ângulo de contato seria zero. As diferenças no ângulo produziriam o desvio observado na dessorção. Esse fenômeno faz com que o teor de umidade do produto que apresenta histerese seja sempre menor no equilíbrio obtido por adsorção do que na dessorção.

$$a = p/p_0 = \exp \left[\frac{-2\gamma \cdot \cos\theta \cdot V_0}{rRT} \right] \quad (1.1)$$

onde: α = ângulo de contato

p = pressão de vapor da água do produto

p_0 = pressão de vapor da água pura

γ = tensão superficial líquida (dina/cm)

θ = ângulo de contato do líquido nos poros

V_0 = volume molar

r = raio de capilaridade

R = constante dos gases

T = temperatura

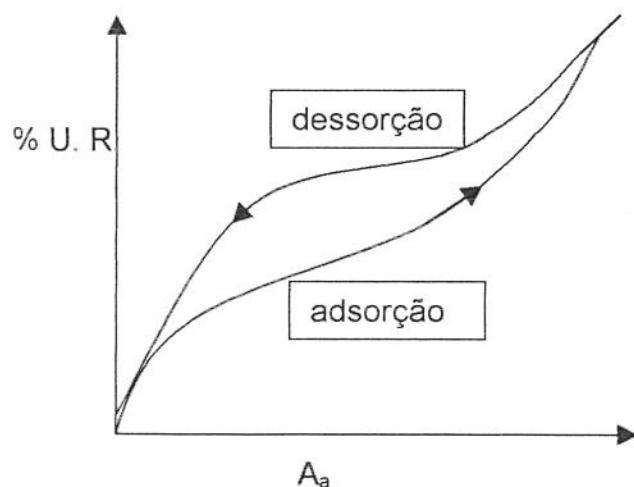


Figura 1.2: Isotermas de adsorção e de dessorção de umidade características de alguns produtos alimentícios. Fonte: Teixeira Neto, 1997.

3.2. FORMATOS DAS ISOTERMAS DE SORÇÃO DE UMIDADE

As isotermas podem ser classificadas de acordo com os formatos que apresentam em cinco tipos, que estão mostrados nas figuras 1.3a e 1.3b. As isotermas dos tipos I, IV e V não são de interesse para a área de alimentos (Brunauer *et al.*, 1938).

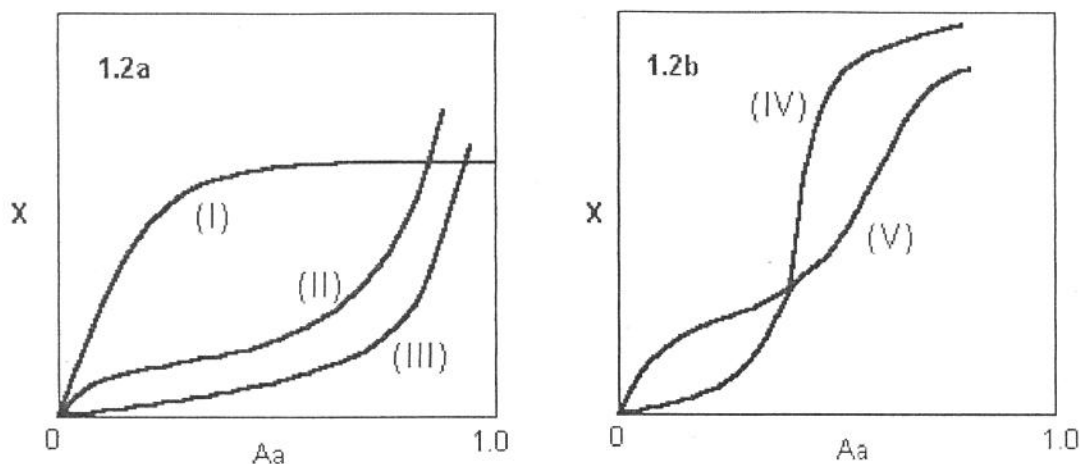


Figura 1.3a (esq.) e 1.3b (dir.): Tipos de formato de isotermas de adsorção.

Fonte: Brunauer *et al.* (1938)

3.3. MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DAS ISOTERMAS

Os principais métodos analíticos para que se obtenham as isotermas de sorção de umidade para alimentos podem ser divididos em dois grupos, de acordo com o princípio de medição: os métodos manométricos ou higrométricos, onde se mede, respectivamente, a pressão parcial de vapor ou a umidade relativa de equilíbrio das amostras cujo teor de umidade seja previamente conhecido; e os métodos gravimétricos, que medem o teor de umidade das amostras em situações de equilíbrio com diferentes umidades relativas. No primeiro grupo de métodos, mede-se a pressão parcial de vapor (através de um manômetro) ou a umidade relativa (através de higrômetros, células de ponto de orvalho, psicrômetros de cabelo, etc.). No segundo grupo, determina-se a umidade das amostras após atingirem o equilíbrio com o ambiente (método gravimétrico). Neste caso, as amostras são mantidas em ambientes com umidade relativa constante

(dessecadores, estufas, etc.), sob vácuo, e registram-se as mudanças de peso das amostras. As umidades dos diversos ambientes são obtidas pelo uso de soluções de sais, ácidos ou outras substâncias como o glicerol (Teixeira Neto, 1997).

Essas soluções utilizadas para criar uma umidade relativa no ambiente dos dessecadores têm sido apresentadas por vários autores na literatura; elas têm composição definida e denominam-se padrões ou valores de referência. As soluções salinas saturadas são as mais utilizadas, por apresentarem facilidade de preparo e, principalmente, atividade de água bastante estável mesmo que haja, no decorrer do experimento, mudança no teor de água de suas fases sólida e líquida (Jardim, 1997).

3.4. MODELOS MATEMÁTICOS PARA AJUSTE DE ISOTERMAS

Muitas equações matemáticas têm sido propostas para estudar os dados de equilíbrio entre a umidade do produto e a umidade relativa do ambiente para sistemas alimentícios. Os diferentes modelos propostos (empíricos, semi-empíricos ou teóricos) têm mostrado sucesso em reproduzir os dados de conteúdo de umidade de equilíbrio de um certo tipo de alimento a uma dada faixa de atividade de água. Os modelos teóricos procuram explicar interações existentes entre a água e a estrutura do alimento, o que leva a um conhecimento melhor deste último. As equações empíricas correspondem à grande maioria das equações utilizadas para o ajuste e são determinadas experimentalmente e, em virtude disso, não permitem que se tenha uma compreensão muito aprofundada do alimento (Moura & Germer, 1997).

As equações de ajuste mais utilizadas são apresentadas a seguir (Okos *et al.*, 1992):

Nomenclatura: Aa = atividade de água

U = umidade base seca

m = umidade da camada monomolecular

B(1) e B(2) = constantes determinadas estatisticamente

Cg = constante de Guggenheim-Anderson

K e C = constantes

a) Equação de Harkins-Jura

$$\ln Aa = B - Aa / U^2 \quad (1.2)$$

É uma equação baseada na teoria dos gases e tem aplicação para atividade de água inferior a 0,5.

b) Equação de Bradley

$$\ln (1 / Aa) = B(1).B(2)^U \quad (1.3)$$

Fundamenta-se na teoria da polarização, que leva em consideração que dipolos que sofrem indução na primeira camada de moléculas adsorvidas induzem mais dipolos e assim sucessivamente. Aplica-se na faixa de Aa superior a 0,7.

c) Equação de Henderson

Esta equação foi proposta em 1952. É bastante usada para isotermas de proteínas, principalmente as globulares.

$$1 - Aa = [-B(2).U^{B(1)}] \quad (1.4)$$

d) Equação de Oswin

Esta é uma equação empírica que ajusta cerca de 57% das isotermas de alimentos, segundo Lomauro *et al.* (1985).

$$U = B(2) [Aa / (1 - Aa)] \quad (1.5)$$

e) Equação de BET modificada

A equação de BET (derivada por Brunauer, Emmet e Tellet) é a mais utilizada para fazer o ajuste de isotermas. É uma equação teórica que caracteriza a camada monomolecular. O valor da monocamada de água permite que se estime a estabilidade química e física de alimentos desidratados. Sua fórmula matemática é semelhante à da equação de GAB:

$$Aa / (1 - Aa)U = 1/(m \cdot C) + (C - 1) Aa / (m \cdot C) \quad (1.6)$$

Esta equação ajusta bem as isotermas na faixa de atividade de água igual ou inferior a 0,5.

f) Equação de GAB

$$U/m = \frac{Cg \cdot K \cdot Aa}{(1 - K \cdot Aa)(1 - K \cdot Aa + Cg \cdot K \cdot Aa)} \quad (1.7)$$

Esta equação foi derivada independentemente por Gugenheim, Anderson e deBoer (GAB) e foi proposta, em 1966. É uma modificação da equação de BET e é considerada uma das melhores para o ajuste de isotermas de muitos alimentos,

e apresenta vantagens de apresentar boa fundamentação teórica, e descrever o comportamento de sorção de grande parte dos alimentos em uma extensa faixa de atividade de água (de 0 a 0,9) entre outras. O modelo de GAB proporciona maior precisão de ajuste do que o modelo de BET para uma grande quantidade de alimentos (Iglesias & Chirife, 1982).

g) Equação de Anderson

Esta equação tem tido um emprego bem grande em isotermas de sorção do Tipo III (Moura e Germer, 1997).

$$X = \frac{K.C.X_m.Aa}{[1 + (C - 2) K.Aa + (1 - C) K^2.Aa^2]} \quad (1.8)$$

4. DESIDRATAÇÃO POR ATOMIZAÇÃO

A secagem por atomização é a transformação de um fluido líquido em um produto seco em uma operação única. Ela envolve tanto a remoção da água quanto a formação de partículas, o que a faz um processo especial de secagem. (Dumoulin & Bimbenet, 1998).

No processo de secagem por atomização, o material a ser seco sofre inicialmente uma nebulização. As gotículas formadas têm diâmetro em torno de 10 a 200µm e apresentam, desse modo, uma grande superfície específica favorecendo a secagem. No interior da câmara, se faz circular ar a elevadas temperaturas, o que ocasiona uma vaporização da porção líquida de forma quase instantânea (1 a 10 segundos). Deve-se lembrar que a maior parte da secagem é feita sob taxa de evaporação constante; isto faz com que a temperatura do produto seja relativamente baixa. Após terem sido nebulizadas e secas, ocorre a

queda das partículas sólidas remanescentes no fundo da câmara. O produto resultante é um produto seco, na forma de pó. A rápida evaporação mantém a temperatura baixa o suficiente para que produtos sensíveis ao calor possam ser secos satisfatoriamente, sem degradação térmica (Dumoulin & Bimbenet, 1998).

Embora seja uma tecnologia que necessite de altos investimentos em instalações e operação, diversas são as razões pelas quais a secagem por atomização é muito utilizada, apesar do custo elevado, entre elas estão: produção de partículas de qualidade consistente; fácil realização do processo de modo contínuo; capacidade de processar diversos tipos de matéria-prima (Wendel e Çelik, 1998)

5. MICROENCAPSULAÇÃO

5.1. CONCEITO, HISTÓRICO E IMPORTÂNCIA

A microencapsulação é um processo físico onde pequenas partículas sólidas, gotículas de líquidos ou gases, denominadas "material ativo ou núcleo" são envolvidas por um material também chamado "material de parede" ou "agente encapsulante". O processo permite preservar uma substância em um estado finamente dividido, liberando-a sob condições específicas (Jackson & Lee, 1991; Sparks, 1985; Todd, 1970).

A encapsulação de substâncias sensíveis possibilita protegê-las contra a evaporação, oxidação e reações químicas. Em se tratando de compostos de aroma, a microencapsulação preserva o perfil sensorial do produto até que ele seja utilizado, assegurando alta qualidade e valor comercial (Hegenbart, 1993).

Pode-se dizer que a microencapsulação teve início quando da criação da célula viva. As membranas (ou cápsulas) naturais apresentam uma grande eficiência em suas funções de proteção do material recoberto e do controle do fluxo de material através delas (controlam a perda de água, regulam a transferência de gases, etc). Devido a essa proteção externa, as sementes de plantas e esporos de bactérias permanecem viáveis por períodos superiores a 100 anos. A casca do ovo de uma ave, por exemplo, consiste de uma parede protetora, suficientemente grossa, de modo a possibilitar o máximo de proteção no decorrer do período de incubação, e fina o suficiente para permitir que seja quebrada ao final desse período (Vandegaer, 1973; Balassa & Fanger, 1971).

As microcápsulas criadas pelo homem assemelham-se às naturais, consistindo de um filme externo, e de um núcleo composto de material sólido ou líquido, que é o material que se pretende que seja protegido. Pode-se dizer que, comparadas às embalagens convencionais, são "microembalagens" (Arshady, 1993).

Desde 1930, vêm sendo feitas pesquisas com a microencapsulação. No ano de 1950, nos EUA, o Instituto de Pesquisa do Sudoeste executou pesquisas, para fins militares, produzindo microcápsulas de gasolina com diâmetro inferior a 5µm; a pesquisa objetivava reduzir a inflamabilidade e permitir uma estocagem mais fácil. Também foi na década de 50 que tiveram início as primeiras pesquisas na área da produção de medicamentos, quando foram elaborados medicamentos na forma de pílulas e tabletes (Dziezak, 1988).

Em 1954, a microencapsulação foi utilizada, pela primeira vez, na elaboração de papel sem carbono para uso em copiadoras. Foram depositadas microcápsulas de uma tinta (sem cor), sobre uma camada delgada em uma folha de papel e por sobre estas cápsulas foi feita uma cobertura com um reagente também sem cor. A partir do momento que se exercia pressão com a ponta do

lápiz ou da pena, rompiam-se as microcápsulas da tinta que, ao ser liberada, entrava em contato com o reagente produzindo uma imagem colorida (Sparks, 1985).

Na indústria de alimentos, a microencapsulação teve início quando se patenteou um processo de preparação de concentrados de óleo no estado sólido (Arshady, 1993).

Uma diferença entre encapsulação e uma simples cobertura é que a camada exterior da microcápsula deve cobrir, por completo, a partícula do ingrediente ativo. A encapsulação requer um filme contínuo, ininterrupto, pois se alguma partícula ficar exposta, ela começa, imediatamente, a reagir. Uma cobertura simples pode cobrir apenas 10% do núcleo (Hegenbart, 1993). Segundo este mesmo autor a microencapsulação objetiva promover as seguintes ações a um ingrediente, de modo a que ele mantenha a sua eficiência reativa em relação ao meio externo:

- proteção contra luz, temperatura, umidade e oxigênio;
- redução da taxa de transferência de massa;
- promoção de uma fácil manipulação do núcleo através da diminuição da higroscopicidade, de modo a manter o escoamento constante; posicionamento do núcleo mais uniformemente em uma mistura, em função de seu diâmetro, quando usado em pequenas quantidades e manutenção da integridade da estrutura;
- liberação controlada e gradativa sob condições de pH, calor ou mastigação;
- facilidade de manuseio e estocagem do ingrediente líquido, e
- retenção de compostos voláteis de sabor e aroma, para liberação sob condições pré-definidas.

5.2. MICROCÁPSULAS

As microcápsulas são partículas produzidas através do processo de microencapsulação cujas propriedades físico-químicas são determinadas pelas características do material de parede. Desse modo, o material de parede deverá ser capaz de formar um filme coesivo e quimicamente compatível e não reativo com o material do núcleo (Salib, 1997).

As microcápsulas têm diâmetro que varia de 5 a 10.000 μm , dependendo do processo de encapsulação que tenha sido usado; e, com relação ao formato, podem ser esféricas, oblongas, monolíticas ou agregadas, com paredes simples ou múltiplas (Kirby *et al.*, 1991).

A influência do tamanho da microcápsula para a estabilidade de alguns ingredientes ainda não foi claramente explicada, embora estudos tenham estabelecido que há um tamanho ótimo, tanto para a retenção quanto para a estabilidade do ingrediente nas microcápsulas; a hipótese mais provável é de que a queda na estabilidade pode ser devida a um maior grau de imperfeição de suas superfícies conforme essas aumentem (Arshady, 1993).

Os equipamentos para produzir microcápsulas em laboratório consistem de vidraria comum, agitadores de velocidade variável e termostatos. Muitos processos de microencapsulação podem ser completados em menos de 30 minutos. A quantidade de microcápsulas produzidas varia com a capacidade de produção da instalação (Bakan, 1973).

As microcápsulas podem ser caracterizadas através de diversos meios: físicos, químicos, físico-químicos e sensoriais. As suas estruturas podem ser observadas através de diversas técnicas, tais como: microscopia eletrônica de varredura, absorção ultrassônica e ressonância magnética nuclear. Através da

microscopia eletrônica de varredura pode-se observar a maneira pela qual o núcleo está na matriz sólida, os efeitos produzidos por diferentes encapsulantes, bem como a existência de vazios nas microcápsulas (Shahidi & Han, 1993).

King *et al.* (1976) citam que várias pesquisas foram feitas para avaliar a relação entre a composição do alimento e a morfologia da superfície da microcápsula. Foi verificada a existência de uma relação crítica entre componentes de elevado e baixo peso molecular, acima da qual as microcápsulas podem apresentar dobras na sua superfície; enquanto que abaixo dessa relação, ocorrem superfícies lisas.

5.3. MATERIAL DE PAREDE

O primeiro passo no processo de encapsulação de um produto com finalidade alimentícia, consiste na escolha adequada do material de parede a ser utilizado (Dziezak, 1988).

A escolha do material de parede dependerá das propriedades químicas e físicas do material ativo, do processo utilizado para formar a microcápsula e das propriedades desejadas. Esse material pode ser selecionado a partir de uma grande variedade de polímeros naturais ou filmes sintéticos. O encapsulante representa, em geral, de 1 a 70% do peso da microcápsula, podendo apresentar uma espessura de até 200 μ m; essa espessura é manipulada de modo a promover alteração na permeabilidade e estabilidade da microcápsula (Bakan, 1973; Sparks, 1985).

Para corresponder às funções de recobrimento, um agente encapsulante deve ter boas propriedades emulsificantes, formar facilmente película envolvente; ter baixa viscosidade em altas concentrações de sólidos (menor que 0,5 Pa.s em

concentrações superiores a 45%); apresentar baixa higroscopicidade; ser de fácil reconstituição do componente microencapsulado, ser econômico, de sabor leve e de fácil obtenção. Na prática, muitas vezes, pelo fato de um mesmo encapsulante não englobar todas essas propriedades, usam-se combinações desses (Shahidi & Han, 1993).

Segundo Bangs & Reineccius (1988), durante a secagem em *spray*, o material de parede é uma das variáveis que mais influencia na retenção de aromas.

Os principais encapsulantes de grau alimentício encontram-se na Tabela 1.5.

Tabela 1.5: Principais agentes encapsulantes usados para alimentos

Classe	Encapsulante
Gomas	Goma arábica, alginato de sódio, carragena
Carboidratos	Amido, dextrina, açúcar, xarope de milho
Celulose	Carboximetilcelulose, metil e etil celulose, acetilcelulose, nitrocelulose
Lipídios	Cera, parafina, triestearina, ácido esteárico, mono e diglicerídeos, óleos, gorduras e óleos hidrogenados
Proteínas	Glúten, caseína, gelatina, albumina

Fonte: Bhandari, 1988

5.3.1. MALTODEXTRINA

A FDA (Food and Drug Administration) define maltodextrina como um polímero sacarídico nutritivo não doce, composto de monômeros de D-glicose, obtido a partir de amido de milho, por hidrólise ácida e/ou enzimática, e com dextrose equivalente inferior a 20 (Reineccius, 1991).

Segundo Kenyon e Anderson (1988), a maltodextrina apresenta-se na forma de um pó branco ou solução concentrada e é solúvel em água; constitui-se de um aditivo alimentar seguro para consumo humano. É de baixo custo e apresenta as seguintes propriedades funcionais:

- formação de película em torno do material ativo (encapsulação);
- baixa higroscopicidade, proporcionando pós com escoamento livre (a higroscopicidade aumenta com o aumento do DE);
- rápida liberação de aromas encapsulados nos produtos desejados (principalmente bebidas), devido a sua elevada solubilidade.

A relação ótima entre as quantidades de suco de fruta e maltodextrina depende do tipo de suco, pois é função da estrutura química dos carboidratos presentes nos sucos. A quantidade de maltodextrina para encapsular os açúcares obedece a seguinte ordem decrescente: frutose, glicose e sacarose.

5.3.2. GOMA ARÁBICA

A goma arábica, ou goma acácia, é um exudado da seiva da árvore do gênero *Acacia*. É a mais antiga das gomas, sendo usada como bandagem em mumificação e mais recentemente, nos selos postais. Tem sua origem principal no Sudão. O pó de goma arábica tem coloração branca, ligeiramente amarelada, é inodoro e insípido. É um polímero natural que consiste principalmente de ácido D-glucurônico, L-ranose, D-galactose e L-arabinose, com aproximadamente 5% de proteínas, responsáveis pela propriedade de emulsificação. A goma arábica é usada na indústria de aromas como agente de encapsulação, na produção de aromas em pó e também como estabilizante e emulsificante na preparação de concentrados para bebidas. (Thevenet, 1988).

5.4. ETAPAS DO PROCESSO DE MICROENCAPSULAÇÃO

Segundo Bakan (1973), o processo de microencapsulação em batelada ocorre, geralmente, em três etapas, que são desenvolvidas sob agitação constante:

- a) Formação de um sistema trifásico quimicamente imiscível: fase líquida (veículo para a mistura dos componentes), fase constituída pelo material a ser encapsulado e fase do material de parede;
- b) Deposição do material de parede (polímero) em torno das partículas do núcleo. A deposição da cobertura polimérica líquida em volta das partículas do núcleo ocorre se o polímero for sorvido na interface entre o núcleo e a fase líquida veículo; o fenômeno de sorção é um pré-requisito para uma cobertura efetiva.
- c) Solidificação do material de parede formando a microcápsula.

5.5. PROCESSOS DE MICROENCAPSULAÇÃO

Muitos processos de microencapsulação têm sido desenvolvidos e, de acordo com Bakan & Anderson (1970), nenhum processo, por si só, serve para encapsular todos os tipos de material ativo.

Os principais processos de microencapsulação com aplicação na indústria de alimentos são: *spray drying*; suspensão no ar; extrusão; coacervação; separação por suspensão rotacional, extrusão centrífuga e complexação por inclusão (Dziezak, 1988).

a) *Spray drying*

Apesar de ser considerado apenas como um processo de secagem, este é o método de encapsulação mais antigo e mais utilizado na indústria de alimentos,

por ser o processo mais barato e flexível e que produz partículas de boa qualidade, necessitando de equipamento prontamente disponível (Heath, 1985; Heath & Reineccius, 1986; Taylor, 1983).

O método do *spray drying* tem sido usado, desde 1930, para preparar os primeiros agentes de sabor encapsulados usando goma arábica como material de cobertura (Blenford, 1986).

O processo em *spray dryer* envolve três etapas: preparação da dispersão ou emulsão, homogeneização e atomização (Sparks, 1985).

A rápida evaporação da água durante a solidificação faz com que o material ativo seja mantido em temperaturas inferiores a 100°C, não sendo submetido às altas temperaturas do processo; deste modo, a exposição das partículas ao calor ocorre por um período de poucos segundos, o que proporciona pequenas perdas nutricionais no alimento encapsulado (Brenner, 1983; Balassa e Fanger, 1971).

Segundo Taylor (1983), a grande vantagem desse método é a sua habilidade de evitar a perda de muitos componentes sensíveis ao calor, apesar de se constatarem algumas perdas, pois o sabor do alimento é constituído de cerca de 20 a 30 compostos (álcoois, ésteres, aldeídos e cetonas) que têm ponto de ebulição situado na faixa de 38 a 180 °C.

De acordo com um trabalho de Zilberboin *et al.* (1986), pode ser promovida uma modificação no processo de secagem em *spray dryer* para encapsular substâncias altamente voláteis ou termolábeis; é o chamado “processo de desidratação a frio”. Por esse processo, uma emulsão do material ativo é atomizada em um líquido desidratante, como álcool ou poliglicol, a temperatura ambiente. As microcápsulas são recobertas por filtração e secas; a vácuo, sob baixa temperatura. Eles utilizaram este processo para encapsular oleoresina de

páprica e diversos ésteres voláteis, usando goma arábica como material de parede.

As partículas secas em *spray dryer* têm tamanho muito pequeno (em geral, menor que 100 μm) o que as torna bastante solúveis, embora isso possa ocasionar aglomeração. Este problema pode ser contornado por uma indução através de corrente que faz com que as partículas fiquem coesas formando partículas maiores (Dziezak, 1988).

b) Cobertura por suspensão em ar

Esse processo é também denominado “processamento em leito fluidizado”. Nele, as partículas sólidas do material a ser encapsulado são suspensas por uma corrente de ar, que pode ser frio ou quente. O material de cobertura é atomizado em uma câmara e se deposita, na forma de uma fina camada, sobre as partículas suspensas (Bakan & Anderson, 1970).

c) Extrusão

Este método é conduzido a baixas temperaturas. O material ativo é dispersado em uma massa de carboidrato liquefeito em um banho de desidratação líquido. Os filamentos extrudados são separados do banho fluido, desidratados com um agente que evite a aglomeração (como trifosfato de cálcio), para diminuir a higroscopicidade, e sofrem, então, redução de tamanho, segundo Dziezak (1988).

d) Coacervação

Este método é também denominado “processo de separação de fases” e foi desenvolvido na década de 50, nos EUA, para produzir papel, sem carbono, para uso em copiadoras. Devido a ser um processo que produz partículas de tamanho bastante reduzidos (em geral, menores que $1\mu\text{m}$, chegando só até $\frac{1}{4}$ de polegada). A coacervação, além de ser a técnica original, é tida como, a verdadeira técnica de encapsulação (Dziezak, 1988).

A coacervação, segundo Bakan (1973), começa quando a energia superficial das partículas do núcleo e do material de parede é ajustada por variação de algum parâmetro, como temperatura, pH ou composição, por exemplo. O material de cobertura é, então, solidificado através de aquecimento, remoção de solvente, entre outras técnicas.

As microcápsulas são coletadas usualmente por filtração ou centrifugação, lavadas com um solvente apropriado e secas por métodos padrões de secagem como *spray drying* ou leite fluidizado (Dziezak, 1988).

e) Separação por suspensão rotacional

O processo envolve a suspensão das partículas do material ativo em um material de cobertura liquefeito e puro; essa suspensão é pulverizada em disco rotativo. As partículas do núcleo ficam envolvidas por um filme mais delgado que o diâmetro das partículas. O excesso de líquido é atomizado em partículas bem pequenas; é, então, separado das microcápsulas e reciclado. As partículas do núcleo, ainda com um pouco de solvente, passam por um processo de secagem (Sparks, 1985).

f) Extrusão centrífuga

É uma técnica muito usada para microencapsular vitaminas. Esta técnica utiliza também o disco rotativo citado na técnica da separação por suspensão no ar. O material ativo e o de cobertura são bombeados através de um tubo de alimentação concêntrico, com o material ativo fluindo pela parte interna do tubo e o material de cobertura pela parte externa. Este sistema é acoplado, na parte superior, ao disco rotativo; conforme o disco sofre rotação, os dois componentes (núcleo e cobertura) são coextrudados nos orifícios dos bocais como uma haste fluida que, através da força centrífuga, é lançada para fora causando a quebra em forma de pequenas partículas. Devido à tensão superficial, o material de cobertura envolve o núcleo ocorrendo, então, a encapsulação (Lyle *et al.*, 1984).

g) Complexação por inclusão

De maneira diferente das técnicas mostradas até agora, esta técnica ocorre em nível molecular. Por esse processo, usa-se a β -ciclodextrina, um polímero cíclico de glicose, como encapsulante. O formato dessa molécula, com espaço vazio no seu interior, favorece a complexação de muitos compostos de sabor, cor e, também, de vitaminas. O complexo resultante, que é bastante estável, precipita-se em uma solução, e pode ser recuperado por filtração e secado por métodos de secagem convencionais (Heath e Reineccius, 1986).

5.6. MECANISMOS DE LIBERAÇÃO DO NÚCLEO

Diversos são os mecanismos de liberação do núcleo do interior das microcápsulas (Bakan, 1973):

- força externa ou interna: por ação de uma força externa (por exemplo, pressão), ou por força interna, como ocorre com microcápsulas dotadas de cobertura seletiva à permeação;
- calor ou solvente: destrói-se a integridade da microcápsula através do uso de calor ou por dissolução com um solvente adequado;
- biodegradação: ocorre quando as coberturas têm as características de sofrer esse processo;
- difusão: quando se procede a microencapsulação de um sólido solúvel em água em um filme insolúvel em água (por exemplo, etilcelulose), o conteúdo das microcápsulas pode ser extraído com água. Inicia-se com a água permeando o filme de cobertura e formando uma solução do núcleo. Devido ao gradiente de concentração, esta solução permeia para fora da microcápsula.

5.7. APLICAÇÕES DA MICROENCAPSULAÇÃO

Vários são os campos de atuação da técnica de microencapsulação, por exemplo: na área médica usa-se em diagnose e para carrear drogas, controlando sua liberação e eficiência por tempos mais longos a técnica tem seu uso também em adesivos, produtos agroquímicos, catalisadores, aromas de óleos, biotecnologia, etc. (Muramatsu & Nakaushi, 1998; Elkhensen & Radwan, 2000).

Em alimentos, de acordo com Dziezak (1988), além de objetivar o aumento da vida-de-prateleira, a microencapsulação atua nas seguintes áreas:

- aromas: prevenir a oxidação, volatilização, controlar a liberação e evitar a aglomeração;

- edulcorantes: diminuir a higroscopicidade, prolongar a sensação de doçura, aumentar a fluidez e elevar a resistência térmica;
- corantes naturais: reduzir problemas de solubilidade, de oxidação, manuseio, etc.;
- temperos: manter a potência, inibir sua reação com outros ingredientes, reduzir ou eliminar problemas com microrganismos;
- vitaminas e minerais: manter a estabilidade em condições de elevadas temperaturas e umidade, reduzir a reatividade com outros ingredientes, reduzir a incrustação em bebidas secas, controlar sua liberação para melhor absorção no trato digestivo;
- acidulantes: reduzir a higroscopicidade e a degradação da cor e do sabor e evitar a mudança de pH antecipada, que é responsável pela desnaturação de proteínas e hidrólise do amido.

6. PIGMENTOS DO CAMU-CAMU

A cor do produto é um dos atributos de qualidade que mais atraem ao consumidor sendo, muitas vezes, decisiva na compra deste e se constitui em um indicativo relevante para avaliar se as condições de armazenamento estão garantindo a sua qualidade (Francis, 1983).

O camu-camu faz parte da classe de frutos decíduos, que são frutos que têm os seus pigmentos na casca. Em alguns frutos, a síntese dos pigmentos requer qualidade e intensidade de luz, sofrendo também influência da temperatura. A fotossíntese e o metabolismo dos carboidratos controlam a síntese de antocianinas e flavonóides (Chitarra e Chitarra, 1990).

Os principais pigmentos do camu-camu são as antocianinas e estes são responsáveis pela coloração vermelho-púrpura apresentada pelo fruto maduro e

seu teor pode chegar à aproximadamente 0,8 mg/100g. Os carotenóides também estão presentes só que em baixos teores, inferiores a 0,2 mg/100g, no fruto maduro (Andrade *et al.*, 1994; Andrade, 1991).

6.1. ANÁLISE INSTRUMENTAL DA COR

As alterações dos pigmentos podem ser determinadas pela medida da cor, utilizada como uma forma indireta de análise do seu teor. A medida instrumental da cor é um método mais simples e rápido em comparação com a análise química (Francis, 1983).

A normalização de unidades de luz e cor foi decidida no ano de 1931, em Paris, em uma reunião da Comissão Internationale d'Eclairage (CIE), onde foi estabelecida uma nomenclatura e um espaço de cor (método para expressar a cor de um objeto ou fonte de luz) baseado nos valores triestímulos XYZ. Um colorímetro triestímulos simples é formado, basicamente, por uma luz branca de uma fonte padrão estabelecida pela CIE, que incide sobre a amostra e sofre uma reflexão difusa, num ângulo de 45°, onde é medida em uma fotocélula, após passagem por filtros (X, Y e Z) que simulam as curvas de um observador padrão (a um ângulo de 2 ou 10°). A luz incidente na fotocélula é modificada e proporciona leituras que simulam o que os olhos vêem (Francis & Clydesdale, 1975).

O espaço de cor CIElab (L^* , a^* e b^*) é uma das modificações do sistema do colorímetro de triestímulos, juntamente com o sistema Hunter (L , a e b). Ele foi definido em 1971 pela CIE objetivando uniformizar as diferenças de cor determinadas instrumentalmente com as diferenças visuais. Nesse espaço de cor, faz-se a leitura dos valores de L^* (luminosidade), das coordenadas de cromaticidade: a^* (intensidade das cores vermelha e verde) e b^* (intensidade das

cores amarela e azul), e dos valores de ΔE (tamanho da diferença entre as cores). Os valores dessas variações referem-se às diferenças entre a amostra que está sendo analisada, em determinado tempo, e a amostra considerada como padrão (Hunter, 1975).

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE, J.S.; ARAGÃO, C.G.; FERREIRA, S.A .N. Caracterização física e química do camu-camu *Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, São Paulo, **Anais**. Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1992.
2. _____. **Curvas de maturação e características nutricionais do camu-camu *Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh cultivado em terra firme na Amazônia Central Brasileira**. Campinas, UNICAMP, 1991, 177p (Tese de Doutorado).
3. ANDRADE, J.S.; GALEAZZI, M.A.; ARAGÃO, C.G. **Concentração de pigmentos durante a maturação de frutos de *Myrciaria dubia* Mc Vaugh**. In: XIV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, São Paulo, **Anais**. Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1994.
4. ARAGÃO, C.G.; IKEGAKI, M.; SATO, H.; OLIVEIRA, I.M.; PARK, Y.K. Determination of ascorbic acid concentration in acerola and camu-camu fruit juices by ascorbate oxidase method. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.16, n.2, p. 175-6, jul.-set. 1996.
5. ARSHADY, R. Microcapsules for food. **Journal of Microencapsulation**, v.10, n.4, p.413-35, 1993.
6. BAKAN, J.A. Microencapsulation of foods and related products. **Food Technology**, v.27, n.11, p.34-44, 1973.

7. BAKAN, J.A.; ANDERSON, J.L. Microencapsulation. In: LACHMAN, L.; LIEBERMAN, H.A.; KANIG, J.L. **The Theory and Practice of Industrial Pharmacy**. LEA & FEBIGER, Philadelphia, 1970, 384p.
8. BALASSA, L.L.; FANGER, G.O. Microencapsulation in the food industry, **CRC Critical Reviews in the food technology**, v.2, n.2, p.245-65, 1971.
9. BANDHARI, B.H. Flavor encapsulation by spray drying: application to citral and linalyl acetate. **Journal of Food Science**, v.42, n.4, p.136-48, 1988.
10. BANGS, W.E.; REINECCIUS, G.A. Corn starch derivatives. In: RISCH, S.J.; REINECCIUS, G.A. **Flavor encapsulation**. ACS Symposium series 370. American Chemical Society, Washington, 1988.
11. BLENFORD, D. Fully protected. **Food, flavouring, ingredients, processing, packaging**, v.8, n.7, p.43, 1986.
12. BRENNER, J. The essence of spray dryers flavors: The state of the art. **Perfumarie and Flavor**, april/may, p.40, 1983.
13. BRUNAUER, S.; EMMETT, P.H.; TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layer. **Journal of American Chemistry Society**, v.60, n.1, p. 309-12, 1938.
14. CAMARGO, R.; FONSECA, H.; GRANER, M.; PRADO FILHO, L.G.; CARUSO, F.G.B.; ANDRADE, M.O.; NOGUEIRA, J.N.; CANTARELLI, P.R.; LIMA, U.A.; OLIVEIRA, A.J.; MOREIRA, L.S. **Tecnologia de Produtos Agropecuários - Alimentos**, São Paulo, Nobel, 1984. 298p.

15. CARAGAY, A. B. Cancer - Preventive Foods and Ingredients. **Food Technology**, april, p.65-8, 1992.
16. CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1990, 293p.
17. DUMOULIN, E.; BIMBENET, J.J. Spray drying and quality changes. In: REID, D.S. **The properties of water in foods ISOPOW 6**. Blackie Academic & Professional, London, 1998.
18. DZIEZAK, J.D. Microencapsulation and encapsulated ingredients. **Food Technology**, v.42, n.4, p.136-48, 1988.
19. EIROA, M.N.U. Atividade de água: influência sobre o desenvolvimento de microrganismos e métodos de determinação em alimentos. **Boletim do ITAL**, Campinas, v.18, n. 3, p. 353 – 83, 1981.
20. ELKHESHEN, S.A.; RADWAN, M.A. Sustained release microsphere of metoclopramide using poly (D, L – lactide- co- glycolide) copolimers. **Journal of Microencapsulation**, v.17, n.4, p. 425-35, 2000.
21. FALCÃO, M.A.; FERREIRA, S.A.N.; FLORES, W.B.C.; CLEMENT, R.C. Aspectos fenológicos e ecológicos de camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. Mc. Vaugh) na terra firme da Amazônia Central. In: X Congresso Brasileiro de Fruticultura, **Anais**. Manaus, 1989.
22. FENNEMA, O.R. **Introduccion a la Ciencia de los Alimentos**. Reverté Ed. Barcelona, v.1., 1982.

23. FERREYRA, H.R. El camu-camu, nueva fuente natural de vitamina C. **Boletín exp. Agropecuaria**, v.7, n.4, p.28-31, 1959.
24. FONSECA, H.; NOGUEIRA, J.N. Processamento e conservação de alimentos de origem vegetal - frutas. In: **Tecnologia de Produtos Agropecuários**, Ed. Nobel, 241p. 1984.
25. FRANCIS, F.J. Colorimetry of Foods. In: PELEG, M.; BAGLEY, E.B. **Physical properties of foods**, p.105-23, 1983.
26. _____; CLYDESDALE, F.M. **Food colorimetry: Theory and applications**. The AVI Publishing Co., Inc., 477p., 1975.
27. GOÉS, V.A. **Polpa de mamão liofilizado**. Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais, 1981 (Tese de Mestrado).
28. HEATH, H.B.; REINECCIUS, G.A. Flavor and its study. **Flavor Chemistry and Technology**, 1986.
29. _____. The flavour trap. **Food Flavour Ingredients Proceedings Packing**, feb., p.21, 1985.
30. HEGENBART, S. Encapsulated ingredients keep problems covered. **Food Product Design**, v.3, n.1, p.28-34, 1993.
31. HOARE, M.; JONES, S.; LINDSAY, J. Total Vitamin C Analysis of orange juice. **Food Australia**, v.45, n.7, July, p.341-344, 1993.
32. HUNTER, R.S. Scales for the measurement of colour difference. In: **The Measurements of Appearance**. John Wiley, New York, p.133-140, 1975.

33. IGLESIAS, H.A.; CHIRIFE, J. **Handbook of Food Isotherms**, Academic Press, New York, 343 p., 1982.
34. JACKSON, L.S.; LEE, K. Microencapsulation and the food industry. **Lebensmittel – Wissenschaft u. Technologie**, v.24, n.4, p.289-97, 1991.
35. JARDIM, D.C.P. Atividade de água: considerações teóricas e práticas. In: **Curso de Atividade de Água**, ITAL, Campinas, p. 3.1 – 3.18, 1997.
36. KENYON, M.M.; ANDERSON, J. Maltodextrins and Low-Dextrose-Equivalence Corn Syrup Solids. In: RISCH, S. J.; REINECCIUS, G.A. (Eds.). **Flavor encapsulation**, American Chemical Society, Washington, p. 87-102, 1988.
37. KING, W.; TRUBIANO, P.; PERRY, P. Modified starch encapsulating agents offer superior emulsification, film forming, and low surface oil. **Food Product Development**, p.54-7, dec., 1976.
38. KIRBY, C.J.; WHITTLE, C.J.; RIGBY, N.; COXON, D.T.; LAW, B.A. Stabilization of ascorbic acid by microencapsulation in liposomes. **International Journal of Food Science and Technology**, v.26, p.437-49, 1991.
39. LABUZA, T.P. Sorption phenomena in foods. **Food Technology**, v.22, n.3, p.263, 1968.
40. LEME Jr., J.; FONSECA, H.; NOGUEIRA, J.N. Variação do teor de ácido ascórbico e beta-caroteno em cereja das Antilhas (*Malpighia punicifolia* L.) liofilizada. **Archivos Latinoamericanos de Nutricción**, v.23, n.2, p.207-215, 1973.

41. LOMAURO, C.J.; BAKSHI, A.S.; LABUZA, T.P. Evaluation of food Moisture Sorption Isotherm Equations. Part I: Fruit, Vegetable and Meat Products. **Lebensmittel – Wissenschaft u. Technologie** , v.18, p.111-17, 1985.

42. LYLE, R.E.; MANGOLD, D.J.; LARLOWE, W.W. **The making of microcapsules Technology Today**, Southwest Research Institute, San Antonio, p. 13, 1984.

43. **MESA REDONDA** Sobre complementariedade de la producción sostenible frutihortícola amazónica com el desarrollo de microempresas agroindustriales en los países del tratado de cooperación amazónica. Memorias. Pucallpa, oct., 1996.

44. MORAES, V.H.F.; MÜLLER, C.H.; SOUZA, A.G.C.; ANTÔNIO, I.C. Native Fruit Species os Economic Potencial from the Brazilian Amazon, **Angew. Bot.**, v. 68, p.47-52, 1994.

45. MOURA, S.C.S.R.; GERMER, S.P.M. Predição de atividade de água em alimentos e modelação matemática de isotermas de sorção. In: **Curso de Atividade de Água**, ITAL, Campinas, p. 12-1 – 12-24, 1997.

46. MURAMATSU, N.; NAKAUCHI, K.A. A novel method to prepare monodisperse microparticles. **Journal of Microencapsulation**, v.15, n.6, p. 715 -23, 1998.

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

48. OKOS, M.; NARSIMHAM, G.; SINGH, R.K.; WEITNAVER, A.C. Food Dehidratation. In: HELDMN, D.R.; LUND, D.B. **Handbook of Food Engeneering**, New York: Marceldekker Inc. 1992.
49. PETERS, C.M.; VASQUEZ, A. Estudios ecológicos de camu-camu (*Myrciaria dubia*). I. Produccion de frutos en poblaciones naturales. **Acta Amazónica**, v.16/17, p.161-174, 1986/87.
50. REINECCIUS, G.A. Carbohydrates for Flavor Encapsulation. **Food Technology**, v.45, n.3, p. 144-6, 1991.
51. RIEDEL, G. **Controle sanitário dos Alimentos**. Ed. Loyola, São Paulo, 1987. 445p.
52. RUIZ, A.G. **Espécies Frutales Nativas de la Selva del Perú: Estudio botánico y de propagación por semillas**. Lima, 1969. Tesis para obter el titulo de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria.
53. RUIZ, R.R. **Cultivo del camu-camu en Pucallpa**. Instituto Nacional de Investigación Agraria, Pucallpa, 24p. 1994.
54. SALIB, N. A Review of Microencapsulation. **Pharmaceutical Industry**, v.39, n.5, p. 506-12, 1997.
55. SHAHIDI, F.; HAN, X.Q. Encapsulation of food ingredients. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.33, n.6, p.501-47, 1993.
56. SILVA, S.P. **Frutas no Brasil**. São paulo, Impresa das Artes, p. 64-5, 1996.

57. SCHULER, S.; SCHULER, E.M. **Preserving the fruits of the Earth**. The Dial Press, New York, 1973. 234p.
58. SPARKS, R.E. Microencapsulation In: GRAYON, M.; ECKROTH, D.; GRABER, E.; KINGSBERG, A.; SIEGEL, P.M. (Eds.) **Concise Encyclopedia of Chemical Technology**. New York, Wiley & Sons, p.762-63, 1985.
59. TAYLOR, A.H. Encapsulation systems and their applications in the flavour industry. **Food Flavor Ingredients Proceedings Pack.**, sept., p.48, 1983.
60. TEIXEIRA NETO, R.O. Atividade de água e transformações dos alimentos. In: **Curso de Atividade de Água**, ITAL, Campinas, p. 3.1 – 3.18, 1997.
61. THEVENET, F. Acacia Gums: Stabilizers for Flavor Encapsulation. In: RISCH, S. J.; REINECCIUS, G.A. (Eds.). **Flavor encapsulation**. American Chemical Society, Washington, p. 87-102, 1988.
62. TING, S.V.; ROUSE, R.L. **Citrus Fruits and Their Products: Analysis and Technology**, Marcel Dekker, New York, 1986.
63. TODD, R.D. Microencapsulation and the flavour industry. **The Flavor Industry**, v.1, p. 768-71, 1970
64. TRAVAGLINI, D.A.; GASPARINO FILHO, J.; AGUIRRE, G.M. Equipamentos de secagem. In: Desidratação de frutas e hortaliças, Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos, **Manual Técnico**, p. 2-1/2-29, 1999
65. VANDEGAER, J.E. **Microencapsulation: processes and applications**, Plenum Press, New York, 1973.

66. VERTIZ, M.A..A. **Posibilidades del cultivo del camu-camu en el Perú, *Myrciaria dubia***, 1969. Tesis para obter el título de : Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

67. VILLACHICA, L.H. **El cultivo del camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. Mc Vaugh) en la Amazonia Peruana**, Lima. TRATADO DE COOPERACIÓN AMAZÓNICA, 1997. 95p.

68. _____. **Frutales y Hortalizas Promisorios de la Amazonia**. Proyecto FAO/GCP/RLA/118/NET, Lima, Junio, 1996.

69. WENDEL, S.; ÇELIK, M. Uma visão geral sobre o uso da tecnologia de *Spray-drying*. **Pharmaceutical Technology**, abril, p.31-45, 1998.

70. WILLS, R.B.; WIMALASIRI, B.; GREENFIELD, H. Liquid Chromatography, Microfluorimetry, and Dye- Titration Determination of Vitamin C in Fresh Fruit and Vegetables. **Journal Association of Analitical Chemistry.**, v. 66, n. 6, p.1377-1379, 1983.

71. ZAPATA, S.M.; DUFOUR, J. B. Camu-camu (*Myrciaria dubia*) (H.B.K.) Mc.Vaugh: chemical composition of fruit. **Journal Science Food Agricultural**, v. 61, p.349-51, 1993.

72. ZILBERBOIN, R.; KOPELMAN, I.J.; TALMON, Y. Microencapsulation by dehydrating liquid: retention of paprika oleoresin and aromatic esters. **Journal of Food Science**, v.51, n.5, p.1301, 1986.

CAPÍTULO 2

ESTUDO DA EXTRAÇÃO DO SUCO DE CAMU-CAMU

1. INTRODUÇÃO

Diversas são as razões que levam a se extrair o suco de uma fruta, apesar de se saber que, ao fazê-lo, ocorrem, em geral, perdas de nutrientes, além da alteração da textura da fruta. Dentre essas razões, pode-se ressaltar a facilidade de se dispor de um produto já pronto para o consumo, pois as frutas, na forma de suco, podem ser melhor conservadas e disponibilizadas aos consumidores durante o ano inteiro.

A extração constitui-se em uma importante etapa do processamento de frutas e hortaliças, pois pode afetar diretamente as características, entre outras, de sabor do suco extraído. É bastante decisiva a ação de escolher entre o aumento no rendimento visando um lucro maior, em detrimento da qualidade. Deve ser bem pensada a relação custo/benefício do processo.

Os métodos de extração de sucos variam de acordo com dois parâmetros principais: força aplicada para a extração e tempo de residência. Quanto menor for a pressão exercida e maior o tempo de residência do material no equipamento, maiores serão as partículas do produto, o que irá afetar as características reológicas do suco. Os equipamentos mais utilizados nas indústrias para extração de sucos são: as prensas hidráulicas ou pneumáticas; centrífugas com peneira, com parafuso contínuo e com esteira contínua (Demetrakakes, 1998).

As condições de maturação do fruto são também importantes na qualidade do suco. Noomhorm & Kasemsuksakul (1992), trabalhando com suco de tangerina Thai (*Citrus reticulata*, Blanco) estudaram, além do tipo de processamento, a influência do estágio de maturação no melhoramento da qualidade do suco. Eles utilizaram quatro parâmetros de avaliação dessa qualidade: o teor de sólidos solúveis; a acidez; a razão °Brix/acidez e a alteração da cor, que são, como ressaltam os autores, indicadores mundialmente aceitos. Eles analisaram sucos extraídos de frutos colhidos mensalmente durante o intervalo de 6 a 10 meses após a floração. Os resultados mostraram que, nesse período, o teor de vitamina C decresceu de 18-19 mg/100g (no sexto mês) para 12 mg/100g (no décimo mês). A acidez diminuiu, aproximadamente, duas vezes e o teor de sólidos solúveis aumentou ligeiramente. Esses resultados são consistentes com a maturação fisiológica normal de frutos cítricos.

Os mesmos autores também testaram dois métodos de extração do suco de tangerina Thai: prensa de alta pressão (3,0 – 4,0 kg) e prensa de parafuso contínuo (2,5 – 3,0 kg). Foi verificado que houve diferença no teor de compostos responsáveis pelo amargor do suco (limonina e naringina). O conteúdo de limonina no suco extraído por prensa de alta pressão foi superior ao obtido pela prensa de parafuso contínuo. Os autores atribuíram o amargor à aplicação de uma pressão superior, no primeiro equipamento, que, possivelmente, extraiu compostos da casca e de outras partes do fruto. Em contrapartida, a maior pressão promoveu uma elevação no rendimento do processo.

Muitos pesquisadores têm estudado a extração de sucos através da adição de enzimas e aplicação de outros processos na busca de economia, melhoria do rendimento e da qualidade do produto obtido. Na Alemanha, foi instalado um sistema de decantação em dois estágios. Esse sistema substituiu a extração por prensa para obtenção de sucos de maçã e pera. No primeiro estágio, alcança-se um rendimento de cerca de 75-80% e no segundo, mais de 90%, com processo de

pós - extração. Ambos os estágios operam dispensando o uso de enzimas, o que diminui bastante o custo do processo, e permite a industrialização de mais de 15 toneladas de material. Devido a essas vantagens sobre as prensas convencionais, esse sistema tem se difundido rapidamente nas indústrias (Noomhorm & Kasemsuksakul, 1992).

As frutas amazônicas, como o camu-camu, são recursos alimentícios que oferecem para a população local um grande potencial econômico e várias delas têm muitas possibilidades de ser exportadas tanto ao natural, como frutas exóticas, bem como na forma de polpas e sucos concentrados, ou em várias outras possibilidades agroindustriais (Andrade *et al.*, 1991).

A importância dada ao camu-camu está relacionada com o seu teor elevado de vitamina C, superior, algumas vezes, até ao da acerola, conhecida por apresentar teores dessa vitamina maiores que o apresentado por grande parte das frutas conhecidas (Aragão *et al.*, 1996).

Este estudo objetivou comparar o desempenho de três tipos de extratores para obtenção do suco de camu-camu de forma a se obter um produto de melhor qualidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. MATERIAL

2.1.1. MATÉRIA-PRIMA

Foram utilizados, neste estudo, frutos oriundos de um pomar particular de um fruticultor do Município de Tomé-Açu, no Estado do Pará. Os frutos foram

colhidos no estágio de maturação “de vez”; em seguida, foram lavados, selecionados e, os que não apresentavam injúrias, foram acondicionados em sacos de PEBD, com capacidade de 1 kg, imediatamente congelados e transportados, por via aérea, até o Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP, onde foram armazenados em câmara fria à temperatura de -18°C .

2.1.2. EQUIPAMENTOS

- Tanque de aço inoxidável.
- Extrator de escovas da marca BERTUZZI, dotado de peneira com diâmetro equivalente a 0,8mm de abertura de malha, e capacidade para processar aproximadamente 20 kg de fruto/h.
- Extrator de facas, da marca LANGSSENKAMI.
- *Finisher* da marca BERTUZZI.

2.2. MÉTODOS

Foram realizados testes com três extratores disponíveis na planta piloto do Departamento de Tecnologia, fazendo-se a avaliação de seus desempenhos através do rendimento do processo, perda de ácido ascórbico, atividade da enzima peroxidase e avaliação sensorial.

2.2.1. HIGIENIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E DOS FRUTOS

Todos os equipamentos e utensílios utilizados neste estudo foram sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 110 ppm. A sanitização dos

frutos foi feita por imersão destes em solução a 200 ppm de hipoclorito de sódio, em tanque de aço inoxidável, por um período de 15 minutos.

2.2.2. EXTRAÇÃO E ARMAZENAMENTO DO SUCO

O processo de extração foi feito em duplicata, para cada extrator, sendo utilizados aproximadamente 5 kg de fruto em cada extração. Após o término de cada processamento, foram retiradas alíquotas do produto obtido, as quais foram acondicionadas em embalagens de vidro com capacidade de 100 ml e armazenadas em câmara fria, a -18°C , até serem analisadas.

2.2.3. ANÁLISES QUÍMICAS

2.2.3.1. ÁCIDO ASCÓRBICO

Determinou-se por volumetria de oxi-redução, titulando-se as amostras com solução 2,6 – diclorofenol indofenol-sódico, segundo o Método de nº 43.056 da A.O A.C.(1984), modificado por Benassi (1990) e Silva (1999).

2.2.3.2. ATIVIDADE DA PEROXIDASE

Determinou-se por espectrofotometria através de metodologia proposta por Khan & Robinson (1994).

2.2.4. AVALIAÇÃO SENSORIAL

A avaliação sensorial consistiu de um Teste Ordenação de Preferência de amostras do suco oriundas dos três extratores. As amostras de suco foram

diluídas (na proporção de 1:1,5) e receberam adição de sacarose em quantidades iguais e suficientes para atenuar a acidez natural do suco. Foram utilizados trinta provadores não treinados que receberam as amostras para ordená-las em ordem decrescente de preferência, segundo Stone & Sidel (1985). O modelo das fichas utilizadas na análise sensorial encontra-se no Anexo I. O teste foi aplicado em dois turnos, para os mesmos provadores, já que a extração foi feita em duplicata.

2.2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram submetidos ao Teste de Tukey (utilizando-se o Programa *STATISTICA 5.0*) para verificar se existiu diferença significativa entre os diferentes processamentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da determinação dos rendimentos do processo de extração, para os três extratores utilizados, estão listados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Rendimento do processo de extração, para os três extratores utilizados

Processamento	Rendimento médio(%)
Facas	$49,25 \pm 0,3^a$
Escovas	$50,0 \pm 0,3^a$
<i>Finisher</i>	$43,4 \pm 0,3^b$

Observando-se a Tabela 2.1, verifica-se que (a um nível de significância de 5%) não houve diferença significativa estatisticamente entre os rendimentos dos extratores de escovas e de facas, e ambos apresentaram um rendimento superior ao apresentado pelo extrator *finisher*.

Com o objetivo de avaliar a perda de ácido ascórbico durante o processamento determinou-se a quantidade de ácido ascórbico no fruto (antes da extração) para que esse valor fosse comparado com a quantidade de ácido ascórbico presente nos sucos integrais obtidos nos extratores. O teor médio de ácido ascórbico presente nos frutos correspondeu a 1.789 mg /100g.

Os teores de ácido ascórbico nas amostras de sucos extraídos encontram-se na Tabela 2.2. Ao se aplicar o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, verificou-se que o suco obtido através do extrator de escovas apresentou uma perda de ácido ascórbico estatisticamente menor, em relação aos outros dois extratores, que não diferiram entre si com relação a essa perda. Este resultado pode significar que o extrator de escovas extraiu, de forma mais eficiente, provavelmente aproveitando também a casca, cujo teor de ácido ascórbico é bastante elevado segundo Ruiz (1994).

Tabela 2.2: Teor de ácido ascórbico nos sucos e sua perda percentual após extração em cada extrator.

Processamento	Ácido Ascórbico (mg/ 100g de Suco)	Perda (%)
Facas	1316,0	16,3 ± 0,2 ^a
Escovas	1395,5	11,3 ± 0,3 ^b
<i>Finisher</i>	1331,5	15,4 ± 0,2 ^a

Esses resultados levam a indicar o extrator de escovas, dentre os três estudados, como o melhor para extração do suco de camu-camu, com relação ao rendimento em vitamina C.

Na Tabela 2.3, estão apresentados os resultados das análises da atividade da enzima peroxidase, como um dos parâmetros de avaliação da qualidade dos sucos obtidos nos três extratores.

Tabela 2.3: Atividade de peroxidase nos sucos obtidos pelos três extratores.

Processamento	Atividade de Peroxidase (unidades/ml)*
Facas	27 ± 3^a
Escovas	33 ± 3^a
<i>Finisher</i>	42 ± 3^b

*Uma unidade de atividade é igual a um aumento de 0,001 na absorbância por minuto, a 25°C, por ml de amostra, nas condições do ensaio

O valor da atividade da enzima peroxidase apresentado pelo *finisher* foi superior ao encontrado para os outros dois extratores. Isto pode ser explicado pelo fato de que ocorre, durante a extração no *finisher*, uma quebra de sementes superior à observada para os outros dois extratores, semelhante a uma maceração, o que pode estar causando uma maior liberação dessas enzimas para o suco. Os extratores de facas e escovas, apesar de quebrarem algumas sementes, não provocam o esmagamento destas, como o *finisher*.

Os resultados da análise sensorial constam da Tabela 2.4.

Tabela 2.4: Preferência (pontos) das amostras dos sucos, para os três extratores.

Extrator	Média
Escovas	72 ^a
Facas	70 ^a
<i>Finisher</i>	46 ^b

Verificou-se que, a um nível de significância de 5%, as amostras de suco obtidas nos extratores de escovas e facas foram classificadas como estatisticamente iguais entre si e superiores, em preferência, em relação à

amostra extraída pelo *finisher*, possivelmente, por apresentar um gosto amargo bem pronunciado.

A partir desses resultados, o *finisher* foi excluído como extrator para o suco de camu-camu, pois apresentou um rendimento em suco mais baixo, além de maior perda de vitamina C, maior atividade enzimática e, também, por ter sido o menos preferido na avaliação sensorial

Embora o desempenho dos extratores de escovas e facas não tenha apresentado diferença significativa com relação ao rendimento do processo, preferência sensorial e atividade de peroxidase, observou-se uma vantagem do extrator de escovas sobre o de facas referente à porcentagem de perda em vitamina C. Para que fosse feita a confirmação da tendência de superioridade do extrator de escovas procedeu-se nova extração, também em duplicata, utilizando-se somente esses dois extratores, com o intuito de se fazer uma escolha entre eles. Os mesmos parâmetros analisados anteriormente foram avaliados, e na análise sensorial foi solicitado aos provadores, apenas, que indicassem qual a amostra preferida.

Na Tabela 2.5 encontram-se os resultados dos parâmetros determinados para o estudo comparativo do desempenho dos extratores de escovas e facas.

Tabela 2.5: Resultados do desempenho dos sucos obtidos no processo de extração com os extratores de facas e de escovas.

Processamento	Rendimento (%)	Ac.ascórbico Perda (%)	Ativ. Peroxidase (unidades/ml)
Facas	49,3 ± 0,4 ^b	6,0 ± 0,6 ^a	27 ± 2 ^a
Escovas	58 ± 1 ^a	8,0 ± 1,0 ^a	33 ± 3 ^a

Aplicando-se o Teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade, verificou-se que o rendimento para o extrator de escovas foi superior ao de facas. Este resultado diferiu do observado anteriormente, quando se verificou uma igualdade estatística entre os dois rendimentos, embora o de escovas tenha sido ligeiramente maior.

Silva (1999), ao extrair suco de acerola utilizando também o extrator de escovas, chegou a um rendimento de processo semelhante ao obtido no presente estudo.

Os resultados da avaliação sensorial mostraram que o suco obtido pelo extrator de escovas foi preferido por aproximadamente 70% dos provadores.

A partir dos dados obtidos pôde-se considerar o extrator de escovas como o mais adequado para a extração do suco de camu-camu.

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados apresentados e discutidos pôde-se concluir que o **extrator de escovas** mostrou o melhor desempenho dentre os extratores disponíveis na Planta Piloto do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Unicamp, para extração do suco de camu-camu. Este extrator obteve um maior rendimento de extração, e um suco de melhores qualidades sensoriais, mostradas pela preferência, deste suco, por 70% dos provadores.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE, J. S.; GALEAZZI, M. A. A.; ARAGÃO, C.G.; CHAVEZ-FLORES, W.B. Valor Nutricional do camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. Mc.Vaugh) cultivado em terra firme da Amazônia Central. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.13 , n.13 , p.307-311, 1991.
2. A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists). **Official methods of analysis** ; edited by Sidney Williams . 14⁰ed. Arlington , 1984 . 1141p.
3. ARAGÃO, C.G.; IKEGAKI, M.; SATO, H.; OLIVEIRA, I.M.; PARK, Y.K. Determination of ascorbic acid concentration in acerola and camu-camu fruit juices by ascorbate oxidase method. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.16, n.2, p. 175-6, jul.-set. 1996.
4. BENASSI, M.T. **Análise dos efeitos dos diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados**. Campinas, 1990. 150p. Tese (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
5. DEMETRAKAKES, P. The daily grind. **Food Processing**, v. 59, n. 12, p. 85-6, 1998.
6. KHAN, A.A.; ROBINSON, D.S. Hidrogen donon specificity of mango isoperoxidases. **Food Chemistry**, v.49, n.4, p.407-10, 1994.
7. NOOMHORM, A.; KASEMSUKSAKUL, N. Effect of maturity and processing on bitter compounds in Thai tangerine juice. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 27, p. 65-72, 1992.

8. SILVA, M.F.V. **Efeito de diferentes tratamentos e embalagens nas características da polpa e na determinação dos teores de ácido ascórbico e das antocianinas durante o armazenamento.** Campinas, 1999. 224 p. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP.
9. STONE, S.M.; SIDEL, J. **Sensory Evaluation Practices.** Academy Press Inc, London, 1985 311p.

CAPÍTULO 3

MICROENCAPSULAÇÃO DO SUCO DE CAMU-CAMU

1. INTRODUÇÃO

A microencapsulação é um processo físico de recobrimento, com uma camada delgada de um material denominado “material de parede” ou “encapsulante”, de partículas em estado sólido, gotículas de líquido ou gás, partículas essas denominadas “núcleo”. O núcleo fica, desse modo, mais estável e protegido contra deterioração. O processo de microencapsulação mais utilizado industrialmente utiliza secagem por *spray dryer*, por ser eficiente e de menor custo (Jackson e Lee, 1991; Todd, 1970; Dziezak, 1988).

A escolha do material de parede dependerá das propriedades químicas e físicas do material ativo, do processo utilizado para formar a microcápsula e das propriedades desejadas. Esse material pode ser selecionado a partir de uma grande variedade de polímeros naturais ou filmes sintéticos (Bakan, 1973).

Entre os principais agentes encapsulantes utilizados para alimentos encontram-se a maltodextrina e a goma arábica. A maltodextrina é de baixo custo e apresenta propriedades funcionais como baixa higroscopicidade, boa formação de película em torno do material ativo e rápida liberação de aromas encapsulados, principalmente em bebidas. A goma arábica, apesar de ter um custo mais elevado, é muito utilizada nas indústrias de aroma como estabilizante e emulsificante, devido a sua alta solubilidade em água, adesividade e formação de película (Thevenet, 1988).

Este trabalho objetivou estudar o processo de microencapsulação do suco do camu-camu, pretendendo otimizar as condições operacionais para se constituir em uma alternativa viável para sua industrialização.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. MATERIAL

2.1.1. MATÉRIA-PRIMA

Foram utilizados, neste estudo, frutos oriundos de um pomar particular de um fruticultor do Município de Tomé-Açu, no Estado do Pará. Os frutos foram colhidos no estágio de maturação “de vez”; em seguida, foram lavados, selecionados e, os que não apresentavam injúrias, foram acondicionados em sacos de PEBD, com capacidade de 1 kg, congelados e transportados, por via aérea, até o Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP, onde foram armazenados a -18°C .

2.1.2. MATERIAL DE PAREDE

Como material de parede foram utilizadas:

- Goma arábica em pó (pura), da marca Synth (lote 42532) e
- Maltodextrina Mo-Rex 1910, com Dextrose Equivalente (DE) 10, da Refinações de Milho do Brasil Ltda.

2.2. MÉTODOS

2.2.1. PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA

Os frutos, após descongelamento, foram imersos em um tanque de aço inoxidável contendo solução aquosa de hipoclorito de sódio a 200 ppm, por um tempo de 15 minutos.

Para o processamento, foram selecionados os frutos sem injúrias.

2.2.2. PROCESSAMENTOS PARA OBTENÇÃO DO SUCO MICROENCAPSULADO

Na Figura 3.1 está ilustrado o fluxograma das etapas dos processamentos para a obtenção do suco de camu-camu microencapsulado em escala de laboratório (processamento 1) e em escala piloto (processamento 2).

As etapas de branqueamento, resfriamento e extração (comuns aos dois processamentos) foram desenvolvidas na Planta Piloto do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UNICAMP. Elas consistiram de:

- Branqueamento: realizado em tacho aberto de ácido inoxidável. Os frutos foram imersos em água a temperatura de $95 \pm 2^{\circ}\text{C}$, por um tempo de dois minutos.
- Resfriamento: feito imediatamente após o branqueamento, por imersão dos frutos em banho de gelo, até atingir a temperatura ambiente.
- Extração: efetuada em um extrator de escovas da marca BERTUZZI, dotado de peneira com diâmetro equivalente a 0,8mm de abertura de malha e capacidade para processar aproximadamente 20 kg de fruto/h.

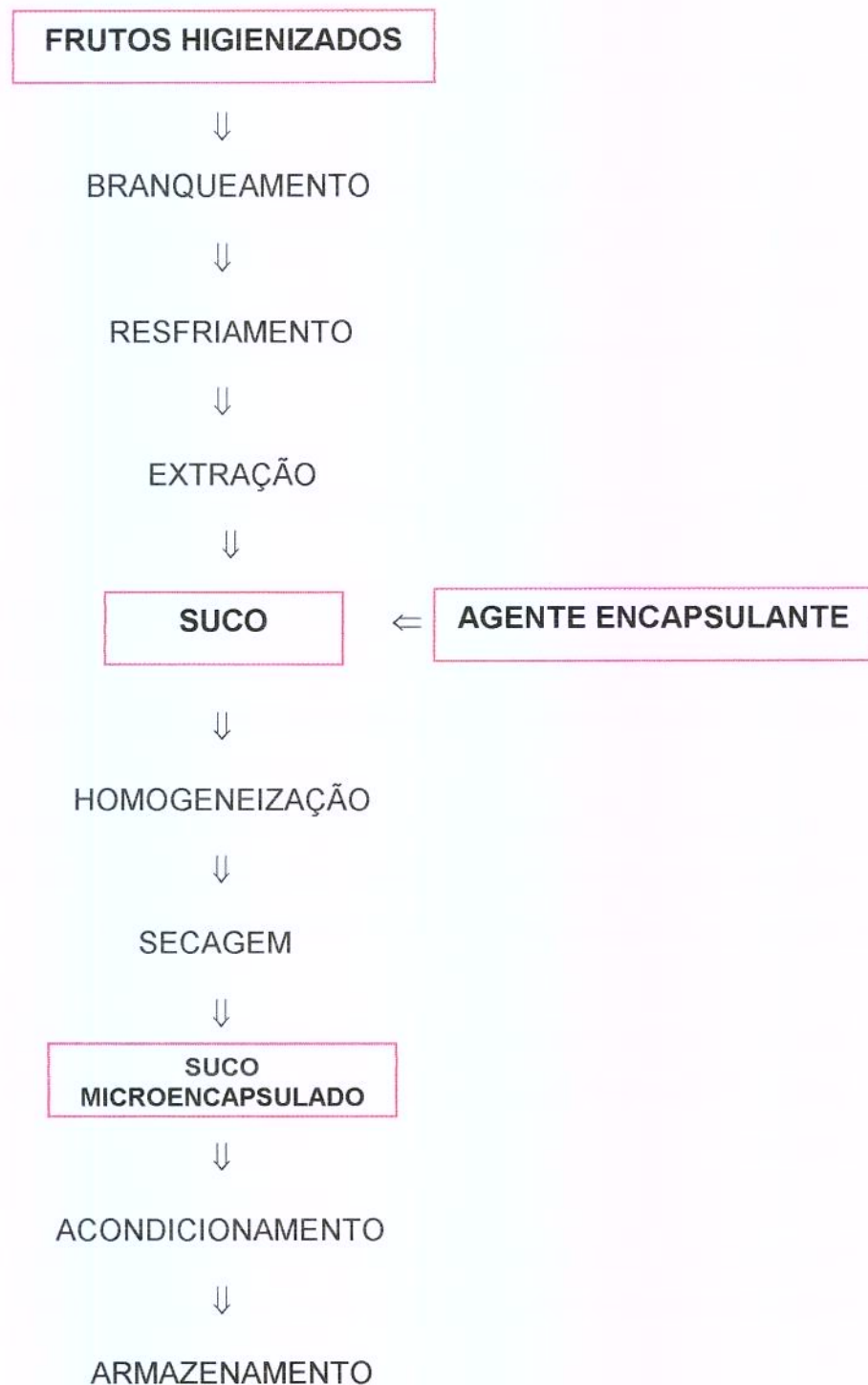


Figura 3.1: Fluxograma de processamento do suco de camu-camu microencapsulado.

2.2.2.1. PROCESSAMENTO 1

Para a secagem em escala de laboratório utilizou-se um mini *spray dryer*, da Marca LabPlant, modelo SD-04 (Figura 3.2), que operou com vazão de líquido de 25-30 ml/minuto; 5 kgf/cm², diâmetro do bico do atomizador de 1mm, e 85 °C de temperatura de saída do ar de secagem. A temperatura de entrada do ar de secagem variou entre 100 e 160°C, e a concentração do material de parede variou entre 5 e 35%, seguindo o planejamento fatorial.

Foram utilizadas amostras de aproximadamente 500 ml de suco. Essas amostras foram envasadas em sacos de PEBD de um litro de capacidade. Fez-se vácuo, selagem e congelamento a -18°C. Após descongelamento, efetuou-se a preparação da dispersão misturando-se o suco com o agente encapsulante (maltodextrina ou goma arábica). A dispersão alimentadora do *spray*, homogeneizada e protegida da luz, foi mantida sob agitação até o final do processo.

Após secagem, as amostras em pó foram acondicionadas em frascos de vidro de aproximadamente 100 ml, protegidos da luz, e armazenadas a -18°C, para posterior análise.

O processamento 1 visou a otimização das condições de secagem de modo a obter o melhor rendimento e retenção de vitamina C para o suco de camu-camu microencapsulado.

Obtidas as condições ótimas do processo, um novo processamento, nestas mesmas condições (escala de laboratório), foi realizado para obtenção de material para o levantamento das isotermas de adsorção (Capítulo 4).

2.2.2.2. PROCESSAMENTO 2

O processamento do material para a secagem em escala piloto consistiu da mistura do suco extraído com o agente encapsulante, homogeneização e imediata secagem no *spray dryer* da marca NIRO ATOMIZER, modelo “Production Minor”, com capacidade de evaporação de 10-40 kg de água/h, da Planta de Processos do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL).

O sistema de atomização do suco na câmara de secagem foi feito por disco rotativo operando a 25.000 rpm. As condições de operação usadas foram: 30 kg suco/hora e temperatura do ar de secagem de 150 e 85 °C, respectivamente, na entrada e saída do secador. A temperatura de entrada do ar de secagem e a concentração do material de parede foram otimizadas no processamento 1.

O suco em pó microencapsulado, na saída do secador, foi espalhado em bandejas de aço inoxidável para que atingisse a temperatura ambiente. Amostras de 10g do pó obtido foram acondicionadas em embalagem flexível e sua estabilidade foi avaliada por um período de três meses de armazenamento (Capítulo 5).

Amostras dos sucos encapsulados obtidos foram separadas para avaliação sensorial, morfologia e distribuição de tamanho das microcápsulas.

2.2.3. ANÁLISES QUÍMICAS, FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DO SUCO

2.2.3.1. PH

Medido em potenciômetro da marca Micronal modelo B-374, calibrado, com soluções-tampão, para pH 4 e 7, segundo Método nº13.010 da A.O.A.C. (1984).

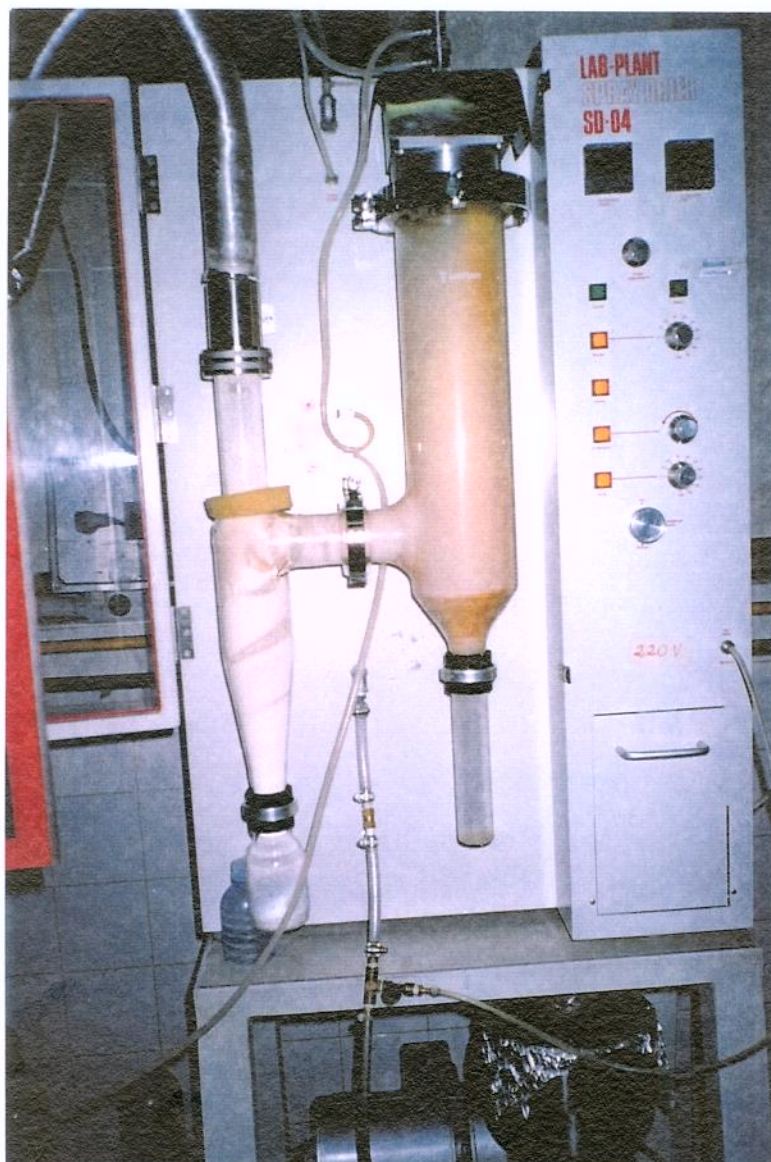


Figura 3.2: Fotografia do mini *Spray Dryer* utilizado na secagem do suco de camu-camu.

2.2.3.2. SÓLIDOS SOLÚVEIS (°BRIX)

Medidos através de leitura direta em refratômetro da marca CARL ZEISS (JENA), modelo 32-G 110d, com correção de leitura de acordo com a temperatura.

2.2.3.3. SÓLIDOS TOTAIS

Secagem em estufa a 110°C até peso constante, segundo o Método nº 22.018 da A.O.A.C.(1984).

2.2.3.4. TEOR DE POLPA

Determinado através de centrifugação do suco em tubos graduados por 10 minutos a 1.700g, segundo metodologia sugerida por Reed *et al.*(1986).

2.2.3.5. ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL

Determinada por titulação com solução padronizada de hidróxido de sódio empregando fenolftaleína como indicador, associada com leitura potenciométrica e ponto de viragem em pH 8,1, segundo o Método de nº 942.15 da A.O.A.C.(1997). Os resultados foram expressos em concentração percentual de ácido cítrico anidro.

2.2.3.6. AÇÚCARES REDUTORES E TOTAIS

As determinações obedeceram os métodos nº 4.13.2 e 4.13.3 do Instituto Adolfo Lutz (1976).

2.2.3.7. ÁCIDO ASCÓRBICO

Foi determinado por volumetria de oxi-redução, titulando-se as amostras com solução 2,6 – diclorofenol indofenol-sódico, segundo o Método de nº 43.056 da A.O.A.C.(1984), modificado por Benassi (1990) e Silva (1999).

2.2.3.8. ATIVIDADE DE ÁGUA

Determinada em um higrômetro da marca AQUALAB, modelo CX-2 (DECAGON). Para calibração do equipamento foram utilizadas: soluções saturadas de cloreto de magnésio e lítio (atividades de água de 0,1- 0,4) e sulfato de potássio (para atividade de água de 0,975). As medidas foram feitas à temperatura de 20 °C.

2.2.3.9. UMIDADE

Medida em uma balança de determinação de umidade por infravermelho, da marca AND, modelo AD-4714 A, submetendo-se a amostra à temperatura de 130 °C por 15 minutos.

2.2.4. MORFOLOGIA DAS MICROCÁPSULAS

A morfologia das microcápsulas foi feita com o auxílio de um microscópio eletrônico de varredura da marca JEOL, modelo JSM – T300, seguindo metodologia proposta por Rosenberg e Young (1993). A preparação da amostra consistiu em se fixar diretamente as partículas das amostras dos pós em uma fita metálica adesiva de dupla face, que já se encontrava presa em cilindros de

alumínio de 1 cm de altura e 1 cm de diâmetro. Em seguida, esses cilindros foram posicionados em um evaporador da marca BALZER, modelo SCD 50. Nesse equipamento, aplicou-se uma corrente de 40 mA por 75 segundos e as amostras receberam um recobrimento de ouro em pó, formando um filme de, aproximadamente, 19 nm de espessura. Os cilindros foram armazenados, a vácuo, em dessecadores, para análise posterior no microscópio eletrônico de varredura.

2.2.5. DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DAS MICROCÁPSULAS

Foi avaliada através do uso de um fotosedimentador, LUMOSSED, da Anton Paar. Este equipamento é dotado de três sensores situados em alturas diferentes, que são acionados por feixes de laser que atravessam uma cubeta de quartzo contendo a amostra suspensa em um fluido sedimentador. Para sucos encapsulados com maltodextrina, utilizou-se como fluido sedimentador o n-butanol (densidade=0,810 g/mL; viscosidade=0,00418 Pa.s), e para os encapsulados com goma arábica, utilizou-se a acetona (densidade=0.791 g/mL; viscosidade=0,0327 Pa.s). O teste foi realizado à temperatura de 20°C.

2.2.6. ANÁLISE SENSORIAL

Foi feita através de dois testes: afetivo de aceitação e intenção de compra, apresentados em uma mesma ficha de avaliação (ANEXO 1).

Foram utilizadas quatro amostras de suco: a) suco integral; b) suco liofilizado (sem encapsulante); c) suco encapsulado com maltodextrina através de *spray drying*; d) suco encapsulado com goma arábica através de *spray drying*. As amostras foram preparadas de modo a apresentar, aproximadamente, o mesmo

teor de sólidos solúveis, sendo adoçadas com a mesma quantidade de açúcar refinado, homogeneizadas e resfriadas em banho de gelo.

Trinta e seis provadores não treinados avaliaram, inicialmente, as quatro amostras, através de uma escala hedônica não estruturada, variando de 1 (desgostei muitíssimo) a 9 (gostei muitíssimo); em seguida, demonstraram suas intenções de compra utilizando uma escala variando de 1 (certamente não compraria) e 5 (certamente compraria). As amostras foram apresentadas em ordem inteiramente casualizada, codificadas com números aleatórios de três dígitos (Stone & Sidel, 1985).

Os resultados foram submetidos à análise de variância univariada e teste de médias por comparação *a posteriori* (Teste de Tukey – nível de probabilidade de 5%), utilizando os Programas SAS e STATISTICA 5.0, respectivamente.

2.2.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Foram realizados ensaios utilizando um planejamento fatorial completo com três pontos centrais e quatro axiais, segundo Barros Neto *et al.* (1996). As variáveis independentes foram a temperatura de entrada do ar de secagem e a concentração percentual do teor de material de parede utilizado. A temperatura teve variação entre 100 e 160°C e o teor de material de parede variou entre 5 e 35 %, segundo delineamento experimental apresentado na Tabela 3.1.

Os resultados de rendimento do processo, expressos em porcentagem de matéria seca e porcentagem de vitamina C, foram analisados pela metodologia de superfície de resposta, utilizando-se o programa STATISTICA 5.0.

Tabela 3.1: Delineamento experimental das variáveis para otimização do processo de microencapsulação do suco de camu-camu.

Variáveis	Níveis				
	-1,41 (- α)	-1	0	+1	+1,41 (+ α)
Temperatura de entrada do ar de secagem (°C)	100	110	130	150	160
Teor de encapsulante (%)	5	10	20	30	35

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. CARACTERIZAÇÃO DO SUCO INTEGRAL DE CAMU-CAMU

Na Tabela 3.2 está apresentada a caracterização do suco integral de camu-camu.

Tabela 3.2: Caracterização do suco integral de camu-camu

Parâmetro	Valor obtido
pH	3,05 $\pm$ 0,50
Sólidos solúveis (°Brix)	5,5 $\pm$ 0,1
Sólidos totais (%)	8,7 $\pm$ 0,3
Umidade (%)	91,3 $\pm$ 0,2
Teor de polpa (%)	40,81 $\pm$ 0,20
Ácido ascórbico (mg/100g)	1432,2 $\pm$ 0,3
Acidez total (g ác. Cítrico/100ml)	1,98 $\pm$ 0,03
Atividade de água	0,993 $\pm$ 0,010
Açúcares redutores (%)	0,58 $\pm$ 0,01
Açúcares totais (%)	0,81 $\pm$ 0,01

Observa-se, na Tabela 3.2, que o suco de camu-camu apresenta baixo teor de açúcares, elevada acidez e teor de vitamina C bastante superior ao encontrado para a maioria das frutas. Ressalta-se que o baixo teor de açúcares apresentado por este suco, aliado à sua elevada acidez, dificultam o consumo deste suco *in natura*.

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Zapata e Dufour (1993) e Andrade *et al.* (1992) que também estudaram a composição do camu-camu.

O teor de polpa apresentado por este suco (40,74%) se mostrou inferior ao do suco de acerola, obtido por Figueirêdo (1998); esta autora observou um teor que correspondeu a 70%. Baixos teores de polpa dificultam a operação de secagem devido ao baixo teor de sólidos.

3.2. AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE MICROENCAPSULAÇÃO EM ESCALA DE LABORATÓRIO

3.2.1. MICROENCAPSULAÇÃO COM MALTODEXTRINA

A Figura 3.3 apresenta a superfície de resposta e curvas de contorno para o rendimento em matéria seca do suco de camu-camu.

Os resultados obtidos através da aplicação da metodologia de superfície de resposta mostraram que, tanto a temperatura de entrada do ar de secagem, o teor de encapsulante, assim como a interação entre essas duas variáveis apresentaram efeito significativo e positivo, a nível de 5 % de probabilidade, sobre o rendimento de suco em pó.

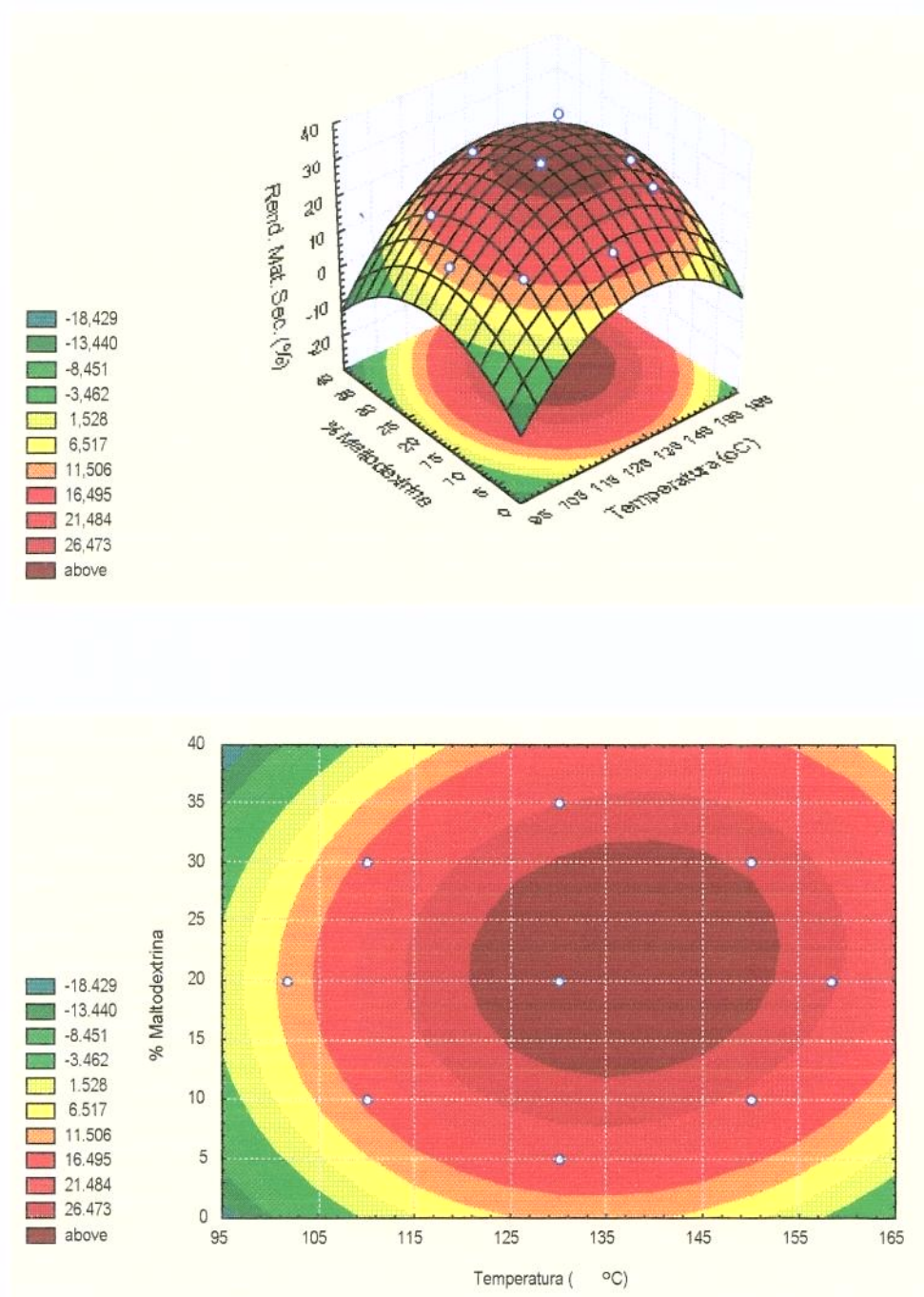


Figura 3.3: Superfície de resposta e curvas de contorno para o rendimento em matéria seca do suco de camu-camu encapsulado com maltodextrina.

Na Figura 3.3, verifica-se que o maior rendimento em suco em pó, acima de 26%, foi obtido quando a temperatura de entrada do ar de secagem variou aproximadamente entre 120 e 152°C, e o teor de encapsulante foi de 12 a 32%, sendo que abaixo ou acima destes limites começa a haver uma redução do rendimento.

Na Figura 3.4 são apresentadas a superfície de resposta e as curvas de contorno para o rendimento de vitamina C. Pode-se notar que com a diminuição da concentração de maltodextrina houve um aumento do rendimento de vitamina C do suco em pó produzido.

De posse destes resultados, podemos observar que, em termos de rendimento de matéria seca, a melhor condição situou-se em 20% de teor de encapsulante. Mas, reportando este ponto para a superfície que representa o rendimento em vitamina C (Figura 3.4), observamos que representa um rendimento de 5%, muito baixo, portanto. Um elevado rendimento em vitamina C (10%) foi obtido ao utilizar-se 5% de material de parede mas, nesta condição, o rendimento em matéria seca do processo foi baixo (16%); e o suco em pó apresentou degradação de sua cor imediatamente após sua saída do atomizador.

Desta maneira, procurou-se determinar um ponto intermediário onde se obtivessem, simultaneamente, bons rendimentos em matéria seca e vitamina C. Esse ponto, então, foi determinado em 15% de material de parede e temperatura de entrada do ar de secagem de 150°C, o que teoricamente fornecerá um suco em pó com cerca de 26% de rendimento em matéria seca e 7% de vitamina C.

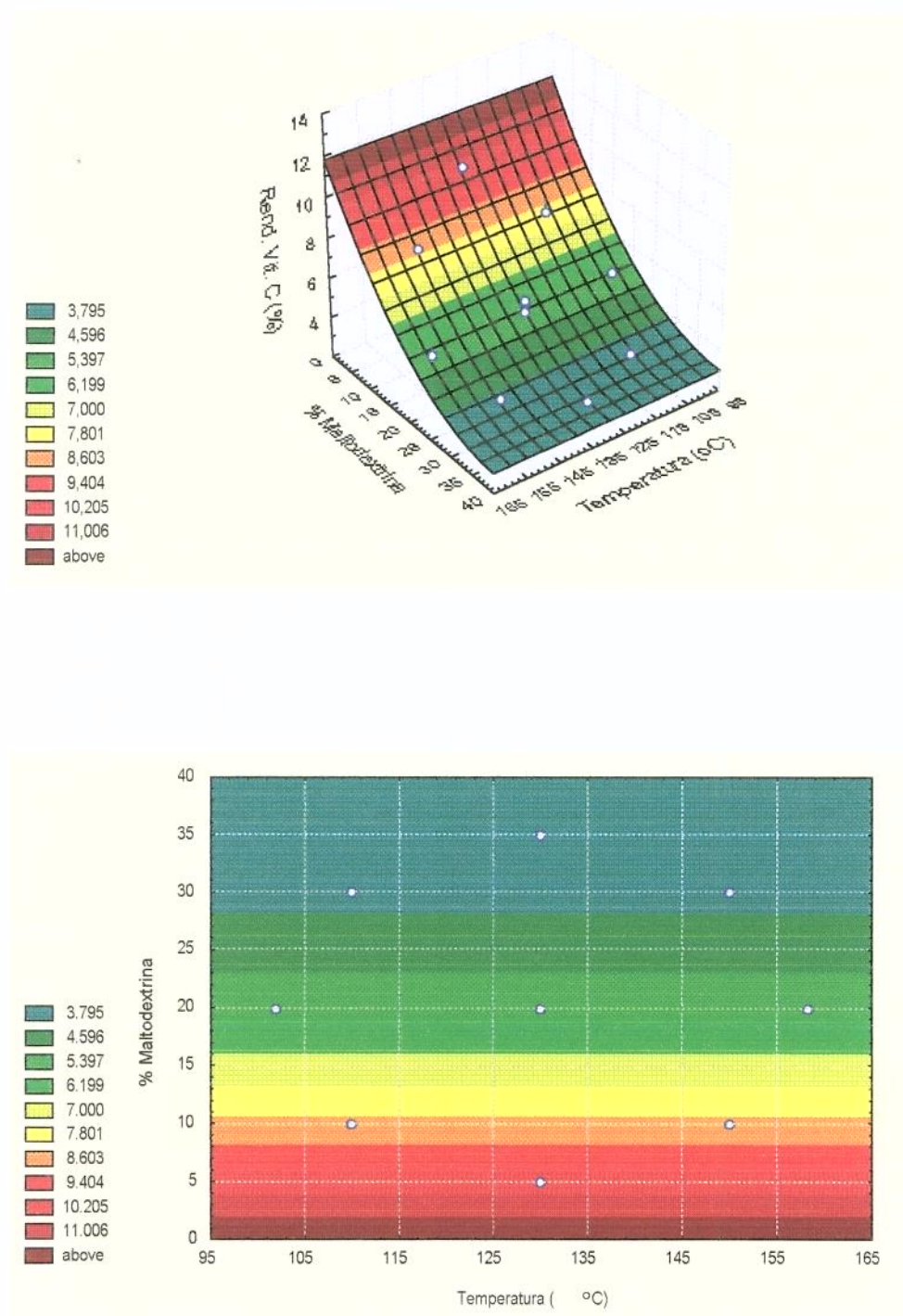


Figura 3.4: Superfície de resposta e curvas de contorno para o rendimento em vitamina C do suco de camu-camu encapsulado com maltodextrina.

A quantidade de material de parede mostrou-se determinante na quantidade de vitamina C retida como material de recheio nas microcápsulas de maltodextrina. Rulkens e Thijssen (1972) e Shahidi e Han (1993) chegaram a resultados semelhantes.

Apesar de alguns estudos (Rulkens e Thijssen, 1972; Shahidi e Han, 1993) terem sugerido que se use a maior concentração possível de sólidos totais, de modo a que se obtenham maiores retenções de compostos termossensíveis contidos no interior das microcápsulas, neste estudo foi verificado que esse comportamento não é sempre observado e que existe uma concentração ótima de sólidos totais na qual a retenção daqueles compostos é maior, e esta se aproximou de 20% de sólidos totais. Reineccius (1988) chegou a conclusões semelhantes às obtidas neste estudo. Esse autor comenta que, ao se trabalhar em concentrações de sólidos acima da ótima, pode acontecer uma diminuição da solubilidade do encapsulante e, portanto, a sua capacidade de formar película sobre o material de recheio estaria sendo diminuída e, dessa forma, seria menor a retenção de compostos termolábeis.

3.2.2. MICROENCAPSULAÇÃO COM GOMA ARÁBICA

A superfície de resposta e as curvas de contorno para o rendimento do suco de camu-camu em pó encontram-se na Figura 3.5

Após aplicação da metodologia de superfície de resposta os resultados mostraram que a temperatura de entrada do ar de secagem, o teor de encapsulante e a interação entre eles foram significativos no rendimento de matéria seca, a nível de 5% de probabilidade. Observou-se, também, que o aumento da porcentagem de material de parede aumenta significativamente o rendimento, já o aumento da temperatura eleva o rendimento de maneira bem menos acentuada.

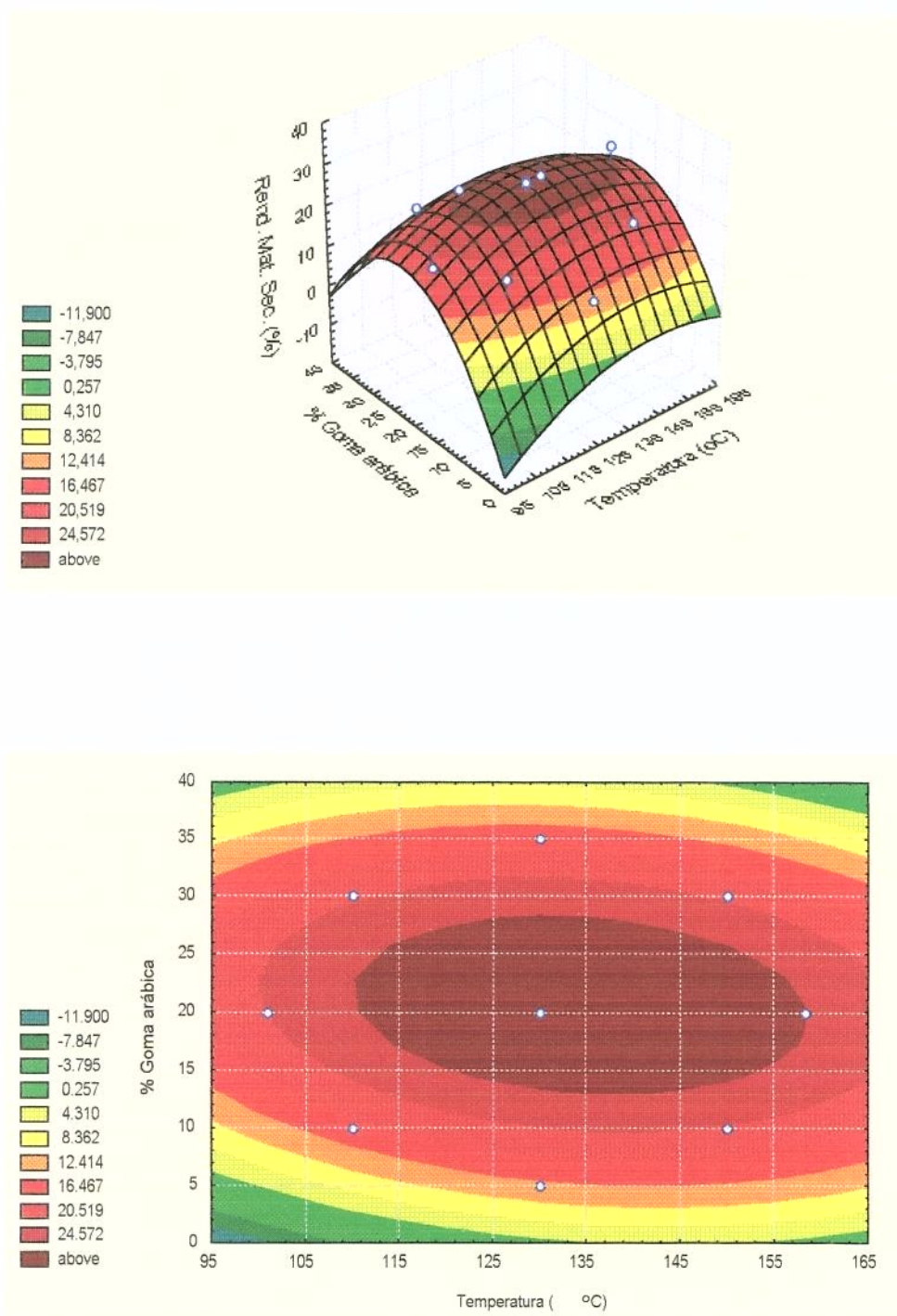


Figura 3.5: Superfície de resposta e curvas de contorno para o rendimento em matéria seca do suco de camu-camu encapsulado com goma arábica.

A superfície de resposta e as curvas de contorno para o rendimento em vitamina C encontram-se na Figura 3.6. Verificou-se que o comportamento dos dois encapsulantes foi semelhante.

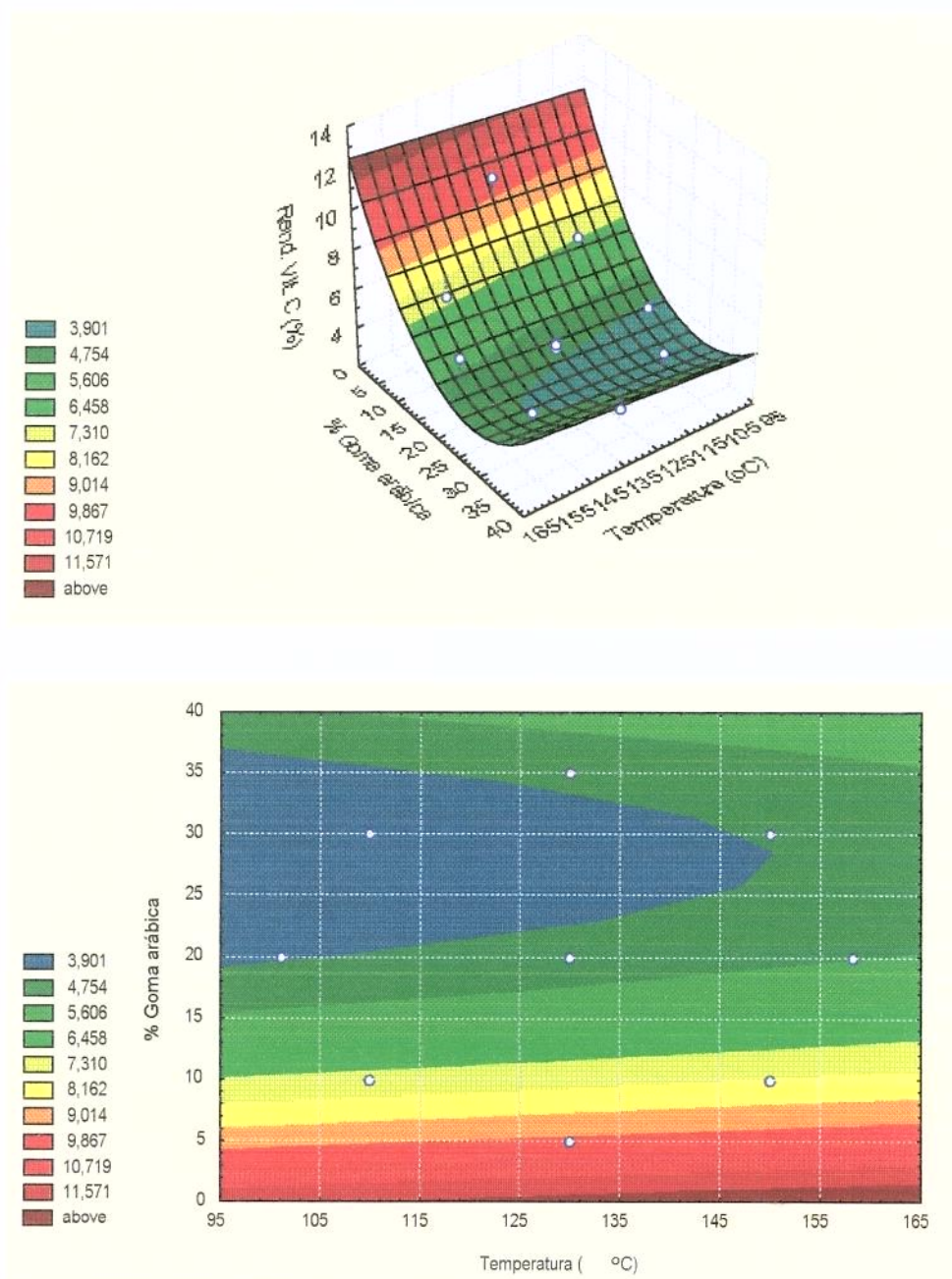


Figura 3.6: Superfície de resposta e curvas de contorno para o rendimento em vitamina C do suco de camu-camu encapsulado com goma arábica.

Da mesma forma que a maltodextrina, os maiores rendimentos em matéria seca situam-se entre um limite, que neste caso é um pouco menor, entre 13 e 28% de material de parede e entre 110 e 157°C de temperatura.

De posse destes resultados, similarmente ao caso anterior, a melhor condição para possibilitar o maior rendimento em matéria seca correspondeu à 20% de material de parede, mas nos proporciona um rendimento ainda menor de vitamina C, de 4%. Então, foram estabelecidas como condições mais adequadas, a concentração de 15% de goma arábica e temperatura de entrada do ar de secagem de 150°C. Essas condições resultarão, teoricamente, em um pó com rendimento acima de 24% e com teor de vitamina C de cerca de 6%.

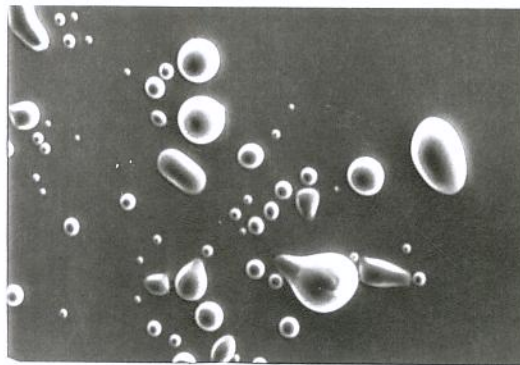
3.3. MORFOLOGIA DAS MICROCÁPSULAS

Nas Figuras 3.7 e 3.8, estão mostradas as micrografias das microcápsulas de maltodextrina e goma arábica, respectivamente.

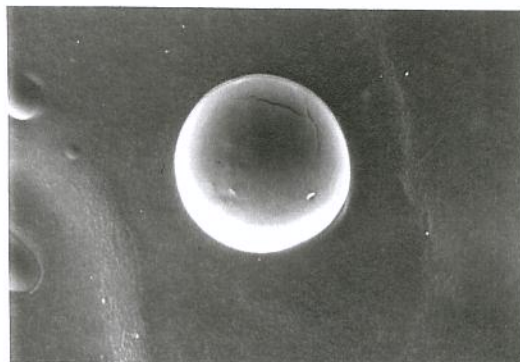
Observa-se que houve a formação das cápsulas o que demonstra que o processo de recobrimento do suco de camu-camu com os encapsulantes usados foi bem sucedido.

As microcápsulas apresentaram formatos diferentes, dependendo do encapsulante usado; as de maltodextrina são esféricas e de superfície lisa; as de goma arábica são dentadas e irregulares. Estes formatos são bem característicos desses encapsulantes (Rosenberg *et al.*, 1985; Figueirêdo, 1998; Bertolini, 1999).

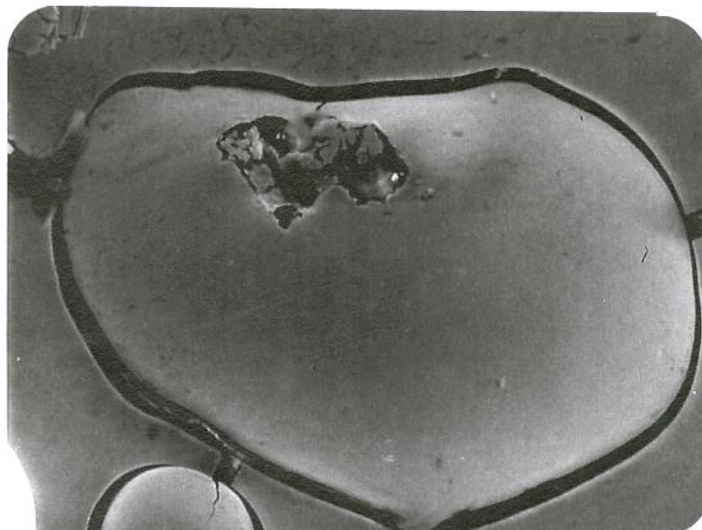
Também se observou nas microcápsulas de goma arábica a inexistência de fissuras ou rompimentos, indicando que o processo de microencapsulação foi



(a)

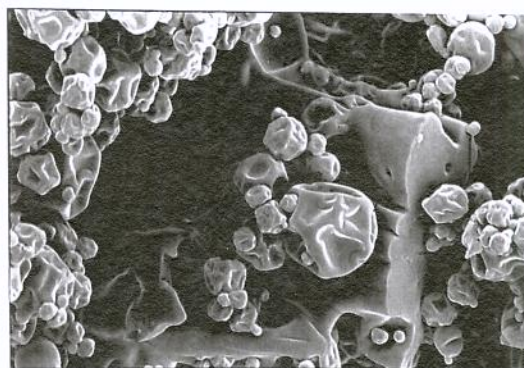


(b)

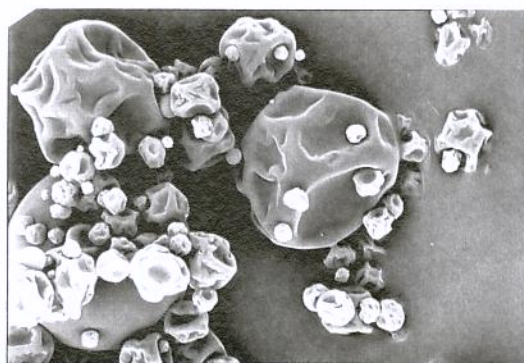


(c)

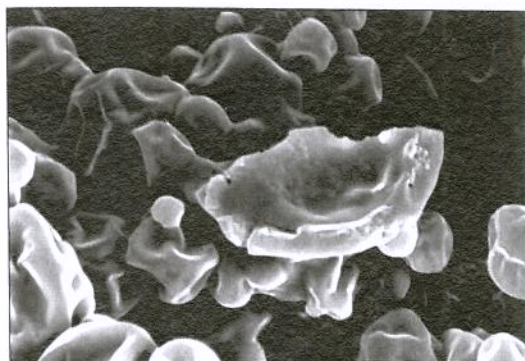
Figura 3.7: Micrografias das microcápsulas de suco de camu-camu encapsulado com maltodextrina: a) microcápsulas de vários tamanhos, com aumento de 1200 vezes; b) microcápsula de maltodextrina, aumentada 700 vezes e c) microcápsula aberta, aumentada 1800 vezes.



(a)



(b)



(c)

Figura 3.8: Micrografias das microcápsulas de suco de camu-camu encapsulado com goma arábica: a) e b) microcápsulas de vários tamanhos, com aumento de 1800 vezes; c) microcápsula aberta.

eficiente com este encapsulante. Quando a matriz se constituiu de maltodextrina, houve partículas com microfissuras.

A existência dessas falhas na superfície das cápsulas pode ocasionar a perda de algum material que estiver contido no interior da microcápsula (Rosenberg *et al.*, 1985).

Chumpitaz (1995) encapsulou óleo essencial de laranja usando como material de parede maltodextrina, goma arábica e capsul (amido modificado) e procedeu a secagem em *spray dryer*. Em todas as formulações utilizadas, misturando os três encapsulantes, as microcápsulas apresentaram algum grau de porosidade; a autora atribuiu essas falhas à presença de maltodextrina em elevada concentração.

A quebra das microcápsulas permite que se observe a forma pela qual o material de recheio se organiza no interior da matriz encapsulante, o que é importante para avaliar a capacidade de retenção desse material de parede.

Pode-se observar, nas micrografias apresentadas nas Figuras 3.7 e 3.8, que pequenas partículas posicionam-se ao redor das maiores formando um aglomerado que pode conter o material de recheio em seus interstícios, o que eleva sua retenção. Isto também foi evidenciado por Bhandari(1988).

3.4. DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DAS MICROCÁPSULAS

A distribuição das microcápsulas, segundo seus diâmetros, para os dois encapsulantes utilizados está mostrada na Tabela 3.3.

Pode-se observar que as microcápsulas de maltodextrina apresentaram diâmetros superiores aos observados para as de goma arábica. O diâmetro médio das microcápsulas de suco de camu-camu encapsulado com maltodextrina foi 39 μm , enquanto que para as de goma arábica foi 13,7 μm . Resultados semelhantes foram observados por Trindade (1998), que trabalhou com encapsulação de ácido ascórbico com goma arábica e amido.

Tabela 3.3: Distribuição do tamanho das microcápsulas de suco de camu-camu microencapsulado com maltodextrina e goma arábica e seus diâmetros médios.

Valor cumulativo (%)	Diâmetro das microcápsulas (μm)	
	Maltodextrina	Goma arábica
10	9,8	5,8
50	38,4	12,6
80	58,4	19,0
90	68,9	24,6
95	77,8	28,6
Diâmetro médio	39,0	13,7

Os diâmetros das microcápsulas, de suco de camu-camu encapsulado com maltodextrina, apresentaram variação de 9,8 a 77,8 μm , enquanto que os observados para goma arábica variaram de 5,8 a 28,6 μm . Trindade (1999) encontrou tamanhos de partículas de ácido ascórbico encapsulado com goma arábica variando na faixa de 0,3 a 90 μm ; uma variação bem superior à encontrada para as partículas de goma arábica encontradas neste estudo.

Bertolini (1999) observou que maiores tamanhos de partícula corresponderam a uma maior percentagem de retenção de material de recheio. Há controvérsias na literatura no que diz respeito à relação entre retenção de voláteis e tamanho de partícula (Chumpitaz, 1995).

Observa-se, nas Figuras 3.9 e 3.10, o perfil dos histogramas de distribuição de tamanhos de partícula, respectivamente, para a goma arábica e para a maltodextrina.

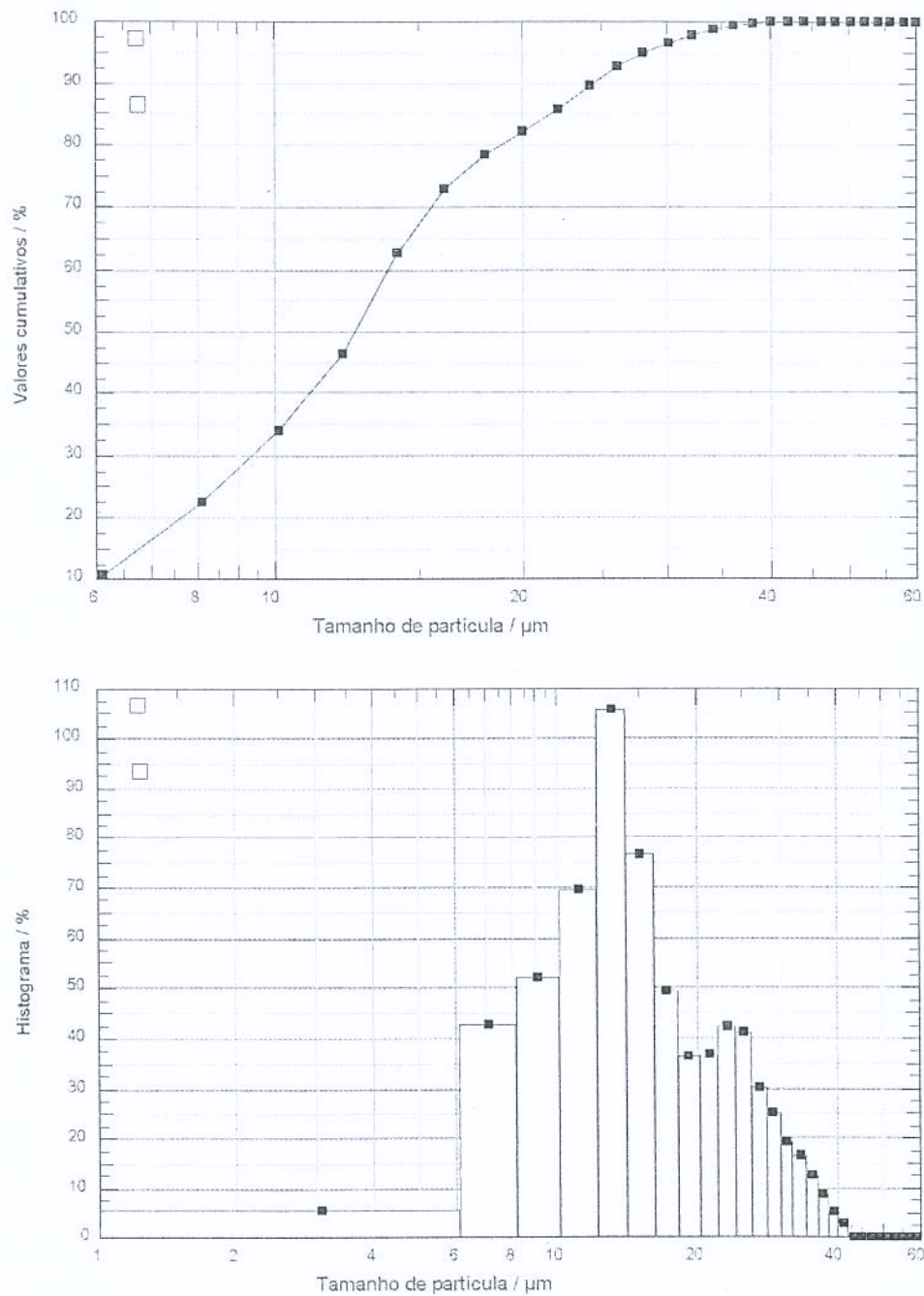


Figura 3.9: Histogramas de distribuição de tamanho de partícula de camu-camu encapsulado com goma arábica.

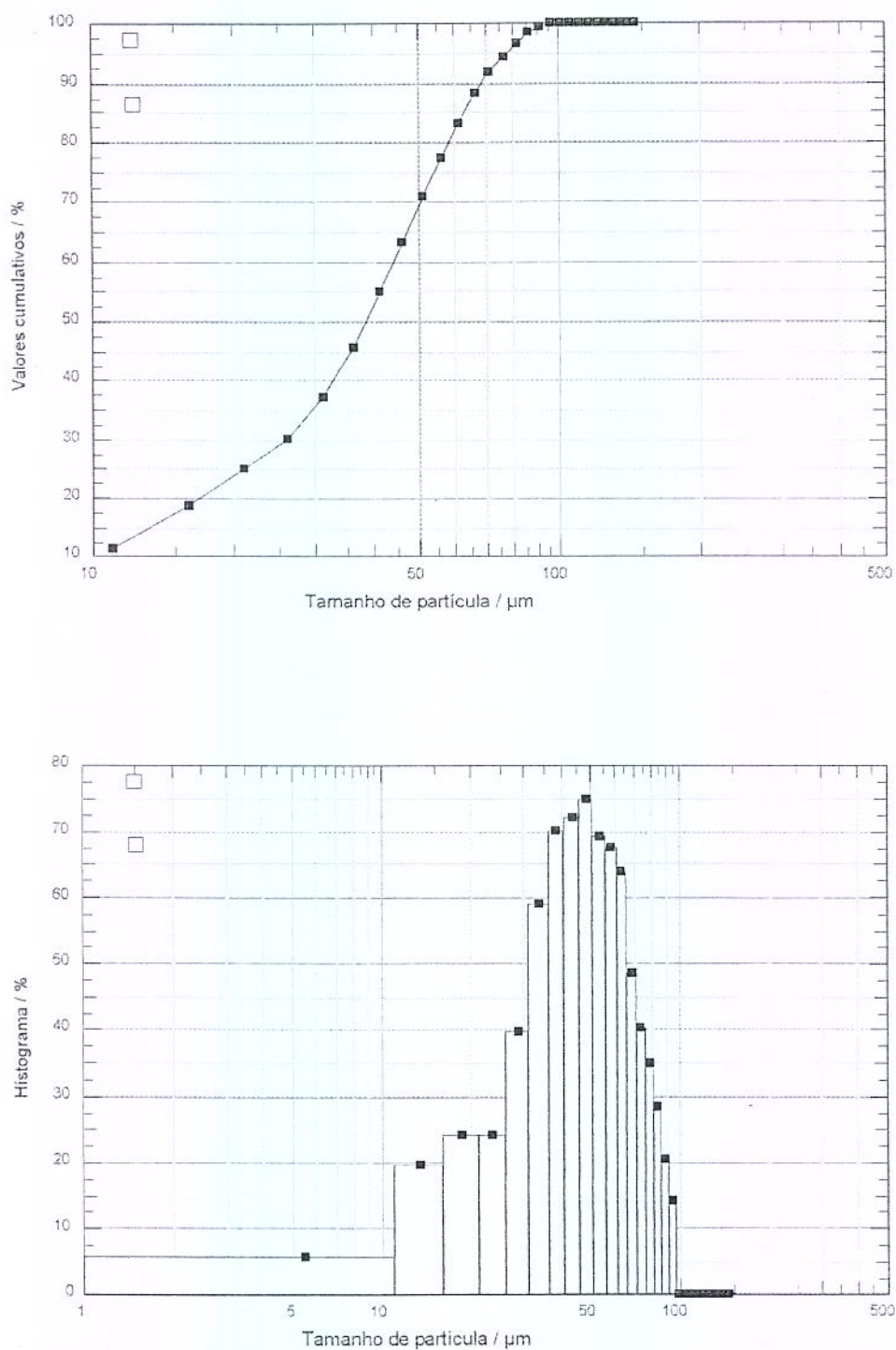


Figura 3.10: Histogramas de distribuição de tamanho de partícula de camu-camu encapsulado com maltodextrina.

Verifica-se que para ambos os tipos de encapsulante, as microcápsulas tiveram diâmetro distribuído de forma unimodal, o que demonstra ter havido homogeneidade na produção destas durante secagem. Bertolini (1999) também observou distribuição unimodal para microcápsulas de óleo essencial de laranja, linalol e citral, usando goma arábica como encapsulante e conduzindo a secagem em *spray dryer*. Cardoso (2000), por sua vez, trabalhando com microencapsulação de amido processado em leite fluidizado e usando recobrimento das partículas com gelatina e pectato de cálcio, observou distribuição multimodal para as microcápsulas recobertas.

3.5. ANÁLISE SENSORIAL

A Tabela 3.4 apresenta a média das respostas dos provadores ao teste de aceitação dos produtos, com aplicação do teste de Tukey.

Tabela 3.4: Resultado do teste de aceitação dos sucos de camu-camu.

Suco	% de aceitação
Integral	47 ^c
Liofilizado	50 ^{bc}
Encapsulado com Maltodextrina	62 ^a
Encapsulado com Goma arábica	57 ^{ab}

Observa-se na Tabela 3.4 que as amostras de suco microencapsulado por *spray dryer*, para ambos os encapsulantes, foram as mais aceitas por parte dos provadores. O suco de camu-camu integral obteve a menor aceitabilidade, entre as amostras avaliadas, sendo seguido pelo suco liofilizado sem encapsulante.

Estes resultados podem estar indicando que o sabor ácido natural dessa fruta esteja sendo atenuado pela encapsulação do suco.

Comparando-se as amostras de suco encapsulado com maltodextrina e goma arábica, observa-se que as amostras não apresentaram diferença significativa na aceitação, ao nível de 5% de probabilidade, embora a amostra com maltodextrina tenha apresentado uma aceitação ligeiramente superior.

A Tabela 3.5 apresenta os resultados do teste de intenção de compra, que mostram que apenas os sucos microencapsulados certamente seriam adquiridos pelos provadores, se colocados no mercado. Pode-se observar, também, que não houve diferença significativa entre as respostas de intenção de compra das amostras encapsuladas e estas certamente seriam compradas por grande parte dos provadores; as amostras sem encapsulante, provavelmente não seriam compradas pelos provadores.

Tabela 3.5: Resultado do teste de intenção de compra dos sucos de camu-camu.

Suco	% de intenção de compra
Integral	42 ^b
Liofilizado	47 ^b
Encapsulado com Maltodextrina	81 ^a
Encapsulado com Goma arábica	81 ^a

4. CONCLUSÕES

4.1. MICROENCAPSULAÇÃO COM MALTODEXTRINA

- tanto a temperatura de entrada do ar de secagem, o teor de encapsulante, como a interação entre essas duas variáveis apresentaram efeito significativo e positivo, ao nível de 5 % de probabilidade, sobre o rendimento de suco em pó;
- maior rendimento em suco microencapsulado, acima de 26%, foi obtido quando a temperatura de entrada do ar de secagem variou aproximadamente entre 120 e 152°C, e o teor de encapsulante foi de 12 a 32%, sendo que abaixo ou acima destes limites começa a haver uma redução do rendimento;
- As condições de processamento consideradas como as mais adequadas para obtenção simultânea de bons rendimentos em matéria seca e vitamina C, corresponderam a 15% de material de parede e temperatura de entrada do ar de secagem de 150°C.

4.2. MICROENCAPSULAÇÃO COM GOMA ARÁBICA

- a temperatura de entrada do ar de secagem, o teor de encapsulante e a interação entre eles foram significativos ao nível de 5%, no rendimento em matéria seca;
- com relação ao rendimento em vitamina C, verificou-se um comportamento semelhante ao observado quando se usou maltodextrina;
- os maiores rendimentos em matéria seca situaram-se entre um limite, que neste caso é menor, entre 13 e 28% de material de parede e entre 110 e 157°C de temperatura;

- As condições de processamento consideradas como as mais adequadas para obtenção simultânea de bons rendimentos em matéria seca e vitamina C, corresponderam a 15% de material de parede e temperatura de entrada do ar de secagem de 150°C.

4.3. MORFOLOGIA DAS MICROCÁPSULAS

- observou-se que houve a formação das cápsulas o que demonstra que o processo de recobrimento do suco de camu-camu com os encapsulantes usados foi bem sucedido;
- as microcápsulas apresentaram formatos diferentes, dependendo do encapsulante usado. As de maltodextrina apresentaram-se esféricas e de superfície lisa e as de goma arábica, dentadas e irregulares;
- observou-se, para as microcápsulas de goma arábica, a inexistência de fissuras ou rompimentos, indicando que o processo de microencapsulação foi eficiente com este encapsulante. Quando a matriz se constituiu de maltodextrina, houve partículas com microfissuras.

4.4. DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DE MICROCÁPSULA

- as microcápsulas de maltodextrina apresentaram diâmetros superiores aos observados para as de goma arábica. O diâmetro médio das microcápsulas de maltodextrina foi 39µm, enquanto que para as de goma arábica foi 13,7µm;
- verificou-se que, para ambos os encapsulantes, as microcápsulas tiveram diâmetro distribuído de forma unimodal, o que demonstra ter havido homogeneidade na produção destas durante secagem no *spray dryer*

4.5. ANÁLISE SENSORIAL

- as amostras de suco microencapsulado por *spray dryer*, para ambos os encapsulantes, foram as mais aceitas por parte dos provadores;
- o suco de camu-camu integral obteve a menor aceitabilidade, entre as amostras avaliadas, sendo seguido pelo suco liofilizado sem encapsulante;
- comparando-se as amostras de suco encapsulado com maltodextrina e goma arábica, observa-se que as amostras não apresentaram diferença significativa na aceitação, ao nível de 5% de probabilidade, embora a amostra com maltodextrina tenha apresentado uma aceitação ligeiramente superior.

4.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Apesar da avaliação sensorial das amostras encapsuladas com maltodextrina e goma arábica ter mostrado que não houve diferença significativa, tanto na aceitação como na intenção de compra, do ponto de vista tecnológico da produção de microcápsulas, a goma arábica mostrou ser um material de parede mais eficiente na formação de película em torno do material de recheio

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE, J.S.; ARAGÃO, C.G.; FERREIRA, S.A .N. Caracterização física e química do camu-camu *Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, São Paulo, **Anais**. Soc. Bras. De Ci. E Tecn. De Alim., 1992.
2. **AOAC**. (Association of Official Analytical Chemists). **Official methods of analysis** ; edited by Sidney Williams. 14⁰ed. Arlington, 1984 . 1141p.
3. **AOAC** (Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis**. 4ed. Association Official Analytical Chemists, Washington, p.420,1997.
4. BAKAN, J.A. Microencapsulation of foods and related products. **Food Technology**, v.27, n.11, p.34-44, 1973
5. BANDHARI, B.H. Flavor encapsulation by spray drying: application to citral and linalyl acetate. **Journal of Food Science**, v.42, n.4, p.136-48, 1988.
6. BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas, EDUNICAMP, 1996. 299p.
7. BENASSI, M.T. **Análise dos efeitos dos diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados**. Campinas, 1990 150p. Tese (Mestrado). Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP.

8. BERTOLINI, A.C. **Estabilidade do óleo essencial de laranja, linalol e citral microencapsulados em goma arábica por atomização**. Campinas, 1999. 68p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia de Alimentos. UNICAMP.
9. CARDOSO, F.S.N. **Produção de microencapsulados de amido com espessura controlada em leite fluidizado**. Campinas, 2000. 69p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia de Alimentos. UNICAMP.
10. CHUMPITAZ, L.D.A. **Microencapsulação do óleo essencial de laranja por atomização**. Campinas, 1995. 78p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP.
11. DZIEZAK, J.D. Microencapsulation and encapsulated ingredients. **Food Technology**, v.42, n.4, p.136-48, 1988.
12. FIGUEIRÊDO, R.M.F. **Caracterização físico-química do suco e pó de acerola (*Malpighia puniceifolia*, L.)**. Campinas, 1998. 104p. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP.
13. INSTITUTO ADOLPHO LUTZ. **Normas Analíticas** do Instituto Adolfo Lutz. 2 ed., São Paulo, 1976.
14. JACKSON, L.S.; LEE, K. Microencapsulation and the food industry. **Lebensmittel – Wissenschaft & Technologie**, v.24, n.4, p.289-97, 1991.
15. REED, J.B.; HENDRIX JR., C.M.; HENDRIX, D.L. Quality control manual for citrus processing plants. Florida, **Intercit**, v. 1, p. 36-7, 1986.

16. REINECIUS, G.A. Spray-Drying of food flavors. In: RISCH, S.J., REINECCIUS, G.A. **Flavor Encapsulation**, Eds. American Chemical Society, Washington, DC, p.55-66, 1988.

17. ROSENBERG, M.; YOUNG, S.L. Whey proteins as microencapsulation agents. Microencapsulation of anhydrous milkfat – structure evaluation. **Food Structure**, Chicaco, v. 12, p. 31-41, 1993.

18. _____; KOPELMAN, I.J.; TALMON, Y. A scanning electron microscopy study of microencapsulation. **Journal of Food Science**, Chicago, v.50, p. 139-44, 1985.

19. RULKENS, W.H.; THIJSSSEN, H.A.C. The retention of organic volatiles in spray drying aqueous caribohydrate solutions. **Journal Food Technology**, Chicaco, v. 7, n.1, p. 95-105, 1972.

20. SHAHIDI, F.; HAN, X.Q. Encapsulation of food ingredients. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.33, n.6, p.501-47, 1993.

21. SILVA, M.F.V. **Efeito de diferentes tratamentos e embalagens nas características da polpa e na determinação dos teores de ácido ascórbico e das antocianinas durante o armazenamento**. Campinas, 1999. 224 p. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP.

22. STONE, S.M.; SIDEL ,J. **Sensory Evaluation Practices**. Academy Press Inc., London, 1985 311p.

23. THEVENET, F. Acacia Gums: Stabilizers for Flavor Encapsulation. In: RISCH, S. J.; REINECCIUS, G.A. (Eds.). **Flavor encapsulation**. American Chemical Society, Washington, p. 87-102, 1988.
24. TODD, R.D. Microencapsulation and the flavour industry. **The Flavor Industry**, v.1, p. 768-71, 1970
25. TRINDADE, M.A. **Microencapsulação de ácido ascórbico e avaliação de sua funcionalidade na estabilidade da cor em produtos cárneos curados**. Campinas, 1998. 224 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP
26. ZAPATA, S.M.; DUFOUR, J. B. Camu-camu (*Myrciaria dubia*) (H.B.K.) Mc Vaugh: chemical composition of fruit. **Journal Science Food Agricultural**, v. 61, p.349-51, 1993.

CAPÍTULO 4

ISOTERMAS DE ADSORÇÃO PARA O SUCO DE CAMU-CAMU (*Myrciaria dubia*) MICROENCAPSULADO EM *SPRAY DRYER*

1. INTRODUÇÃO

A estabilidade dos alimentos depende diretamente do teor de água que, em geral, é um de seus principais componentes. As alterações em função do teor de água incluem, entre outras, a multiplicação de microrganismos, reações enzimáticas, escurecimento não enzimático, oxidação de lipídios e vitaminas e alterações físicas como modificação da consistência, viscosidade e textura (Teixeira Neto, 1997).

O teor de água contido em um alimento é característico de cada produto e depende da umidade do ar ambiente que o envolve, variando, desse modo, em função do equilíbrio termodinâmico desenvolvido entre as pressões de vapor da água interna ao alimento e do ambiente. Tal equilíbrio manifesta-se através de curvas denominadas isotermas de sorção de umidade (Labuza, 1968).

As isotermas de sorção de umidade podem ser: de adsorção, quando o alimento ganha água, e de dessorção, quando o alimento perde água (Karel *et al.*, 1975). Elas se constituem na expressão gráfica da relação funcional que existe

entre o teor de umidade de uma substância e a atividade de água dessa mesma substância, sendo estas, determinadas a temperatura constante (Karel *et al.*, 1975).

Essas curvas são muito importantes quando se deseja estudar a conservação de alimentos desidratados e a especificação de embalagens mais adequadas para acondicioná-los (Quast & Gil, 1973/74).

Muitas equações matemáticas têm sido propostas para estudar os dados de equilíbrio entre a umidade do produto e a umidade relativa do ambiente para sistemas alimentícios. Os diferentes modelos propostos (empíricos, semi-empíricos ou teóricos) têm mostrado sucesso em reproduzir os dados de conteúdo de umidade de equilíbrio de um certo tipo de alimento a uma dada faixa de atividade de água (Moura & Germer, 1997). A equação de GAB é uma modificação da equação de BET e é considerada uma das melhores para o ajuste de isotermas de muitos alimentos, oferecendo as vantagens de apresentar boa fundamentação teórica e de descrever o comportamento de sorção de grande parte dos alimentos em uma extensa faixa de atividade de água (0 – 0,9). O modelo de GAB proporciona maior precisão de ajuste do que o modelo de BET para uma grande quantidade de alimentos (Iglesias & Chirife, 1982).

O camu-camu (*Myrciaria dubia*) é uma fruta da Amazônia, com sabor exótico e elevado teor de vitamina C. A produção de suco de camu-camu em pó representa uma alternativa tecnológica para aproveitamento dessa fruta, evitando desperdício da safra e agregando valor ao produto, permitindo ganhos financeiros para essa região tão carente de políticas de desenvolvimento. Este estudo objetivou estabelecer e ajustar as isotermas de adsorção de umidade do suco de camu-camu em pó, obtido pelo processo de microencapsulação em *spray dryer*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. MATERIAL

2.1.1. MATÉRIA-PRIMA

Utilizaram-se 3 amostras de suco de camu-camu em pó: a) suco microencapsulado individualmente com maltodextrina, b) com goma arábica e c) suco liofilizado (sem adição de encapsulantes), considerado como amostra de referência.

2.2. MÉTODOS

2.2.1. SECAGEM DAS AMOSTRAS

A secagem das amostras foi realizada em uma estufa a alto vácuo (0,1 mmHg de pressão absoluta) sem que essas sofressem alterações. A temperatura foi mantida a 50°C, por um período de 5 dias. Utilizaram-se amostras de 1g, de modo a conseguir uma secagem completa ao final do período estabelecido.

2.2.2. PREPARO DOS AMBIENTES COM UMIDADE RELATIVA CONTROLADA

Esses ambientes foram estabelecidos dentro de dessecadores que continham soluções salinas saturadas, para o controle da umidade relativa. Essas soluções, juntamente com as respectivas atividades de água, a 25 °C, estão listadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Soluções salinas saturadas utilizadas nos dessecadores e suas respectivas atividades de água a 25°C.

Soluções salinas	Atividade de água
Cloreto de lítio	0,113 a
Acetato de potássio	0,227 b
Cloreto de magnésio	0,328 a
Carbonato de potássio	0,432 a
Brometo de sódio	0,576 a
Nitrito de sódio	0,643 c
Cloreto de sódio	0,751 a
Cloreto de potássio	0,842 a
Cloreto de bário	0,903 a
Sulfato de potássio	0,970 a

Fontes: a) Greenspan (1977); b) Kimura & Maeda (1993) e c) Labuza (1983)

2.2.3. ADSORÇÃO DE UMIDADE

Utilizou-se a metodologia de equilíbrio higroscópico em ambientes com soluções saturadas de sais na temperatura de 25°C. Amostras secas, de aproximadamente 1g de massa, em duplicata, foram colocadas em placas de Petri (destampadas) e transferidas para os dessecadores. Fez-se vácuo no interior desses até o início do borbulhamento da solução salina (com o cuidado de não deixar que a solução salina respingasse nas amostras). Os dessecadores, com as amostras, foram estocados na câmara, a 25 °C, durante um período de 5 dias, para que atingisse o equilíbrio higroscópico. Após esse período, quebrou-se lentamente o vácuo no interior dos dessecadores. As placas de Petri foram tampadas, limpas (para remover qualquer umidade aderida) e rapidamente pesadas (com precisão de $\pm 0.1\text{mg}$). Em seguida, foram recolocadas nos dessecadores. Repetiu-se o processo diariamente até obter-se peso constante para as amostras, para garantir o equilíbrio higroscópico. O cálculo do teor de umidade adsorvida durante o processo foi feito por diferença entre os pesos final e

inicial da amostra. A média do teor de umidade de equilíbrio foi expressa em g de água/g de matéria seca.

Quando as amostras atingiram o equilíbrio, foi feita uma avaliação visual das transformações ocorridas em função da umidade relativa de equilíbrio, com o objetivo de se determinar as umidades críticas e suas respectivas umidades de equilíbrio.

2.2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram tratados estatisticamente pelo programa STATISTICA for Windows 5.0 e os ajustes das curvas foram feitos por regressão não-linear estimados pelo método Quasi-Newton e critério de convergência de 0.0001, também constante no programa.

O critério utilizado para avaliar o ajuste de cada equação aos dados experimentais foi o erro relativo (ε), calculado pela Equação 4.1, entre os valores de umidade de equilíbrio do produto e os valores de atividade de água, e o desvio percentual médio (P), calculado pela Equação 4.2. De acordo com Lomauro *et al.* (1985), um valor de P menor do que cinco corresponde a um bom ajuste da equação aos dados experimentais.

$$\varepsilon = \frac{X \text{ (experimental)} - X \text{ (teórico)}}{X \text{ (experimental)}} \quad (4.1)$$

$$P = \frac{100}{n} \sum \left[\frac{X \text{ (experimental)} - X \text{ (teórico)}}{X \text{ (experimental)}} \right] \quad (4.2)$$

onde: n= número de observações e X= umidade do material

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, estão mostradas as isotermas de adsorção obtidas para as três amostras estudadas. Foram destacadas as alterações físicas mais relevantes ocorridas nas amostras no decorrer da determinação experimental das isotermas, em função da umidade de equilíbrio.

Nas figuras 4.1 e 4.2 são apresentadas as isotermas relativas às amostras de suco microencapsulado com maltodextrina e goma arábica, respectivamente.

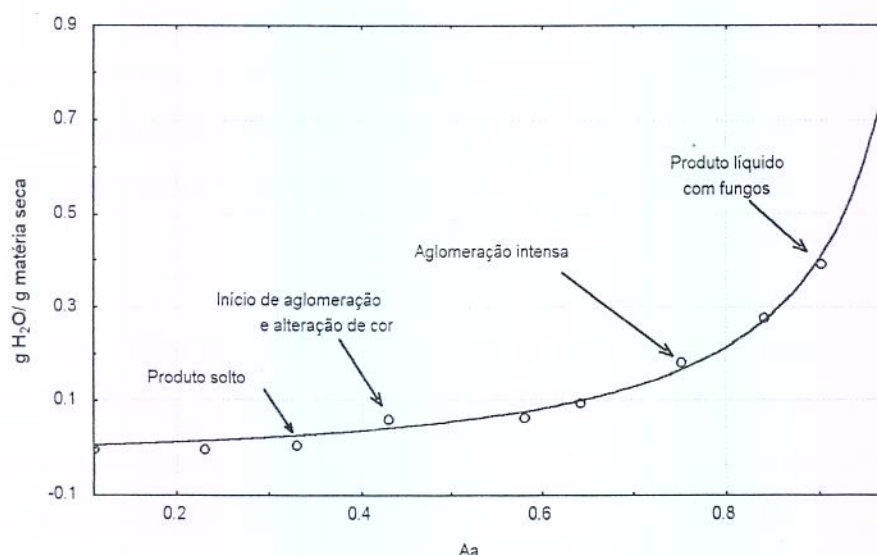


Figura 4.1: Isoterma ajustada de adsorção de umidade para o suco de camu-camu microencapsulado com maltodextrina, obtida a 25°C, (○) experimental e (—) modelo.

Na Figura 4.3 mostra-se a isoterma de adsorção para o suco em pó, obtido por liofilização (amostra considerada como de referência), sem adição de encapsulante. As isotermas, para as três amostras, apresentaram formatos muito semelhantes, classificados como do Tipo III, segundo Brunauer *et al.* (1938). O que caracteriza as isotermas deste tipo é a pequena adsorção de umidade, em valores baixos de atividade de água, com a curva apresentando concavidade para o eixo

das abscissas. A partir de atividades de água com valores intermediários, a curva adquire um formato exponencial característico de produtos com alto teor de sólidos solúveis.

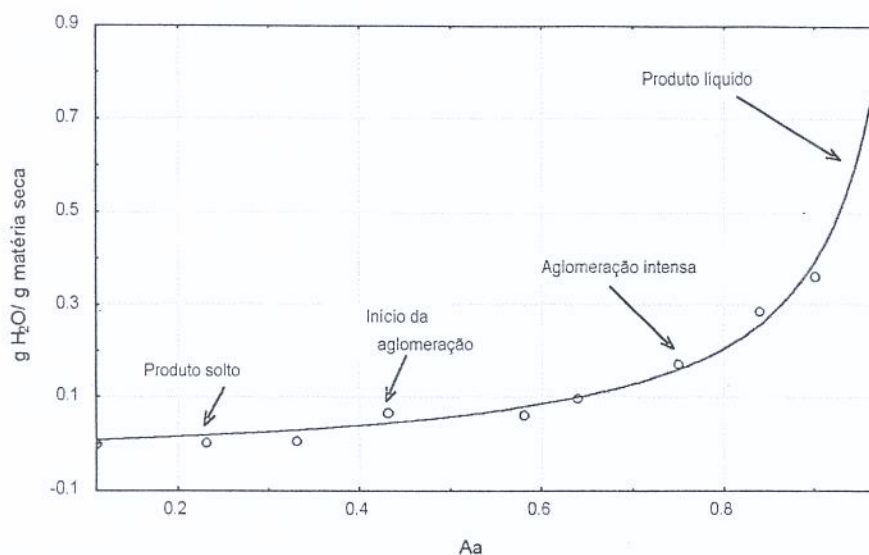


Figura 4.2: Isoterma ajustada de adsorção de umidade para o suco de camu-camu microencapsulado com goma arábica, obtida a 25 °C, (○) experimental e (—) modelo.

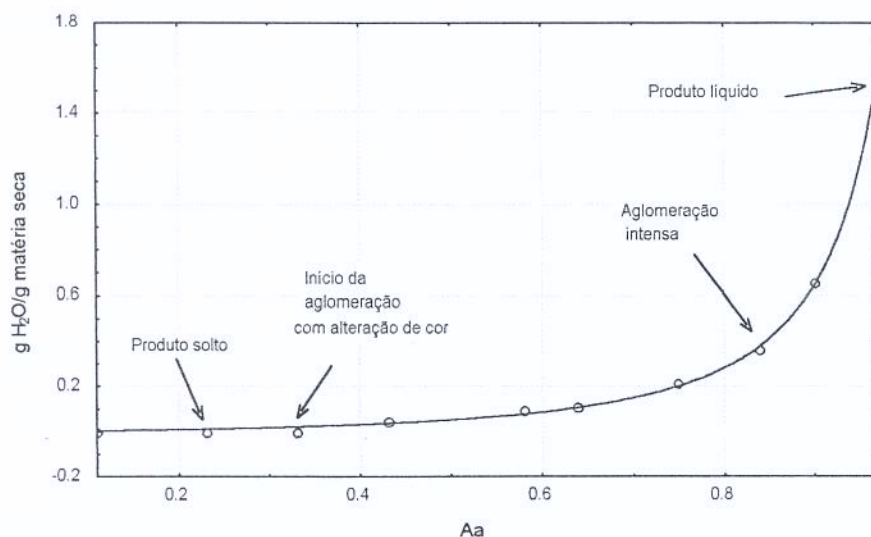


Figura 4.3: Isoterma ajustada de adsorção de umidade para o suco de camu-camu liofilizado (amostra de referência), obtida a 25 °C, (○) experimental e (—) modelo.

Este tipo de isoterma caracteriza alimentos ricos em componentes solúveis e que são muito higroscópicos, como os açúcares, conforme descrito por Salwin (1963).

Ao construir isotermas de adsorção de umidade para diversos produtos secos em *spray dryer* com utilização de maltodextrina, Pena *et al.* (1995) e Tostes *et al.* (1996) também verificaram formato do Tipo III para as curvas obtidas.

As principais transformações que se verificam com o aumento de umidade, para produtos secos granulados, são a aglomeração e o empedramento. Para umidades relativas de equilíbrio muito altas o que se observa é uma dissolução parcial ou total do produto (Teixeira Neto & Quast, 1977).

O início da aglomeração das amostras ocorreu em atividade de água aproximada de 0,43, para as amostras de suco encapsulado. Esse valor de atividade de água (ou umidade relativa de equilíbrio) é considerado como crítico para a definição da barreira ao vapor de água a ser estabelecida quando da escolha do material de embalagem, de modo a manter a qualidade do produto durante o período de vida-de-prateleira.

Em umidades relativas entre 85 e 98%, todos os produtos apresentaram-se líquidos e algumas amostras apresentaram crescimento de fungos.

Para a amostra referência, o início da aglomeração se deu em atividade de água de 0,58%, mais elevada do que aquela verificada para as outras duas amostras, podendo caracterizar grau de higroscopicidade inferior para o suco microencapsulado por liofilização. Com relação às alterações físicas, observadas visualmente, a amostra controle apresentou alteração da cor inicial (escurecimento) antes dos produtos microencapsulados. Isso pode ser devido ao

fato de as partículas das amostras encapsuladas estarem mais protegidas, pelo material de parede contra a reação de oxidação (Hegenbart, 1993).

3.1. AJUSTE DAS ISOTERMAS

Os valores dos parâmetros estimados para o ajuste das isotermas, segundo os modelos escolhidos, GAB, BET modificado, Anderson e Oswin, bem como seus coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), encontram-se nas Tabelas: 4.2 (para a amostra de suco microencapsulado com maltodextrina); 4.3 (para a amostra de suco microencapsulado com goma arábica), e 4.4 (para a amostra de referência).

Verificou-se que o ajuste das isotermas de adsorção, feito por todos os modelos, apresentou valores dos coeficientes de determinação (R^2) bastante elevados, superiores a 0,99.

Observa-se, também, a partir dessas Tabelas, que o ajuste feito pelo modelo de Oswin, mesmo apresentando valores elevados para o coeficiente de determinação, forneceu valores sempre inferiores aos encontrados para os outros modelos.

Ocorreu também uma equivalência dos valores dos parâmetros X_m e K entre os modelos de GAB, BET modificado e Anderson. Na verdade, os três modelos são derivados da equação de BET, o que explicaria a semelhança entre esses valores. O parâmetro C , que é o que diferencia as equações de GAB e BET modificada, mostrou pequena diferença entre essas duas equações. Resultados semelhantes foram observados por Jaafar & Michalowski (1990), Ascheri & Martucci (1996) e Figueirêdo (1998).

Tabela 4.2: Parâmetros estimados das equações ajustadas, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), para o suco encapsulado com maltodextrina, a 25°C.

Modelo	Parâmetros					P	R^2
	X_m	C	K	A	B		
Anderson	0.0825259	0.6500741	0.9358802			5.22	0.9983
GAB	0.0825248	0.650093	0.935881			5.22	0.9983
BET mod.	0.0825256	0.6083891	0.9358804			5.22	0.9983
Oswin				0.0836681	0.647881	8.97	0.9907

Onde: $b_1 = X_m$ (umidade na monocamada do material adsorvente em base seca)

$b_2 = C$, $b_3 = K$ (constantes relacionadas ao efeito temperatura)

Tabela 4.3: Parâmetros estimados das equações ajustadas, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), para o suco encapsulado com goma arábica, a 25°C.

Modelo	Parâmetros					p	R^2
	X_m	C	K	A	B		
Anderson	0.062687	1.028093	0.9579037			8.08	0.9971
GAB	0.0626875	1.028074	0.9579032			8.08	0.9971
BET mod.	0.0626876	0.9847844	0.9579031			8.08	0.9971
Oswin				0.0781771	0.6825419	10.89	0.9939

Onde: $b_1 = X_m$ (umidade na monocamada do material adsorvente em base seca)

$b_2 = C$, $b_3 = K$ (constantes relacionadas ao efeito temperatura)

Observando-se os valores dos desvios percentuais médios (P) apresentados nas Tabelas 4.2, 4.3 e 4.4, pôde-se avaliar a qualidade dos ajustes efetuados nos modelos utilizados. Verificou-se que, para o suco encapsulado com maltodextrina, todos os valores de desvio foram inferiores a 10%, o que caracteriza um bom ajuste para todas as quatro equações utilizadas; o que leva a concluir que qualquer um dos modelos utilizados poderia explicar o fenômeno de adsorção para essa amostra. Para a amostra do suco encapsulado com goma arábica e para a amostra de referência, o modelo de Oswin não apresentou um ajuste adequado, pois os valores de P foram superiores a 10%.

Tabela 4.4: Parâmetros estimados das equações ajustadas, coeficientes de determinação (R^2) e desvio percentual médio (P), para o suco liofilizado (amostra de referência), a 25°C.

Modelo	Parâmetros					P	R^2
	X_m	C	K	A	B		
Anderson	0.1432344	0.2609388	0.9586995			3.27	0,9996
GAB	0.1432698	0.260833	0.9586901			3.27	0,9996
BET mod.	0.1432585	0.2500942	0.958693			3.27	0,9996
Oswin				0.0940319	0.8162937	14.97	0.9962

Onde: $b1 = X_m$ (umidade na monocamada do material adsorvente em base seca)

$b2 = C$, $b3 = K$ (constantes relacionadas ao efeito temperatura)

As isotermas ajustadas pelos diferentes modelos encontram-se ilustradas nas Figuras 4.4, 4.5 e 4.6, para as amostras de suco microencapsulado com maltodextrina, com goma arábica e para a amostra referência.

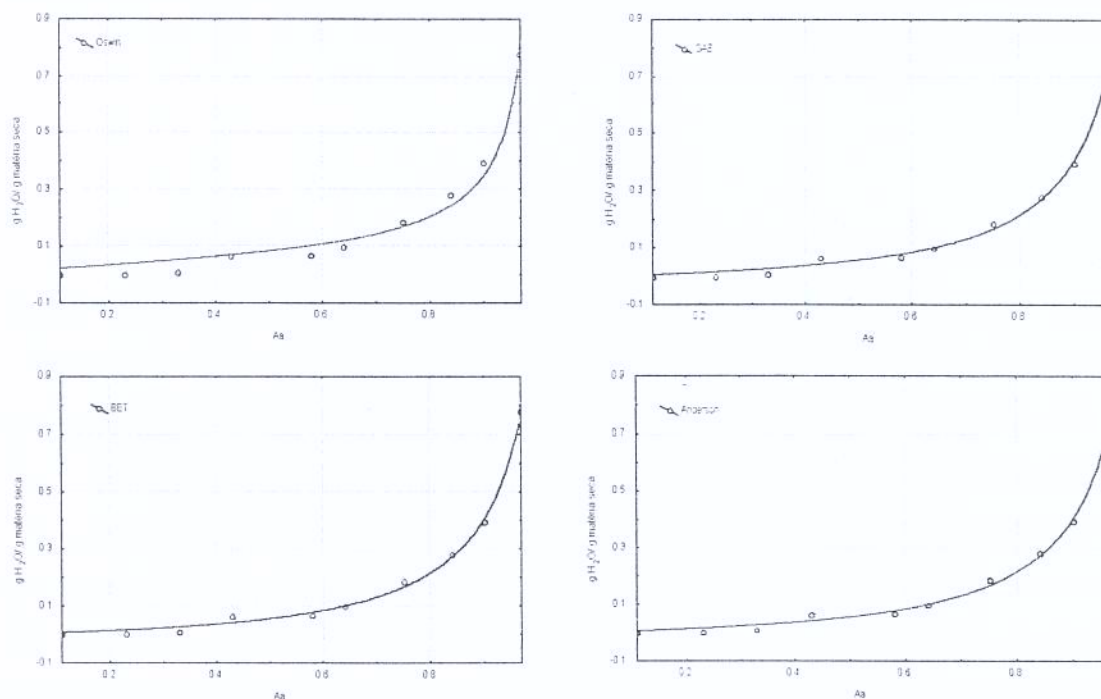


Figura 4.4: Ajuste das isotermas do suco de camu-camu microencapsulado com maltodextrina, (○) experimental e (—) modelo.

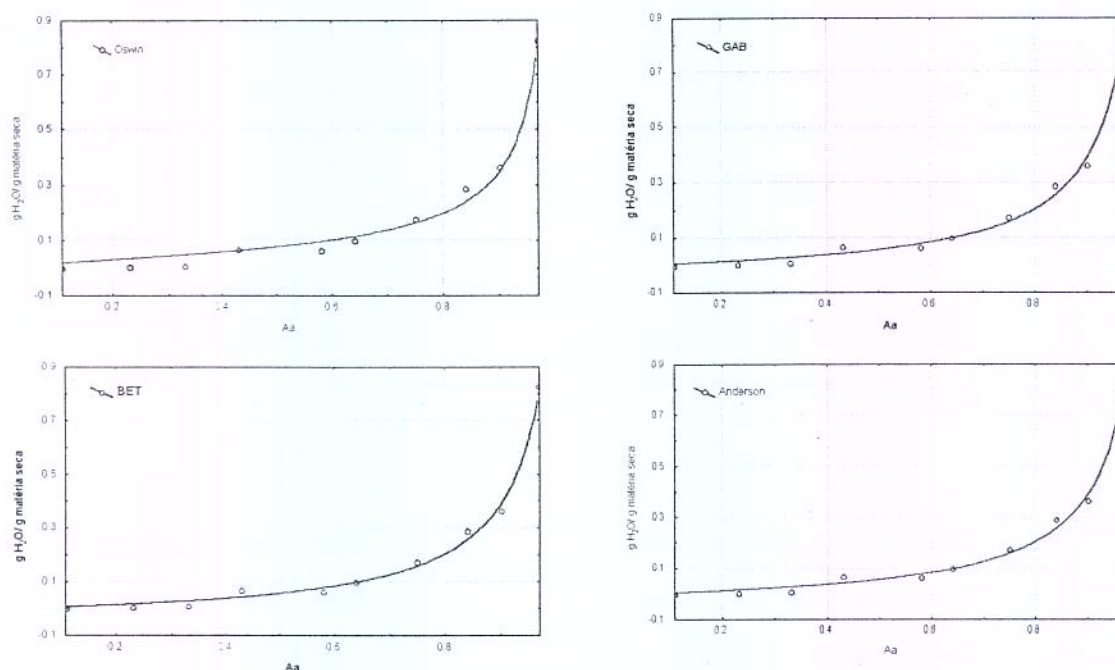


Figura 4.5: Ajuste das isotermas do suco de camu-camu microencapsulado com goma arábica, (○) experimental e (—) modelo.

Aguirre *et al.* (1989) fizeram um estudo comparativo entre o ajuste feito pelas equações de BET modificada e GAB. Nesse trabalho, eles estudaram o ajuste de mais de 74 isotermas experimentais para alimentos, entre os quais frutas, vegetais, carnes e laticínios. Cerca de 77% das isotermas, representadas, principalmente, por produtos como: amidos, proteínas, especiarias e carnes obedeceram a equação de GAB e 23% dos produtos, principalmente alimentos com alto teor de açúcar (frutas e alguns vegetais), cuja capacidade de sorção se mostrou mais elevada do que a da isoterma de BET para atividades de água acima de 0,45, foram ajustados pela equação de BET modificada. No trabalho desses autores, apenas para a banana e para o abacaxi o valor do desvio percentual médio (P) foi superior a 10%.

Lomauro *et al.* (1985) chegaram a resultados semelhantes aos encontrados por Aguirre *et al.* (1989), também trabalhando com os modelos de BET modificado e de GAB, para ajustar 75 isotermas de sorção para frutas, vegetais e produtos cárneos. Eles verificaram que a equação de GAB poderia representar mais do que 50% dos ajustes das isotermas dos produtos estudados, com grande exatidão. Eles consideraram, para esse estudo, um bom ajuste, quando o valor de P fosse menor ou igual a 5%.

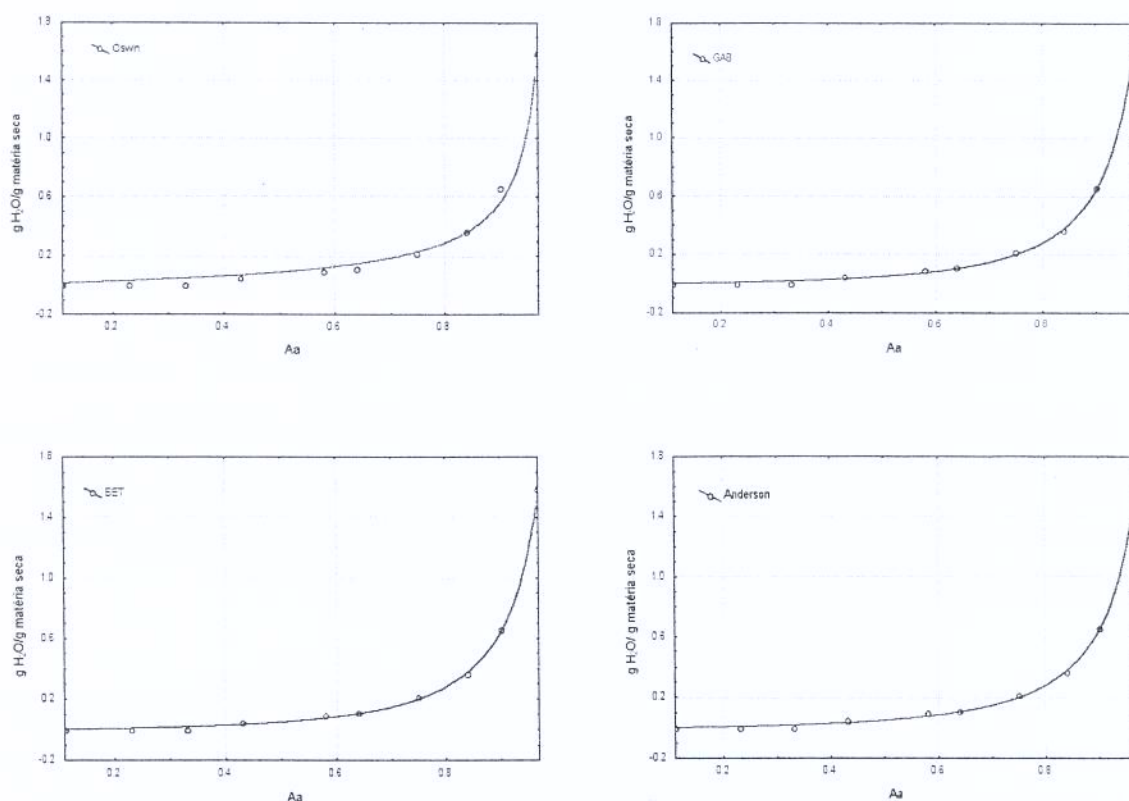


Figura 4.6: Ajuste das isotermas da amostra de referência de suco de camu-camu, (○)experimental e (—) modelo.

Figueirêdo (1998), estudou as isotermas de adsorção para suco de acerola microencapsulado em três misturas com maltodextrina e goma arábica. As isotermas das três formulações foram ajustadas pelas quatro principais equações usadas para alimentos: GAB, BET modificada, Anderson e Oswin. Foi verificado pela autora que para um valor de P de 5%, todos os modelos apresentaram um bom ajuste, podendo ser utilizados para explicar a sorção do suco de acerola microencapsulado.

3.2. ESPECIFICAÇÃO DE EMBALAGEM

A estabilidade dos produtos estudados dependerá, fundamentalmente, da capacidade da embalagem, a ser escolhida, em oferecer proteção contra a permeabilidade ao vapor de água presente no ambiente de armazenamento dos produtos (Alves, 1997).

Pôde-se observar que as amostras estudadas mostraram ser higrossensíveis, pois a aglomeração teve início em baixos valores de atividade de água (0,43, para as amostras encapsuladas e 0,33 para a amostra sem encapsulante). Observou-se, também, que a amostra sem encapsulante mostrou uma higrossensibilidade superior às encapsuladas.

Por segurança e para atender a todas as amostras (encapsuladas ou não), as especificações para a embalagem irão atender à amostra mais exigente quanto à barreira ao vapor de água; embora deva-se ressaltar que poderia ser especificada, alternativamente, uma embalagem de menor custo para as amostras protegidas por agentes encapsulantes, se colocadas no mercado.

Além do fato da embalagem para o suco de camu-camu microencapsulado necessitar apresentar em sua constituição um material que seja barreira ao vapor

de água, ela também precisa oferecer barreira contra penetração de luz e oxigênio, pois o produto é rico em vitamina C e esta poderá sofrer degradação sob ação desses fatores.

Comercialmente, a maioria das misturas para refrescos artificiais em pó é acondicionada em laminados flexíveis. Nos laminados, observa-se que dois ou mais constituintes combinam seus efeitos proporcionando melhoria na estrutura, maior durabilidade, rigidez, etc. O alumínio é, em geral, um componente encontrado nesses laminados, por se constituir em uma barreira à penetração da luz e por ser praticamente impermeável ao vapor d'água e ao oxigênio. Mas, pelo fato dele ser encontrado na forma de filmes de pequena espessura, pode apresentar microfuros que permitiriam a migração de umidade e gases do ambiente externo para o interior da embalagem. Para recobrir esses microfuros e para a selagem da embalagem recomenda-se o uso de uma laminação com polietileno. Outro componente muito usado na fabricação de laminados é o papel, que é de baixo custo e proporciona rigidez à estrutura final da embalagem (Cabral e Alvim, 1981).

Algumas alternativas, encontradas no mercado, podem ser propostas para a composição do laminado a ser utilizado de modo a oferecer as barreiras necessárias para a proteção do produto em estudo. Essas alternativas estão apresentadas na Tabela 4.5. A escolha dentre as várias alternativas recairá no binômio custo/benefício, visando uma possível comercialização do produto, ou mesmo um estudo de estabilidade deste durante o armazenamento.

Tabela 4.5: Alternativas de composição de embalagens para o suco de camu-camu em pó.

Alternativas	Camadas*	Material	Gramatura (g/m ²)
A	1	Papel monolúcido	40 - 50
	2	PEBD	12 - 15
	3	Folha de alumínio	24,3
	4	PEBD	25 - 30
B	1	PET	17
	2	Adesivo	4 - 6
	3	Folha de alumínio	24,3
	4	PEBD	25 - 30
C	1	PET _{met}	17
	2	PEBD	30

- As camadas foram numeradas de fora para dentro, de 1 a 4.
- PEBD: Polietileno de baixa densidade; PET: Polietileno tereftalato; PET_{met}: Polietileno tereftalato metalizado.

Fonte: Cabral & Alvim (1981); Figueirêdo (1998); Alves (1997)

4. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados neste estudo permitiram que as seguintes conclusões fossem estabelecidas:

- As isotermas de adsorção para as amostras de suco em pó (encapsulados ou não) apresentaram formato do Tipo III.
- Para a amostra de suco de referência (suco liofilizado sem encapsulante) a alteração de cor teve início antes do que as amostras de suco encapsulado.
- Os modelos de GAB, BET modificado e Anderson mostraram um bom ajuste aos dados experimentais, indicado pelos valores dos desvios médio percentual (P) inferiores a 10% e pelos coeficientes de determinação das equações de ajuste foram todos superiores ou iguais a 0,99.
- Os valores de P, para avaliar o ajuste das isotermas pelo modelo de Oswin, foram superiores a 10%, caracterizando um ajuste inadequado, excetuando-se o obtido para a amostra de suco encapsulado com maltodextrina.
- De acordo com o estudo das isotermas de adsorção de umidade, a embalagem a ser recomendada para os três produtos deve oferecer boa barreira contra vapor de água e oxigênio, para evitar escurecimento e empedramento dos produtos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUIRRE, R.; SUAREZ, C.; VIOLLAZ, P. E. New BET Type Multilayer Sorption Isotherms. Part II: Modelling Water Sorption in Foods. **Lebensmittel – Wissenschaft u. Technologie** ., v.22, p.192-5, 1989.
2. ALVES, R.M.V. Especificação de embalagem usando como ferramentas isoterma de sorção e modelo matemático. In: **Curso sobre Atividade de água nos Alimentos**, ITAL, Campinas, p. 7-1 – 7-20, 1997.
3. ASCHERI, D.P.R.; MARTUCCI, E.T. Microencapsulamento de óleo essencial de laranja : determinação de isotermas de adsorção. In : HUBINGER, M.; MURR, F.X.; AGUILERA,J.M. Equipos y procesos para la industria de Alimentos. Congreso Ibero-Americano de Ingenieria de Alimentos. **Anales** 4. del Tomo I: Propiedades físicas de los alimentos. Valencia, España, p. 209-215, Dec. 1996.
4. BRUNAUER, S.; EMMETT, P.H.; TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layer. **Journal of American Chemistry Society**, v.60, n.1, p. 309-12, 1938.
5. CABRAL, A. C.D.; ALVIM, D.D. Alimentos desidratados- conceitos básicos para sua embalagem e conservação. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v. 1, n.1, p.1-65, 1981.
6. IGLESIAS, H.A; CHIRIFE, J. Equations for fitting water sorption isotherms of foods: Part I- a review. **Journal of Food Technology**, v. 13, n.3, p.159-174, 1978.

7. FENNEMA, O.R. **Introduccion a la Ciencia de los Alimentos**. Reverté Ed. Barcelona, v.1., 1982.
8. FIGUEIRÊDO, R.M.F. **Caracterização físico-química do suco e pó de acerola (*Malpighia punicifolia*, L.)**. Campinas, 1998. 104p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas
9. GREENSPAN, L. Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. **Journal. Res. Nat. Bur. Of Stand. a. Phys. & Chem.**, v. 81A , n.1, p. 89-96, 1977.
10. HEGENBART, S. Encapsulated ingredients keep problems covered. **Food Product Design**, v.3, n.1, p.28-34, 1993.
11. IGLESIAS, H. A.; CHIRIFE, J. **Handbook of Food Isotherms**: Water sorption parameters for food and food components, Academic Press, New York, 1982, 347p.
12. JAAFAR, F.; MICHALOWSKI, S. Modified BET equation for sorption/desorption isotherms. **Drying Technology**, v.8, n.4, p.811-827, 1990.
13. KAREL, M. Water activity and Food Preservation. In: **Principles of Food Science** Part II - Physical Principles of Food Preservation. FENNEMA, O.R.(ed.), Marcel Dekker, Inc., New York, p.237-63, 1975.
14. KIMURA, I.A. & MAEDA, M. Determinação de isotermas de adsorção de umidade: influência da concentração da solução e da variação no volume do recipiente. **Boletim** da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.27, n.2, p. 79-87, jul./dez., 1993.

15. LABUZA, T.P. Standard Procedure for Isotherm Determination. **Cereal Foods World**, v.28, n.4, p.258, 1983.
16. LABUZA, T.P. Sorption phenomena in foods. **Food Technology**, v.22, n.3, p.263, 1968.
17. LOMAURO, C.J.; BAKSHI, A.S.; LABUZA, T.P. Evaluation of food Moisture Sorption Isotherm Equations. Part I: Fruit, Vegetable and Meat Products. **Lebensmittel – Wissenschaft u. Technologie**, v.18, p.111-17, 1985.
18. PENA, R.S.; RIBEIRO, C.C.; GRANDI, J.G. Levantamento de isoterma de adsorção de umidade a 15°C, do guaraná (*Paullinia cupana*) em pó, obtido por atomização em *spray dryer* . Associação Brasileira de Química, **Anais**, v.44, n.1, p. 1-6, 1995.
19. QUAST,D.G.; GIL, L.R.P. Considerações sobre a embalagem do café solúvel brasileiro para exportação. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v. 5, p.377-97, 1973/74.
20. SALWIN, H. Moisture levels required for stability in dehydrated foods. **Food Technology**, v.17, n.9, p.1114-21, 1963.
21. TEIXEIRA NETO, R.O. Atividade de água e transformações dos alimentos. In: **Curso sobre Atividade de água nos Alimentos**, ITAL, Campinas, p. 2-1 – 2-9, 1997.
22. TEIXEIRA NETO, R.O.; QUAST, D.G. Isotermas de adsorção de umidade em alimentos. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)**, Campinas, v.8, p. 141-197, 1977.

23. TOSTES, E.; RIBEIRO, C.; GRANDI, J.G. Utilização de equações de dois e três parâmetros na modelagem matemática da isoterma de adsorção a 15°C do pó de marapuama (*Ptycopetalum olacoides* benth). In: HUBINGER, M.; MURR, F.X.; AGUILERA, J.M. Equipos y procesos para la industria de alimentos. I Congreso Ibero-Americano de Ingeniería de Alimentos. **Anales** Tomo I: Propiedades físicas de los alimentos. Valencia, España, p.304-314, dec., 1996.

CAPÍTULO 5

ESTUDO DA ESTABILIDADE DO SUCO DE CAMU-CAMU MICROENCAPSULADO

1. INTRODUÇÃO

A vida-de-prateleira de um alimento é o período de tempo durante o qual são mantidas a qualidade e a aceitabilidade do produto pelo consumidor. Esse período não é fixo, mas depende das condições nas quais o alimento é estocado. Para se conseguir uma longa vida-de-prateleira devem-se otimizar as condições ambientais (Singh, 1996).

Os principais fatores que controlam a vida-de-prateleira são: tempo, temperatura, umidade, oxigênio, exposição à luz e a própria embalagem. Porém, o mais importante a ser considerado é a temperatura, pois não existe como eliminá-la totalmente dos processos de deterioração. Deste modo, a temperatura é o fator crítico na manutenção e conservação dos alimentos (Labuza, 1982).

Todos os produtos desidratados estão sujeitos às reações químicas e alterações físicas pela exposição à temperatura, que age sobre o oxigênio molecular. Um exemplo disto é o escurecimento não enzimático. Para evitar este tipo de deterioração, os produtos são tratados, em geral, com SO_2 e/ou outros antioxidantes (Cabral & Alvim, 1981).

O camu-camu, de ocorrência nativa na Amazônia, constitui-se em uma das frutíferas que podem contribuir ao desenvolvimento da região. Isto se deve ao fato de esta fruta destacar-se das demais pelo seu elevado conteúdo de vitamina C.

Sabe-se que a vitamina C exerce funções tais como: proteger contra o escorbuto, prevenir a oxidação do LDL colesterol, auxiliar na absorção de cálcio e ferro e, desse modo, o camu-camu se reveste de grande importância comercial, não só para a região como também para o país.

Os estudos sobre o aproveitamento tecnológico do camu-camu são ainda bastante incipientes e necessitam ser incrementados. Deve-se ressaltar, também, que além do desenvolvimento de produtos com o camu-camu, a avaliação da estabilidade desses produtos é de suma importância, para garantir que cheguem aos consumidores produtos seguros e de boa qualidade.

Este estudo objetivou avaliar a estabilidade do suco de camu-camu microencapsulado durante um período de estocagem de 90 dias, através da monitoração da atividade de água, teor de vitamina C e da cor.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. MATERIAL

2.1.1. MATÉRIA – PRIMA

Foram utilizadas amostras de suco de camu-camu microencapsulado com maltodextrina e goma arábica, e suco liofilizado sem encapsulante (amostra de referência).

2.1.2. EMBALAGEM

A embalagem utilizada consistiu de um filme laminado com as seguintes camadas (de fora para dentro):

Papel monolúcido

Polietileno de baixa densidade (PEBD)

Folha de alumínio

Polietileno de baixa densidade (PEBD)

2.2. MÉTODOS

2.2.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMBALAGEM

As embalagens foram confeccionadas com um filme laminado (descrito no item 2.1.2), de 8 X 8 cm de dimensão, termosselada em três regiões com o auxílio de uma termosseladora de pedal.

Para a caracterização da embalagem foram feitas determinações (em triplicata) da gramatura, espessura e da permeabilidade ao vapor de água, segundo normas da ASTM (1997).

2.2.1.1. DETERMINAÇÃO DA GRAMATURA

A gramatura do laminado foi determinada pela medida de seu peso por unidade de área.

2.2.1.2. DETERMINAÇÃO DA ESPESSURA

Foi realizada pela medida da distância perpendicular às duas superfícies da amostra, com o auxílio de um micrômetro.

2.2.1.3. DETERMINAÇÃO DA PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA

Mediu-se a umidade que permeou a embalagem que continha sílica gel anidra como material teste. As embalagens com sílica foram colocadas em dois recipientes, com umidade controlada para 75 e 90%, e estes foram mantidos em câmaras ajustadas para 25 e 35°C, respectivamente. O método tem por base o aumento de peso da sílica contida nas embalagens. As pesagens foram efetuadas em balança analítica.

2.2.2. ESTIMATIVA DA VIDA-DE-PRATELEIRA DO PRODUTO

A estimativa da vida-de-prateleira do produto na embalagem escolhida para o estudo baseou-se na da Equação 5.2 (Cabral e Alvim, 1981), para as condições de estocagem de 25°C / 75%UR.

$$t = [(e \cdot M \cdot a) / (P \cdot A \cdot p_s)] \cdot \ln [(U_e - U_o) / (U_e - U_c)] \quad (5.1)$$

Sabendo-se que:

$$P = (TPVA \cdot e) / [p_s \cdot (UR_e/100)] \quad (5.2)$$

$$TPVA = m / (A \cdot t) \quad (5.3)$$

onde:

t = tempo de vida útil (dias);

e = espessura da embalagem (μm);

M = massa seca do produto (g);

TPVA = taxa de permeabilidade ao vapor de água ($\text{g}/\text{m}^2.\text{dia}$)

p = permeabilidade do laminado ($\text{g} \cdot \mu\text{m}/\text{m}^2.\text{dia}.\text{mmHg}$);

A = área de embalagem (m^2);

m = ganho de umidade(g)

ps = pressão de saturação do vapor de água (mmHg);

Ue = umidade relativa de equilíbrio

Uc = umidade crítica do produto (g água/100g produto seco);

Uo = umidade inicial do produto (g água/100g produto seco);

URe = umidade relativa do ambiente de estocagem;

a = aproximação linear da isoterma (g água/g produto seco)

2.2.3. ARMAZENAMENTO

Foi estudada a estabilidade dos produtos por um período de 90 dias de armazenamento. Durante este período efetuou-se uma monitoração dos valores de atividade de água (Aa), cor e vitamina C. As amostras (em duplicata) foram armazenadas em câmara, a 25 e 35°C. Cada embalagem continha 10g de amostra. As análises foram realizadas no dia do processamento e a cada 15 dias de armazenamento, até completar os 90 dias.

2.2.3.1. DETERMINAÇÃO DE ATIVIDADE DE ÁGUA

Feita com o auxílio de um higrômetro da marca AQUALAB, modelo CX-2 (DECAGON). Para calibração do equipamento, foram utilizadas soluções

saturadas de cloreto de lítio e de magnésio, respectivamente, para ajuste das atividades de água para 0,1 e 0,3; e sulfato de potássio, para atividade de água de 0,98. As medidas foram feitas à temperatura de 20°C, apresentando erro de $\pm 0,003$ no valor final.

2.2.3.2. DETERMINAÇÃO INSTRUMENTAL DA COR

Foi feita em espectrofotômetro Colorquest Hunterlab, com reflectância especular incluída, usando iluminante C, sistema de leitura CIELab, conferindo os seguintes padrões de calibração:

nº C6299 de março de 1996, $D_{65}/10^\circ$ Branco X 7746 Y 8208 Z 8838

nº C6299G de março de 1996, $D_{65}/10^\circ$ Cinza X 4771 Y 5083 Z 5494

As amostras foram colocadas em uma cubeta com caminho opticamente limpo de 10 mm.

2.2.3.3. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE VITAMINA C

Foi determinado através de volumetria de oxi-redução, sendo as amostras tituladas com 2,6 – diclorofenol indofenol-sódico, segundo o Método de nº 43.056 da A.O.A.C.(1984), modificado por Benassi (1990) e Silva (1999).

2.2.4. AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Foram realizadas pesquisas de salmonelas, coliformes fecais e bolores e leveduras, conforme metodologia da APHA (American Public Health Association) (Vandersant e Splitsttoesser, 1992).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMBALAGEM

Os resultados de caracterização do laminado utilizado para a embalagem do suco em pó encapsulado estão descritos na Tabela 5.1.

Tabela 5.1:Resultado da caracterização da embalagem.

Características	Resultado
Gramatura	114,64 g/m ²
Espessura	95,8 µm
TPVA* (25°C/75% UR)	0,2263 g/m ² .dia
TPVA (38°C/90%UR)	0,2842 g/m ² .dia

*Taxa de permeabilidade ao vapor de água

3.2. ESTIMATIVA DE VIDA-DE-PRATELEIRA

Com base no estudo das isotermas, retiraram-se os valores das umidades inicial, crítica e de equilíbrio para as amostras. Com os valores das umidades e com os dados de caracterização da embalagem (espessura e taxa de permeabilidade ao vapor de água) calculou-se o tempo de vida útil dos produtos, aplicando-se a Equação 5.2 e utilizando-se os seguintes dados.

Os valores dos parâmetros para o cálculo, e o tempo estimado de vida-de-prateleira (TEVP), para as amostras estudadas, encontram-se na Tabela 5.2.

O tempo estimado de vida-de-prateleira para os produtos encapsulados apresentaram semelhança com os observados para produtos desidratados similares, acondicionados em embalagens com especificações aproximadamente iguais disponíveis no mercado. Observa-se também que, nas condições

estudadas, o tempo estimado para o suco sem encapsulante mostrou-se bastante inferior.

Tabela 5.2: Valores dos parâmetros de cálculo e TEVP.

Parâmetros	Suco encapsulado com MD e GA*	Suco liofilizado sem encapsulante
t (dias)	19	19
e (μm);	95,8	95,8
M (g);	10	10
TPVA ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$)	0,2263	0,2263
P ($\text{g} \cdot \mu\text{m}/\text{m}^2 \cdot \text{dia} \cdot \text{mmHg}$)	1,12	1,12
A (m^2)	0,01	0,01
m (g)	0,043	0,043
ps (mmHg);	25,75	25,75
Ue (g água/100g produto seco)	0,13	0,20
Uc (g água/100g produto seco)	0,07	0,02
Uo (g água/100g produto seco)	0,03	0,01
URe (%)	75	75
a (g água/g produto seco)	0,20	0,33
TEVP (dias)	347	64

* MD: maltodextrina; GA: goma arábica

3.3. ATIVIDADE DE ÁGUA (Aa)

Nas Tabelas 5.3 e 5.4 encontram-se os resultados referentes às determinações de atividade de água, a 20 °C, para as três amostras armazenadas, respectivamente, nas temperaturas de 25 e 35 °C.

Para as duas amostras de suco de camu-camu encapsulado, quer seja com maltodextrina quer seja com goma arábica, o comportamento da Aa foi

semelhante, na temperatura de armazenamento de 25°C; para ambos, a Aa manteve-se praticamente constante. Deve-se ressaltar, porém, que para o suco encapsulado com goma arábica, a Aa apresentou menor variação, o que pode caracterizar uma maior eficiência deste material de parede no impedimento da adsorção da umidade ambiente. A 35°C, para ambas as amostras encapsuladas, ocorreu uma maior elevação do valor de atividade de água, sendo este aumento mais evidenciado na amostra encapsulada com maltodextrina.

Tabela 5.3: Valores^(*) de atividade de água das amostras armazenadas a 25°C.

Dias	Aa		
	Suco encap. MD	Suco encap. GA	Suco sem encapsul
0	0,266 ± 0,009	0,252 ± 0,023	0,284 ± 0,003
15	0,269 ± 0,010	0,255 ± 0,005	0,320 ± 0,005
30	0,272 ± 0,006	0,250 ± 0,006	0,319 ± 0,015
45	0,283 ± 0,006	0,256 ± 0,011	0,320 ± 0,069
60	0,286 ± 0,019	0,259 ± 0,011	0,325 ± 0,005
75	0,294 ± 0,027	0,262 ± 0,008	0,337 ± 0,029
90	0,296 ± 0,009	0,265 ± 0,026	0,372 ± 0,003

(*) valores médios de três repetições

Para o suco desidratado sem encapsulante a Aa apresentou aumento já a partir do 15º dia de armazenamento, para ambas as temperaturas. O comportamento da Aa para as três amostras de suco de camu-camu estudadas, durante o período de armazenamento, está ilustrado nas Figuras 5.1, 5.2 e 5.3 para as temperaturas de 25 e 35 °C.

Tabela 5.4: Valores^(*) de atividade de água das amostras armazenadas a 35°C.

Dias	Aa		
	Suco encaps. MD	Suco encaps. GA	Suco sem encapsul
0	0,266 ± 0,009	0,252 ± 0,023	0,284 ± 0,003
15	0,275 ± 0,009	0,253 ± 0,017	0,331 ± 0,022
30	0,256 ± 0,006	0,244 ± 0,003	0,325 ± 0,005
45	0,284 ± 0,009	0,262 ± 0,028	0,390 ± 0,025
60	0,336 ± 0,011	0,270 ± 0,034	0,397 ± 0,009
75	0,341 ± 0,010	0,296 ± 0,016	0,401 ± 0,085
90	0,355 ± 0,014	0,305 ± 0,007	0,427 ± 0,002

(*) valores médios de três repetições

A Aa para as amostras acondicionadas à temperatura de 35°C foi superior à observada, para as acondicionadas na temperatura de 25°C. Isto pode ser explicado através da cinética de permeabilidade ao vapor de água. A velocidade de permeação aumenta com o aumento da temperatura. Isso acontece porque a estrutura dos polímeros constituintes da embalagem sofre uma expansão quando a temperatura é aumentada, facilitando a permeabilidade. Esta também pode ser afetada por possíveis defeitos decorrentes da termoselagem (Cabral e Alvim, 1981).

Relacionando-se atividade de água com qualidade microbiológica, sabe-se que a possibilidade de deterioração microbiana cessa em alimentos que apresentem Aa inferior a 0,60. Esta faixa é considerada segura com relação ao desenvolvimento dos microrganismos pois, até mesmo as classes de bolores xerofílicos e leveduras osmofílicas, que são as que mais resistem a ambientes de

baixos valores de A_a , não se desenvolvem quando esta se encontra em valores inferiores a 0,60 (Leitão, 1997).

Para as amostras de suco de camu-camu encapsuladas, o fato da A_a ter se mantido praticamente constante, e com esses valores permanecendo baixos (0,265 – 0,371) ao final do tempo de armazenamento, demonstra a eficiência da embalagem escolhida para os produtos em questão, mesmo para a amostra de suco desidratado sem encapsulante, embora para este os valores de atividade de água tenham sido sofrido maior elevação durante o período de avaliação da estabilidade.

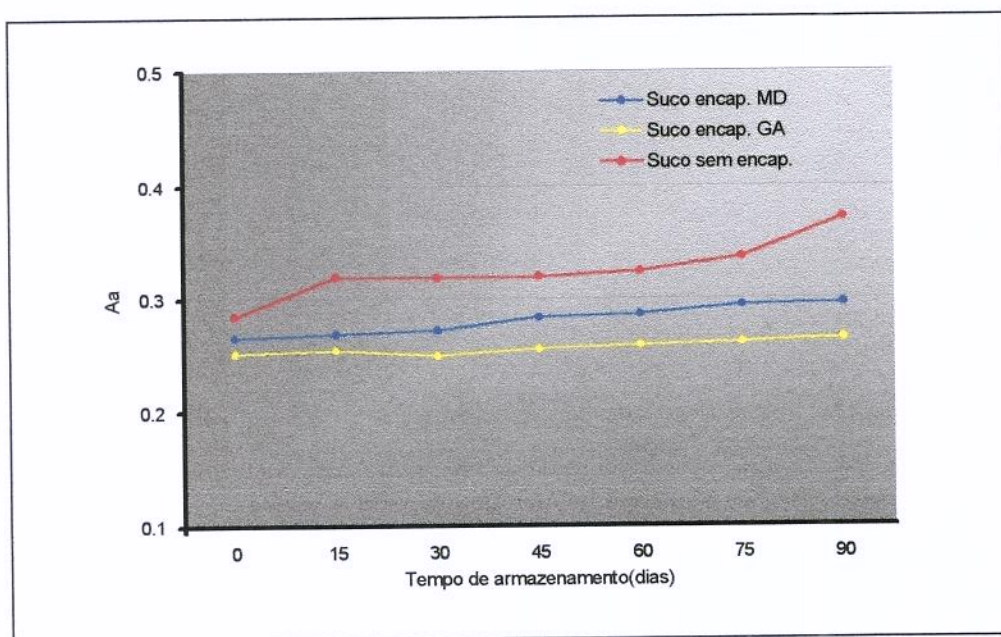


Figura 5.1: Valores de atividade de água para as amostras de suco de camu-camu estudadas na temperatura de armazenamento de 25°C.

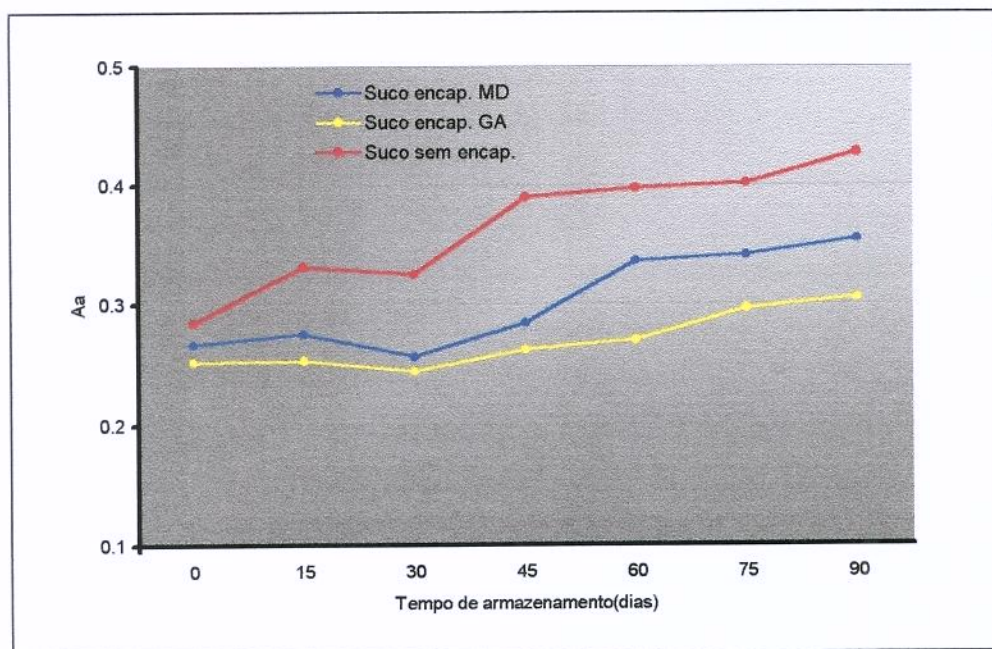


Figura 5.2: Valores de atividade de água para as amostras de suco de camu-camu estudadas na temperatura de armazenamento de 35°C.

3.4. VITAMINA C

Os valores médios do teor de vitamina C e sua perda, para as três amostras estudadas, nas diferentes temperaturas de armazenamento, estão mostrados nas Tabelas 5.5 e 5.6.

Na Tabela 5.5, pode-se observar que o suco encapsulado com goma arábica apresentou um teor inicial (tempo zero) de vitamina C superior ao observado para o encapsulado com maltodextrina, embora as perdas ao final do tempo de armazenamento, para ambos os sucos, não tenham apresentado diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade. Com base nestes resultados, pôde-se eleger a goma arábica como um encapsulante mais eficiente que a maltodextrina, pois possibilitou maior retenção de vitamina C.

O elevado teor de vitamina C apresentado pela amostra de suco desidratado sem adição de encapsulante demonstra que a eficiência da secagem por liofilização é bastante superior à feita por atomização. Entretanto, a amostra liofilizada sem encapsulante apresentou, ao final do período de armazenamento, a maior perda de vitamina C. Isto pode estar relacionado com o fato de que, apesar do processo de liofilização levar a uma retenção de vitamina C superior àquela obtida para a secagem por atomização, a ausência de agentes encapsulantes promovendo proteção ao material de recheio pode levar à diminuição da estabilidade do produto final e, portanto, a perdas bem maiores durante a vida-de-prateleira.

Tabela 5.5: Teor^(*) de vitamina C (mg ácido ascórbico / 100g suco em pó) e sua perda (%), para as amostras de suco de camu-camu estudadas durante o tempo de armazenamento a 25 °C.

Teor de vitamina C (mg ácido ascórbico / 100g suco em pó)			
Dias	Suco encaps. MD	Suco encaps. GA	Suco sem encapsul
0	6232,1 ± 1,9	6884,5 ± 1,7	19084,5 ± 363,8
15	6230,3 ± 2,0	6882,9 ± 1,9	18722,8 ± 36,8
30	6227,4 ± 1,4	6880,7 ± 1,2	16166,8 ± 550,3
45	6221,2 ± 5,7	6737,5 ± 8,6	15799,7 ± 252,1
60	5860,8 ± 6,1	6480,7 ± 0,5	12083,0 ± 307,3
75	5850,6 ± 7,8	6476,3 ± 0,2	12020,4 ± 150,2
90	5828,5 ± 4,5	6457,5 ± 28,4	12006,3 ± 546,2
Perda (%)	6,5 ^a	6,2 ^a	37,1 ^b

(*) valores médios de quatro repetições

Médias com letras iguais não apresentam diferença significativa a $p \leq 0.05$.

Ao se comparar os dados das Tabelas 5.5 e 5.6, verifica-se que, para as três amostras de suco estudadas, na temperatura de 35 °C, a perda de vitamina C foi superior àquela detectada para as amostras correspondentes na temperatura de 25 °C. Isto demonstra que a temperatura é um fator que tem bastante influência na retenção da vitamina C dos produtos, mesmo quando são utilizadas embalagens que ofereçam barreira à permeabilidade ao vapor de água e ao oxigênio

O comportamento do teor de vitamina C, comentado anteriormente, está ilustrado nas Figuras 5.3 e 5.4, respectivamente, nas temperaturas de 25 °C e 35°C.

Tabela 5.6: Teor^(*) de vitamina C (mg ácido ascórbico / 100g suco em pó) e sua perda (%), para as amostras de suco de camu-camu estudadas durante o tempo de armazenamento a 35 °C.

Dias	Teor de vitamina C (mg ácido ascórbico / 100g suco em pó)		
	Suco encaps. MD	Suco encaps. GA	Suco sem encapsul
0	6232,1 ± 1,9	6884,5 ± 1,7	19084,5 ± 363,8
15	6201,8 ± 6,2	6805,5 ± 5,8	16822,0 ± 38,7
30	6113,7 ± 18,5	6786,2 ± 19,3	15356,9 ± 366,8
45	6006,5 ± 10,7	6412,2 ± 15,1	14658,7 ± 128,7
60	5991,4 ± 9,7	6393,3 ± 0,6	11347,6 ± 65,58
75	5891,3 ± 3,0	6272,9 ± 26,8	11122,7 ± 93,7
90	5438,8 ± 3,6	6099,7 ± 15,4	9007,3 ± 26,1
Perda (%)	12,3 ^a	11,4 ^a	52,8 ^b

(*) valores médios de quatro repetições

Médias com letras iguais não apresentam diferença significativa a $p \leq 0.05$.

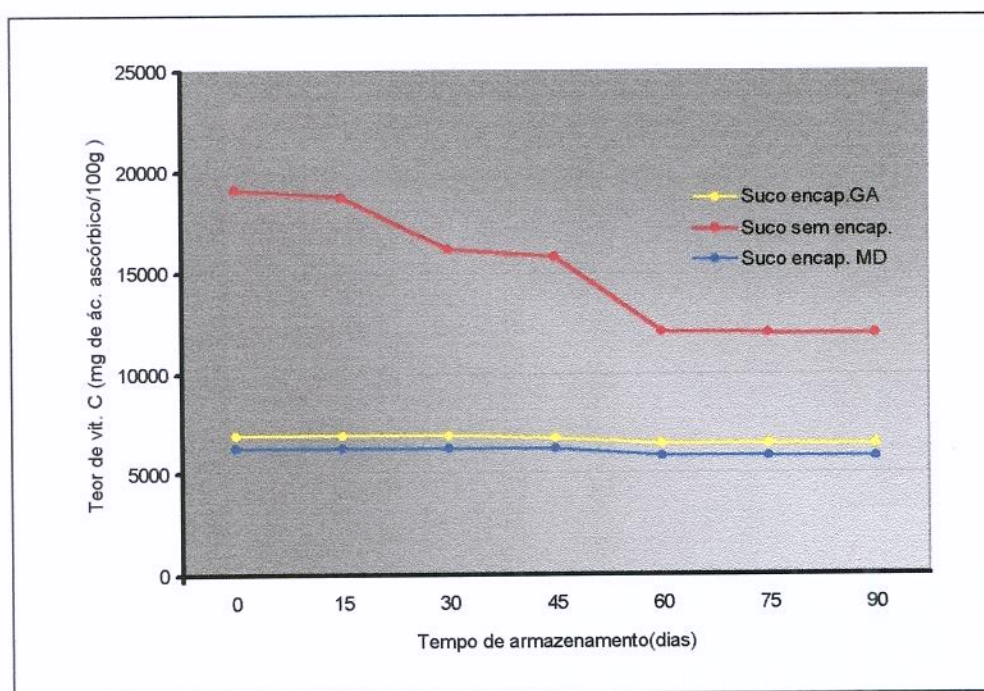


Figura 5.3: Teor de vitamina C das amostras de suco de camu-camu estudadas, na temperatura de armazenamento de 25°C.

Figueirêdo (1998) relatou perdas de vitamina C inferiores às obtidas neste estudo. A autora trabalhou com suco de acerola microencapsulado com uma mistura de encapsulantes (maltodextrina e goma arábica) em três formulações. Foi verificado que, após 360 dias de armazenamento, a perda de vitamina C, para a formulação que continha suco + 15 % de maltodextrina + 2,5 % de goma arábica, ficou situada em torno de 3%. Deve-se ressaltar que o estudo da autora envolveu o uso de uma embalagem que oferecia barreira um pouco maior com relação à permeabilidade ao oxigênio e vapor de água, o que pode ter contribuído para uma perda inferior.

Ribeiro (1999) trabalhou com polpa de cupuaçu adicionada de 5, 10 e 15% de maltodextrina e desidratada por atomização. Foi estudada a estabilidade dos

produtos acondicionados em sacos plásticos fechados a vácuo, por um período de 90 dias. Os resultados mostraram que as formulações preparadas apresentaram boa estabilidade. A formulação com 5% de maltodextrina apresentou as maiores perdas de vitamina C, e a que apresentou a menor perda foi a formulação com 10% daquele material encapsulante.

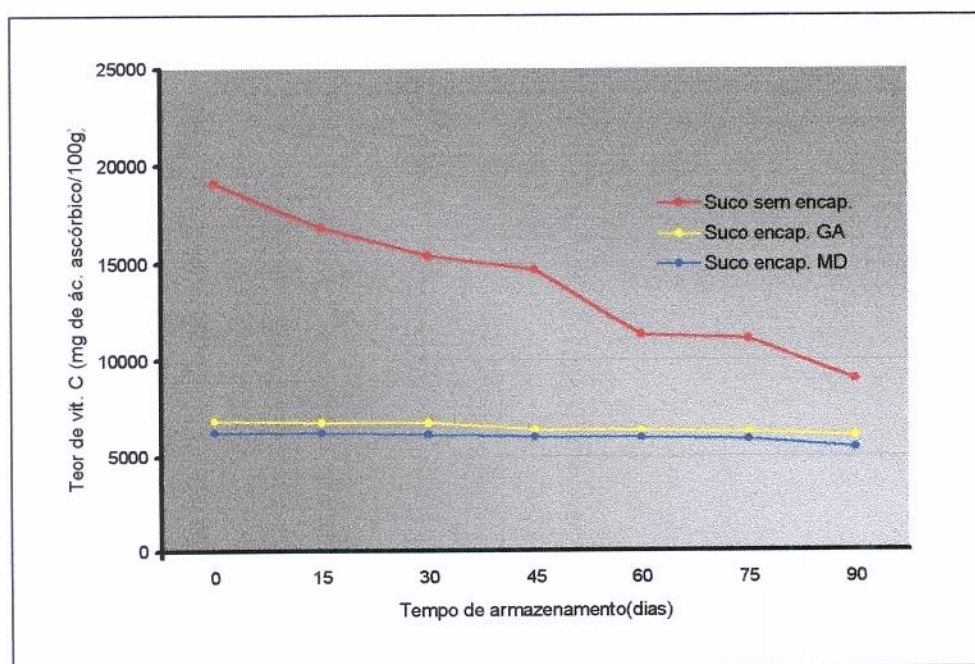


Figura 5.4: Teor de vitamina C das amostras de suco de camu-camu estudadas na temperatura de armazenamento de 35°C.

3.5. COR

Os parâmetros de cor, para o suco de camu-camu encapsulado com maltodextrina, estão mostrados nas Tabelas 5.7 e 5.8 correspondendo, respectivamente, às temperaturas de armazenamento de 25 e 35°C.

Tabela 5.7: Valores^(*) da luminosidade (L^*), das coordenadas de cromaticidade (a^* e b^*) e diferenças em relação ao padrão (tempo zero) para o suco de camu-camu encapsulado com maltodextrina, a 25 °C.

Dias	Parâmetros			
	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
0	$77,71 \pm 0,01$	$16,67 \pm 0,01$	$4,23 \pm 0,01$	
15	$75,83 \pm 1,17$	$18,84 \pm 0,33$	$5,13 \pm 0,28$	$3,01 \pm 0,72$
30	$75,19 \pm 0,07$	$12,21 \pm 0,14$	$5,59 \pm 0,10$	$5,34 \pm 0,81$
45	$74,83 \pm 0,02$	$18,37 \pm 0,75$	$5,60 \pm 0,11$	$3,61 \pm 0,59$
60	$76,57 \pm 0,36$	$16,16 \pm 0,16$	$4,68 \pm 0,33$	$1,33 \pm 0,68$
75	$74,39 \pm 0,65$	$18,60 \pm 1,62$	$5,88 \pm 0,07$	$4,18 \pm 0,93$
90	$75,47 \pm 0,48$	$16,00 \pm 0,73$	$6,16 \pm 0,60$	$3,03 \pm 0,71$

(*) valores médios de três repetições

Os valores da luminosidade e dos parâmetros a^* e b^* ficaram praticamente constantes ao longo do período de armazenamento. O valor de b^* sofreu uma variação maior que o de a^* , mostrando que este parâmetro parece ser menos estável que o a^* .

Os valores de ΔE^* situaram-se em aproximadamente 3, mostrando pequena variação entre si.

O valor da luminosidade, L^* , do mesmo modo que o mesmo suco armazenado a 25°C, ficou aproximadamente constante. Já o valor do parâmetro a^* apresentou uma queda desde o 15º dia de armazenamento, o que se intensificou no decorrer deste estudo. O valor do parâmetro b^* aumentou durante o armazenamento, até quintuplicar em relação ao valor inicial, ficando a amostra bastante amarela.

Tabela 5.8: Valores^(*) da luminosidade (L^*), das coordenadas de cromaticidade (a^* e b^*) e diferenças em relação ao padrão (tempo zero) para o suco de camu-camu encapsulado com maltodextrina, a 35°C.

Dias	Parâmetros			
	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
0	$77,71 \pm 0,01$	$16,67 \pm 0,01$	$4,23 \pm 0,01$	
15	$79,19 \pm 0,07$	$12,21 \pm 0,06$	$8,49 \pm 0,07$	$6,35 \pm 0,92$
30	$79,52 \pm 0,15$	$7,27 \pm 0,25$	$16,66 \pm 0,44$	$15,69 \pm 1,79$
45	$79,57 \pm 0,12$	$7,00 \pm 0,28$	$16,38 \pm 0,16$	$15,64 \pm 1,40$
60	$79,05 \pm 0,03$	$6,77 \pm 0,12$	$18,87 \pm 0,15$	$17,72 \pm 1,49$
75	$77,22 \pm 0,18$	$6,67 \pm 0,68$	$19,10 \pm 0,10$	$17,93 \pm 1,98$
90	$77,07 \pm 0,02$	$6,25 \pm 0,20$	$19,91 \pm 0,68$	$18,833 \pm 0,73$

(*) valores médios de três repetições

Nas Tabelas 5.9 e 5.10, são encontrados os parâmetros de cor para as amostras de suco encapsulado com goma arábica.

Observando-se a Tabela 5.9, verifica-se que os valores de ΔE^* foram bem inferiores aos vistos para a amostra de maltodextrina, na mesma temperatura. O valor de b^* pareceu ser mais estável que o de a^* . O valor da luminosidade também se manteve quase constante.

O aumento do valor de b^* foi mais acentuado do que os valores deste parâmetro na temperatura mais baixa, para o mesmo suco.

Os valores de ΔE^* , embora tenham sido maiores do que na temperatura de 25°C, foram inferiores às do suco encapsulado com maltodextrina.

Tabela 5.9: Valores^(*) da luminosidade (L^*), das coordenadas de cromaticidade (a^* e b^*) e diferenças em relação ao padrão (tempo zero) para o suco de camu-camu encapsulado com goma arábica, a 25°C.

Parâmetros				
Dias	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
0	$75,79 \pm 0,01$	$16,28 \pm 0,01$	$7,92 \pm 0,01$	
15	$75,37 \pm 0,32$	$16,20 \pm 0,05$	$7,99 \pm 0,04$	$0,43 \pm 0,01$
30	$75,56 \pm 0,48$	$15,20 \pm 0,04$	$8,89 \pm 0,12$	$1,47 \pm 0,01$
45	$75,84 \pm 0,17$	$15,63 \pm 0,09$	$8,25 \pm 0,06$	$0,73 \pm 0,02$
60	$76,69 \pm 0,46$	$15,03 \pm 0,48$	$8,05 \pm 0,34$	$1,54 \pm 0,01$
75	$77,04 \pm 0,80$	$13,79 \pm 2,21$	$8,80 \pm 0,07$	$2,92 \pm 0,01$
90	$77,74 \pm 0,14$	$13,84 \pm 0,16$	$8,23 \pm 0,13$	$3,14 \pm 0,01$

(*) valores médios de três repetições

Tabela 5.10: Valores^(*) da luminosidade (L^*), das coordenadas de cromaticidade (a^* e b^*) e diferenças em relação ao padrão (tempo zero) para o suco de camu-camu encapsulado com goma arábica, a 35°C.

Parâmetros				
Dias	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
0	$75,79 \pm 0,01$	$16,28 \pm 0,01$	$7,92 \pm 0,01$	
15	$74,49 \pm 0,17$	$16,48 \pm 0,04$	$8,83 \pm 0,01$	$1,60 \pm 0,01$
30	$75,21 \pm 0,04$	$15,90 \pm 0,10$	$9,69 \pm 0,08$	$1,90 \pm 0,02$
45	$76,20 \pm 0,57$	$13,97 \pm 0,78$	$10,97 \pm 0,49$	$3,85 \pm 0,02$
60	$77,30 \pm 0,90$	$12,51 \pm 0,98$	$9,99 \pm 0,33$	$4,23 \pm 0,03$
75	$78,15 \pm 0,26$	$10,53 \pm 0,85$	$13,59 \pm 0,85$	$8,41 \pm 0,05$
90	$76,71 \pm 0,57$	$12,03 \pm 1,38$	$14,10 \pm 2,20$	$7,56 \pm 0,03$

(*) valores médios de três repetições

Nas Tabelas 5.11 e 5.12 mostram-se os parâmetros de cor para a amostra de suco desidratado sem encapsulante.

Pode ser observado que as amostras sem encapsulante apresentaram as maiores degradações de pigmentos, entre as amostras estudadas.

As amostras de suco desidratado sem encapsulante apresentaram um comportamento semelhante às duas outras amostras estudadas, com relação ao efeito da temperatura. Na temperatura mais baixa houve maior preservação do pigmento vermelho. Entretanto, quantitativamente, as variações observadas foram muito superiores.

O parâmetro b^* apresentou grande instabilidade no produto não encapsulado.

Tabela 5.11: Valores^(*) da luminosidade (L^*), das coordenadas de cromaticidade (a^* e b^*) e diferenças em relação ao padrão (tempo zero) para o suco de camu-camu desidratado sem encapsulante, a 25°C.

Parâmetros				
Dias	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
0	57,34 $\pm$ 0,02	15,75 $\pm$ 0,02	36,41 $\pm$ 0,01	
15	68,02 $\pm$ 0,15	14,09 $\pm$ 0,39	28,91 $\pm$ 0,87	13,16 $\pm$ 0,70
30	66,09 $\pm$ 5,16	12,03 $\pm$ 1,35	31,69 $\pm$ 0,10	10,62 $\pm$ 4,62
45	64,45 $\pm$ 8,69	13,85 $\pm$ 0,87	29,65 $\pm$ 1,54	9,99 $\pm$ 3,26
60	60,61 $\pm$ 1,13	15,01 $\pm$ 1,81	38,05 $\pm$ 2,73	3,73 $\pm$ 0,11
75	52,97 $\pm$ 2,20	17,43 $\pm$ 2,10	37,61 $\pm$ 0,21	4,83 $\pm$ 0,21
90	49,27 $\pm$ 0,80	15,01 $\pm$ 1,79	31,55 $\pm$ 0,30	9,45 $\pm$ 0,32

(*) valores médios de três repetições

Tabela 5.12: Valores^(*) da luminosidade (L^*), das coordenadas de cromaticidade (a^* e b^*) e diferenças em relação ao padrão (tempo zero) para o suco de camu-camu desidratado sem encapsulante, a 35°C.

Parâmetros				
Dias	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
0	57,34 $\pm$ 0,02	15,75 $\pm$ 0,02	36,41 $\pm$ 0,01	
15	54,90 $\pm$ 3,59	14,30 $\pm$ 0,22	30,79 $\pm$ 2,62	6,30 $\pm$ 3,40
30	45,55 $\pm$ 2,94	14,28 $\pm$ 0,06	25,87 $\pm$ 1,69	15,88 $\pm$ 3,34
45	43,83 $\pm$ 2,51	13,91 $\pm$ 0,06	23,59 $\pm$ 1,99	18,72 $\pm$ 3,18
60	42,33 $\pm$ 1,29	14,78 $\pm$ 0,80	26,46 $\pm$ 0,07	18,03 $\pm$ 1,12
75	28,43 $\pm$ 6,58	10,73 $\pm$ 1,66	18,01 $\pm$ 5,55	34,63 $\pm$ 2,20
90	33,63 $\pm$ 7,23	11,92 $\pm$ 0,70	19,08 $\pm$ 2,13	29,62 $\pm$ 1,40

(*) valores médios de três repetições

Observa-se que, quando as amostras foram armazenadas na temperatura de 25°C, a tonalidade vermelha não sofreu uma alteração muito grande. Para as amostras armazenadas a 35°C, houve degradação dos pigmentos de cor, o que demonstra o efeito da temperatura de armazenamento na estabilidade dos pigmentos.

Isto também está ilustrado na Figura 5.5 que mostra a fotografia feita das 3 amostras, no início e ao final do tempo de armazenamento, nas duas temperaturas estudadas. A fotografia permite perceber claramente que as amostras armazenadas na temperatura mais baixa (25°C) mantiveram, praticamente, a mesma cor apresentada pelo produto no início do estudo de vida-de-prateleira. O mesmo não foi observado quando as amostras foram armazenadas na temperatura mais elevada.

É de relevância, também, que se observe que as amostras de suco encapsulado com maltodextrina e goma arábica apresentam comportamentos diferentes. Observa-se que a amostra de suco encapsulado com maltodextrina, apesar de inicialmente apresentar uma coloração rósea mais intensa do que a amostra de goma arábica, com o decorrer do tempo a degradação dos pigmentos de cor se dá de forma mais acentuada. Ao final do tempo de armazenamento, a amostra encapsulada com maltodextrina apresentou de coloração amarelada; na amostra de suco encapsulado com goma arábica, apesar de ter mostrado degradação da cor, esta foi muito menos acentuada; isto pode ser um indicativo de uma maior eficiência deste último na manutenção da cor inicial (menor degradação dos pigmentos).

Trabalhando com suco de cereja ácida, Cemeroglu *et al.* (1994) verificaram que as antocianinas foram mais degradadas, em função da temperatura, no suco mais concentrado. Verificaram, também, que na temperatura de 20°C, a meia-vida da cor do suco situou-se em cerca de 38 dias; e na temperatura de 37°C, caiu para 11 dias.

Silva (1999) detectou que a taxa de degradação da cor de polpa de acerola, armazenada em várias temperaturas relaciona-se com a degradação das antocianinas e quando o produto é armazenado à temperatura ambiente, a taxa de degradação é bem superior, em relação ao armazenamento em baixas temperaturas.

Segundo Markakis (1982) e Mazza e Brouillard (1987), entre os fatores que influenciam na degradação das antocianinas, está a oxidação do ácido ascórbico e seus produtos de oxidação, como o hidroximetilfurfural.

Tabela 5.12: Valores^(*) da luminosidade (L^*), das coordenadas de cromaticidade (a^* e b^*) e diferenças em relação ao padrão (tempo zero) para o suco de camu-camu desidratado sem encapsulante, a 35°C.

Dias	Parâmetros			
	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
0	57,34 $\pm$ 0,02	15,75 $\pm$ 0,02	36,41 $\pm$ 0,01	
15	54,90 $\pm$ 3,59	14,30 $\pm$ 0,22	30,79 $\pm$ 2,62	6,30 $\pm$ 3,40
30	45,55 $\pm$ 2,94	14,28 $\pm$ 0,06	25,87 $\pm$ 1,69	15,88 $\pm$ 3,34
45	43,83 $\pm$ 2,51	13,91 $\pm$ 0,06	23,59 $\pm$ 1,99	18,72 $\pm$ 3,18
60	42,33 $\pm$ 1,29	14,78 $\pm$ 0,80	26,46 $\pm$ 0,07	18,03 $\pm$ 1,12
75	28,43 $\pm$ 6,58	10,73 $\pm$ 1,66	18,01 $\pm$ 5,55	34,63 $\pm$ 2,20
90	33,63 $\pm$ 7,23	11,92 $\pm$ 0,70	19,08 $\pm$ 2,13	29,62 $\pm$ 1,40

(*) valores médios de três repetições

Observa-se que, quando as amostras foram armazenadas na temperatura de 25°C, a tonalidade vermelha não sofreu uma alteração muito grande. Para as amostras armazenadas a 35°C, houve degradação dos pigmentos de cor, o que demonstra o efeito da temperatura de armazenamento na estabilidade dos pigmentos.

Isto também está ilustrado na Figura 5.5 que mostra a fotografia feita das 3 amostras, no início e ao final do tempo de armazenamento, nas duas temperaturas estudadas. A fotografia permite perceber claramente que as amostras armazenadas na temperatura mais baixa (25°C) mantiveram, praticamente, a mesma cor apresentada pelo produto no início do estudo de vida-de-prateleira. O mesmo não foi observado quando as amostras foram armazenadas na temperatura mais elevada.

É de relevância, também, que se observe que as amostras de suco encapsulado com maltodextrina e goma arábica apresentam comportamentos diferentes. Observa-se que a amostra de suco encapsulado com maltodextrina, apesar de inicialmente apresentar uma coloração rósea mais intensa do que a amostra de goma arábica, com o decorrer do tempo a degradação dos pigmentos de cor se dá de forma mais acentuada. Ao final do tempo de armazenamento, a amostra encapsulada com maltodextrina apresentou de coloração amarelada; na amostra de suco encapsulado com goma arábica, apesar de ter mostrado degradação da cor, esta foi muito menos acentuada; isto pode ser um indicativo de uma maior eficiência deste último na manutenção da cor inicial (menor degradação dos pigmentos).

Trabalhando com suco de cereja ácida, Cemeroglu *et al.* (1994) verificaram que as antocianinas foram mais degradadas, em função da temperatura, no suco mais concentrado. Verificaram, também, que na temperatura de 20°C, a meia-vida da cor do suco situou-se em cerca de 38 dias; e na temperatura de 37°C, caiu para 11 dias.

Silva (1999) detectou que a taxa de degradação da cor de polpa de acerola, armazenada em várias temperaturas relaciona-se com a degradação das antocianinas e quando o produto é armazenado à temperatura ambiente, a taxa de degradação é bem superior, em relação ao armazenamento em baixas temperaturas.

Segundo Markakis (1982) e Mazza e Brouillard (1987), entre os fatores que influenciam na degradação das antocianinas, está a oxidação do ácido ascórbico e seus produtos de oxidação, como o hidroximetilfurfural.

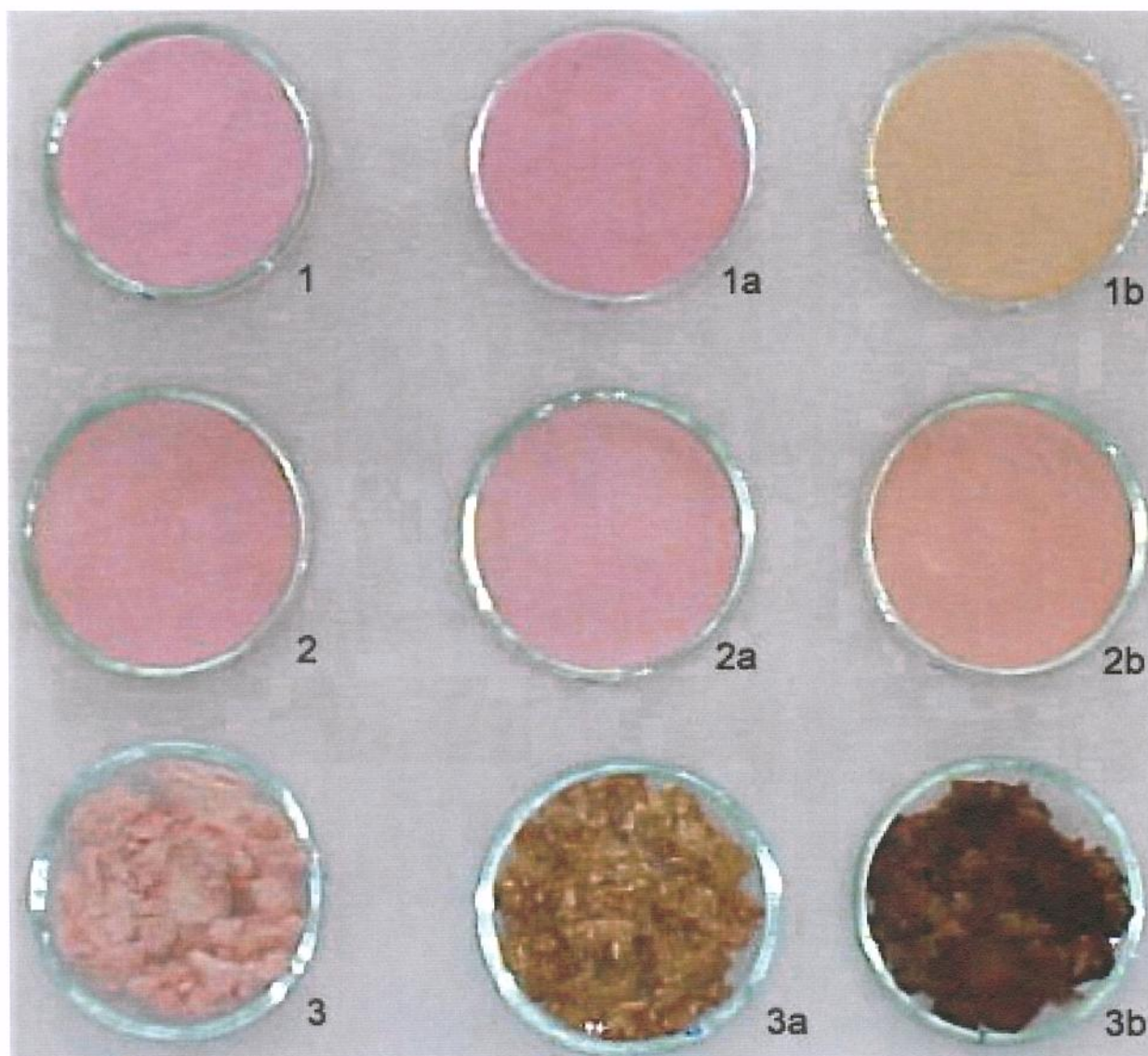


Figura 5.5: Fotografia das amostras de suco de camu-camu em pó estudadas.

1. Suco de camu-camu microencapsulado com maltodextrina no tempo zero;
- 1A. Suco de camu-camu microencapsulado com maltodextrina após 90 dias a 25°C;
- 1B. Suco de camu-camu microencapsulado com maltodextrina após 90 dias a 35°C;
2. Suco de camu-camu microencapsulado com goma arábica no tempo zero;
- 2A. Suco de camu-camu microencapsulado com goma arábica após 90 dias a 25°C;
- 2B. Suco de camu-camu microencapsulado com goma arábica após 90 dias a 35°C;
3. Suco de camu-camu sem encapsulante no tempo zero;
- 3A. Suco de camu-camu sem encapsulante após 90 dias a 25°C;
- 3B. Suco de camu-camu sem encapsulante após 90 dias a 35°C.

Para a acerola, segundo Chan e Yamamoto (1994) e Conceição (1997), a grande instabilidade dos pigmentos se deve à elevada concentração de vitamina C. Levando em consideração que o uso de encapsulantes exerça ação de proteger o ácido ascórbico da oxidação, o suco de camu-camu encapsulado pode ter sofrido menor degradação dos seus pigmentos, devido a essa proteção do material de parede.

3.6. AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Apesar de não ter sido monitorada ao longo do tempo de armazenamento, a avaliação microbiológica dos sucos de camu-camu microencapsulados foi realizada apenas para verificar se esses produtos atendenderiam aos padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação brasileira.

A Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde publicou os padrões, citados anteriormente, através da Portaria de nº 451 de 19 de setembro de 1997. Esses padrões foram compatibilizados com regulamentos harmonizados no Mercosul que, por sua vez, usa como referências os documentos do Codex Alimentarius e da I.C.M.S.F (Comissão Internacional para Especificações Microbiológicas de Alimentos).

Para sucos desidratados a legislação estabelece os seguintes padrões (BRASIL, 1997):

Salmonelas	ausência em 25 g
Coliformes fecais	10 NPM (no máximo)/g
Bolores e leveduras	10 ³ UFC (no máximo)/g

Os resultados das análises efetuadas ao final do tempo de armazenagem nas amostras de suco de camu-camu encapsulado com maltodextrina e goma arábica, nas duas temperaturas estudadas, estão expressos na Tabela 5.13 a seguir.

Tabela 5.13: Avaliação microbiológica das amostras de suco de camu-camu encapsulado com MD e GA, a 25 e 35°C.

Amostras	Temperatura (°C)	Salmonelas (em 25 g)	Coliformes fecais (NMP/g)*	Bolores e Leveduras (UFC/g)
Suco encaps. MD	25	ausência	< 2,2	<10
Suco encaps. GA	25	ausência	< 2,2	<10
Suco encaps. MD	35	ausência	< 2,2	50
Suco encaps. GA	35	ausência	< 2,2	<10

Pode-se observar que os produtos atenderam aos padrões microbiológicos estabelecidos na legislação nacional vigente.

4. CONCLUSÕES

- A estimativa de vida-de-prateleira, na embalagem escolhida, correspondeu a 347 e 64 dias, respectivamente, para os produtos encapsulados, e para o liofilizado sem encapsulante;
- Os sucos de camu-camu encapsulados apresentaram estabilidade superior à do produto que foi desidratado sem encapsulante, tomado como referência;
- A goma arábica mostrou ser um encapsulante mais eficiente do que a maltodextrina na manutenção da estabilidade dos produtos, com relação à retenção de vitamina C, manutenção da cor e atividade de água;
- Na temperatura de 25°C, a embalagem utilizada ofereceu barreira bastante eficiente na proteção contra adsorção de umidade, retenção de vitamina C e degradação de pigmentos;
- A temperatura de armazenamento de 35°C se mostrou abusiva para a estabilidade do suco de camu-camu microencapsulado, principalmente com relação à maltodextrina.
- A microencapsulação do suco de camu-camu pode estar protegendo seus pigmentos contra a degradação que seria consequência da ação de produtos oxidados derivados do ácido ascórbico.
- Os produtos estudados obedeceram aos padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação brasileira para sucos desidratados, ao final do tempo de armazenamento de 90 dias.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AOAC. (Association of Official Analytical Chemists). **Official methods of analysis** ; edited by Sidney Williams. 14^oed. Arlington, 1984 . 1141p.
2. ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **Annual Book of ASTM** (Standards test methods for water vapor permeability, designations D 895-94, D 1804-63, 3028-72 and D 1251-94), Philadelphia: ASTM, v.15, n. 9, p. 117-8, p. 201-2, 1997.
3. BENASSI, M.T. **Análise dos efeitos dos diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados**. Campinas, 1990 150p. Tese (Mestrado). Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP.
4. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 451, 11/09/1997. **Diário Oficial**, Brasília, Secretaria de Vigilância Sanitária, 22 de setembro de 1997 (Anexo 1).
5. CABRAL, A.C.D.; ALVIM,D.D. Alimentos desidratados: conceitos básicos para sua embalagem e conservação. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimento** (ITAL), Campinas, v.18, n.1, p.1-65, jan./mar, 1981.
6. CEMEROGLU, B.; VELIOGLU,S.; ISIK, S. Degradation kinetics of anthocianins in sour cherry juice and concentrate. **Journal of Food Science**, v.56, n.6, p.1216-18, 1994.
7. CHAN, H.T.; YAMAMOTO, H.Y. Kinetics of anthocyanin decomposition in acerola juice. **ASEAN Food Journal**, v.9, n.4, p. 132-5, 1994.

8. CONCEIÇÃO, M.P.J. **Cinética da degradação térmica de antocianinas em suco de acerola (*Malpighia glabra* L.)**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Dissertação (Mestrado), 1997.
9. FIGUEIRÊDO, R.M.F. **Caracterização físico-química do suco e pó de acerola (*Malpighia punicifolia*, L.)**. Campinas, 1998. 104p. Tese (Doutorado) Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP.
10. LABUZA, T.P. **Shelf-life dating of foods**. Food & Nutrition Press, Westport, 500p. 1982.
11. LEITÃO, M.F. F. Atividade de água e alterações microbilógicas dos alimentos. In: **Curso sobre Atividade de água nos Alimentos**. ITAL, Campinas, p. 7-1 – 7-20, 1997.
12. MARKAKIS, P. **Stability of anthocyanins in foods**. In: MARKAKIS, P. Anthocyanins as Food Colors, p. 163, 1982.
13. MAZZA, G.; BROUILLARD, R. Recent developments in the stabilization of anthocyanins in food products. **Food Chemistry**, v.25, p.207, 1987.
14. RIBEIRO, M.S. **Caracterização da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) obtida por atomização**. Rio de Janeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 77p. Dissertação (Mestrado), 1999.
15. SILVA, M.F.V. **Efeito de diferentes tratamentos e embalagens nas características da polpa e na determinação dos teores de ácido ascórbico e das antocianinas durante o armazenamento**. Campinas,

1999. 224 p. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP.
16. SINGH, R.P. **Scientific principles of shelf-life evaluation**. In: MAN, C.M.D. and JONES, A.A. Shelf-life evaluation of Foods, Blackie Academic & Professional, London, p.3-26, 1996.
17. VANDERSANT, C.; SPLITSTOESSER, F.D. **Compendium of methods for the microbiological examination**. Washington: American Public Health Association (APHA) – Technical Committee on Microbiological Methods for Foods. 3ed., 1992, 1219 p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante este estudo, conseguiu-se chegar a resultados bastante satisfatórios com relação à otimização dos processos de extração e microencapsulação do suco de camu-camu e avaliação de sua estabilidade durante 90 dias de estocagem. Esses resultados vêm enriquecer a literatura que carece de mais informações sobre o aproveitamento tecnológico desse fruto.

No decorrer da pesquisa e a partir dos resultados obtidos algumas sugestões puderam ser levantadas, de modo a dar continuidade a este estudo:

- estudar o efeito da microencapsulação e de diferentes encapsulantes (e/ou misturas desses) na retenção de aromas do fruto;
- avaliar o enriquecimento de produtos como iogurtes, sucos, geléias, etc., feitos a partir de frutos com baixos teores de vitamina C, com o suco de camu-camu microencapsulado, e
- avaliar a estabilidade do suco de camu-camu microencapsulado por um período de estocagem superior e sob diferentes condições de temperatura e umidade, durante o armazenamento.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

ANEXO 1

FICHA DO TESTE ORDENAÇÃO - PREFERÊNCIA

Nome: _____ Data: _____

Avalie da esquerda para direita cada uma das amostras codificadas de suco de camu-camu e coloque-as em ordem de preferência.

+ preferida

- preferida

Comentários:.....

.....

FICHA DO TESTE PAREADO - PREFERÊNCIA

Nome: _____ Data: _____

Prove, da esquerda para direita as duas amostras codificadas de suco de camu-camu e faça um círculo na amostra de sua preferência.

Comentários:.....

ANEXO 1

FICHA DO TESTE DE ACEITAÇÃO E INTENÇÃO DE COMPRA

Nome: _____ Data: _____

1. Você está recebendo seis amostras de suco de camu-camu. Por favor, prove-as, da esquerda para a direita e indique, utilizando a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou de cada uma das amostras.

- 9 - Gostei muitíssimo
- 8 - Gostei muito
- 7 - Gostei moderadamente
- 6 - Gostei ligeiramente
- 5 - Não gostei nem desgostei
- 4 - Desgostei ligeiramente
- 3 - Desgostei moderadamente
- 2 - Desgostei muito
- 1 - Desgostei extremamente

Amostra	Nota	Amostra	Nota	Amostra	Nota
568	_____	337	_____	128	_____
754	_____	247	_____	915	_____

2. Descreva, por favor, o que você mais gostou e menos gostou em cada amostra

Amostra	Mais gostei	Menos gostei
568	_____	_____
337	_____	_____
128	_____	_____
754	_____	_____
247	_____	_____
915	_____	_____

3. Utilizando a escala abaixo, verifique, por favor, qual seria a sua atitude de compra frente a cada uma das amostras que você avaliou.

- (5) Certamente compraria
- (4) Provavelmente compraria
- (3) Tenho dúvidas se compraria ou não
- (2) Provavelmente não compraria
- (1) Certamente não compraria

Amostra	Amostra	Amostra
568 ()	337 ()	128 ()
754 ()	247 ()	915 ()

Comentários: