



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

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por **Maria Luzenira de Souza**, aprovada pela Comissão Julgadora em 25 de fevereiro de 2003.

**TESE DE DOUTORADO**

Campinas, 25 de fevereiro de 2003.

  
Profa. Dra. Hilary Castle de  
Menezes

Presidente da Banca

**PROCESSAMENTO DE CEREAIS MATINAIS EXTRUSADOS DE  
CASTANHA-DO-BRASIL COM MANDIOCA**

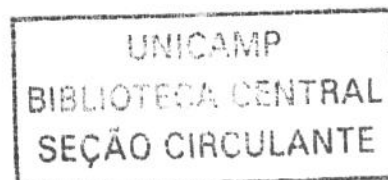
**MARIA LUZENIRA DE SOUZA**  
*Engenheira Agrônoma*

**PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. 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 Doutora em Tecnologia de Alimentos

Campinas - SP  
2003

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL



|                            |                                       |
|----------------------------|---------------------------------------|
| UNIDADE                    | Be                                    |
| Nº CHAMADA                 | UNICAMP                               |
|                            | So89p                                 |
| V                          | EX                                    |
| TOMBO BC                   | 53558                                 |
| PROC.                      | 124103                                |
| C <input type="checkbox"/> | D <input checked="" type="checkbox"/> |
| PREÇO                      | R\$11,00                              |
| DATA                       | 01/05/03                              |
| Nº CPD                     |                                       |



CM00182257-6

BIB ID 289756

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

So89p Souza, Maria Luzenira de  
Processamento de cereais matinais extrusados de  
castanha-do-brasil com mandioca / Maria Luzenira de  
Souza. – Campinas, SP: [s.n.], 2003.

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

1.Castanha-do-brasil. 2.Mandioca. 3.Extrusão -  
Processo. 4.Processamento. I.Menezes, Hilary Castle de.  
II.Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de  
Engenharia de Alimentos. III.Título.



**Maria Luzenira de Souza**

**PROCESSAMENTO DE CEREAIS MATINAIS EXTRUSADOS DE  
CASTANHA-DO-BRASIL COM MANDIOCA**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da  
Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos  
necessários para a obtenção do título de Doutora em Tecnologia de  
Alimentos

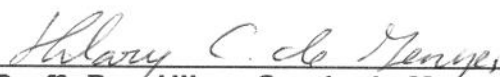
**ORIENTADORA:** Prof<sup>ª</sup>. Dra. Hilary Castle de Menezes.

Campinas

2003

2002/5843

## BANCA EXAMINADORA



**Prof<sup>a</sup>. Dra. Hilary Castle de Menezes**

Universidade Estadual de Campinas - FEA/UNICAMP

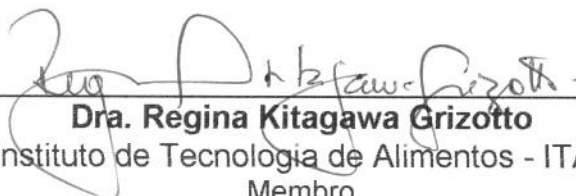
Orientadora



**Prof<sup>a</sup> Dra. Cristina Maria Araújo Dib Tax**

Universidade Federal do Pará - UFPA

Membro



**Dra. Regina Kitagawa Grizotto**

Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL

Membro



**Dra. Jane Menegaldo Snow**

Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL

Membro



**Prof<sup>a</sup> Dra. Fernanda Paula Collares**

Universidade Estadual de Campinas - FEA/UNICAMP

Membro

**Dr. Amauri Rosenthal**

Embrapa Agroindústria de Alimentos - CTAA

Membro

**Prof. Dr. Antonio Marsaioli Júnior**

Universidade Estadual de Campinas - FEA/UNICAMP

Membro

Campinas, fevereiro de 2003.

Ao meu Deus,  
por mais uma vitória, ao meu  
marido Wagner e aos meus  
filhos Thamyres, Thayse,  
Eduardo e Thalita.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a DEUS por estar aqui e aos meus pais Pergentino e Maria Odete pela vida, carinho e amor.

Ao meu marido Wagner, pelo incentivo e ajuda em todos os momentos de nossa convivência, proporcionando amor, carinho, compreensão e paciência na realização deste trabalho.

À minha Orientadora, Profª Drª. Hilary Castle de Menezes, pela amizade, orientação, apoio, confiança em mim depositada para realizar este trabalho.

Aos meus filhos, Eduardo, Thayse, Thalita e Thamyres que participaram e me apoiaram durante o desempenho deste trabalho. Em especial a minha caçula Thamyres Maria de Souza, a quem devo com toda gratidão, amor, admiração e carinho o trabalho de formatação do texto, tabelas, gráficos, figuras e slides desta tese e ao meu filho Eduardo que era sempre requisitado para nos socorrer, quando os arquivos davam *pane* e prontamente nos auxiliava, minha grande admiração, carinho e afeto.

À Camila Ricca, por ter convivido conosco durante a fase final deste trabalho.

À Universidade Federal do Acre, pela oportunidade de cursar o doutorado na Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP.

Ao CNPq pela concessão de bolsa de estudo.

À FAPESP pela ajuda financeira ao projeto de auxílio à pesquisa.

À Cooperativa Agro-Extrativista de Xapuri, por disponibilizar a Usina de Beneficiamento de castanha-do-brasil para eu realizar os experimentos iniciais deste projeto de tese.

Aos professores Doutores da FEA/UNICAMP: Horácio, Mariza Jackix, Carlos dos Anjos, Walquíria, Mauro Faber, Bento, Pedro Felício, Salvador, Ahmed,

Assis, Maria Izabel (Bel), Fernanda, Cida, Moretti, Marsaioli, Arnaldo, Yoon, pelos ensinamentos e amizade.

Ao ITAL pela disponibilidade de suas instalações para execução de parte dos experimentos deste trabalho, em especial a Ercília, Dra. Jane Snow, Ana Maria Rauan, Dra. Vera Baldrini e ao Dr. Marcelo Morgano, pelo apoio e amizade.

Aos professores membros da banca examinadora, pelas correções e sugestões no boneco desta tese.

Aos amigos da academia da UNICAMP: Ana Koon, Priscilla, Carol, Bete, Alice, Ana Lourdes, Marlene, Jaime, Sr. Nilo, Sr. Adauto, Daniel Atalla, Creusa, Geraldo, Marcus Arthur, Tina, Izabela, Alessandra, Rosane, Fernanda, Flávio, Paulo, Leila, Laura, Jorge, Marinalda, Rafaella, Adriana, Calixto, Cristiane, Fernando, Ana Flávia, Ana Vânia, Karina, Luciane, Gabi, Patrícia, Selma, Elisangela, Gisele, Dani, Rodrigo, Clarissa, Darlila, Amanda, Míriam, Kleder, Mário, Fábio, Pedro, Ivan, Leonel, Leonardo, Rosa Helena, Fátima, Antonio Sales e aos alunos de iniciação científica Marcelo e Mariana (que participaram de experimentos preliminares deste projeto), pela amizade, convivência e ajudas prestadas.

Aos meus irmãos Lúcia, Xavier, Pergentino Jr., Raimundo José, Carlos Antonio, Pedro Gilson, Izabel e Lidiana pelo amor e carinho.

À minha sogra D. Cacilda e a Jorge Luiz e Waldenira pelo incentivo e apoio.

À Elizângela que estava sempre disponível a cuidar de todos os afazeres em casa quando eu estava atarefada na realização deste trabalho.

A todos que de alguma forma me ajudaram, contribuindo para a concretização desse trabalho.

E novamente a Deus, por ter criado esse mundo repleto de maravilhas a serem exploradas, e pela oportunidade, luz e coragem que me proporcionou a realização e conclusão do doutorado.

## ÍNDICE GERAL

|                                                                                                                                                       |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                                                                                                                | xiii   |
| ÍNDICE DE TABELAS.....                                                                                                                                | xvi    |
| ÍNDICE DE ANEXOS.....                                                                                                                                 | xviii  |
| RESUMO.....                                                                                                                                           | xxi    |
| SUMMARY.....                                                                                                                                          | xxiii  |
| <br>INTRODUÇÃO.....                                                                                                                                   | <br>1  |
| <br>CAPÍTULO 1. - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....                                                                                                          | <br>3  |
| 1.1. CASTANHA-DO-BRASIL.....                                                                                                                          | 3      |
| 1.1.1. Considerações gerais.....                                                                                                                      | 3      |
| 1.1.2. Aspectos agronômicos.....                                                                                                                      | 5      |
| 1.1.3. Valor nutritivo.....                                                                                                                           | 8      |
| 1.2. MANDIOCA.....                                                                                                                                    | 14     |
| 1.2.1. Considerações gerais.....                                                                                                                      | 14     |
| 1.2.2. Características agronômicas.....                                                                                                               | 15     |
| 1.2.3. Utilidades da mandioca.....                                                                                                                    | 17     |
| 1.3. PROCESSO DE EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA.....                                                                                                          | 22     |
| 1.3.1. Definição e aplicação tecnológica.....                                                                                                         | 22     |
| 1.3.2. O extrusor e seus componentes básicos.....                                                                                                     | 23     |
| 1.3.3. Vantagens do processo de extrusão.....                                                                                                         | 25     |
| 1.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                                                                                                  | 28     |
| <br>CAPÍTULO 2. - PROCESSAMENTO DE AMÊNDOA E TORTA DE AMÊNDOA DE CASTANHA-<br>DO-BRASIL E FARINHA DE MANDIOCA: ESTUDO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE..... | <br>38 |
| 1. INTRODUÇÃO.....                                                                                                                                    | 38     |
| 2. MATERIAIS E MÉTODOS.....                                                                                                                           | 41     |
| 2.1. Matérias-primas.....                                                                                                                             | 41     |
| 2.2. Processamento de castanha-do-brasil <i>in natura</i> com casca para obtenção de amêndoa e<br>torta.....                                          | 41     |
| 2.2.1. Experimento 1. Processamento de castanha-do-brasil <i>in natura</i> com casca para obtenção de<br>amêndoa.....                                 | 41     |
| 2.2.2. Experimento 2. Processamento de amêndoa de castanha-do-brasil para obtenção de torta<br>de amêndoa.....                                        | 43     |
| 2.2.3. Experimento 3. Processamento de re-extração de óleo de torta de amêndoa de castanha-do-<br>brasil.....                                         | 44     |

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3. Processamento de mandioca <i>in natura</i> para obtenção de farinha.....                                 | 45 |
| 2.3.1. Experimento 4. Processamento de mandioca <i>in natura</i> para obtenção de farinha de<br>mandioca..... | 45 |
| 2.4. Análises realizadas na amêndoa e torta de amêndoa de castanha-do-brasil e na farinha de<br>mandioca..... | 46 |
| 2.4.1. Amêndoa e torta de amêndoa de castanha-do-brasil.....                                                  | 46 |
| 2.4.1.1. Aflatoxina.....                                                                                      | 46 |
| 2.4.1.2. Selênio.....                                                                                         | 46 |
| 2.4.1.3. Composição química.....                                                                              | 46 |
| 2.4.2. Farinha de mandioca.....                                                                               | 48 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                                                                                | 48 |
| 3.1. Análises realizadas na amêndoa e torta de amêndoa de castanha-do-brasil e na farinha de<br>mandioca..... | 48 |
| 4. CONCLUSÕES.....                                                                                            | 57 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                           | 58 |

|                                                                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| CAPÍTULO 3. - ESTUDO DE FORMULAÇÕES E PROCESSAMENTOS POR EXTRUSÃO DE<br>MISTURAS DE TORTA DE AMÊNDOA DE CASTANHA-DO-BRASIL COM MANDIOCA PARA A<br>PRODUÇÃO DE CEREAIS MATINAIS..... | 65 |
| 1. INTRODUÇÃO .....                                                                                                                                                                 | 65 |
| 1.1. A castanha-do-brasil .....                                                                                                                                                     | 65 |
| 1.2. A mandioca .....                                                                                                                                                               | 65 |
| 1.3. Extrusão termoplástica .....                                                                                                                                                   | 66 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS .....                                                                                                                                                         | 67 |
| 2.1. Material .....                                                                                                                                                                 | 67 |
| 2.2. Métodos .....                                                                                                                                                                  | 67 |
| 2.2.1. Experimento 1. Formulação das misturas de torta de amêndoa de castanha-do-brasil e<br>farinha de mandioca .....                                                              | 68 |
| 2.2.2 Experimento 2. Processamento por extrusão das misturas formuladas .....                                                                                                       | 69 |
| 2.2.3. Experimento 3. Análises físico-químicas realizadas .....                                                                                                                     | 71 |
| 2.2.4. Análises estatísticas dos resultados .....                                                                                                                                   | 72 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                                                                                                                     | 74 |
| 3.1. Efeito das variáveis de extrusão na composição das fibras alimentares .....                                                                                                    | 74 |
| 3.2. Efeito das variáveis de extrusão na composição centesimal e valor energético dos cereais<br>matinais extrusados .....                                                          | 82 |
| 3.3. Efeito das variáveis de extrusão sobre as propriedades funcionais dos cereais matinais<br>extrusados.....                                                                      | 91 |
| 4. CONCLUSÕES .....                                                                                                                                                                 | 97 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                                                                                                 | 99 |

|               |     |
|---------------|-----|
| ANEXOS 3..... | 103 |
|---------------|-----|

|                                                                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| CAPÍTULO 4. - EFEITOS DO PROCESSO DE EXTRUSÃO SOBRE A ACEITABILIDADE DE CEREAL MATINAL DE TORTA DE AMÊNDOA DE CASTANHA-DO-BRASIL COM FARINHA DE MANDIOCA ..... | 111 |
| 1. INTRODUÇÃO.....                                                                                                                                             | 111 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS.....                                                                                                                                     | 113 |
| 2.1. Material.....                                                                                                                                             | 113 |
| 2.2. Métodos.....                                                                                                                                              | 113 |
| 2.2.1. Análises sensoriais de aceitação global e intenção de compra dos cereais matinais extrusados.....                                                       | 113 |
| 2.2.2. Análise estatística dos resultados das respostas sensoriais de aceitação global e intenção de compra dos cereais matinais extrusados .....              | 114 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                                                                                                                                 | 115 |
| 4. CONCLUSÕES.....                                                                                                                                             | 124 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                                                                                                             | 124 |
| 6. ANEXOS 4.....                                                                                                                                               | 126 |

|                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| CAPÍTULO 5. - ESTUDO DE ESTABILIDADE DE CEREAIS MATINAIS EXTRUSADOS DE TORTA DE AMÊNDOA DE CASTANHA-DO-BRASIL COM FARINHA DE MANDIOCA..... | 128 |
| 1. INTRODUÇÃO .....                                                                                                                        | 128 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS .....                                                                                                                | 130 |
| 2.1. Materiais .....                                                                                                                       | 130 |
| 2.2. Métodos .....                                                                                                                         | 130 |
| 2.2.1. Processamento por extrusão .....                                                                                                    | 130 |
| 2.2.2. Análises de composição física e físico-químicas .....                                                                               | 131 |
| 2.2.2.1. Umidade .....                                                                                                                     | 131 |
| 2.2.2.2. Proteína .....                                                                                                                    | 131 |
| 2.2.2.3. Lipídios totais.....                                                                                                              | 131 |
| 2.2.2.4. Cinzas.....                                                                                                                       | 131 |
| 2.2.2.5. Fibra Alimentar solúvel, insolúvel e total .....                                                                                  | 131 |
| 2.2.2.6. Carboidratos .....                                                                                                                | 132 |
| 2.2.2.7 Energia metabolizável.....                                                                                                         | 132 |
| 2.2.2.8. Composição em aminoácidos .....                                                                                                   | 132 |
| 2.2.2.9. Triptofano .....                                                                                                                  | 132 |
| 2.2.2.10. Selênio.....                                                                                                                     | 132 |
| 2.2.2.11. pH.....                                                                                                                          | 132 |
| 2.2.2.12. Rancidez.....                                                                                                                    | 133 |
| 2.2.2.13. Escore químico.....                                                                                                              | 133 |



|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| 2.2.3. Análises de propriedades funcionais.....    | 133 |
| 2.2.3.1. Índice de absorção em água (IAA).....     | 133 |
| 2.2.3.2. Índice de solubilidade em água (ISA)..... | 133 |
| 2.2.3.3. Atividade de água (Aw) .....              | 133 |
| 2.2.3.4. Textura.....                              | 134 |
| 2.2.3.5. Densidade.....                            | 134 |
| 2.2.4 Análises estatísticas.....                   | 135 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                    | 135 |
| 4. CONCLUSÕES .....                                | 159 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                | 160 |
| 6. ANEXOS 5 .....                                  | 166 |

**CAPÍTULO 6. - AVALIAÇÃO SENSORIAL DE TRÊS TIPOS DE CEREAIS MATINAIS  
EXTRUSADOS ELABORADOS COM TORTA DE AMÊNDOA DE CASTANHA-DO-BRASIL E  
MANDIOCA.....**

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 1. INTRODUÇÃO.....                 | 175 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS.....         | 177 |
| 2.1. Amostras.....                 | 177 |
| 2.2. Método sensorial.....         | 177 |
| 2.3. Análises estatísticas.....    | 178 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....    | 178 |
| 4. CONCLUSÕES.....                 | 184 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 184 |
| 6. ANEXOS 6.....                   | 187 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 1.1a. - Fruto da castanheira-do-brasil (ouriço).....                                                                                                       | 6  |
| FIGURA 1.1b. - Semente de castanha-do-brasil com casca.....                                                                                                       | 6  |
| FIGURA 1.1c. - Fruto com corte transversal contendo as castanhas.....                                                                                             | 6  |
| FIGURA 1.1d. - Amêndoa de castanha-do-brasil com película marrom e sem película.....                                                                              | 6  |
| FIGURA 1.4. - Extrusor de parafuso único e seus componentes.....                                                                                                  | 24 |
| FIGURA 2.1. - Fluxograma do processamento de castanha-do-brasil <i>in natura</i> com casca para obtenção de amêndoa.....                                          | 42 |
| FIGURA 2.2. - Fluxograma de processamento de amêndoa de castanha-do-brasil para obtenção de torta.....                                                            | 43 |
| FIGURA 2.3. - Fluxograma do processamento de re-extração de óleo de torta de amêndoa de castanha-do-brasil.....                                                   | 44 |
| FIGURA 2.4. - Fluxograma do processamento de mandioca <i>in natura</i> para obtenção de farinha.....                                                              | 47 |
| FIGURA 3.1. - Fluxograma do processamento por extrusão de misturas formuladas a partir de torta de amêndoa de castanha-do-brasil com farinha de mandioca.....     | 71 |
| FIGURA 3.2a. - Superfície de resposta e contorno mostrando a tendência do efeito das variáveis de extrusão na FAS, para temperatura no nível zero (150°C).....    | 77 |
| FIGURA 3.2b. - Superfícies de resposta e contorno mostrando a tendência do efeito das variáveis de extrusão na FAS, para a umidade no nível zero (21%).....       | 77 |
| FIGURA 3.2c. - Superfície de resposta e contorno mostrando a tendência do efeito das variáveis de extrusão na FAS, para a castanha no nível zero (45%).....       | 78 |
| FIGURA 3.3a. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão na FAI, para a temperatura no nível zero (150°C).....               | 79 |
| FIGURA 3.3b. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão na FAI, para a umidade fixa no nível zero (21%).....                | 79 |
| FIGURA 3.3c. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão na FAI, para a castanha no nível zero (45%).....                    | 79 |
| FIGURA 3.4a. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão na FAT, para a temperatura no nível zero (150°C).....               | 80 |
| FIGURA 3.4b. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão na FAT, para a umidade fixa no nível zero (21%).....                | 81 |
| FIGURA 3.4c. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão na FAT, para a castanha fixa no nível zero (45%).....               | 81 |
| FIGURA 3.5a - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre os carboidratos, para a temperatura no nível zero (150°C)..... | 85 |
| FIGURA 3.5b. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre os carboidratos, para a umidade fixa no nível zero (21%)..... | 86 |

|                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| FIGURA 3.5c. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre os carboidratos, para a castanha fixa no nível zero (45%).....     | 86  |
| FIGURA 3.6a. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre as proteínas, para a temperatura fixa no nível zero (150°C).....   | 87  |
| FIGURA 3.6b. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre as proteínas, para a umidade fixa no nível zero (21%).....         | 87  |
| FIGURA 3.6c. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre as proteínas, para a castanha fixa no nível zero (45%).....        | 88  |
| FIGURA 3.7a. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre os lipídios, para a temperatura fixa no nível zero (150°C).....    | 89  |
| FIGURA 3.7b. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre os lipídios, para a umidade fixa no nível zero (21%).....          | 89  |
| FIGURA 3.7c. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre os lipídios, para a castanha fixa no nível zero (45%).....         | 90  |
| FIGURA 3.8a. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre o %ISA, para a temperatura fixa no nível zero (150°C).....         | 96  |
| FIGURA 3.8b. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre %ISA, para a umidade fixa no nível zero (21%).....                 | 96  |
| FIGURA 3.8c. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre o %ISA, para a castanha fixa no nível zero (45%).....              | 97  |
| FIGURA 4.1a. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre a aceitação global, para a temperatura no nível zero (150°C).....  | 119 |
| FIGURA 4.1b. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre a aceitação global, para a umidade no nível zero (21%).....        | 119 |
| FIGURA 4.1c. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre a aceitação global, para a castanha fixa no nível zero (45%).....  | 120 |
| FIGURA 4.2a. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre a intenção de compra, para a temperatura no nível zero (150°)..... | 122 |
| FIGURA 4.2b. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre a intenção de compra, para a umidade no nível zero (21%).....      | 123 |
| FIGURA 4.2c. - Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre a intenção de compra, para a castanha no nível zero (45%).....     | 123 |
| FIGURA 5.1. - Variação do percentual de umidade dos cereais extrusados sabores doce, salgado e natural no período de estocagem de 0 a 6 meses.....                     | 138 |
| FIGURA 5.2. - Variação da AW dos cereais extrusados sabores doce, salgado e natural no período de estocagem de 0 a 6 meses.....                                        | 140 |
| FIGURA 5.3. - Variação do pH dos cereais extrusados sabores doce, salgado e natural no período de estocagem de 0 a 6 meses.....                                        | 141 |

|                                                                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| FIGURA 5.4. - Textura dos cereais extrusados doce, natural e salgado durante os tempos de 0 a 6 meses de armazenagem.....                                                 | 144 |
| FIGURA 5.5. - Proteína do cereal matinal sabor natural extrusado durante a vida de prateleira de 0 a 6 meses.....                                                         | 145 |
| FIGURA 5.6. - Percentual de cinza (resíduo mineral fixo) do cereal matinal sabor natural extrusado durante o estudo de vida de prateleira de 0 a 6 meses.....             | 146 |
| FIGURA 5.7. - Percentual de lipídeos do cereal matinal sabor natural extrusado durante a vida de prateleira de 0 a 6 meses .....                                          | 148 |
| FIGURA 5.8. - Índice de absorção em água (IAA) do cereal matinal sabor natural extrusado durante a vida de prateleira de 0 a 6 meses .....                                | 149 |
| FIGURA 5.9. - Índice de solubilidade em água (ISA) do cereal matinal sabor natural extrusado durante a vida de prateleira de 0 a 6 meses.....                             | 151 |
| FIGURA 5.10. - Gráfico ilustrando os resultados de carboidratos e kcal durante a estocagem do cereal matinal sabor natural extrusado .....                                | 152 |
| FIGURA 5.11. - Representação gráfica do comportamento das FDT, FI e FS do cereal matinal natural extrusado durante a armazenagem de 6 meses.....                          | 153 |
| FIGURA 5.12. - Cereais matinais de torta de amêndoa de castanha-do-brasil com farinha de mandioca processados por extrusão. a) Natural; b) Doce; c) Salgado .....         | 155 |
| FIGURA 6.1. - Aceitação global dos cereais matinais extrusados doce, natural e salgado nos períodos de zero até 6 meses de armazenagem e o comercial no tempo zero.....   | 181 |
| FIGURA 6.2. - Intenção de compra dos cereais matinais extrusados doce, natural e salgado nos períodos de zero até 6 meses de armazenagem e o comercial no tempo zero..... | 182 |
| FIGURA 6.3. - Sabor dos cereais matinais extrusados doce, natural e salgado nos períodos de zero até 6 meses de armazenagem e o comercial no tempo zero.....              | 182 |
| FIGURA 6.4. - Crocância dos cereais matinais extrusados doce, natural e salgado nos períodos de zero até 6 meses de armazenagem e o comercial no tempo zero.....          | 183 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| TABELA 1.1. - Composição química da amêndoa de castanha-do-brasil em 100 gramas de amostra.....                                                                                                                      | 4   |
| TABELA 1.2. - O Quantidade produzida de castanha-do-brasil e castanha de caju entre 1995 a 2000.....                                                                                                                 | 7   |
| TABELA 1.3. - Valor da produção de castanha-do-brasil e castanha de caju em Milhões de Reais entre 1995 a 2000.....                                                                                                  | 8   |
| TABELA 1.4. - Aminoácidos totais encontrados na castanha-do-brasil em g/100gramas.....                                                                                                                               | 9   |
| TABELA 1.5. - Produção de raiz de mandioca em 1.000 toneladas, no Brasil e regiões.....                                                                                                                              | 15  |
| TABELA 1.6. - Efeitos da extrusão termoplástica na composição química e qualidade nutricional do alimento.....                                                                                                       | 26  |
| TABELA 2.1. - Resultados de composição química centesimal, selênio em mg/kg, aflatoxina e valor calórico em kcal/100g, encontrados na amêndoa e torta de amêndoa de castanha-do-brasil e na farinha de mandioca..... | 49  |
| TABELA 2.2. - Aminoácidos livres e totais encontrados na amêndoa e torta de castanha-do-brasil (grama de aminoácidos/100g de proteína) neste estudo e de outros autores.....                                         | 55  |
| TABELA 3.1. - Níveis codificados e reais das variáveis independentes estudadas nas formulações das misturas e no processo de extrusão de cereais matinais.....                                                       | 68  |
| TABELA 3.2. - Delineamento fatorial completo composto central ( $2^3$ ), com 3 variáveis independentes, 4 repetições no ponto central (C) e 6 pontos axiais.....                                                     | 70  |
| TABELA 3.3. - Efeitos das condições de extrusão nos % de Fibra Alimentar Solúvel (FAS), Fibra Alimentar Insolúvel (FAI) e Fibra Alimentar Total (FAT).....                                                           | 75  |
| TABELA 3.4. - Coeficientes de regressão e parâmetros do modelo das variáveis dependentes: FAS, FAI, FAT dos cereais matinais extrusados.....                                                                         | 76  |
| TABELA 3.5. - Resultados da composição centesimal e valor calórico de cereais matinais de torta de amêndoa de castanha com farinha de mandioca extrusados.....                                                       | 83  |
| TABELA 3.6. - Coeficientes de regressão dos parâmetros do modelo estatístico das variáveis dependentes (composição centesimal).....                                                                                  | 84  |
| TABELA 3.7. - Resultados das propriedades funcionais de cereais matinais de torta de amêndoa de castanha-do-brasil com farinha de mandioca extrusados.....                                                           | 92  |
| TABELA 3.8. - Coeficientes de regressão e parâmetro de modelo de algumas propriedades funcionais de pH de cereais matinais extrusados.....                                                                           | 93  |
| TABELA 4.1. - Delineamento experimental fatorial completo $2^3$ , composto por 3 variáveis independentes e as respostas sensoriais observadas.....                                                                   | 116 |
| TABELA 4.2. - Estimativa dos coeficientes de regressão e efeitos sobre as respostas aceitação global de cereais matinais de torta de amêndoa de castanha-do-brasil com farinha de mandioca extrusados.....           | 117 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| TABELA 4.3. - Análise de variância (ANOVA) $p \leq 0,05$ para aceitação global obtida do modelo completo da tabela de regressão.....                                                                                                                                    | 118 |
| TABELA 4.4. - Estimativa dos coeficientes de regressão e efeitos sobre a intenção de compra de cereais de torta de amêndoa de castanha-do-brasil e farinha de mandioca extrusados.....                                                                                  | 120 |
| TABELA 4.5. - Análise de variância para o modelo ajustado obtido a partir da tabela de coeficiente de regressão para intenção de compra.....                                                                                                                            | 122 |
| TABELA 5.1. - Resultados de análises físicas, físico-químicas, químicas e propriedades funcionais de cereal matinal natural extrusado otimizado, sabor natural durante o período de estocagem.....                                                                      | 136 |
| TABELA 5.2. - Resultados de análises físicas e físico-químicas de cereal matinal doce extrusado otimizado durante o período de estocagem.....                                                                                                                           | 137 |
| TABELA 5.3. - Resultados de análises física e físico-químicas de cereal matinal extrusado otimizado, sabor salgado durante o período de estocagem.....                                                                                                                  | 137 |
| TABELA 5.4. - Perfil de aminoácidos encontrados no cereal extrusado, amêndoa e torta de castanha, e os dados reportados pela FAO/WHO para castanha-do-brasil e farinha de mandioca padrão da FAO/WHO, todos em g aminoácido/100g de proteína.....                       | 157 |
| TABELA 6.1. - Resultados das médias e desvios padrões das notas atribuídas à avaliação sensorial dos cereais matinais, doce, natural e salgado extrusados, nos tempos zeros (0) até 6 meses de estocagem e do cereal matinal comercial extrusado no tempo zero (0)..... | 179 |

## LISTA DE ANEXOS

|                                                                                                                                                                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ANEXO 3.1. - ANOVA modificada para o modelo ajustado dos resultados de % de FAS.....                                                                                                                                                                       | 103 |
| ANEXO 3.2. - Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de % de FAI.....                                                                                                                                                                   | 103 |
| ANEXO 3.3. - Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de % de FAT.....                                                                                                                                                                   | 103 |
| ANEXO 3.4. - Resultados observados em laboratório, previstos pelo modelo ajustado e desvios padrões para FAS, FAI e FAT, obtidos a partir do delineamento experimental.....                                                                                | 104 |
| ANEXO 3.5. - Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de % de umidade.....                                                                                                                                                               | 105 |
| ANEXO 3.6. - Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de % de carboidrato .....                                                                                                                                                          | 105 |
| ANEXO 3.7. - Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de % de proteína .....                                                                                                                                                             | 105 |
| ANEXO 3.8. - Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de % de lipídio.....                                                                                                                                                               | 106 |
| ANEXO 3.9. - Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de % de cinza .....                                                                                                                                                                | 106 |
| ANEXO 3.10. - Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de kcal/100g.....                                                                                                                                                                 | 106 |
| ANEXO 3.11. - Resultados observados em laboratório, previstos pelo modelo e os desvios padrões para percentuais de umidade, carboidrato e proteína, obtidos a partir do delineamento experimental de cereais matinais extrusados.....                      | 107 |
| ANEXO 3.12. - Resultados observados em laboratório, os previstos pelo modelo e os desvios padrões para percentuais de lipídio, cinza e kcal/100g, obtidos a partir do Delineamento Experimental de cereais matinais extrusados .....                       | 108 |
| ANEXO 3.13. - Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de IAA em g de gel/g de matéria seca.....                                                                                                                                         | 109 |
| ANEXO 3.14. - Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de % de ISA .....                                                                                                                                                                 | 109 |
| ANEXO 3.15. - Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de pH .....                                                                                                                                                                       | 109 |
| ANEXO 3.16. - Resultados observados em laboratório, previstos pelo modelo e os desvios padrões para IAA, ISA e pH, obtidos a partir do delineamento experimental de cereais matinais extrusados.....                                                       | 110 |
| ANEXO 4.1. - Avaliação sensorial de cereal matinal extrusado de torta de amêndoa de castanha-do-brasil desengordurada com farinha de mandioca.....                                                                                                         | 126 |
| ANEXO 4.2. - Resultados da aceitação global e intenção de compra observados no laboratório, previstos pelo modelo estatístico e seus respectivos desvios padrões, encontrados a partir do delineamento experimental fatorial completo 2 <sup>3</sup> ..... | 127 |
| ANEXO 5.1. - Comparação de médias de % de umidade, baseado na metodologia de Tukey a $p \leq 0,05$ , dos cereais extrusados doce, salgado e natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem.....                                                     | 166 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ANEXO 5.2. - Comparação de médias de atividade de água (aw), baseado na metodologia de Tukey a $p \leq 0,05$ , dos cereais extrusados doce, salgado e natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem.....                                                           | 167 |
| ANEXO 5.3. - Comparação de médias de pH, baseado na metodologia de Tukey a $p \leq 0,05$ , dos cereais extrusados doce, salgado e natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem.....                                                                               | 168 |
| ANEXO 5.4. - Comparação de médias de textura em g/mm/seg, baseado na metodologia de Tukey a $p \leq 0,05$ , dos cereais extrusados doce, salgado e natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem.....                                                              | 169 |
| ANEXO 5.5. - Comparação de médias de % de proteína, baseado na metodologia de Tukey a $p \leq 0,05$ , dos cereais extrusados doce, salgado e natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem.....                                                                    | 170 |
| ANEXO 5.6. - Comparação de médias de % de cinza, baseado na metodologia de Tukey a $p \leq 0,05$ , do cereal natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem.....                                                                                                    | 170 |
| ANEXO 5.7. - Comparação de médias de % de lipídios, baseado na metodologia de Tukey a $p \leq 0,05$ , do cereal extrusado natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem.....                                                                                       | 171 |
| ANEXO 5.8. - Comparação de médias de índice de absorção em água (IAA), baseado na metodologia de Tukey a $p \leq 0,05$ , do cereal extrusado natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem.....                                                                    | 171 |
| ANEXO 5.9. - Comparação de médias de índice de solubilidade em água (ISA), baseado na metodologia de Tukey a $p \leq 0,05$ , do cereal extrusado natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem.....                                                                | 172 |
| ANEXO 5.10. - Comparação de médias de % de carboidrato e energia metabolizável em kcal/100g, baseado na metodologia de Tukey a $p \leq 0,05$ , do cereais extrusado natural no período de (zero) 0, 3 e 6 meses de estocagem.....                                          | 172 |
| ANEXO 5.11. - Comparação de médias de % de fibra dietética total (FDT), fibra insolúvel (FI) e fibra solúvel (FS), baseado na metodologia de Tukey a $p \leq 0,05$ , do cereal extrusado natural no período de (zero) 0, 3 e 6 meses de estocagem.....                     | 173 |
| ANEXO 5.12. - Comparação de médias de densidade, baseado na metodologia de Tukey a $p \leq 0,05$ , dos cereais extrusados doce, salgado e natural no período de (zero) 0 mês (logo após o processamento).....                                                              | 173 |
| ANEXO 5.13. - Escore químico de aminoácidos no cereal matinal extrusado, amêndoa e torta de castanha-do-brasil, mandioca, ovo e padrão da FAO.....                                                                                                                         | 174 |
| ANEXO 6.1. - Ficha de avaliação sensorial para cereal matinal extrusado de torta de amêndoa de castanha-do-brasil com mandioca e cereal comercial.....                                                                                                                     | 187 |
| ANEXO 6.2. - Comparação de médias das notas de aceitação global, baseado na metodologia de Tukey a $p \leq 0,05$ , dos cereais extrusados doce, salgado e natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem e do cereal matinal comercial extrusado no tempo zero..... | 188 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ANEXO 6.3. - Comparação de médias das notas de intenção de compra, baseado na metodologia de Tukey a $p \leq 0,05$ , dos cereais extrusados doce, salgado e natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem e do cereal matinal comercial extrusado no tempo zero..... | 189 |
| ANEXO 6.4. - Comparação de médias das notas de sabor, baseado na metodologia de Tukey a $p \leq 0,05$ , dos cereais extrusados doce, salgado e natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem e do cereal matinal comercial extrusado no tempo zero.....              | 190 |
| ANEXO 6.5. - Comparação de médias das notas de crocância, baseado na metodologia de Tukey a $p \leq 0,05$ , dos cereais extrusados doce, salgado e natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem e do cereal matinal comercial extrusado no tempo zero.....          | 191 |

## RESUMO

A castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*, H.B.K.) enquadra-se entre os produtos extrativistas de elevado valor protéico e nutricional que não são processados no Brasil, motivo pelo qual foi selecionada junto com a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.), que se caracteriza pelo alto valor energético, expressiva produção e aceitação, para a realização deste estudo.

O objetivo deste trabalho foi o estudo destas matérias-primas, formulações, processamento por extrusão, otimização, vida útil e aceitabilidade de um produto extrusado composto de castanha-do-brasil e mandioca, similar aos cereais matinais desidratados, rico em proteínas e carboidratos que podem suprir deficiências protéico-calóricas, proporcionando o aumento do consumo de proteína vegetal de alto valor biológico, fibras dietéticas e selênio. Este último é um oligoelemento essencial ao organismo que apresenta mecanismos de regulação fisiológica, com propriedades funcionais surpreendentes para a saúde humana. Este alimento poderia ser disponibilizado no mercado e usado como alimento institucional em creches, escolas públicas, hospitais, presídios, forças armadas e outras instituições, representando um produto conveniente que poderia ser incluído no grupo de alimentos funcionais.

Os resultados das análises das matérias-primas mostraram a boa qualidade da castanha-do-brasil utilizada, com respostas negativas para as aflatoxinas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> e G<sub>2</sub>, assegurando que os produtos dela processados serão isentos destes metabólitos tóxicos, desde que sejam mantidas as boas práticas agrícolas, de fabricação e armazenagem. Os teores de selênio encontrados na amêndoa e torta de castanha-do-brasil foram 2,04 e 7,13 mg/kg. Os valores de fibras dietéticas em percentagens foram de 8,02 ± 0,02 na amêndoa, 15,72 ± 0,02 na torta e 5,68 ± 0,02 na farinha de mandioca. O teor de proteína na amêndoa foi 14,29 % e na torta 40,23 %, apresentando elevados conteúdos de aminoácidos sulfurados e isoleucina, superiores aos valores do padrão estabelecido pela FAO/WHO/UNO (1985), sugerindo a sua possível aplicação em misturas com outros alimentos para enriquecê-los.

Foram processadas farinha de mandioca e torta de amêndoas de castanha-do-brasil semi-desengordurada para formulação de misturas, através do planejamento experimental fatorial completo composto ( $2^3$ ), que foram extrusadas em Extrusor Brabender de rosca única a 175 rpm, taxa de alimentação a 80 g/min, rosca 3:1 e matriz cilíndrica de 2 mm de diâmetro, obtendo-se cereais matinais extrusados de sabores natural, doce e salgado. Foi empregada a metodologia de superfície de resposta de acordo com o delineamento experimental para otimizar o processo. As variáveis independentes estudadas foram: temperatura de extrusão (116,4; 130; 150; 170; 183,6°C); % umidade (14,2; 17; 21; 25; 27,7) e % de torta de castanha-do-brasil (19,80; 30; 45; 60; 70,2). Os resultados mostraram que o teor de torta de castanha foi a variável independente que mais influenciou no aumento dos percentuais de proteínas, lipídio, fibras, cinzas, selênio, sabor, aceitação global, intenção de compra e valor calórico. Os cereais extrusados, apresentaram em média, 22% proteínas, 12% lipídios, 5,79 mg/kg de selênio, 43% carboidratos, 378Kcal/100g, 11,8% fibras, 24 g/gel/g de matéria seca de IAA, ISA 5,23 %, e rancidez negativa. Os atributos sensoriais aceitação global, sabor, crocância e intenção de compra receberam notas dentro de valores aceitáveis durante os seis meses de estocagem. Os cereais extrusados produzidos neste estudo, de acordo com suas características de alimentos protéicos com elevado valor biológico, fibras e selênio, poderia ser classificado como um produto funcional, sugerindo-se que sejam enquadrados na categoria dos alimentos funcionais.

**Palavras-chave:** castanha-do-brasil; processamento; extrusão; farinha de mandioca; cereal matinal.

## SUMMARY

The Brazil nut (*Bertholletia excelsa*, H.B.K.) can be placed in the category of high protein, high nutritional value extractive products, which are not processed in Brazil. For this reason it was selected for this study, along with cassava (*Manihot esculenta* Crantz.), which is characterized by its high energy value, expressive production and acceptance.

The objective of this research was to study the raw materials, formulations, processing by extrusion, optimization, shelf life and acceptability of an extruded product composed of Brazil nuts mixed with cassava, similar to dry breakfast cereals, rich in proteins and carbohydrates, which could overcome protein/calorie deficiencies, allowing for an increase in the consumption of high biological value vegetable protein, dietary fibers and selenium. The latter is an oligo-element essential to the human organism, which presents mechanisms for physiological regulation and surprising functional properties for human health. This product could be made available on the open market and used in institutional catering such as nurseries, state schools, hospitals, prisons, the armed forces and other institutions, representing a convenient food of high nutritional value, which could be classified as a functional food.

Analyses carried out on the raw materials showed that the Brazil nuts used were of good quality, with absence of aflatoxins B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> and G<sub>2</sub>, thus assuring the absence of these toxic metabolites in the final products, if good manufacturing and storage practices were followed. The selenium levels found in the nuts and meal were 2.04 and 7.13 mg/kg respectively. The values for dietary fiber were 8.02 %  $\pm$  0.02 in the nut, 15.72%  $\pm$  0.02 in the meal and 5.68%  $\pm$  0.02 in the cassava flour. The protein level in the nuts was 14.29% and in the meal 40.23%, showing high contents of sulfur amino acids and isoleucine, higher than the standard values of FAO/WHO/UNO (1985), suggesting its application for enriching other foods.

A 2<sup>3</sup> complete compound experimental design was used to determine the proportions of cassava flour and semi-defatted Brazil nut meal. The mass was extruded in a single screw Brabender extruder at 175 rpm, feed rate of 80 g/min,

**Key word:** brazil nut; processing; extrusion; flour cassava; breakfast cereal.

3:1 screw and 2 mm diameter cylindrical matrix, obtaining breakfast cereal like products in the flavors natural, sweet and savory. Response surface methodology was used, according to the experimental design, to optimize the process. The independent variables were: extrusion temperature (116.4; 130; 150; 170; 183.6°C), % moisture (14.2; 17; 21; 25; 27.7) and % Brazil nut meal (19.80; 30; 45; 60; 70.2). The results showed that it was the independent variable of %Brazil nut meal that most affected the increase in the following percentages: proteins, lipids, fibers, ash, selenium, flavor, overall acceptance, intent to buy and caloric value. The extruded products presented, on average, 22% protein, 12% lipids, 5.79 mg/kg selenium, 43% carbohydrate, 378Kcal/100g, 11.8% fiber, 24 g/gel/g dry matter of IAA, 5.23% ISA and negative values for rancidity. The sensory attributes of overall acceptance, flavor, crispness and intention to buy for the products during the six months storage were within acceptable limits. The cereals showed the characteristics of high protein foods with high biological value and elevated contents of fiber and selenium, suggesting they could be denominated as functional foods.





### 1. INTRODUÇÃO

A região amazônica é possuidora de incalculável riqueza de frutos, os quais possuem qualidades que reivindicam benefícios da pesquisa tecnológica, de modo a transformá-los em produtos alimentares estáveis, uma vez que os mesmos são dotados de excepcional valor nutritivo. Isto constitui um dos fatores mais importantes, capaz de motivar o aproveitamento de matérias-primas regionais e o desenvolvimento econômico, quer pelo consumo *in natura* quer pela transformação industrial, gerando novos produtos para o mercado consumidor.

A castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*, H.B.K.), é um dos produtos extrativistas de elevado valor protéico e alto valor biológico e nutricional que não é processado no Brasil, razão de sua escolha junto com a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.), esta última que se caracteriza pelo alto valor calórico, baixo custo, expressiva produção e aceitação na região amazônica, para a realização deste trabalho através da implementação da tecnologia de extrusão termoplástica.

O processo de extrusão termoplástica é uma tecnologia versátil no desenvolvimento de uma grande variedade de produtos alimentícios de baixo custo que vem se tornando uma ferramenta promissora no processamento de cereais, não só para o consumo humano, como também para várias outras aplicações industriais. Na extrusão termoplástica, ocorre o processo tecnológico de cozimento e dos processos químicos de gelatinização de amido, desnaturação de proteínas e destruição de fatores antinutricionais e microrganismos, com conseqüências sobre as características nutricionais e funcionais dos produtos extrusados (MIRANDA, 1998). Possibilita desta forma, a utilização de matérias-primas para transformação de alimentos industrializados, prontos para o consumo, mais protéicos, nutritivos, de maior vida útil, enfim, produtos mais convenientes e de grande aceitação pelos públicos infantil, jovem, adulto e geriatria.



Apesar de envolver estudos em tecnologia de alimentos por extrusão termoplástica, formulações, otimização, aceitabilidade e vida-de-prateleira de um único produto, o extrusado composto de castanha-do-brasil e de farinha de mandioca, similar aos alimentos matinais desidratados existentes no mercado, apresenta amplo enfoque de estudo, de forma a motivar a geração de impacto social, manejo e preservação de recursos naturais e políticas econômicas, através de agregação de valor a essas matérias-primas. Tal estratégia é necessária para promover modificações em várias escalas, desde a organização social no campo até a comercialização internacional. Juntas, essas modificações contribuirão para viabilizar a produção auto-sustentável de recursos florestais e cultivados de relevante importância para as populações extrativistas e rurais da Amazônia, que se complementarão com os benefícios da agroindústria, propiciando o aumento do consumo de proteína vegetal de alto valor biológico disponibilizado no mercado e alimento institucional disponível em creches, escolas públicas, hospitais, presídios, forças armadas e outras instituições, através da oferta de um produto mais protéico, rico em fibras e selênio, conveniente, semelhante aos alimentos matinais desidratados disponibilizados no comércio, os *sucrilhos* e os *snacks*.

O trabalho objetivou estudar as características físico-químicas da castanha-do-brasil e da mandioca; os processamentos de obtenção de amêndoa e de torta de castanha e de farinha de mandioca; as condições operacionais de processamento por extrusão, através de um delineamento experimental completo composto rotacional com pontos centrais e axiais, com várias formulações em 5 percentuais diferentes de torta de castanha-do-brasil e de farinha de mandioca, 5 teores de umidade e 5 temperaturas diferentes; as características físico-químicas e sensoriais dos produtos extrusados obtidos, visando a otimização da extrusão pela Metodologia de Superfície de Resposta; processar o produto otimizado para estudo de estabilidade através de análises sensoriais, físico-químicas e funcionais, após acondicionamento em embalagens de papel flexível de multicamadas aluminizada, com propriedades de barreiras à luz, gases e vapor d'água, por um período de 6 meses, a temperatura ambiente.





## **CAPÍTULO 1**

### **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **1.1. CASTANHA-DO-BRASIL**

##### **1.1.1. Considerações gerais**

A castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*, H.B.K.), que o Ministério da Agricultura classificou como castanha-do-brasil para efeito de comércio exterior (SOUZA et al., 1986), foi regulamentada como castanha-do-brasil através do Decreto nº 51.209 de 18/08/61 (BRASIL, 1961). A planta vegeta em toda floresta amazônica, produzindo frutos (ouriços que contêm amêndoas) com composição química em proteínas, lipídios e sais minerais de grande importância nutricional, conforme apresentado na Tabela 1.1.. Vários autores a classificam como um dos alimentos vegetais mais completos, levando o italiano Prof. Filipe Botazzi a denominá-la de carne vegetal (TEIXEIRA, 1954).

Pertencente à família *Lecythidaceae*, a castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*, H. B. K.) adulta nativa é de grande porte, podendo atingir mais de 50 metros de altura, com diâmetro na base do tronco de mais de 4 metros. É uma das mais importantes espécies de exploração extrativa da floresta Amazônica. Tem participação significativa na geração de divisas para a região, com a comercialização de suas sementes para o mercado interno e externo. É encontrada em estado nativo na Amazônia, localizando-se as maiores concentrações na porção brasileira, principalmente no planalto que separa a bacia formada pelos afluentes do baixo Amazonas, alto Tocantins e alto Moju, e em terras altas ao norte do Rio Jari, no estado do Pará e nos estados do Amazonas e Acre, até o alto Beni, na Bolívia (MÜLLER et al., 1995).





**Tabela 1.1.** Composição química da amêndoa de castanha-do-brasil<sup>1</sup> em 100 gramas de amostra.

| Componentes                  | Valores |
|------------------------------|---------|
| Água (%)                     | 4,4     |
| Proteínas (%)                | 17,0    |
| Lipídios (%)                 | 67,0    |
| Glicídios (%)                | 7,0     |
| Valor energético (kcal)      | 751,6   |
| Sais minerais (%)            | 3,6     |
| Fibras (%)                   | 1,0     |
| Cálcio (mg)                  | 172,0   |
| Ferro (mg)                   | 5,0     |
| Fósforo (mg)                 | 746,0   |
| Selênio (mg)                 | 0,1     |
| Vitamina A (UI)              | 83,0    |
| Vitamina B (mg)              | 57,71   |
| Vitamina B <sub>1</sub> (µg) | 1.094,0 |
| Vitamina B <sub>2</sub> (µg) | 118,0   |
| Vitamina C (mg)              | 10,3    |

<sup>1</sup>Fonte: Cooperativa Agro-Extrativista de Xapuri-Acre, (2000).

A produção de castanha-do-brasil é extrativista, embora existam plantios experimentais na região amazônica, através da implantação do cultivo de mudas de pé franco (semente) e enxertadas, com produção e produtividade que justificam a sua exploração (MÜLLER, 1981). Os conhecimentos acumulados com a execução de pesquisas realizadas pelo CPATU/EMBRAPA, fizeram com que o cultivo racional da castanheira-do-brasil passasse a ser uma opção para os investidores, que têm expandido e diversificado suas atividades na Amazônia (MÜLLER et al., 1995).

Os mesmos autores abordam que o cultivo da castanheira-do-brasil tem grande significado no processo de ocupação de enormes vazios demográficos no sul do Pará, em particular no denominado Polígono dos Castanhais, onde a floresta primária, *habitat* natural dessa espécie, vem sendo sistematicamente



destruída e substituída por pastagens para sustentação da atividade pecuária. Esse processo vem causando significativa redução de castanhais nativos, o que fez com que a espécie fosse incluída na "Lista Oficial de Espécies da Floresta Brasileira Ameaçadas de Extinção". Afirmam, ainda, que ao lado de outras essências florestais, a castanheira-do-brasil é excelente alternativa para recuperação de áreas degradadas de pastagens ou de cultivos anuais, tanto para a produção de frutos como para a extração de madeira.

### **1.1.2. Aspectos agronômicos**

A castanheira pode ser propagada por sementes ou por enxertia, como a grande maioria das plantas perenes. Na propagação por enxertia, prática cuja finalidade é garantir a reprodução de plantas com boas características de produtividade, tamanho do fruto, precocidade de produção e porte mais baixo, a semente é elemento essencial, porque o porta-enxerto (cavalo) é obtido a partir de sementes da própria castanheira (MÜLLER, 1981).

A propagação vegetativa por enxertia é utilizada com bastante sucesso na implantação de cultivos racionais, quando o objetivo principal é a produção de castanha. Pode ser adotado o cultivo solteiro ou exclusivo de castanheira-do-brasil, utilizando um espaçamento mínimo de 10mx10m, com distribuição das plantas em triângulo equilátero, que possibilita cultivar 115 plantas/ha, ou distribuição tradicional, em forma de quadrado, com cultivo de 100 plantas/ha; o consórcio com pastagens e consórcio com culturas perenes, quando se cultiva de 26 a 50 plantas/ha (MÜLLER et al., 1995).

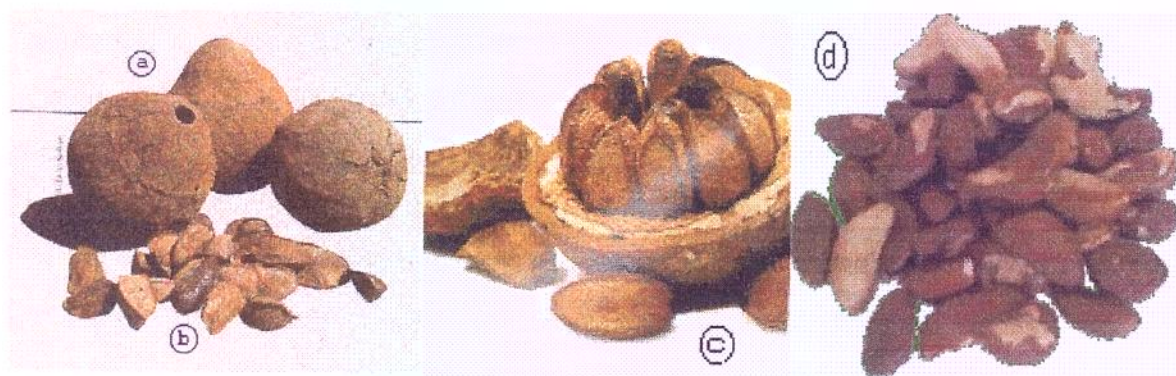
Os mesmos pesquisadores relatam que a floração e frutificação da castanheira estão diretamente ligados as condições climáticas de cada zona fisiográfica. Por isso, a época de floração dos castanhais plantados no oeste da Amazônia e no estado do Acre é um pouco diferente da época dos localizados no leste do Pará. As investigações realizadas indicam que decorrem quatorze meses do início do desenvolvimento dos frutos até sua maturação e queda do ouriço





(fruto). As plantas cultivadas a partir de pé franco entram em produção a partir do oitavo ano, a contar da data de plantio no campo, mas normalmente entram em produção aos doze anos. Já as enxertadas podem iniciar a produção de frutos a partir de três anos e meio de idade, com uma média de produção a partir do sexto ano após a enxertia.

O fruto é uma cápsula do tipo pixídio incompleto, chamado popularmente de “ourico” (Figura 1.1a). É esférico ou ligeiramente achatado com casca dura e lenhosa. O peso de cada fruto varia de 200 a 2000 gramas, com diâmetro de 10 a 25 cm, contendo em média 18 sementes de formato angulares de 4 a 7 cm longitudinais, com casca coriácea e rugosa a qual contém, no seu interior uma amêndoa branca leitosa (Figura 1.1b). Na Figura 1.1c é mostrado o fruto com corte transversal contendo as sementes da castanha e na Figura 1.1d, as amêndoas de castanha-do-brasil recobertas por uma epiderme de cor marrom (VILLACHICA et al., 1996), cuja composição química encontra-se na Tabela 1.1.



**Figura 1.1:** a) Fruto da castanheira-do-brasil (ourico); b) semente de castanha-do-brasil com casca; c) fruto com corte transversal contendo as castanhas; d) amêndoa de castanha-do-brasil com a película marrom e sem película.

Sobre a produtividade da castanheira-do-brasil, os estudos realizados pela EMBRAPA-CPATU/Pará mostram que algumas plantas enxertadas podem produzir até 25 litros de sementes (15 kg) aos doze anos após enxertia (MÜLLER



et al., 1995). Estes resultados são bastante promissores quando comparados aos obtidos com plantas de castanhais nativos, com idade acima de cinquenta anos, que produzem de 16 a 55 litros de sementes ha/ano (BRASIL, 1977).

Os estudos de controle de produtividade assinalam que as plantas de castanheira-do-brasil, aos seis anos após a enxertia, podem produzir cerca de 300 litros/ha/ano ( = 180 kg/ha/ano) e, aos doze anos, o total pode chegar a 700 ou 800 litros/ha/ano. A produtividade esperada na estabilização gira em torno de 5000 litros/ha/ano, podendo variar de ano para ano (MÜLLER et al., 1995). As castanhas após a coleta são medidas em hectolitro (1hL = 100L = 60kg = 0,006t ).

Conforme dados do IBGE, (2002), o volume da produção nacional de castanha-do-brasil, referente aos anos de 1995 a 2000, está mostrado na Tabela 1.2. Em 1996, foram coletadas 21.469 toneladas, das quais o mercado interno consumiu menos de 5% da produção, sendo que quase a totalidade produzida foi exportada para os Estados Unidos da América e Europa, sendo a Alemanha o maior consumidor Europeu. Esta quantidade é bastante expressivo quando comparado com o volume de produção de castanha de caju.

A castanha representa um importante produto de geração de divisas para o Brasil, especialmente na região Norte, conforme mostrado na Tabela 1.3., estando o valor de sua produção, bem superior, quando comparado com o da castanha de caju.

Tabela 1.2. Quantidade produzida de castanha-do-brasil e castanha de caju entre 1995 a 2000<sup>2</sup>.

| Produto            | Quantidade Produzida (toneladas) |        |        |        |        |        |
|--------------------|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                    | 2000                             | 1999   | 1998   | 1997   | 1996   | 1995   |
| Castanha-do-brasil | 33.431                           | 26.856 | 23.111 | 22.786 | 21.469 | 40.216 |
| Castanha de caju   | 5.881                            | 5.919  | 4.911  | 5.327  | 5.041  | 6.239  |

<sup>2</sup>Fonte: Anuário Estatístico do Brasil (2002): [www.sidra.ibge.gov.br/bd](http://www.sidra.ibge.gov.br/bd)





Tabela 1.3. Valor da produção de castanha-do-brasil e castanha de caju em Milhões de Reais entre 1995 a 2000.<sup>2</sup>

| Produto            | Valor da produção (Milhões de Reais) |        |       |       |       |       |
|--------------------|--------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|
|                    | 2000                                 | 1999   | 1998  | 1997  | 1996  | 1995  |
| Castanha-do-brasil | 18.556                               | 13.056 | 9.652 | 9.082 | 6.998 | 8.853 |
| Castanha de caju   | 3.824                                | 3.903  | 1.900 | 2.065 | 1.862 | 2.093 |

<sup>2</sup>Fonte: Anuário Estatístico do Brasil (2002): [www.sidra.ibge.gov.br/bd](http://www.sidra.ibge.gov.br/bd)

### 1.1.3. Valor nutritivo

Embora as sementes de castanha-do-brasil sejam muito populares no mercado internacional de nozes, pouco ainda é conhecido sobre suas características básicas (KAINER et al., 1999). O estudo de composição química da amêndoa foi motivo de investigação por diversos pesquisadores. Santos (1978) encontrou: umidade 4,0%, proteína 16,08%, extrato etéreo 67,0% cinzas 3,5% fibras 3,5% e carboidratos livres de nitrogênio 5,1%, estando de acordo com os resultados achados por Woods e Merrill (1899) apud Souza (1963); Jaffa, Kühl e Noriega (1908), apud Souza (1963).

A composição química da amêndoa apresentada na Tabela 1.1. confirma seu alto valor nutritivo com teor e qualidade protéica equivalente ao do leite, comparável com a carne bovina em quantidade e qualidade dos aminoácidos que apresenta. É reportado que o valor nutricional de duas amêndoas de castanha-do-brasil corresponde ao de um ovo de galinha (VILLACHICA et al., 1996). As duas maiores frações protéicas são constituídas de globulinas e albuminas, a farinha desengordurada não apresenta atividades anti-trípica nem proteolítica (ROTENBERG e IACHAN, 1975).

Conforme Castro apud Teixeira (1954), na análise química desta amêndoa brasileira, foi encontrada uma albumina específica, a excelsina, que contém todos



os aminoácidos indispensáveis ao crescimento e ao equilíbrio orgânico do indivíduo, constituindo um produto alimentício elaborado de tal forma, que se encontram nela, concentrados, princípios alimentares valiosos. Tabela 1.4. mostra sua composição em aminoácidos encontrados por Camargo (1968) e Srur (1976).

Tabela 1.4. Aminoácidos totais encontrados na castanha-do-brasil g/100gramas.

| Aminoácidos g/100g | Camargo (1968) |          | Srur (1976)     |                 |
|--------------------|----------------|----------|-----------------|-----------------|
|                    | Farinha        | Proteína | Castanha        | Proteína        |
| Ácido aspártico    | 3,13           | 5,19     | 3,70            | 9,98            |
| Treonina           | 1,18           | 1,96     | 0,97            | 2,62            |
| Serina             | 1,50           | 2,50     | 1,86            | 5,02            |
| Ácido glutâmico    | 11,02          | 18,33    | 12,92           | 34,86           |
| Prolina            | 0,81           | 1,36     | 1,80            | 4,86            |
| Glicina            | 2,78           | 4,62     | 2,03            | 5,48            |
| Alanina            | 2,29           | 3,81     | 1,49            | 4,03            |
| Cistina            | 0,86           | 1,43     | 0,84            | 2,27            |
| Valina             | 3,33           | 5,53     | 1,66            | 4,48            |
| Metionina          | 2,70           | 4,49     | 2,82            | 7,61            |
| Isoleucina         | 2,13           | 3,55     | 1,19            | 3,22            |
| Leucina            | 4,54           | 7,55     | 3,28            | 8,86            |
| Tirosina           | 1,46           | 2,43     | 1,01            | 2,72            |
| Fenilalanina       | 2,50           | 4,15     | 1,49            | 4,01            |
| Lisina             | 2,72           | 4,51     | 1,00            | 2,71            |
| NH <sub>3</sub>    | 1,29           | 2,15     | 0,83            | 2,24            |
| Histidina          | 2,31           | 3,84     | 0,79            | 2,13            |
| Triptofano         | 0,87           | 1,45     | Não determinado | Não determinado |
| Arginina           | 8,26           | 13,72    | 5,32            | 14,35           |

Fonte: Camargo (1968); Srur (1976).





Pechnik et al. (1950) apud Souza (1984) realizaram estudos sobre o valor biológico da proteína da castanha em mistura com outras proteínas e a consideraram do maior interesse, pois em determinada dieta substituíam metade da proteína do leite. Rotemberg e Iachan (1975) verificaram que a farinha desengordurada de castanha-do-brasil apresentava um teor protéico de 52,03% e as proteínas solúveis no extrato salino, as albuminas e globulinas, correspondiam a 21,37%. A análise espectrofotométrica dos extratos protéicos mostrou que as globulinas compõem a maior fração protéica da farinha.

Glória e Reginato D'Arce (2000) encontraram um teor protéico de 47,60% (%N x 5,46) na torta de castanha-do-brasil desengordurada e concluíram que é possível e viável a obtenção de concentrado e isolado protéicos de torta de castanha-do-brasil desengordurada com 59,3% e 81,6% de proteína (%N x 5,46) em base seca, respectivamente. Park (1971) realizou pesquisas com o objetivo de remover a proteína das tortas desengorduradas de soja e de castanha-do-brasil e concluiu que essa proteína isolada poderá ser usada no enriquecimento de alimentos de baixo teor protéico.

Através de ensaios nutricionais da proteína de soja, suplementada com farinha de castanha-do-brasil, Moura e Zucas (1981) afirmaram que o emprego de misturas de soja e castanha apresenta conveniências nutricionais pelo fato da proteína da castanha ser rica em aminoácidos sulfurados, enquanto que a de soja é deficiente dos mesmos. Constataram também que a deficiência em aminoácidos sulfurados totais limita o aproveitamento da proteína isolada da soja em cerca de 69,16%.

Antunes e Markakis (1977), através de experimentos realizados alimentando ratos, estudaram o efeito suplementar da farinha desengordurada de castanha-do-brasil com feijão branco, e descobriram que a qualidade da proteína do feijão branco pode ser largamente melhorada pela adição dessa farinha desengordurada. Referem-se a várias proteínas vegetais, especialmente as



provenientes de leguminosas, deficientes em aminoácidos sulfurados que se encontram de forma abundante na castanha-do-brasil.

Glória e Reginato D'Arce (2000) realizaram estudos com concentrado e isolado protéicos de torta desengordurada de castanha-do-brasil e concluíram que tanto a torta desengordurada como os concentrado e isolado protéicos podem encontrar amplo âmbito de aplicação (produtos cárneos, de confeitaria, pastelaria e massas em geral), com base nos resultados das propriedades funcionais de solubilidade, absorção de água e óleo, comparáveis as de produtos protéicos de outras origens.

Um procedimento foi desenvolvido para fracionar a proteína total de castanha-do-brasil em três classes de proteínas: 11S, 7S e 2S e todas as três frações continham alta concentração de ácido glutâmico e arginina, mas a classe de proteína 2S albumina continha excepcionalmente grande quantidade dos S aminoácidos, 17,9% de metionina e 8,7% de cistina. Essa proteína 2S constitui 30% do total de proteína da castanha-do-brasil (SUN et al., 1987). Coutinho (1992) reporta que plantas transgênicas contendo o gene 2S da castanha-do-brasil foram obtidas visando o enriquecimento nutricional da planta com o aminoácido sulfurado metionina. Dois genes, BE2S1 e BE2S2, codificados para albuminas de castanha-do-brasil, rica em metionina, foram clonados e suas seqüências determinadas (GANDER et al., 1991). Integração e síntese de expressão do gene 2S albumina em tabaco e leguminosa foram realizados. Plantas transgênicas foram obtidas por engenharia genética mediadas pelo *Agrobacterium tumefaciens* (SAALBACH et al., 1995). Outros pesquisadores também relataram que as 2S albuminas de castanha foram usadas nas transferências experimentais de genes para melhorar o conteúdo de metionina de proteínas de sementes de soja e de outras plantas deficientes nesse aminoácido (NORDLEE et al., 1996; ALTENBACH et al., 1992).

A composição química dos lipídios de castanha-do-brasil foi determinada e os resultados indicaram uma composição química favorável do óleo que poderia





estender sua aplicação em alimentos. Por exemplo, os componentes lipídes incluem: tocoferol total 285,25 ppm, beta-sitosterol 74,33%, stigmasterol 8,39% e sitostanol 6,07% (SILVA et al., 1997); ácidos graxos linoléico 42,22%, oléico 32,39%, palmítico 13,36% e esteárico 12,05% (SOUZA, 1984). Ensaio de extração de óleo de castanha-de-caju por método a frio resultaram em alta concentração de tocoferol no óleo, não afetando a composição de ácidos graxos (LIMA Jr., 1997).

Palmer e Herr (1982) analisaram individualmente 529 castanhas-do-brasil e encontraram valores de 0 a 497 ppm de selênio, sendo que 45,32% de castanhas apresentavam selênio na faixa de 0 a 9,9 ppm. Chang et al. (1995) analisaram dois lotes de 162 amêndoas de castanha-do-brasil, um proveniente da região do Acre/Rondônia e outro da região de Manaus/Belém e encontraram concentrações de selênio em ppm, variando entre 3,06 a 4,01 e 36,0 a 50,0, respectivamente.

Segundo Olson e Palmer (1984), foi analisado o teor de selênio em 222 tipos de alimentos obtidos no sul de Dakota e, os alimentos protéicos apresentaram valores de selênio mais altos que os demais grupos. O conteúdo variou de 6 ppb em pepinos e 30 ppm em castanha-do-brasil. Há evidências que o teor de selênio presente no solo das regiões geográficas de cultivo influencia na concentração de selênio dos alimentos. Quanto maior a concentração de selênio no solo de cultivo, maior o teor de selênio no alimento colhido ou produzido (WEAVER et al., 1988; FERRETI e LEVANDER 1976).

O selênio é essencial à saúde. No caso de doenças crônicas como a aterosclerose, câncer, artrite, cirrose e efisema, há fortes indícios de que ele atue como elemento protetor. Níveis sanguíneos de selênio têm se apresentado mais altos em indivíduos saudáveis do que nos que apresentavam diversas formas de câncer. Por muitos anos, o selênio foi considerado tóxico para animais. Recentemente, descobriu-se que este elemento, em quantidades muito pequenas, é necessário na dieta (LEHNINGER apud CASTRO, 2000).



Segundo Belitz e Grosch (1988) o conteúdo de selênio do corpo humano é da ordem de 10 - 15 mg e o consumo diário requerido de 0,05 a 0,1 mg. O selênio tem função antioxidante e pode reforçar a ação dos tocoferóis. A toxicidade do selênio está perfeitamente estabelecida em vários experimentos com animais e nas enfermidades de ruminantes que pastam em solos ricos em selênio.

Cerca de 0,5 a 1,0 µg/kg de peso de selênio na dieta é suficiente para os requerimentos dietéticos em humanos (CHANG et al., 1995). Estudos recentes têm mostrado que a inclusão de castanha-do-brasil na dieta de ratos que receberam administração intragástrica do carcinógeno mamário, dimetilbenzenantracene (DMBA), reduziu o número de tumores acima de 72,7% (IP e LISK 1997; LISK e IP 1999). A castanha-do-brasil é naturalmente muito rica em selênio. A proteção contra a formação de tumor foi creditada ao seu alto conteúdo de selênio, desde que a substituição por amêndoa de noqueira em dietas controle, não demonstraram nenhuma redução significativa na formação de tumores (CHANG et al., 1995).





## **1.2. MANDIOCA**

### **1.2.1. Considerações gerais**

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), da família *Euphorbiaceae*, constitui-se um dos principais alimentos energéticos básicos da população brasileira, principalmente a menos favorecida. É cultivada em mais de 80 países (REIS e PHILLIPS apud SILVA, 1990). Estima-se que cerca de 500 milhões de pessoas, vivendo nos trópicos, tenham a mandioca como principal, e as vezes, única fonte de alimento (PAÉZ, 1994). No Brasil, é a principal fonte de energia da população do Norte e Nordeste. Sua produção em 2001 foi de 24,5 milhões de toneladas (JACOBINA, 2002) conforme apresentado na Tabela 1.5. Gameiro (2002) menciona que o Brasil é o segundo maior produtor mundial, sendo que a Nigéria lidera a produção, com 32,5 milhões de toneladas. Os outros países que mais produzem são, por ordem: o Congo, com 18,5 milhões; a Tailândia, com 18 milhões; e a Indonésia, com 16 milhões. Como pode ser percebido, é uma cultura típica de países em desenvolvimento, onde o Brasil é o mais desenvolvido dentre os grandes produtores.

Originária da América do Sul, a mandioca, que recebe outros nomes populares como macaxeira e aipim, é cultivada em pequenas áreas com baixo nível tecnológico, sobretudo nos países em desenvolvimento (MOTTA, 2002). A mandioca é classificada como amarga (brava) e doce (mansa), de acordo com o teor de ácido cianídrico (HCN) que apresenta (BATTISTI 1979; BURENE et al., 1984). O parecer da comunidade científica europeia reconhece o limite de 50 mg/kg de ácido cianídrico (glucosídeo cianogênico) como critério para distinguir as variedades doce e amarga (OBSERVAÇÕES DA COMUNIDADE EUROPÉIA SOBRE A CIRCULAR DO CODEX CL 2001/39-FFV). Teles apud Silva (1990) menciona que o processo de extrusão é um ótimo método para completa remoção de HCN.

Dufour (1993) argumenta a preferência dos agricultores pelos cultivares bravas, para uso industrial, que pode ser explicado por alguns fatores como: são



mais produtivos, apresentam maior teor de amido, são mais resistentes as pragas e seu amido é mais apropriado para farinhas de mesa e panificáveis.

**Tabela 1.5.** Produção de raiz de mandioca em 1.000 toneladas, no Brasil e regiões.

| Ano  | Região   |             |       | Brasil |
|------|----------|-------------|-------|--------|
|      | Nordeste | Centro- sul | Norte |        |
| 1995 | 10.956   | 8.982       | 5.377 | 25.315 |
| 1996 | 10.761   | 8.373       | 5.450 | 24.584 |
| 1997 | 10.571   | 8.296       | 5.437 | 24.304 |
| 1998 | 6.525    | 8.419       | 4.717 | 19.661 |
| 1999 | 6.650    | 8.594       | 5.688 | 20.932 |
| 2000 | 7.757    | 9.514       | 6.127 | 23.398 |
| 2001 | 8.350    | 9.765       | 6.479 | 24.594 |

Fonte: [www.ibge.gov.br/sidra](http://www.ibge.gov.br/sidra). IBGE/CONAB apud JACOBINA (2002).

Existem, ainda, diferenças no sabor entre os produtos elaborados a partir dos dois cultivares, de forma que a cultivar brava (que contém mais de 50 mg/kg de HCN) resulta em produtos de melhor sabor e quando fermentada produz maior conteúdo de ácido láctico, característica desejável no processamento de polvilho azedo (CEREDA, 1987).

### **1.2.2. Características agronômicas**

De fácil adaptação, a mandioca é cultivada em todos os Estados brasileiros, situando-se entre os nove maiores produtos agrícolas do país, em termos de área cultivada, e o sexto em valor de produção (MOTTA, 2002).

É uma planta arbustiva lenhosa perene, de 1,3 a 5 metros de altura, semeada através de estacas (manivas) retiradas das ramas, as quais demonstram uma forte dormência apical, que leva ao desenvolvimento de raízes laterais armazenadoras de grande quantidade de amido (COCK, 1990).





Encontra condições favoráveis para o seu desenvolvimento em todos os climas tropicais e subtropicais. Os solos indicados são aqueles de topografia plana, com a textura variando de franco-arenosa a argilo-arenosa, e com pH entre 5,0 e 6,0. Apesar de adaptada a solos de baixa fertilidade, a mandioca somente atinge seu potencial máximo de produção com adubação adequada. O plantio é normalmente feito no início da estação chuvosa, sendo que na região amazônica a época de plantio é o ano inteiro (EMBRAPA, 2002), podendo ser colhida a partir do oitavo mês após o plantio até o vigésimo quarto mês.

A variedade é um dos componentes do sistema de produção que contribui para o aumento da produtividade sem elevar os custos de produção. Apresenta produtividade média de 12 toneladas/ha (SILVA, 1995). O grande número de variedades existentes no Brasil permite a sua escolha de acordo com a região e a finalidade de exploração da cultura. É sempre indicado o cultivo de um só cultivar numa mesma área. Na necessidade de se usar mais de uma variedade, o plantio deve ser feito em quadras separadas (MOTTA, 2002).

A mandioca é uma raiz de reserva, enquanto que a batata-doce e cenoura, são órgãos de sobrevivência. Possivelmente, por ser apenas uma estrutura de reserva, a mandioca se deteriora muito mais rapidamente do que outras hortaliças de raiz. A mandioca não apresenta um ponto de colheita definido. Para o uso como hortaliça, deve possuir tamanho compatível com a exigência de mercado. Se a colheita for atrasada, o diâmetro e o comprimento dessas raízes aumentam sem causar substancial prejuízo à qualidade alimentar, mas o seu valor comercial é prejudicado (CALBO e MORETTI, 2002).

Durante o armazenamento, o sistema vascular da mandioca escurece rapidamente deixando a polpa com sintoma de listas escurecidas. A velocidade de escurecimento pode ser reduzida se as raízes forem mantidas em atmosfera com alta umidade relativa (>95%). A desidratação e a senescência limitam a vida útil da mandioca fresca em cerca de uma semana (CALBO e MORETTI, 2002). Os mesmos autores afirmam que a melhor alternativa para o armazenamento doméstico e para a comercialização internacional da mandioca tem sido o



congelamento de segmentos da raiz descascada. Alternativamente, seções descascadas da raiz também podem ser conservadas por alguns dias imersas em água sob refrigeração. Este tipo de armazenamento evita o desenvolvimento de stress hídrico nas raízes e proporciona um ambiente de atmosfera intercelular modificada com reduzido nível de  $O_2$  e alto nível de  $CO_2$ , que atrasa o escurecimento. O escurecimento também pode ser reduzido se as raízes tiverem suas extremidades mergulhadas em parafina líquida antes do armazenamento. Em nível experimental, o armazenamento da mandioca pode ser estendido com o uso de atmosferas com baixos níveis de  $O_2$  (em torno de 1%).

A composição química da mandioca apresenta variações de acordo com as diferentes variedades e outros fatores edafoclimáticos. A raiz apresenta, em média: umidade, 70%; fibra, 2,0%; cinzas, 0,7%; proteínas, 2,5%; fécula, 18,23% e lipídios, 0,3% (LIMA, 1982). As vitaminas presentes em 100g de mandioca cozida são: tiamina, 50  $\mu$ g; riboflavina, 30  $\mu$ g; niacina, 0,60 mg; vitamina C, 31 mg e os minerais: ferro, 0,90 mg; fósforo, 37 mg e cálcio, 28 mg (FRANCO, 1992). As folhas da planta são ricas em proteínas e vitaminas A e B, podendo ser incorporadas a dietas balanceadas (FAO, 2002).

### 1.2.3.Utilidades da mandioca

A Amazônia talvez seja a região do mundo onde a mandioca apresenta a maior diversidade nas formas de utilização, gerada, principalmente, pela contribuição dos povos indígenas (ALBUQUERQUE e CARDOSO, 1983).

O Norte/Nordeste destaca-se, mais uma vez, como a maior região produtora de mandioca, quando computado em conjunto, com 60,6% do total produzido no Brasil, conforme apresentado Tabela 1.5. (JACOBINA, 2002). A região norte, tem como destaque o estado do Pará, com 17,9% da produção brasileira (JACOBINA, 2002). Esta raiz é a principal fonte de energia para as populações de tais regiões, apresentando um consumo *per capita* em torno de 55,9 kg/ano (SILVA, 1995; PIMENTEL e CUNHA, 2001).





A mandioca apresenta um grande potencial no setor alimentício gerando a produção de farinha de mesa, raspa de mandioca e fécula também chamada polvilho doce e azedo. De acordo com El-Dash et al. (1994), a farinha de raspa panificável pode ser utilizada como sucedânea de parte do trigo nos produtos de panificação, confeitaria e pastifício, em níveis de 15 a 20%, contribuindo para a redução da importação de trigo que, desde o início da década de 90, não conta mais com o subsídio do governo.

As raízes da mandioca representam o principal valor econômico da planta. São consideradas importantes fontes de calorias em países da África e da América Latina (FERREIRA, 1986). O principal destino da raiz de mandioca é o consumo humano. É usada para preparação de inúmeros derivados como raspa, farinha de raspa, amido, beiju, sagu, tapioca, farinha de mandioca, fécula e outros. O tucupi é outro subproduto obtido a partir da prensagem da mandioca, sendo muito apreciado na região amazônica no preparo de pratos típicos. Grizotto (2000) trabalhando com mandioca *chips*, verificou um grande potencial para a industrialização de um aperitivo à base de mandioca, de elevado valor agregado, com possibilidades de exportação, dada a similaridade com a batata frita. Tem também aplicações na indústria de alimentos ou como matéria-prima em outras indústrias (BATTISTI, 1979; SANTANA, 1985; GAMEIRO, 2002).

Cerca de 90% das raízes de mandioca produzidas no Brasil são consumidas na forma de farinha, onde se incluem as farinhas torradas, farinhas de mesa e farinhas d'água, com predomínio da primeira. Há ainda a farinha de raspa, ou farinha de apara, proveniente de raiz seca sem passar por cozimento que já foi muito utilizada como farinha panificável até início da década dos anos 70, para produção de massas (biscoitos, macarrões e similares) em misturas com farinha de trigo (EMBRAPA, 2002). Atualmente, o seu principal uso é na composição de rações (MOTTA, 2002; CHUZEL et al., 1995).

Osho (1994) reporta que em muitos países onde a mandioca é a base da alimentação, já foram realizadas experiências de enriquecimento dos seus derivados com proteína de soja para suprir carências alimentares em humanos.





No estado do Acre, há um tipo de farinha de mandioca que é processada com coco, com a finalidade de enriquecê-la e conferir sabor agradável, o que ganhou ótima aceitação do consumidor em nível local e em outras regiões.

O amido é o carboidrato que se encontra em maior concentração nas raízes, variando de 73,7% a 84,9%. É uma das matérias-primas mais importantes para indústria de alimentos, devido as propriedades de gelatinização a baixa temperatura, 71°C; baixa tendência a retrogradação; nenhum material protéico residual nem aroma; alta viscosidade; alta capacidade de ligação com água; gosto suave; pasta translúcida e estabilidade relativamente boa (SRIBURI et al., 1999). Mudanças na gelatinização e peso molecular do amido de mandioca têm ocorrido durante preparações pelo aquecimento em excesso de água e pelo processo termomecânico de extrusão. É afetado por degradação química, mecânica e térmica (SRIBURI et al., 1998).

A fécula, também chamada polvilho doce, encontra potencialidades em outros mercados. Este produto nobre da mandioca, obtida através de tecnologias mais sofisticadas, pode ser utilizado para a produção de agente ligante de compensados, produção de filmes biodegradáveis, tratamento de superfície de papel e de fios na indústria têxtil (SRIROTH, 1994). Pode ainda ser usada na composição de rações, de lama aquosa na mineração do petróleo, na produção de álcool, indústria de papel (preparo da massa e recobrimento da superfície), indústria têxtil (para evitar encolhimento de tecido) e na indústria de fundições (produção de adesivos e de agentes ligantes) (EMBRAPA, 2002).

A partir dos anos 90, a ciência e tecnologia estão transformando a mandioca em insumo nobre, de ampla utilização em diversos segmentos industriais, mas no Brasil continuam a existir fatores que contribuem para situar a mandioca numa posição secundária em relação as outras culturas: limitação na participação no mercado externo e o grande número de pequenas e obsoletas indústrias com alto custo de produção. Quanto aos aspectos tecnológicos, os problemas mais comuns são: estrangulamento no processo, principalmente na fase de secagem; processo intermitente; incompatibilidade dos equipamentos em



seqüência; controle de qualidade incipiente, originando problemas de rendimento, economia e desperdício (CARDOSO, 1995).

Motta (2002) enfatiza que a principal importância da mandioca, como matéria-prima industrial, é a de ser fonte de amido e seus derivados. O amido de mandioca (fécula) natural possui um sabor suave e se apresenta como uma pasta clara. O amido, nativo ou modificado, pode ser usado para diversos fins industriais. Na indústria de alimentos, tem os seguintes usos: a) como espessante, por suas propriedades de gelatinização em cremes, tortas, pudins, sopas, alimentos infantis, molhos, caldos, etc; b) como recheio, aumentando o teor de sólidos em sopas enlatadas, sorvetes, conservas de frutas, preparados farmacêuticos; c) como ligante, impedindo a perda de água durante o cozimento em salsichas, carne enlatada; d) como estabilizante, pela capacidade de retenção de água em sorvetes, fermento em pó. É utilizado, também, para produtos de panificação na elaboração de pães, biscoitos, extrusados e outros.

O estado de Mato Grosso do Sul foi o primeiro estado da Federação a criar legislação e um grupo de trabalho com a finalidade de regulamentar a lei estadual nº 2.414, que torna obrigatória a mistura de derivados de mandioca na panificação. Os moinhos e panificadoras poderão substituir, de 0 a 20%, a farinha de trigo pela farinha de fécula de mandioca na composição do pão comum. Segundo os especialistas, é possível obter economia de 7 a 8% na produção do pão (MOTTA, 2002).

O mesmo autor afirma que algumas pesquisas mostraram que é possível adicionar até 20% de fécula de mandioca no preparo do pão, e de até 25% na massa de pães para *hamburguer* e cachorro-quente. Uma vantagem atribuída ao amido da mandioca é que os pães fabricados com parte de mandioca dobram o tempo de armazenamento em prateleira de três para seis horas, em relação à produção com 100% de farinha de trigo. No Brasil, o uso de amidos e féculas modificados é recente e restrito.





O amido pode sofrer modificações físicas, químicas ou enzimáticas, dando-lhe características próprias para aplicações industriais específicas: polvilho doce, polvilho azedo, amidos modificados, amido pré-gelatinizado, amido modificado por ácidos, amido fosfatado, amido oxidado por hipocloreto de sódio, amido inter cruzado ou amido com ligação cruzada, glicose e xarope de glicose (MOTTA, 2002). Hoje, a fécula de mandioca está sendo muito utilizada no desenvolvimento de pesquisas visando seu uso como “filmes de fécula” em pós-colheita de frutos e hortaliças (goiaba, limão e pepino), uma vez que o filme proporciona maior brilho e melhora a retenção de umidade (reduzindo a perda de massa dos frutos), sem afetar a composição química do produto (HENRIQUE e CEREDA, 1996; VICENTINI e CEREDA, 1999; OLIVEIRA e CEREDA, 1999). Soares Júnior (1995) realizou estudos experimentais, extrusando amido de mandioca com monoglicerídeo, obtendo produtos modificados com propriedades funcionais específicas que podem ser utilizadas em diferentes sistemas alimentares.

Segundo Silva (1990), estudos vêm sendo desenvolvidos para submeter o material foliar de mandioca a processos tecnológicos apropriados, que permitam eliminar, consideravelmente, os fatores limitantes (substâncias tóxicas e anti-nutricionais). Espíndola (apud Silva 1990) reporta que são aplicados métodos de extrusão para o melhor aproveitamento e rendimento de proteína foliar.

O que se busca, além do melhoramento da produção e cultivo, são novas formas de utilização e mercados para os derivados de mandioca. Uma maior diversidade de derivados pode criar mais demandas e, em consequência, a maior adesão de agricultores com poucos recursos (HARDY, 1992). Isto implementará a geração de emprego e renda, além da agregação de valor ao produto.



## 1.3. PROCESSO DE EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA

### 1.3.1. Definição e aplicação tecnológica

A extrusão de alimentos é definida como um processo contínuo no qual o atrito mecânico é combinado com o tratamento térmico para gelatinizar amido e desnaturar proteínas, plasticizando e reestruturando o material com o objetivo de criar novas texturas e formatos (EL-DASH, 1982a). Seu princípio básico é converter um material sólido em fluido, por meio de calor e trabalho mecânico, comprimí-lo por meio de uma matriz a fim de produzir um produto com características físicas e geométricas pré-definidas (CHIANG e JOHNSON, 1977).

Cozimento por extrusão pode ser considerado como a combinação das ações térmica e mecânica, hoje apropriado e conveniente em importantes transformações de matérias-primas na indústria, transformando em produtos intermediários e/ou acabados (SRIBURI et al., 1998).

O processo de extrusão vem sendo praticado como meio alternativo de texturização, cozimento e tratamento térmico de alimentos (HARPER, 1981). Foi aplicado em alimentos pela primeira vez em 1935, para processar pastas alimentícias (ROSSEN e MILLER, 1973). A tecnologia de extrusão empregada na indústria de alimentos permite obter um efeito nutricional benéfico ao alimento, devido a eliminação de fatores limitantes e/ou anti-nutricionais naturalmente existentes em alguns alimentos *in natura*, possibilitando a elaboração de produtos processados com melhor aproveitamento, alto valor nutritivo e baixo custo.

De acordo com Camire et al.(1990), Yaylayan et al. (1992), Gutkoski (1997), Ainsworth et al. (1999) e Alonso et al. (2000), a extrusão é também considerada um processo de alta temperatura e curto tempo (HTST-*high temperature short time*), com período de residência no extrusor de 1 a 2 minutos em média, minimizando a degradação de nutrientes, melhorando a digestibilidade das proteínas, eliminando fatores antinutricionais e enzimas e, em alguns casos, reduzindo a rancidez oxidativa, devido ao poder antioxidante de alguns intermediários das reações do tipo Maillard.

É uma tecnologia que vem ganhando destaque e expansão na indústria de alimentos, por sua importância no sentido de aumentar a variedade, disponibilidade e facilidade de utilização de alimentos industrializados. Por ser um processo de tratamento térmico que emprega alta temperatura por curto tempo, conforme Bjorck e Asp (1983), tem sido preferido, pois consegue-se maior retenção de nutrientes e eficiência na destruição de inibidores, de microrganismos e de contaminantes.

O extrusor é um equipamento que introduz várias inovações no campo do processamento industrial de alimentos. Para o emprego efetivo desse potencial é preciso conhecer os elementos da engenharia, as mudanças físicas e químicas envolvidas no processo e os meios de controle, os quais possibilitam a elaboração de produtos diferentes tecnologicamente (EL-DASH, 1982b).

Nesse processo, as principais variáveis que influenciam as características dos produtos obtidos são: o desempenho da rosca e da matriz, velocidade de alimentação do material, temperatura e rotação da rosca, teor de umidade, granulometria e composição química da matéria-prima (VILELA, 1989).

### **1.3.2. O extrusor e seus componentes básicos**

O extrusor é um equipamento constituído basicamente por um alimentador, cilindro encamisado, parafuso e matriz. Existem extrusores de duplo parafuso e de parafuso único. A Figura 1.4. ilustra um extrusor de parafuso único.

A matéria-prima ou mistura previamente homogeneizada e condicionada é introduzida no equipamento através do alimentador, sendo impulsionada pelo parafuso em direção a matriz (HARPER, 1979). A alimentação deve ser contínua para manter a homogeneidade do processo (VILELA, 1989 e YACU, 1990).

O parafuso é a parte central e principal do extrusor, sendo que sua geometria tem função importante no processamento e está dividido em *três zonas ou seções*: *Zona de alimentação*, cuja função é receber o material, comprimi-lo e iniciar o transporte pelo parafuso ao longo do extrusor; *Zona de transição*, onde



ocorre aumento da taxa de cisalhamento, ocasionado pela redução do fluxo de material e diminuição da altura da rosca, transformando o material numa massa semi-plástica pelo cozimento parcial; e *Zona de alta pressão*, onde ocorre o ponto máximo de taxa de cisalhamento e rápido aumento da temperatura e pressão, e é onde o material atinge o grau de cozimento desejado.

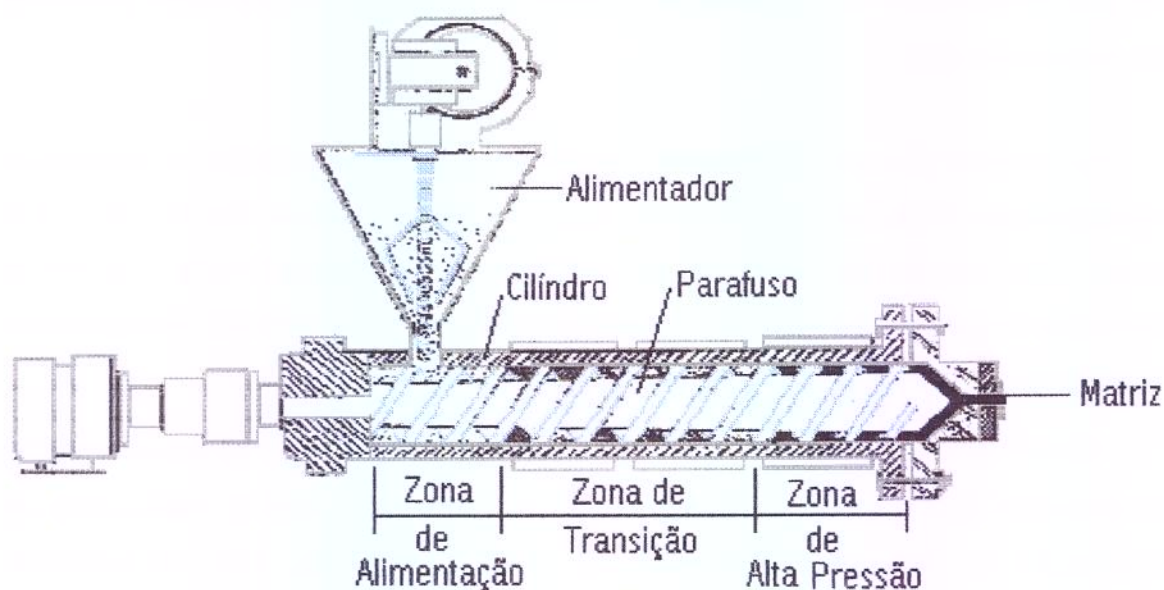


Figura 1.4. Extrusor de parafuso único e seus componentes (LIRA FILHO, 2001).

Após o produto passar pela matriz, a pressão é bruscamente aliviada, a água aquecida é evaporada rapidamente e o produto adquire formas irreversíveis após o resfriamento (CLARK, 1978). Ao parafuso são atribuídas as funções de misturar a massa, transportá-la pelo cilindro, elevar a temperatura e a pressão pelo seu atrito com as paredes do cilindro e forçar a massa através da matriz (YACU, 1990; YAYLAVAN et al., 1992; ARÊAS, 1992 e GUTKOSKI, 1997).

A velocidade de rotação do parafuso, o formato e tamanho, o espaçamento entre as ranhuras da rosca e entre o parafuso e o cilindro são responsáveis diretos pelas características do produto final extrusado (YACU, 1990). À medida que atravessa as diferentes zonas de alimentação, transição e alta pressão, acontece um aumento gradativo do atrito mecânico causado por modificações da geometria do parafuso e pela resistência proporcionada pela matriz. Como resultado, ocorre



também elevação da pressão, temperatura e taxa de cisalhamento, causando plasticização total e cozimento do produto (HARPER, 1979), com período de residência no extrusor em média de 1 a 2 minutos (ALONSO et al., 2000).

A matriz proporciona forma ao produto extrusado quando este passa por ela e se expande. A diversidade no formato das matrizes possibilita a obtenção de produtos estruturados das mais diversas formas, como fios, parafusos (muito comum em macarrão), cilindros, esferas, escamas, conchas (comum em *snacks*), etc. (ALVIM, 2001).

### **1.3.3. Vantagens do processo de extrusão**

O cozimento de alimentos por extrusão é uma tecnologia com características únicas, muito versátil e que vem sendo usada para controlar e inativar fatores antinutricionais e enzimas, além de pasteurizar e esterilizar produtos alimentícios (SANDERUDE e ZIEMBRA, 1968; GUALBERTO, 1981). Segundo Camargo (1986), a temperatura de extrusão e a umidade inicial em farinha de arroz altamente contaminada, tiveram influencia significativa na redução do teor de aflatoxina.

O processo de extrusão apresenta muitas outras vantagens de acordo com Smith (1976) apud Sebio (1996): versatilidade e alta produtividade, baixo custo, formas variadas dos produtos, alta qualidade do produto, produção de novos alimentos, além de não produzir efluentes.

Conforme Hauck (1981), a gelatinização do amido, desnaturação de proteínas e reestruturação dos componentes, resulta dos efeitos combinados da elevada temperatura, pressão e elevado atrito mecânico produzido dentro do cilindro do extrusor. O processo tem sido largamente empregado como uma tecnologia para texturizar proteínas vegetais, conferindo-lhe uma textura fibrosa semelhante à carne, com ampla aplicação em programas de alimentação institucional (HARPER, 1979). A gelatinização, pelo processo convencional e por extrusão, ocorre na umidade mínima de 30 e 20%, respectivamente (GOMEZ e AGUILERA, 1984).

De acordo com Grossmann (1986), durante o processamento de extrusão, as condições especiais existentes dentro do extrusor, tais como: baixo teor de umidade, alta taxa de cisalhamento e alta temperatura, provocam uma série de modificações nas propriedades físico-químicas. Dois mecanismos são considerados responsáveis por estas modificações, a gelatinização e a dextrinização do amido. Desse modo, a extrusão contribui para a aumento de qualidade do alimento, conforme mostra a Tabela 1.6.. A brevidade do tratamento térmico, com período de residência no extrusor em média de 1 a 2 minutos (ALONSO et al., 2000) reduz o dano aos nutrientes termossensíveis, como certos aminoácidos e vitaminas (HARPER, 1979).

Tabela 1.6. Efeitos da extrusão termoplástica na composição química e qualidade nutricional do alimento

| Composição/Qualidade do alimento | Efeito Positivo                                                             | Efeito Negativo                                                                                |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Carboidratos</b>              | Modificação do amido. Aumento da digestibilidade. Desenvolvimento de sabor. | Reação de Maillard. Hidrólise.                                                                 |
| <b>Proteínas</b>                 | Aumento da digestibilidade<br>Desnaturação.                                 | Destruição de aminoácidos.<br>Reação de Maillard, ligações cruzadas e formação de lisoalanina. |
| <b>Lipídios</b>                  | Aumento da digestibilidade<br>Formação de complexo lipídio-amido.           | Aumento da rancidez Destruição de ácidos graxos poliinsaturados.                               |
| <b>Fibras</b>                    | Aumento da digestibilidade.<br>Decréscimo de volume. Destruição de fitatos. | Decréscimo de volume.                                                                          |
| <b>Vitaminas</b>                 | -                                                                           | Destruição.                                                                                    |
| <b>Minerais</b>                  | Aumento da biodisponibilidade                                               | -                                                                                              |
| <b>Microrganismos</b>            | Destruição.                                                                 | -                                                                                              |
| <b>Enzimas</b>                   | Inativação de lipase, peroxidase, lipoxigenase, mirosinase, urease.         | Inativação de amilase, fitase.                                                                 |
| <b>Fatores antinutricionais</b>  | Inativação de inibidores de tripsina, lectinas.                             | -                                                                                              |
| <b>Componentes tóxicos</b>       | Inativação de glucosinolato, gossipol, glicoalcaóides, aflatoxina.          | -                                                                                              |
| <b>Sabor</b>                     | Redução de componentes indesejáveis de sabor.                               | Perda de componentes desejáveis de sabor.                                                      |

Fonte: Killeit (1994).



Segundo Miller (1985), a temperatura e a umidade do material a ser extrusado são os parâmetros de maior importância na extrusão, pois influenciam na reologia do material durante o processo e nas reações e transformações que ocorrem para obtenção do produto final. Entretanto, Vilela (1989) e Yacu (1990), enfatizam outros parâmetros como: composição do alimento e tamanho das partículas, que associadas à umidade influem no funcionamento do equipamento; a velocidade do parafuso e sua configuração que estão relacionadas com a taxa de cisalhamento; as características da matriz que modela o produto e influenciam no seu grau de expansão; a pressão, responsável por manter a água em estado superaquecido e com isso favorece as reações; a velocidade de alimentação e o tempo de residência no extrusor, que definem a intensidade das transformações ocorridas no produto extrusado. Yacu (1990) menciona que a manipulação desses parâmetros define as várias características do produto, tais como a umidade final, o grau de expansão, aspectos sensoriais como a cor, o gosto e aroma, a textura, o grau de cozimento e outros.

Dixon (1983) faz referência algumas desvantagens de extrusão como: a mudança de cor e aroma que podem ocorrer no processo de extrusão, podendo gerar problemas de aceitação; que podem ser solucionados após o processamento.

O controle das condições de extrusão tais, como: temperatura, taxa de compressão da rosca, taxa de alimentação, teor de umidade e formulação do alimento é essencial para garantir a boa qualidade do produto e impedir a perda de nutrientes. El-Dash (1982a) enfoca que essa técnica permite maior facilidade na produção de misturas alimentícias destinadas ao consumo humano, produzindo uma variedade de produtos: alimentos infantis, proteínas vegetais texturizadas, bebidas em pó instantâneas, amidos modificados para uso industrial, rações pré-cozidas para animais, refeições rápidas de cereais, *snacks* e outros produtos diversos.



#### 1.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AINSWORTH, P.; FULLER, D.; PLUNKETT, A.; IBANOGLU, S. Influence of extrusion variables on the protein in vitro digestibility and protein solubility of extruded soy tarhana. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 79, n. 5, p. 675-678, 1999.

ALBUQUERQUE, M.; CARDOSO, E. M. R. Utilização da mandioca na Amazônia, **EMBRAPA-CPATU**, Belém, 11p p. 1983.

ALONSO, R.; AGUIRRE, A.; MARZO, F. Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. **Food Chemistry**, v. 68, n. 2, p. 159-165, 2000.

ALTENBACH, S. B; PEARSON, K.W.; SUN, S. S. M. Nucleotide sequences of DNAs encoding two members of the Brazil nut methionine-rich 2S albumin gene family. **Plant-Physiology**; v. 4, n. 98, p. 1520-22. 1992.

ALVIM, I. D. **Efeito da extrusão termoplástica sobre propriedades funcionais e nutricionais de farinha à base de milho, caseína e derivados de levedura**. Campinas, 2001. 104 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

ANTUNES, A. J.; MARKAKIS, P. Protein supplementation of navy beans with Brazil nuts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 25, n. 5, p. 1096-8, 1977.

IBGE. **Censo Agropecuário 1995 - 2000. Castanha-do-brasil e de caju e mandioca** Disponível em:<[www.sidra.ibge.gov.br/sidra/agro.htm](http://www.sidra.ibge.gov.br/sidra/agro.htm)>. Acesso em: 9 jul. 2002.

ARÊAS, J. A. G. Extrusion of food proteins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. Pearl River, v. 32, n. 4, p. 365-392 , 1992.

BATTISTI, C. R. de **Determinação de toxicidade cianogênica e carboidratos e cultivares de mandioca (*Manioti esculenta*, Crantz) e sacarificação do amido por extrusão**. Viçosa. (Dissertação de Mestrado ). UFV, 1979.

BELITZ, H. D.; GROSCH, W. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1988. 345p.

BJORCK, I.; ASP, N. G. The effects of extrusion cooking on nutritional value. A literature Review, **Journal of Food Engineering**, England, 2(4):281-308, oct./dez.1983.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Secretaria Geral & SUPLAN, Brasília. **Análises das oportunidades de exportação de castanha-do-brasil**. Brasília, 56, 105p. 1977.

BRASIL. DECRETO Nº 51.209 de 18 de ago. 1961. **Diário Oficial da União**. Brasília, 18 ago.1961. p.853-855. Aprova as novas especificações para classificação e fiscalização da exportação da castanha-do-brasil.

BURENE, P. L.; EL-TINAY, A. H; YAS, E. A. S. Hydrocyanic acid levels in fermented cassava. **Journal of food technology**. Oxford, v.19, n.2, p. 197-202, apr.1984.

CALBO, A. G.; MORETTI, C. L. **Mandioca de mesa**. Disponível em:<[www.cnph.embrapa.br/pos\\_colheita/mandioca](http://www.cnph.embrapa.br/pos_colheita/mandioca)>. Acesso em: 6 jul. 2002.

CAMARGO, C. R. **O efeito da interação das condições de extrusão e da amônia e/ou metilamina na degradação da aflatoxina em farinha de arroz**. . Campinas, 1986. 133 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

CAMARGO, L. A. de A. **Estudo químico-bromatológico das castanhas da *Bertholletia excelsa*, H. B. K.** Araraquara, 1968. 43 p. (Tese de Doutorado) - Faculdade de Farmácia e Odontologia de Araraquara.

CAMIRE, M. E.; CAMIRE, A. ; KRUMHAR, K. Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. **Critical Review in Food Science and Nutrition**. Boca Raton, v. 29, n. 1, p. 35 - 57, 1990.

CARDOSO, C. E. L. **Efeito de políticas sobre a produção de mandioca no Brasil**. Piracicaba. 1995. 180 p. (Dissertação de Mestrado), ESALQ.

CASTRO, R. V. de **Efeitos quimioterápicos do selênio no câncer da mama**. Disponível em:<[www.correionet.com.br/~rvcastro](http://www.correionet.com.br/~rvcastro)>. Acesso em 12 ago. 2000.

CEREDA, M. P. Tecnologia e qualidade do polvilho azedo. **Informe agropecuário**. v. 13, n.145, p. 63-8. Jan/1987.



CHANG, C. C.; GUTENMANN, W. H.; REID, C. M.; LISK, D. J. Selenium content of Brazil nuts from two geographic locations in Brazil. **Chemosphere**, v.30, n.4, p.801-2, 1995.

CHIANG, B. Y.; JOHNSON, J. A. Gelatinization of starch in extruded products. **Cereal Chemistry**, St Paul Minnesota, USA, v. 54, n. 3, p. 436 - 443, may/June 1977.

CHUZEL, G.; ZAKHAIA, N.; CEREDA, M. P. Potencialités de nouveaux produits derives du manioc au Brésil. In: EGBE, T. A.; BRAUMAN, A.; GRIFFON, D.; TRECHE, S. (Eds.). **Transformation alimentaire du manioc**. Paris: Orstom, 1995. p. 571 - 579.

CLARK, J. P. Texturization by extrusion. **Journal of Texturization Studies**., Dordrecht, v.9, n. 5, p.109-23, 1978.

COCK, J. H. **La yuca, nuevo potencial para um cultivo tradicional**. Cali:CIAT, 1990. 240p.

COOPERATIVA AGRO-EXTRATIVISTA DE XAPURI-ACRE. **Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*, H. B.K.)**, Rio Branco-Ac: [s n.t.], 2000.

COUTINHO, M.V. **Construção de um vetor de expressão para proteína 2S de castanha do Pará (*Bertholletia excelsa*): transformação de Rami (*Boehmeria nivea*)**. Brasília, 69p.1992, (Dissertação de Mestrado), Universidade de Brasília/ Embrapa-Cenargen.

DIXON, J. M. Unique cooker extruder. **Food Engineering International**, v.8, n. 5, p.41-3, may, 1983.

DUFOUR, D. L. The bitter is sweet: a case study of bitter cassava (*Manihot esculenta*) use in amazonia. In: HLADIK, C. M.; HLADIK, A.; LINARES, O. F.; PAGESY, H.; SEMPLE, A.; HADLEY, M. **Tropical Forest and Food**. UNESCO, Paris. Parthenon Publishing, Lancs-U.K. p.575-588, 1993.

EL-DASH, A. A. Application and control of thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. In: PHOMERANZ, Y. & MUNCH, L., eds. **Cereals: a renewable research: theory and practice**. St. Paul, Minnesota; AACC, 1982a. 52p.



EL-DASH, A. A. **Termoplastic extrusion of food, theory and techniques**. Campinas, UNICAMP, 1982b. 81p.

EL-DASH, A. A.; MAZZARI, M. R.; GERMANI, R. Tecnologia de farinhas mistas. Uso de farinha mista trigo-mandioca na produção de pães. Rio de Janeiro, EMBRAPA-CTAA. v.1, 1994. 88p.

EMBRAPA FRUTICULTURA E MANDIOCA, Circular Técnica n. 37. **O cultivo da mandioca**. Disponível em:< <http://www.cnpmf.embrapa.br>> Acesso em ago. 2002.

FAO, **Championing the cause cassava**. Disponível em:<<http://www.fao.org/news/20002/>>. Acesso em 10 ago. 2002.

FERREIRA, M. E. **Efeito do armazenamento na composição, cocção e características do amido das raízes de algumas cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.)**. Lavras, 1986. 101 p. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura de lavras.

FERRETI, R. J.; LEVANDER, O. A. Selenium content of soy-bean foods. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**., v. 24, n. 54. 1976.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 8. ed. São Paulo: Atheneu, 1992. 230 p.

GAMEIRO, A. H. Mandioca: de alimento básico à matéria-prima industrial. **CEPEA/ESALQ/USP**.12 p. Jan. 2002.

GANDER, E. S; HOLMSTROEM, K.O.; PAIVA, G. R. DE; CASTRO, L. A. B.DE; CARNEIRO, M; GROSSI, DE S. A, M. F. Isolation, characterization and expression of a gene coding for a 2S albumin from *Bertholletia excelsa* (Brazil nut). **Plant-Molecular-Biology**, v.16, n. 3, p. 437-448, 1991.

GLÓRIA, M. M. DA & REGINATO-D'ARCE, M. A. B. Concentrado e isolado protéico de torta de castanha-do-Pará: Obtenção e caracterização química e funcional. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.20, n.2, p.240-245, maio/ago.2000.

GOMEZ, M. H.; AGUILERA, J. M. A physiocochemical model for extrusion of corn starch. **Journal of Food Science**, v. 49, p. 40-43, 1984.

GRIZOTTO, R. K. **Mandioca "chips" uma tecnologia para aproveitamento da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Campinas, 2000.130 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

GROSSMANN, M. V. E. **Efeito da extrusão termoplástica na gelatinização do amido de mandioca, visando a produção de álcool**. Campinas, 1986. 124p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

GUALBERTO, D. G. **Avaliação nutricional e sensorial de misturas de feijão e soja processados por extrusão**. Viçosa, 1981. 89 p. UFV, (Dissertação de Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa.

GUTKOSKI, L. C. **Caracterização tecnológica de frações de moagem de aveia e efeito de umidade e temperatura de extrusão na sua estabilidade**. Campinas, 1997. 241 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

HARDY, B. **La yuca conquista nuevos mercados**. Cali, Colômbia. CIAT Internacional, v.11, n.1, p.7-9. ago. 1992.

HARPER, J. M. **Extrusion of Food**. Boca Raton: CRC Press, 1981, v. 2, 174 p.

HARPER, J. M. Extrusion of Food. **Critical Reviews in Food Science and . Nutrition.**, Cleveland, v.11, p. 115-210, 1979.

HAUCK, B. W. Control of process variables in extrusion cooking. **Cereal Foods World**. v.26, n.4,p.170-3, apr. 1981.

HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P. Película de fécula de mandioca na conservação pós-colheita de limão siciliano (*Citrus limon* (Burn)) desverdecido. In: I Congresso Latino Americano de raízes tropicias - IX Congresso Brasileiro de mandioca. **Programa e Resumos**, n.131, 7-10 Out 1996. UNESP São Pedro -SP.



- IP, C.; LISK, D. J. Bioactivity of selenium from brazil nut for cancer prevention and selenoenzyme maintenance. **Nutrition and Cancer**, v. 21, n.3, p. 203-12. 1997.
- JACOBINA, A. C. **Mandioca Período de 17 a 31.05.2002**. Panorama Nacional. Disponível em:< [www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acesso em 12 jul. 2002.
- KAINER, K. A.; DE-MATOS-MALAVASI, M.; DURYEA, M. L.; RODRIGUES-DA-SILVA, E. Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) seed characteristics, preimbibition and germination Seed. **Science-and-Technology**, v.27, n. 2, p. 731-45. 1999.
- KILLEIT, U. Vitamin retention in extrusion cooking. **Food Chemistry**, v. 49, n. 2, p. 149 - 155, 1994.
- LIMA Jr, G. Quantificação de tocoferol em óleos de milho, soja, castanha-do-brasil e castanha-de-caju por HPLC em fase reversa. **Alimentos e Nutrição**, v. 8, p. 65-73. 1997.
- LIMA, U. A. de Industrialização da mandioca. In: CAMARA, G. M. S. **Mandioca: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. São Paulo, ESALQ/USP, 1982, p.45-80 (Série extensão rural, 5).
- LIRA FILHO, J. F. **Efeitos da extrusão termoplástica sobre as propriedades tecnológicas e nutritivas das proteínas da farinha integral do feijão caupi (*Vigna unguilata* (L.) Walp)**. Campinas, 2001. 148 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- LISK, D. J.; IP, C. Characterization of tissue selenium profiles and anticarcinogenic responses in rats fed natural sources of selenium-rich products. **Carcinogenesis**, v.14, n. 4, p. 573-76, 1999.
- MILLER, R. C. Low moisture extrusion: effects of cooking moisture on products characteristics. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 50, p. 249 - 253, 1985.
- MIRANDA, M. Z. de. **Efeito do tempo de germinação do trigo e das variáveis de extrusão na qualidade tecnológica e nutricional de farinha integral**. Campinas, 1998. 216 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.



MOTTA, J. S. **Mandioca**. Disponível em <www.cnpmf.embrapa.br>. Acesso em jun. 2002

MOURA, E. C. V.; ZUCAS, S. M. Ensaio nutricional da proteína de soja suplementada com farinha de castanha-do-pará. **Alimentação**, v.57, p. 6-17, nov./dez. 1981.

MÜLLER, C. H. **Castanha-do-Brasil: estudos agrônômicos**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 25 p. (Documento 1). 1981.

MÜLLER, C. H. ; FIGUEIREDO, F. J. C.; KATO, A. K.; CARVALHO, J. E. U. **A cultura da castanha-do-brasil EMBRAPA, SPI**. Brasília. Coleção Plantar, 23, 65 p. 1995.

NORDLEE, J. A.; TAYLOR, S. L.; TOWNSEND, J. A.; THOMAS, L. A.; BUSH, R. K. Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. **The-New-England-journal-of-medicine**. v. 334, n. 11, p. 688-92, 1996.

OBSERVAÇÕES DA COMUNIDADE EUROPEA SOBRE LA CIRCULAR DEL CODEX CL 2001/30 - FFV. **LIMITE DE ÀCIDO CIANÍDRICO NA MANDIOCA**. Disponível em:<[http://europa.eu.int/comm/food/fs/ifsi/eupositions/ccffv/ccffv\\_ec-comments\\_cl2001-39\\_es.pdf](http://europa.eu.int/comm/food/fs/ifsi/eupositions/ccffv/ccffv_ec-comments_cl2001-39_es.pdf)>. Acesso em ago. 2002.

OLIVEIRA, M. A.; CEREDA, M. P. Efeito da película de mandioca na conservação de goiabas. **Brazilian Journal of. Food Technology**, Campinas, v. 2, n. 1-2, p. 97-102, 1999.

OLIVEIRA, M. A.; CEREDA, M. P. Utilização de película de mandioca como alternativa à cera comercial na conservação pós-colheita de frutos de goiaba (*Psidium guajava*). In: I Congresso Latino Americano de raízes tropicais, IX Congresso Brasileiro de mandioca. **Programa e Resumos**, n.130, 7-10 Out 1996. UNESP. São Pedro -SP.

OLSON, O. E.; PALMER, I.S. Selenium in foods purchased or produced in South Dakota. **Journal of Food Science**. v. 49, n. 2, p. 446-52, mar./apr. 1984.

OSHO, S. M. Methods for the dissemination of food processing technologies: the soybean example in Nigeria. **Acta Horticulture** v. 375, p. 385-91. 1994.

PAÉZ, E. **La investigación integrada impulsa la agroindustria de la yuca en Colombia**. Cali-Colombia. CIAT Internacional, v.13, n.1, p.4-5, março 1994.

PALMER, I. S. & HERR, A. N. **Journal of Food Scienc**. Chicago. Institut of food techonologists. Set/Oct, v.47, p.1595-7p. 1982.

PARK, Y. Isolamento das proteínas de soja e castanha-do-pará. **Ciência e cultura**, v.23, p.194, jun.1971.

PIMENTEL, F. A.; CUNHA, E. T. Prensagem mecânica para obtenção de farinha de mandioca. **EMBRAPA**. Inst. Técnica n. 39, dez. 2001. p. 1-3. Disponível em:<[www.cpa-fac.embrapa.br](http://www.cpa-fac.embrapa.br)>. Acesso em 12 de junho 2002.

ROSSEN, J. L.; MILLER, R. C. Food extrusion. **Food Technology**, Chicago, v. 27, n. 8, p. 46 - 53, 1973.

ROTEMBERG, B. & IACHAN, A. Estudo da proteína da castanha-do-pará. **Informativo do Instituto Nacional de Tecnologia**, v.8, n. 7, p.22-4, 1975.

SAALBACH, I.; PICKARDT, T.; MACHEMEHL, F.; SAALBACH, G.; SCHIEDER, O.; MUENTZ, K. A chimeric gene encoding the methionine-rich 2S albumin of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa*, HBK) is stably expressed and inherited in transgenic grain legumes. **Molecular-&General-Genetics**; v.242, n. 2, p. 226-36, 1995.

SANDERUDE, K. G.; ZIEMBRA, J. V. New products come easy with extrusion cooking. **Food Engineering**, v. 9, n. 8, p.84-7, 1968.

SANTANA, A. M. **A Toxicidade da mandioca**. Cruz das Almas, Dissertação (Mestrado). UFBA, 1985. 70p.

SANTOS, J. B. dos. Castanha-do-pará. In: **Grande manual globo de agricultura**. Porto Alegre. Globo, 1978. v.3 p.200.

SEBIO, L. **Efeito de alguns parâmetros operacionais de extrusão nas propriedades físico-químicas da farinha de inhame (*Dioscorea rotundata*)**. Campinas, 1996. 96 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP.



SILVA, C. A. B da. **Produção de farinha de mandioca. Série agroindústria**, Brasília: Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária , Secretaria de Desenvolvimento Rural, 28 p. 1995.

SILVA, M. F. V. **Avaliação nutricional de um produto extrusado à base de folha e farinha de mandioca**. Lavras, 1990, 100 p. Dissertação (Mestrado), ESAL

SILVA, W. G. DA. ; CORTESI, N.; ROVELLINI, P. The Brazilian nut (*Bertholletia excelsa*, H.B.K. - Lecythidaceae group). II. Lipids: the chemical structure. **Rivista-Italiana-delle-Sostanze-Grasse**; v. 74, n. 7, p. 311-4, 1997.

SAORES JÚNIOR, M. S. **Propriedades funcionais de extrusados de amido de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) com mono-glicerídeo**. Londrina, 1995, 120 p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Estadual de Londrina.

SOUZA, A. H. de. **Castanha-do-pará: estudo botânico, químico e tecnológico**. Rio de Janeiro, SAI, 1963. 69p. (SAI estudos técnicos, 23).

SOUZA, M. L. de. **Estudos de processos tecnológicos para a obtenção de produtos derivados de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*, H.B.K.)**. Fortaleza, 1984, 139p. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal do Ceará.

SOUZA, M. L. DE; HOLANDA, L. F. F. DE; MAIA, G. A.; GASPAR JUNIOR, J. C.; FIGUEIREDO, R. W. DE Estudo do processamento e estabilidade da farinha de amêndoa da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*, H.B.K.). **Ciência-Agronômica**. v. 17(1) p. 35-42. Jun. 1986.

SRIBURI, P.; HILL, S. E.; BARCLAY, F. Depolymerisation of cassava starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 38, n. 1999, p. 211-8. 1998.

SRIROTH, K. Recent development in cassava utilisation in Thailand. In: **Cassava Biotechnology Network**. Cali-Colombia. CIAT, v.1, p.646-50. 1994.

SRUR, A. U. O. S. **Processamento de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*, H. B. K.)**. Campinas, 1976. 59 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola da UNICAMP.



SUN, S. S.M.; LEUNG, F. W.; TOMIC, J. C. Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) proteins: fractionation, composition, and identification of a sulfur-rich protein. **Journal-of-agricultural-and-food-chemistry**. v. 35, n. 2, p. 232-5. Mar-Apr. 1987.

TEIXEIRA, E. **Frutas do Brasil**. Rio de Janeiro, MEC/INL, 1954. 281 p.

VICENTINI, N. M.; CEREDA, M. P. Uso de filme de fécula de mandioca em pós-colheita de pepino (*Cucumis sativus* L.). **Brasilian Journal of. Food Technology**, Campinas, v. 2, n.1-2, p.87-90, 1999.

VILELA, E. R. **Produção, caracterização e extrusão de farinha de guandu**. Campinas, 1989. 149 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

VILLACHICA, H.; CARVALHO, J. E. U; MULLER, C. H.; DIAZ, S. C.; ALMANZA, M. **Frutales y hortalizas promisorios de la amazonia**. Lima, Proyecto FAO/CGP/RLA/118/NET, junio, 1996.

WEAVER, C. M.; DAVIS, J.; MARKS, H. S.; SENMEIER, R. K. Selenium content of processed soybeans, **Journal Food Science**, n.53, p. 300-301, 1988.

YACU, W. Process instrumentation and control in food extruders. **Cereal Foods World**. St Paul, v. 35, n. 9, p. 919-926, 1990.

YAYLAYAN, V. A.; FICHTALI, J.; VAN DE VOORT, F. R. Production of Maillard reaction flavour precursors by extrusion processing. **Food Research International**. Ottawa, v. 25, n. 3, p. 175-180, 1992.

## CAPÍTULO 2

### PROCESSAMENTO DE AMÊNDOA E TORTA DE AMÊNDOA DE CASTANHA-DO-BRASIL E FARINHA DE MANDIOCA: ESTUDO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE

#### 1. INTRODUÇÃO

A castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*, H.B.K.) é uma árvore originária da região Amazônica. Apresenta porte majestoso e frondoso, com copa dominante na região onde se encontra, chegando a medir cerca de 30 - 50 metros de altura e 5 metros de diâmetro na base do tronco (MELO, 1977; LOUREIRO e SILVA, 1968; BORGES, 1967; CAVALCANTE, 1972; ALMEIDA, 1963 e NEVES, 1938). Plantas provenientes de sementes podem iniciar a frutificação aos oito anos e somente aos doze anos, atingem a produção normal, desde que sejam plantadas a "céu aberto", enquanto as castanheiras enxertadas podem iniciar a produção de frutos aos 3,5 anos (MÜLLER et al., 1995).

Segundo Ribeiro et al. (1995), Vieira e Reginato-D'Arce (1999) o consumo desta amêndoa no mercado interno é muito pequeno estimando-se que seja apenas 1% da sua produção. A maior parte é exportada *in natura*, para os países da Europa (Alemanha e Inglaterra) e América do Norte (Estados Unidos) para serem consumidas especialmente, como petisco (WOODROOF, 1982; RIBEIRO et al., 1995).

A amêndoa de castanha-do-brasil apresenta em média a seguinte composição química centesimal, em g/100g: umidade 4,40; proteína 17,0; lipídios 67,0; carboidratos 7,0; valor energético 751 kcal e sais minerais 3,60 (COOPERATIVA AGRO-EXTRATIVISTA DE XAPURI-AC, 2000). Segundo Castro apud Teixeira (1954), a sua albumina, a "excelsina", é a única albumina completa de origem vegetal conhecida, o que a levou ser chamada de "carne vegetal".

É uma amêndoa oleaginosa de elevado valor energético, rica em proteína de alto valor biológico e muitos outros constituintes indispensáveis a uma boa e saudável alimentação, como o selênio, antioxidante que vem sendo referido na



prevenção de câncer. A concentração desse elemento na amêndoa varia de região para região onde a planta vegeta. Para redução do elevado valor energético e/ou calórico das amêndoas de castanha-do-brasil, se fez necessário a obtenção da torta parcialmente ou completamente desengordurada, através da extração do material graxo. A torta apresenta inúmeras possibilidades de aplicação, visando o enriquecimento de uma grande variedade de grupos de alimentos, tais como: produtos para panificação, bebidas, embutidos, farinhas, leites, cereais, *snacks*, salgados, doces, sorvetes, chocolates, biscoitos, bombons, além de muitos outros.

A extração de óleo pode ser realizada por meios físicos e químicos. O primeiro é realizado com auxílio de prensas hidráulicas e o segundo por utilização de solventes químicos (hexano, éter de petróleo ou etílico). O óleo apresenta potencial para uso como óleo fino de mesa e na área de cosméticos (ANTONIASI et al., 1998). No caso de extração em prensa, a torta obtida não apresenta residuais, em relação ao gosto e aroma; já na extração por produtos químicos, pode haver a presença de compostos residuais que interferem no gosto e aroma, mas, que podem ser eliminados antes da utilização para consumo direto ou como matéria-prima e/ou ingrediente para formulação de produtos.

Tendo em vista o baixo consumo da amêndoa de castanha-do-brasil no mercado interno e seu comprovado valor nutricional, seria necessário ampliar o seu aproveitamento industrial (SOUZA, 1984; SOUZA et al., 1987). Neste trabalho, propôs-se estudá-la com vários objetivos, tais como: extração do óleo a frio em prensa, e a obtenção e utilização da torta em adição a outras matérias-primas regionais de baixo custo e fácil cultivo, como forma de agregar-lhe valor, possibilitando gerar emprego e melhorar a qualidade de vida da população. Para complementar os objetivos deste trabalho foi eleita a mandioca, raiz rica em carboidratos, de baixo preço e cultivada em toda região do Brasil, especialmente por pequenos produtores rurais, para processamento e estudo físico-químico da farinha, que posteriormente em outro capítulo, será utilizada em misturas com a torta desengordurada de castanha-do-brasil para obtenção de produtos alimentícios extrusados enriquecidos com castanha.



A mandioca é uma planta dicotiledônea, da família *Euphorbiaceae* e gênero *Manihot*, originária da Américas. Este gênero apresenta um grande número de espécies, mas, a única cultivada para fins alimentícios é a *Manihot esculenta*, Crantz (CÂMARA et al., 1982) que pode ser da variedade brava ou mansa, devido ao teor de glicosídeos cianogênicos que apresenta. Araújo (1999) aborda que os compostos cianogênicos por si não são tóxicos; o HCN (ácido cianídrico) liberado a partir da linamarina encontrada na mandioca, pela ação das enzimas *Betaglicosidase* e *Hidroxinitrilo liase*, é o responsável pela toxidez, sendo a dose letal desse ácido para a espécie humana de 0,5 a 3,5 mg/kg de peso vivo. A reação ocorre quando o tecido vegetal é triturado, como no processamento ou na ingestão, permitindo o contato entre o substrato e a enzima.

O mesmo autor relata que o descascamento da mandioca, seguido de um intervalo de tempo em água, permite a degradação da linamarina, e o HCN produzido é liberado da raiz, permitindo seu uso como alimento. A autólise da linamarina não ocorre quando a mandioca é aquecida imediatamente após o descascamento. A enzima *Betaglicosidase* é inativada pelo calor, mas a linamarina é estável ao calor. Assim, ela pode ser convertida em seus subprodutos (glicose, HCN e acetona) pela ação enzimática produzida pela flora intestinal. Processos têm sido adotados para reduzir a concentração de ácido cianídrico da mandioca para níveis baixos, para tornar o seu consumo relativamente seguro. Estes procedimentos compreendem diferentes combinações de secagem, imersão em água, cozimento e fermentação das raízes (OYEFESO, 1976).

A mandioca é utilizada nos mais diversos campos da atividade econômica, destacando-se seu uso na alimentação, principalmente pelas populações dos países em desenvolvimento, que são os seus maiores produtores e consumidores (DIAS, 2001). Dentre os muitos subprodutos obtidos da mandioca, a farinha é considerada o principal produto processado, absorvendo cerca de 70 a 80% da produção mundial da raiz (CHUZEL et al., 1995b), destinando-se em grande parte ao comércio interno, não apresentando valor relevante como produto de exportação (LIMA, 1982).

A farinha de mandioca é definida como: "o produto obtido das raízes provenientes de plantas da família *Euphorbiaceae*, gênero *Manihot*, submetida a

processo tecnológico adequado de fabricação e beneficiamento". O padrão de identidade e qualidade deve apresentar no máximo: umidade 13%; resíduo mineral fixo 1,5%; acidez 3,0 mL de soluto alcalino normal/100 g e no mínimo 70 % de substância amilácea (BRASIL, 1995. Portaria nº 554 de 30/08/1995 da Secretaria da Agricultura, do abastecimento e Reforma Agrária).

Os sistemas de produção e de transformação desta raiz e seus derivados apresentam grande diversidade tecnológica, variando desde os pequenos cultivos em quintal, a produção tradicional dos pequenos agricultores das zonas semi-áridas do Nordeste e regiões Amazônicas, as conhecidas como casas de farinha, até as produções em larga escala das farinheiras da região Sul do Brasil, que utilizam a colheita semi-mecanizada (CHUZEL et al., 1995a).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Matérias-primas

Utilizaram-se 70 kg de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*, H. B. K. ) *in natura* com casca, safra 2001, obtida diretamente de lote a granel armazenado na Cooperativa Agro-Extrativista de Xapuri-AC, e 100kg de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) *in natura* com casca, adquirida na CEASA de Campinas - SP.

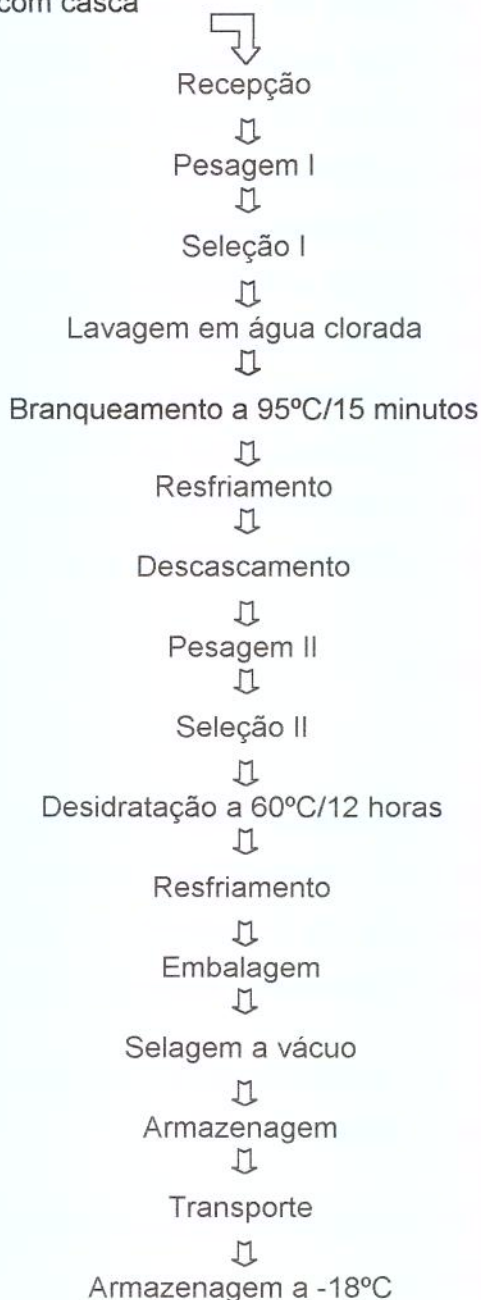
### 2.2. Processamento de castanha-do-brasil *in natura* com casca para obtenção de amêndoa e torta

**2.2.1. Experimento 1.** Processamento de castanha-do-brasil *in natura* com casca para obtenção de amêndoa.

Este processo foi realizado na Usina de beneficiamento de castanha-do-brasil da Cooperativa Agro-Extrativista de Xapuri-AC. As castanhas *in natura* com casca foram obtidas de um lote de aproximadamente 2 toneladas e submetidas a operações unitárias preconizadas por Souza (1984), conforme Fluxograma apresentado na Figura 2.1. e transportadas a temperatura ambiente, via aérea, à Planta Piloto de Processamento de Frutas do DTA/FEA/UNICAMP.



Castanha-do-brasil *in natura* com casca



**Figura 2.1.** Fluxograma do processamento de castanha-do-brasil *in natura* com casca para obtenção de amêndoa

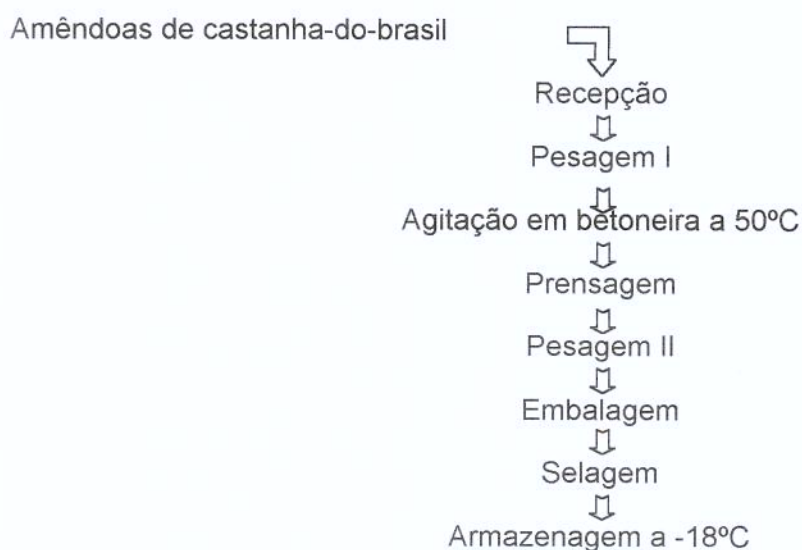
A Figura 2.1. mostra o fluxograma do processamento de castanha-do-brasil *in natura* com casca para obtenção de amêndoas. Com a finalidade de obter uma matéria-prima de boa qualidade, livre de ataque de fungos, contaminações e segura ao consumo humano, realizou-se trabalho de campo e processamento das castanhas *in natura* para obtenção de amêndoas, na Cooperativa Agro-Extrativista



de Xapuri-Ac, localizada em um dos locais produtores de castanha-do-brasil da região amazônica. As castanhas foram lavadas com água clorada, submetidas ao tratamento térmico de branqueamento em água quente a 95°C por 15 minutos, objetivando a inativação das enzimas lipoxigenases e de acordo com Lowe et al. (1971), reduzir a microbiota, melhorar a aparência, aroma e sabor, além de tornar a casca mais maleável e a amêndoa mais elástica, facilitando a retirada da casca (SRUR, 1976), evitando a quebra da amêndoa.

### **2.2.2. Experimento 2.** Processamento de amêndoas de castanha-do-brasil para obtenção de torta de amêndoa.

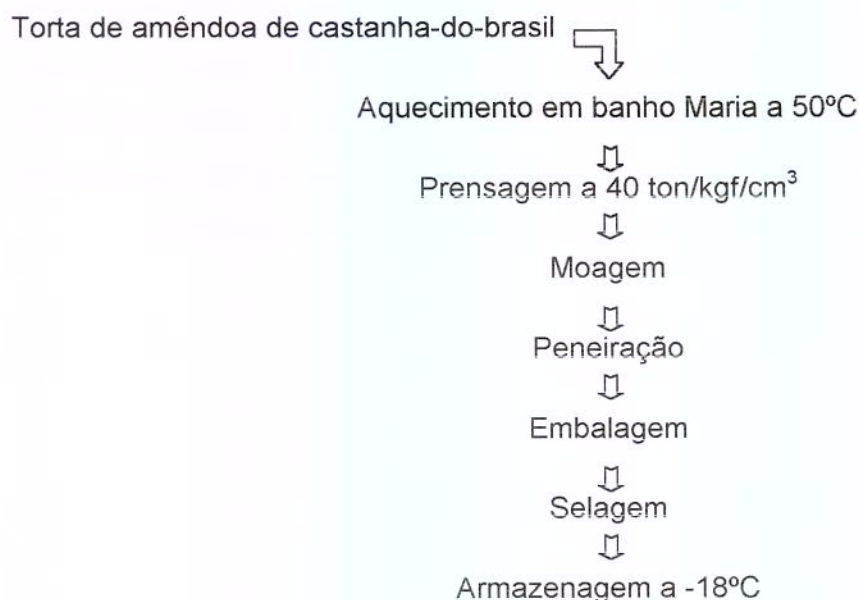
O processamento de extração de óleo das amêndoas de castanha para obtenção de torta foi realizado no Instituto de Tecnologia de Alimentos-ITAL em Campinas-SP, utilizando-se prensa elétrica de rosca sem fim, marca Ecirtec modelo MP-40. As amêndoas com a película, foram submetidas as operações unitárias, conforme mostra o Fluxograma da Figura 2.2. Foram pesadas, colocadas em uma betoneira, adicionadas a 1 litro de água e aquecidas até 50°C, facilitando a liberação de óleo da amêndoa, prensadas, pesadas, embaladas em saco flexível metalizado, seladas e armazenadas a temperatura de -18°C.



**Figura 2.2.** Fluxograma do processamento de amêndoa de castanha-do-brasil para obtenção de torta.

### 2.2.3. Experimento 3. Processamento de re-extração de óleo de torta de amêndoas de castanha-do-brasil.

Com a finalidade de reduzir o percentual de óleo da torta de amêndoa de castanha-do-brasil, realizou-se uma outra prensagem do material (já reduzido em 50%), em prensa hidráulica manual na Planta Piloto de Processamento de Frutas do DTA/FEA/UNICAMP, conforme Fluxograma apresentado na Figura 2.3. A torta obtida da extração de óleo na prensa elétrica, foi aquecida em banho maria até alcançar a temperatura de 50°C e prensada em prensa hidráulica, a 40 toneladas de  $\text{kgf/cm}^3$ , com tempo de residência de 10 minutos, para cada partida. A seguir, a torta foi moída, em triturador elétrico marca Stefani, peneirada em malha de 60 *mesh*, pesada, embalada em saco metalizado, selada e armazenada em câmara de congelamento a temperatura de -18°C.



**Figura 2.3.** Fluxograma do processamento de re-extração de óleo de torta de amêndoa de castanha-do-brasil

Os processos de obtenção das tortas de amêndoa de castanha-do-brasil estão apresentado nos Fluxogramas das Figuras 2.2. e 2.3. Inicialmente, foram desenvolvidos vários testes experimentais de extração de óleo, utilizando



amêndoas, que foram submetidas a diferentes toneladas de pressão e tempo, em prensa hidráulica manual, disponível na Planta Piloto de Frutas do DTA/FEA/UNICAMP, visando a obtenção de baixo percentual de óleo na torta. A prensa hidráulica manual não mostrou-se um equipamento eficiente para a extração do óleo até o teor residual necessário (máximo de 5 % de óleo residual na torta), para uso posterior da torta no processamento por extrusão, pois o teor de lipídios obtido nas condições estudadas correspondeu à 26,43%. Outro inconveniente foi a pequena capacidade (500g) do cilindro da prensa, tornando o processo de extração muito lento, uma vez que o experimento envolvia uma quantidade razoável de amêndoas (70 kg) para extração de óleo.

Neste caso, em virtude do alto percentual de óleo encontrado na torta, buscaram-se outras alternativas para extração por prensagem do óleo das amêndoas. Um outro processamento de extração de óleo foi realizado em prensa elétrica de rosca sem fim marca Ecirtec modelo MP-40, no Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL em Campinas - SP, conforme mostra o Fluxograma da Figura 2.2. No início do processo de prensagem ocorria uma boa separação do óleo da torta, mas à medida que mais amêndoas alimentavam a prensa, parte da torta misturava-se ao óleo que drenava e de óleo misturava-se à torta, de modo que foi impossível a separação total da torta do óleo, resultando ainda um alto residual de óleo na torta. Realizou-se outra prensagem do material saturado, mas não obteve-se o resultado esperado (baixo residual de óleo na torta).

Portanto, para obter uma torta com menos óleo, efetuou-se outro processo de prensagem do material, já reduzido em 50%, em prensa hidráulica manual, na Planta Piloto de Processamento de Frutas da FEA/DTA/UNICAMP conforme o Fluxograma da Figura 2.3.

## **2.3. Processamento de mandioca *in natura* para obtenção de farinha**

**2.3.1. Experimento 4.** Processamento de mandioca *in natura* para obtenção de farinha de mandioca.



O processamento das raízes de mandioca *in natura* foi realizado na Planta Piloto de Processamento de Frutas do DTA/FEA/UNICAMP, conforme operações citadas no fluxograma apresentado na Figura 2.4. Procederam-se as operações unitárias de pesagem I; seleção I; lavagem; descascamento manual; seleção II, para eliminar as partes impróprias; corte em pequenos pedaços utilizando faca de aço inoxidável; lavagem com água clorada; moagem em triturador elétrico (marca Stefani); prensagem em prensa hidráulica para eliminar o excesso de água (manipueira); desintegração; disposição em bandejas vazadas, protegidas com papel manteiga; desidratação em estufa com circulação de ar a temperatura de 60°C/48 horas; esfriamento a temperatura ambiente, moagem II em triturador elétrico marca Stefani; peneiração em 60 *mesh*; pesagem II; embalagem em saco de polietileno; selagem e armazenagem em câmara fria a temperatura de 5°C.

## **2.4. Análises realizadas na amêndoa e torta de amêndoa de castanha-do-brasil e na farinha de mandioca**

### **2.4.1. Amêndoa e torta de amêndoa de castanha-do-brasil**

#### **2.4.1.1. Aflatoxina**

Foram realizadas segundo a metodologia descrita por Rodriguez Amaya e Valente Soares (1989).

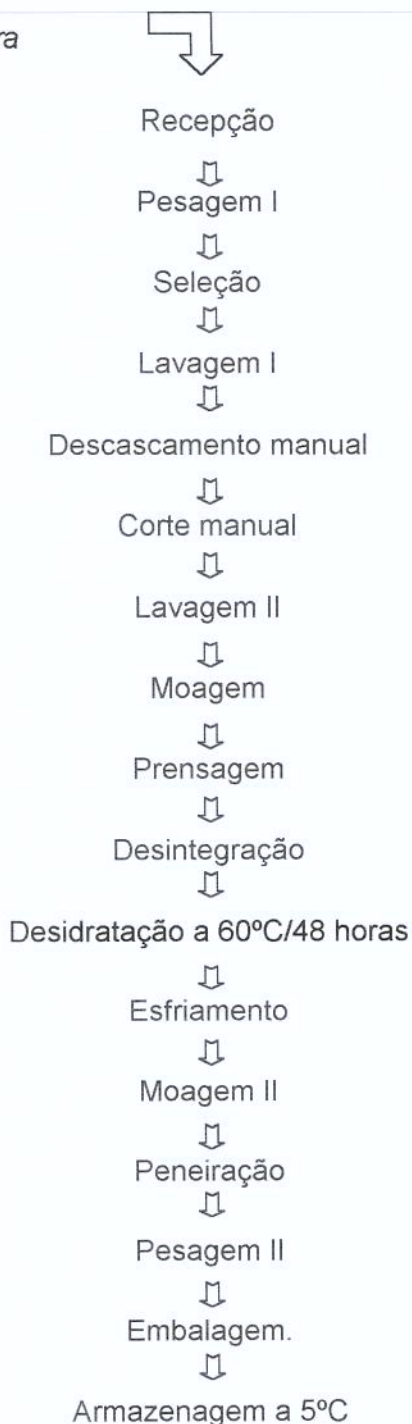
#### **2.4.1.2. Selênio**

Foram realizada segundo a metodologia reportado por Olson et al. (1975); Imo (1990).

#### **2.4.1.3. Composição química**

Foram realizadas as análises de umidade, lipídios, cinzas e proteínas (método micro-Kjeldhal %N x 5,46) seguindo os procedimentos da AACC (1995); rancidez pelo método do IAL (1985); aminoácidos totais e livres, segundo técnica

Raízes de mandioca *in natura*



**Figura 2.4.** Fluxograma do processamento de mandioca *in natura* para obtenção de farinha

descrita por Spackman et al. (1958); triptofano, segundo método de Spies (1967); fibras dietéticas alimentares solúvel, insolúvel e totais pelo método enzimático segundo AOAC (1995), carboidratos estimados por diferença (subtraindo-se de 100 o somatório de proteínas, lipídios, cinzas, umidade e fibra alimentar total) e

energia metabolizável em kcal, a partir dos dados de composição centesimal, usando os fatores de conversão de Atwater de 4kcal/100g para carboidratos e proteínas e 9kcal/100g para lipídios (ANDERSON et al., 1988). Todas as análises foram realizadas em triplicatas e os resultados expressos em g/100g.

#### **2.4.2. Farinha de mandioca**

Foram realizadas análises análogas às procedidas para castanha e torta, conforme 2.4.1.3.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Análises realizadas na amêndoa e torta de amêndoa de castanha-do-brasil e na farinha de mandioca**

A Tabela 2.1. apresenta os resultados das análises de aflatoxina, selênio, composição centesimal e valor calórico, realizadas na amêndoa e torta de castanha-do-brasil e na farinha de mandioca.

A negatividade dos resultados de aflatoxinas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> e G<sub>2</sub> na amêndoa e torta de castanha-do-brasil comprovou sua alta qualidade em relação à segurança alimentar, devido à ausência dessas micotoxinas (substâncias naturais secretadas por fungos), estando as amêndoas e torta próprias para o consumo humano, em relação aos metabólitos tóxicos citados. Tais micotoxinas secretadas por fungos podem ser encontrados em vários grupos de alimentos, especialmente oleaginosas como a castanha-do-brasil *in natura* ou processada. De acordo com Santúrio (2002), dentre as micotoxinas conhecidas, as aflatoxinas são as mais tóxicas de todas, principalmente a aflatoxina B<sub>1</sub>.

As aflatoxinas produzidas pelos fungos dos gêneros *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*, são altamente tóxicas e carcinogênicas e provocam câncer do fígado, mesmo estando presentes em quantidades muito pequenas (mg) (SABBATINI, 2002).



**Tabela 2.1.** Resultados de composição química centesimal, selênio em mg/kg, aflatoxina e valor calórico em kcal/100g, encontrados na amêndoa e torta de amêndoa de castanha-do-brasil e na farinha de mandioca

| Produto                      | Composição centesimal e valor calórico (kcal/100g) <sup>1</sup> |        |         |          |                 |       |       |      |                  |      |    |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------|---------|----------|-----------------|-------|-------|------|------------------|------|----|
|                              | Umida<br>de                                                     | Cinzas | Lipídio | Proteína | Carboi<br>drato | FDAT  | FI    | FS   | Valor<br>calóric | Se   | AF |
| Farinha de<br>mandioca       | 12,78                                                           | 0,74   | 0,26    | 1,21     | 79,33           | 5,68  | 4,51  | 1,17 | 324,56           | NR   | NR |
| Desvio                       |                                                                 |        |         |          |                 |       |       |      |                  |      |    |
| Padrão ±                     | 0,02                                                            | 0,00   | 0,02    | 0,05     | 0,01            | 0,02  | 0,02  | 0,03 | 0,22             | NR   | NR |
| Amêndoa<br>de CB             | 3,13                                                            | 3,84   | 67,30   | 14,29    | 3,42            | 8,02  | 4,89  | 3,12 | 676,56           | 2,04 | 0% |
| Desvio                       |                                                                 |        |         |          |                 |       |       |      |                  |      |    |
| Padrão ±                     | 0,01                                                            | 0,01   | 0,02    | 0,00     | 0,06            | 0,02  | 0,03  | 0,01 | 0,18             | 0,01 | -  |
| Torta de<br>amêndoa<br>de CB | 6,70                                                            | 8,85   | 25,13   | 40,23    | 3,37            | 15,72 | 12,67 | 3,04 | 400,60           | 7,13 | 0% |
| Desvio                       |                                                                 |        |         |          |                 |       |       |      |                  |      |    |
| Padrão ±                     | 0,00                                                            | 0,00   | 0,00    | 0,03     | 0,04            | 0,02  | 0,09  | 0,07 | 0,09             | 0,04 | -  |

<sup>1</sup>Média de 3 determinações; CB=Castanha-do-brasil; FDAT=% Fibra dietética alimentar total; FI =%Fibra alimentar insolúvel; FS =% Fibra alimentar solúvel; Valor calórico em energia metabolizável = (kcal/100g); Se= Selênio em mg/Kg; AF= Aflatoxina; NR= Não Realizado.

O mesmo autor afirma que grandes remessas de castanha-do-brasil (castanha do Pará) já foram proibidas de entrar nos Estados Unidos, por estarem contaminadas com aflatoxina e que as paçoquinhas de amendoim, são verdadeiras "bombas", pois, geralmente, são processadas com amendoim contaminado com aflatoxinas ou de qualidade inferior, rejeitado para comercialização *in natura*. Os seus fabricantes cometem um verdadeiro "atentado contra a saúde da população".

Izquierdo et al. (1995) realizaram análises de aflatoxinas em 10 amostras de amendoim, gergelim, algodão, sorgo, milho, arroz, soja, alimento concentrado, mandioca e trigo utilizadas como matérias-primas para a alimentação animal e os resultados indicaram que 80% das amostra analisadas continham aflatoxinas. A aflatoxina B<sub>2</sub> foi a de maior incidência, enquanto que a G<sub>2</sub> foi a de menor. As amostras de amendoim e alimento concentrado apresentaram todas as aflatoxinas

analisadas ( $B_1$ ,  $B_2$ ,  $G_1$  e  $G_2$ ) e nas de mandioca e trigo não foi detectada a presença de aflatoxinas. Deste estudo, concluiu-se que é abundante a presença de aflatoxinas em alguns produtos que se utilizam para a formulação de alimentos para animais, como por exemplo: sorgo, milho, algodão e amendoim.

A presença de aflatoxinas nos alimentos destinados ao consumo humano supõe um risco óbvio potencial para a saúde pública (AMADO, 2002). Purchase (1972), Kely e Booth (1971) e Bullerman et al. (1969) abordam que a presença de aflatoxina em alimentos os tornam inadequados para o consumo humano e animal. Amostras de carne, leite e ovos provenientes de animais alimentados com rações que contenham aflatoxinas, têm apresentado as toxinas ou seus derivados em seus produtos.

Alves (1995), trabalhando com avaliação do nível de aflatoxina em amendoim armazenado após secagem natural e artificial, concluiu que lotes livres de aflatoxina antes do processo de secagem natural não apresentam a micotoxina no armazenamento, mesmo com teor de umidade maior, e que as embalagens mantiveram o produto livre de micotoxina durante a armazenagem.

Portanto, podemos inferir que como os produtos em estudo, amêndoas e torta de castanha-do-brasil, apresentaram negatividade para as micotoxinas dos tipos aflatoxinas  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $G_1$  e  $G_2$ , pode-se afirmar que neles e nos seus derivados provenientes daquela partida de amostra, ocorrerá ausência de aflatoxinas, desde que sejam mantidas as boas práticas de processamento e armazenagem. No Brasil, a Resolução nº 34/1976/MS fixa a tolerância de 30 ppb de aflatoxinas para alimentos. Deve-se ressaltar, entretanto, que o limite permitido no Brasil é um dos maiores existentes na legislação mundial, por isso é recomendável que se trabalhe teores inferiores àquele limite máximo permitido, devido à alta periculosidade desse metabólito.

O teor de selênio encontrado na amêndoa de castanha-do-brasil foi de 2,04 mg/kg, valor que está dentro da média dos valores encontrados por Chang et al. (1995), que analisaram dois lotes de 162 amêndoas de castanha-do-brasil, um proveniente dos estados do Acre e Rondônia e o outro de Manaus e Belém, encontrando teores de selênio em mg/kg, variaram entre 3,06 a 4,01 e 36,0 a 50,0,



respectivamente. Palmer e Herr (1982) encontraram valores entre 0,0 a 497 ppm/kg de selênio, sendo que 45,32% de castanhas apresentavam selênio na faixa de 0,0 a 9,9 ppm. As oscilações nos teores de selênio dependem fundamentalmente do solo da região de cultivo da planta.

A quantidade de selênio encontrada na torta de castanha-do-brasil foi de 7,13 mg/kg, sendo portanto 3,56 vezes maior que o teor da amêndoa. Esta diferença pode ser explicada pela grande quantidade de amostra de amêndoas que foi utilizada para obtenção da torta, 70 kg de amêndoa; a presença da película na amêndoa; a extração do óleo da torta, que deve ter contribuído para a concentração do mineral em estudo. Não foram encontrados na literatura dados sobre o teor de selênio na torta desta amêndoa.

O selênio retarda o envelhecimento, combate a tensão pré-menstrual, preserva a elasticidade dos tecidos, previne o câncer e neutraliza os radicais livres. Em homens, aumenta a potência e o interesse sexual e supre a carência gerada quando o selênio é perdido com o sêmen (ALVARENGA, 2002).

Protege contra enfermidades cardiovasculares e estimula o sistema imunológico. Se encontra naturalmente nos alimentos de origem animal, frutos do mar, carnes, fígado, rim, vegetais e cereais integrais. Existem estudos que indicam que em regiões onde há carência de selênio no solo, aparecem cardiopatias e alguns tipos de câncer. Os requerimentos diários são da ordem de 50 a 75 microgramas para mulher e homem adultos. A ingestão de uma dieta equilibrada satisfaz às necessidades diárias. Um regime carente de selênio induziu catarata em animais, e não se pode deixar de associar a relação entre a carência de selênio em velhos, freqüentemente desnutridos, e o aparecimento da catarata (<http://www.zonadiet.com/Sales Minerales/Selênio>).

Foi provado que o selênio é um componente da *glutathion peroxidase* (GTP), uma enzima que destrói os peróxidos, isto é, os agentes oxidantes que atacam a célula. Não há dúvida, hoje, de que o selênio, por seu papel na *glutathion peroxidase*, faz parte dos defensores da células contra a ação dos agentes oxidantes como o fazem a vitamina E, a catalase e a superóxido dismutase ([www.oligopharma.com.br/oligoelementos/selênio.htm](http://www.oligopharma.com.br/oligoelementos/selênio.htm). O Selênio).



Mark et al. (2000) examinaram através de estudos em população humana a associação entre os níveis séricos de selênio e o desenvolvimento de câncer escamoso de esôfago e adenocarcinoma gástrico. De acordo com os resultados obtidos, concluíram que 26,4% dos casos de câncer das cárdias (orifícios que permitem a passagem do conteúdo esofágico para o estômago), podem ser atribuídos a baixos níveis de selênio no sangue. Eles especulam com a possibilidade de que as conclusões do estudo conduzam a decisão de suplementar com selênio, de forma massiva a população da China, da mesma forma em que se suplementa com flúor ou folato em outros países, já que a incidência de câncer de esôfago e de estômago na China é proporcionalmente alta. O aporte alimentar diário de selênio varia de um país para outro.

A toxicidade com selênio é muito pouco conhecida devido ao mecanismo de regulação fisiológica (RAYMAN, 2000). Avaliação de dados em animais são insuficientes para permitir reconhecer a carcinogenicidade de selênio e dados disponíveis com humanos não sugerem que o selênio seja carcinogênico ao homem (PARIZEK, 1987).

Os percentuais de proteínas: 14,29 e 40,23; fibra dietética alimentar total: 8,02 e 15,72 e lipídios: 67,30 e 25,13; encontrados na amêndoa e torta de amêndoa de castanha-do-brasil são encontrados na Tabela 2.1. Glória e Reginato D'Arce (2000) trabalhando com torta, concentrado e isolado protéico de castanha-do-brasil desengordurada por prensagem e posteriormente com solvente hexano, encontraram percentuais de 47,6% de proteína na torta; 59,3% de proteína no concentrado; 81,6% de proteína no isolado; 5,5% de fibra bruta na torta; 9,1% de fibra bruta no concentrado; 0,7% de fibra bruta no isolado; 1,2% de lipídios na torta; 1,4 de lipídios no concentrado e 0,2% de lipídios no isolado.

Entende-se que a diferença entre os valores encontrados pelos autores e os deste trabalho, deve ter sido devida a vários fatores como: a origem e tipo da castanha utilizada para obtenção da torta; da forma que se utilizou neste trabalho amêndoas integrais com toda a película marrom; aos métodos de extração de óleo da amêndoa para obtenção da torta, que neste trabalho foi a prensagem resultando em um elevado percentual de material graxo na torta; sendo que as

autoras trabalharam com torta que foi desengordurada por prensagem e solvente hexano, onde foi extraído praticamente todo material lipídico.

O teor de lipídios encontrado na amêndoa (67,30%) está dentro dos valores achados por Souza (1984), Santos (1978), Camargo (1968) e Hart e Fisher (1971). Na torta de amêndoa foi encontrado 25,13% de lipídio, resultado considerado alto, uma vez que o objetivo era obter um menor residual de óleo, visando a obtenção de uma torta vegetal protéica, com menos calorias provenientes de gordura. No entanto, este constituinte é importante do ponto de vista nutricional, de modo que Souza (1984) e Tateo (1971) afirmam que o maior componente da fração graxa da amêndoa de castanha-do-brasil é o ácido graxo linoléico, reconhecido universalmente como ácido graxo essencial, de grande relevância na dieta. Esses pesquisadores estudando a composição dos ácidos graxos do óleo de castanha constataram que os maiores componentes são os ácidos linoléico (C18:2) com 44,95% e oléico (C18:1) com 31,35% (SOUZA, 1984) e linoléico (C18:2) com 45,2% e oléico (C18:1) com 31,40% (Tateo, 1971).

Os valores de fibra alimentar total encontrados na amêndoa (8,02%) e torta (15,72%) foram bem mais elevados do que os observados por Glória e Reginato D'Arce (2000), o que pode ter sido devido à origem da matéria-prima, presença de película marrom na amêndoa, variabilidade genética, grau de maturação e ao método enzimático de análise utilizado neste trabalho. Estes resultados (Tabela 2.1.) são desejáveis do ponto de vista nutricional e observou-se que os teores das fibras insolúveis foram maiores do que os das fibras solúveis na amêndoa e torta de castanha.

Fibra alimentar é a soma de todos os polissacarídeos de vegetais (celulose, hemicelulose, pectinas, gomas e mucilagens), mais lignina, que não são hidrolisados pelas enzimas do trato digestivo humano. Para fins práticos as fibras da dieta podem ser agrupadas em duas grandes categorias, conforme a solubilidade de alguns componentes em água: insolúveis (são os polissacarídeos estruturais: celulose, lignina e hemicelulose) e solúveis (os não estruturais) que têm mostrado efeitos fisiológicos bastante diferentes.



As fibras insolúveis diminuem o tempo de trânsito intestinal, aumentam o volume fecal, tornam a absorção de glicose mais lenta e retardam a hidrólise do amido. As fibras solúveis retardam o esvaziamento gástrico, aumentam o tempo de trânsito intestinal, tornando a absorção da glicose mais lenta. Os componentes não estruturais são formados de vários compostos, sendo muito importantes os ricos em ácido urônico - substâncias pécticas, mistura complexa de polissacarídeos coloidais. Podem aparecer ainda na fração indigerível, gomas e mucilagens, nem sempre originadas dos vegetais, mas adicionadas durante o processamento, principalmente para dar textura ao produto como goma agar, carragena, guar. As frações pécticas da fibra são significativamente hipocolesterolêmicas, bem como as gomas e mucilagens (TROWELL, 1986; CAVALCANTI, 1989; CAMPOS, 1990; PROUDLOVE, 1996).

Anderson et al. (1990) mostram, em seus estudos, que as fibras da dieta são benéficas ao organismo pois diminuem o colesterol plasmático total, a lipoproteína LDL-colesterol e os triglicérides plasmáticos, além de favorecerem a saciedade e a perda de peso corporal. As fibras solúveis, encontradas principalmente em feijões, aveia e farelos, se sobressaem quanto ao efeito hipocolesterolêmicos.

Os resultados de umidade, proteína, lipídio e cinzas encontrados na farinha de mandioca, Tabela **2.1**, estão de acordo com os encontrados por Lima (1982) e com o padrão de identidade e qualidade de no máximo 13% de umidade e 1,5% de resíduo mineral fixo, e no mínimo 70% de substâncias amiláceas, conforme Portaria nº 554 de 30/08/1995 MA. Os percentuais de umidade da amêndoa 3,13 e torta de amêndoa 6,70 estão bem abaixo dos valores máximo recomendado para grãos (12%), sendo assim, pode-se dizer que são produtos estáveis.

Em relação ao valor calórico (kcal/100g), em energia metabolizável que se encontra na Tabela **2.1**, pode-se observar que a farinha de mandioca apresentou 324,56 kcal/100g, a torta de castanha 400,60 kcal/100g e a amêndoa 676,56 kcal/100g. O maior valor para a amêndoa foi devido ao alto percentual de lipídio que contribuiu muito para elevar o seu valor energético, enquanto que na torta, cujo lipídio foi extraído, o valor calórico foi reduzido. Estes resultados estão de acordo com os achados de Campos et al., Rodrigues, Hawley e Carden e Cooper



et al., apud Souza (1963) para amêndoa de castanha e Franco (1992) para farinha de mandioca.

Os aminoácidos livres e totais encontrados na amêndoa e torta de castanha-do-brasil encontram-se expressos na Tabela 2.2.

**Tabela 2.2.** - Aminoácidos livres e totais encontrados na amêndoa e torta de castanha-do-brasil em g de aminoácidos/100gramas de proteína, neste estudo e de outros autores.

| Aminoácidos na proteína | Amêndoa/ AA livres         | Torta / AA totais          |                          | Amêndoa / AA totais        |                |             |
|-------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------|-------------|
|                         | Nossa Amostra <sup>1</sup> | Nossa Amostra <sup>1</sup> | Glória; R. D'Arce (2000) | Nossa Amostra <sup>1</sup> | Camargo (1968) | Srur (1976) |
| Ác. aspártico           | 0,03                       | 6,49                       | ND                       | 10,11                      | 3,13           | 3,70        |
| Treonina                | 0,05                       | 1,79                       | 3,16                     | 3,02                       | 1,18           | 0,97        |
| Serina                  | ND                         | 3,29                       | ND                       | 5,24                       | 1,50           | 1,86        |
| Ác glutâmico            | 0,02                       | 16,82                      | ND                       | 25,01                      | 11,02          | 12,92       |
| Prolina                 | 0,05                       | 2,80                       | ND                       | 4,76                       | 0,81           | 1,80        |
| Glicina                 | 0,10                       | 3,59                       | ND                       | 5,72                       | 2,78           | 2,03        |
| Alanina                 | 0,03                       | 2,60                       | ND                       | 4,32                       | 2,29           | 1,49        |
| Cistina                 | ND                         | 1,86                       | ND                       | 2,33                       | 0,86           | 0,84        |
| Valina                  | 0,04                       | 3,65                       | 5,92                     | 5,12                       | 3,33           | 1,66        |
| Metionina               | 0,03                       | 5,38                       | 9,55                     | 7,12                       | 2,70           | 2,82        |
| Isoleucina              | 0,10                       | 2,55                       | 3,75                     | 3,09                       | 2,13           | 1,19        |
| Leucina                 | 0,10                       | 5,34                       | 8,71                     | 8,58                       | 4,54           | 3,28        |
| Tirosina                | ND                         | 1,84                       | ND                       | 3,23                       | 1,46           | 1,01        |
| Fenilalanina            | ND                         | 2,87                       | 4,92                     | 4,90                       | 2,50           | 1,49        |
| Lisina                  | 0,03                       | 2,31                       | 3,71                     | 4,53                       | 2,72           | 1,00        |
| NH <sub>3</sub>         | 0,01                       | 1,47                       | ND                       | 2,01                       | 1,29           | 0,83        |
| Histidina               | 0,01                       | 2,06                       | ND                       | 3,11                       | 2,31           | 0,79        |
| Triptofano              | NI                         | 0,71                       | ND                       | 1,10                       | 0,87           | ND          |
| Arginina                | 0,26                       | 11,39                      | ND                       | 17,30                      | 8,26           | 5,32        |

<sup>1</sup>Material desengordurada; AA - aminoácidos; NI-não identificado; ND-não determinado.

Os resultados reportados na Tabela 2.2., achados por Camargo (1968) e Srur (1976) também diferem dos deste trabalho, contudo encontrou-se todos os aminoácidos essenciais.

Os valores encontrados na amêndoa estão de acordo com os resultados observados por Srur (1976) e Camargo (1968) em relação a qualificação, exceto para o triptofano, que Srur (1976) não determinou, mas diferem na quantificação. Entretanto, Camargo (1968) afirma que "tendo em vista o número de aminoácidos

presentes na castanha e, principalmente, ao fato de conter aqueles considerados essenciais, inclusive o triptofano, pode-se afirmar a sua excelência entre os alimentos vegetais. A farinha (torta de castanha) poderá servir, assim, de ótima base protéica na alimentação".

Na torta, foram encontrados os mesmos aminoácidos presentes na amêndoa, porém em percentagens menores, o que pode ter sido devido a presença de uma maior quantidade de película na torta, que elevou o percentual de fibras totais, reduzindo os de aminoácidos. Glória e Reginato D'Arce (2000), analisaram a torta de castanha do Pará desengordurada e encontraram os seguintes aminoácidos mostrados na Tabela 2.2. Esses valores estão acima dos encontrados neste trabalho, apenas para treonina, leucina e fenilalanina. Entretanto, sabe-se que existem variações na composição química dos alimentos em função de diversos fatores como: variedade e grau de maturação do vegetal, adubação, fatores edafoclimáticos, fatores genéticos, metodologia empregada e outros.

Um outro fator que pode explicar a variação encontrada, pode ter sido as diferentes origens dos materiais estudados, uma vez que Camargo (1968); Srur (1976); Glória e Reginato D'Arce (2000) trabalharam com castanhas procedentes do estado do Pará, além de não especificarem se as amêndoas estavam ou não com a película marrom. Neste trabalho, as castanhas foram provenientes do estado do Acre e utilizadas com toda película marrom. Mesmo assim, concluiu-se que todos os aminoácidos essenciais e os sulfurados estavam presentes, tanto na amêndoa como na torta.

Srur (1976) afirma que a elevada concentração em metionina na proteína da castanha é um dado que merece ser considerado no equilíbrio de aminoácido das dietas infantis artificiais, geralmente deficientes em aminoácidos sulfurados.

Neste nosso trabalho, os teores de aminoácidos sulfurados (metionina + cistina), encontrados na amêndoa (9,45 g de aminoácidos por 100g de proteínas), como na torta (7,24 g de aminoácidos por 100 g de proteínas) estavam acima do valor (2,5 g de aminoácidos por 100 g de proteínas), estabelecido pelo Padrão da FAO/WHO/UNU(1985). Do mesmo modo, os teores encontrados na amêndoa de



castanha, dos aminoácidos (em g de aminoácidos por 100 g de proteínas) isoleucina 3,09; valina 5,15; leucina 8,58 e histidina 3,11, se apresentaram superiores aos valores referentes aos aminoácidos do padrão referido, estando o triptofano (1,10 de aminoácidos por 100 g de proteínas) com o valor igual ao estabelecido pelo mesmo padrão.

Apenas os teores dos aminoácidos essenciais treonina (em g de aminoácidos por 100 g de proteínas) treonina 3,02 e lisina 4,53, estavam presentes em quantidades um pouco abaixo dos padrões da FAO/WHO/UNU (1985). Mesmo assim, vários autores classificam a proteína da castanha-do-brasil como um dos alimentos vegetais mais completos (TEIXEIRA, 1954). Estudos mostram que o teor de proteína de farinha de castanha-do-Pará foi superior à proteína isolada da soja e inferior à caseína em ensaios realizados com ratos (MOURA e ZUCAS, 1981).

#### **4. CONCLUSÕES**

Não foi encontrada a presença de aflatoxinas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> na amêndoa e torta de castanha-do-brasil. Esta negatividade comprovou sua alta qualidade em relação à segurança alimentar, estando próprias para o consumo humano, em relação aos metabólitos tóxicos citados (micotoxinas), podendo-se afirmar que neles e nos derivados provenientes daquela partida de amostra, ocorrerá sempre ausência de aflatoxinas, desde que sejam mantidas boas práticas de fabricação e armazenagem.

Os teores de selênio encontrados na amêndoa e torta de amêndoa de castanha-do-brasil foram de 2,04 e 7,13 mg/kg. Esta quantidade é muito importante para a saúde humana, uma vez que este oligoelemento participa de muitas reações bioquímicas no organismo humano protegendo-o de doenças graves.

O teores de fibra dietética alimentar total encontrados na farinha de mandioca, amêndoa e torta de amêndoa de castanha-do-brasil podem ser considerados



como um apelo ao seu consumo diário, devido a significância deste componente, além do selênio, que mesmo não apresentando valor nutritivo, apresenta outros de maior relevância à saúde humana.

A proteína da amêndoa e torta de castanha-do-brasil é rica em aminoácidos sulfurados (metionina e cistina) e isoleucina, apresentando valores superiores aos do padrão da FAO/WHO/UNU (1985) e todos aqueles considerados essenciais. Sugere-se sua mistura com outros vegetais para torná-la completa também em relação a quantidade de todos os aminoácidos essenciais.

Os três produtos processados, amêndoa e torta de amêndoa de castanha-do-brasil e a farinha de mandioca, apresentaram elevado valor calórico (kcal/100g), sendo que a torta apresentou-se como um produto protéico de origem vegetal, por conter alto percentual de proteína ( $40,23\% \pm 0,03$ ) de alto valor biológico, devido a presença de todos os aminoácidos essenciais, inclusive os sulfurados, devendo ser aproveitada para o enriquecimento de alimentos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC - AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods**. 9.<sup>th</sup>., Saint Paul, 1995.

ALMEIDA, C. P. **Castanha-do-pará, sua exportação e importação na economia amazônica**. Serviço de Informação Agrícola (SAI), 19. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, 1963. 86 p.

ALVARENGA, R. M. **Palavra de médico. Tudo o que você deve saber sobre as novas Fontes da Juventude**. Disponível em: <<http://www.palavrademedico.cjb.net/>>. Acesso em: 26 Ago. 2002.

ALVES, D. G. **Avaliação do nível de aflatoxina em amendoim (*Arachis hypogaea* L.) armazenado após secagem natural e artificial**. 1995. 65 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

AMADO, M. A. **Aflatoxinas: um problema mundial**. Disponível em:

<[http://www.ipv.pt/millennium/16\\_spec6.htm](http://www.ipv.pt/millennium/16_spec6.htm)>. Acesso em 26/08/2002

ANDERSON, J. W.; KRITCHRVISK, D.; BONFIELD, C. **Dietary Fiber: Chemistry, Physiology and Health Effects**. New York, 1990. 500p.

ANDERSON, L. A.; DIBBLE, M. V.; TURKKI, P. R.; MITCHELL, H. S.; RYNBERGEN, H. J. **Nutrição**. Trad. Nádia M. F. Truggo. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. Cap. 10, p. 179-187.

ANTONIASSI, R.; ROBBS, C. F.; SILVA, O.; FARIAS, A. X. Problemas decorrentes do processamento de castanha-do-brasil. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 16., Rio de Janeiro. **Anais CBCTA**, 1998. p. 1943 - 1946.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e pratica**. 2.ed. Viçosa:UFV, 1999. 416 p.

AOAC - ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official Methods of Analysis**. 16<sup>th</sup> ed., v. 2, Arlington, VA. USA, 1995.

BORGES, P. **Do valor alimentar da castanha-do-pará**. Rio de Janeiro, SAI, 1967. 38 p. Estudos técnicos nº 39.

BRASIL. **Resolução nº 34/1976**. **Diário Oficial**. Ministério da Saúde., Brasília.

BRASIL. **Portaria nº 554 de 30 de agosto de 1995**. **Diário Oficial**. Brasília, Secretaria da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária. 1 Set., Seção 1.

BULLERMAN, L. B.; HARTMAN, P.; AYRES, J. C. 1969. Extraction and analysis of aflatoxins from cured and aged meats. **Journal .A.O.A.C.** 52: p. 638-641.

CÂMARA, G. M. S.; GODOY, O. P.; MARCOS, F.º, J.; LIMA, U. A. Tecnologia da produção: In: CÂMARA, G. M. S.; GODOY, O. P.; MARCOS, F.º, J.; LIMA, U. A. **Mandioca: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. (Série Agroindustrial nº 4). São Paulo: Secretaria da Ind., Com., Cienc. E Tec., 1982. p. 1-44.

CAMARGO, L. A. A. **Estudo químico-bromatológico das castanhas da *Bertholletia excelsa***, H. B. K. Araraquara, 1968. 43 p. Tese de Doutorado - Faculdade de Farmácia e Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual de São Paulo.

CAMPOS, M. A. P. Fibra: A fração alimentar que desafia os estudiosos. **Alim.Nutr.**, São Paulo, 2: 53-63, 1990.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da amazônia I**. Belém, Museu Paraense Emilio Goeldi, 1972. 84 p.ESALQ/USP. 1982, p.45-80 (Série extensão rural, 5).

CAVALCANTI, M.L.F. Fibras Alimentares. **Revista de Nutrição**. Campinas, 2 (1): 88-97, jan./jun.1989.

CHANG, C. C.; GUTENMANN, W. H.; REID, C. M.; LISK, D. J. Selenium content of Brazil nuts from two geographic locations in Brazil. **Chemosphere**, v.30, n.4, p.801-2, 1995.

CHUZEL, G.; VILPOUX, O.; CEREDA, M. P. Le Manioc Au Brésil. Importance socio-économique et diversité. In: EGBE, T. A.; BRAUMAN, A.; GRIFFON, D.; TRECHE, S. (Eds.). **Transformation alimentaire du manioc**. Paris: Orstom, 1995b. p. 571 - 579.

CHUZEL, G.; ZAKHAIA, N.; CEREDA, M. P. Potencialités de nouveaux produits derives du manioc au Brésil. In: EGBE, T. A.; BRAUMAN, A.; GRIFFON, D.; TRECHE, S. (Eds.). **Transformation alimentaire du manioc**. Paris: Orstom, 1995a. p. 63 - 74.

COOPERATIVA AGRO-EXTRATIVISTA DE XAPURI-AC. **Castanha-do-Brasil (Bertlholletia excelsa, H. B.K.)**. Rio Branco-Acre: [s.n.t]. 2000.

DIAS, A R. G. **Efeito de oxidantes, de ácidos orgânicos e da fração solúvel em água na propriedade de expansão do amido de mandioca fermentado**. Campinas, 2001. 149 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

FAO/WHO/UNU expert consultation. Energy and protein requeriments: FAO/WHO nutrition meetings. Geneva: **Food and Agriculture Organization/World Health Organization**, 1985. Report series 724.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. São Paulo, Atheneu, 1992. 230p.

GLÓRIA, M. M. DA & REGINATO-D'ARCE, M. A. B. Concentrado e isolado protéico de torta de castanha-do-Pará: Obtenção e caracterização química e funcional. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.20, n.2, p.240-245, maio/ago.2000.



HART, F. L.; FISHER, H. J. **Modern food analysis**. New York, Springer - Verlag, 1971. p. 271-307.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. Vol.1:Métodos químicos e físico para análise de alimentos. 3 ed. São Paulo, 1985.

IMO INDUSTRIES INC. BAIRD ANALYTICAL INSTRUMENTS DIVISION. **ICP 2000**. Spectrometer user's guide. Bedford, Massachusetts. Dez. 1990.

IZQUIERDO C., P.; ROJAS V., E.; RANGEL, L.; MÁRQUEZ. Presencia de aflatoxinas en algunos alimentos. **Rev. Fac. Agron.(LUZ)**, v. 13, p.485-492, 1995.

KELY, A. C.; BOOTH, A. N. Aflatoxin effects in livestock. **J. Am. Oil Chem. Soc.** V.48, p. 599-604, 1971.

LIMA, U. A. de Industrialização da mandioca. In: CAMARA, G. M. S. **Mandioca: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. São Paulo, 1982.

LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F. **Catálogo das madeiras da Amazônia**. Belém, SUDAM, 1968. v.1, p. 238-239.

LOWE, G. L.; BRUCKER, C.; PARK, O. **Processing of Brazil nuts**. Patente nº 3. p.630-747. United States Patente Office.1971.

MARK, S. D.; QIAO, Y. L.; DAWSEY, S. M.; WU, Y.P.;KATKI, H.; GUNTER, E. W.; FRAUMEN, J.F.Jr.; BOLT, W. J.; DONG, Z. W.;TAYLOR, P.R. Prospective study of serum selenium levels and incident esophageal and gastric cancers. **J. Natl Cancer Inst.** 2000 nov. 1, 92(21):1753-1763. Disponível em: <[www.cirugest.com/Revisiones/Cir13-07/1307RB01.htm](http://www.cirugest.com/Revisiones/Cir13-07/1307RB01.htm)> **El selenio protege contra el desarrollo de cáncer de esófago y de estómago**. Acesso em: 31.08.2002.

MELO, C. F. M. Castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*, H. B. K.).In: **Conservação dos recursos naturais renováveis**. Belém, ADESG, 1977.p.77-78.

MOURA, E. C. V.; ZUCAS, S. M. Ensaio nutricional da proteína de soja suplementada com farinha de castanha-do-pará. **Alimentação**, v.57, p. 6 -17 ./dez. 1981.

- MÜLLER, C. H. ; FIGUEIREDO, F. J. C.; KATO, A. K.; CARVALHO, J. E. U. de. **A cultura da castanha-do-Brasil**. EMBRAPA, SPI. Brasília. Coleção Plantar, v.23, 65 p. 1995.
- NEVES, C. A. A castanha-do-pará. **Rev. de Agricultura**. V. 13, n. 10 – 12, p. 1-16, out./dez. 1938.
- OLSON, O. E.; PALMER, I. S.; CARY, E.K.E. Modification of the official fluorimetric method for selenium in plants. **J. Assoc. Off. Anal. Chem.** v. 58, p. 117-121, 1975.
- OYEFESO, J. A. Cassava indicted ailments - a lack of technological know-how or more cassava consumption. **The Indian Journal of Nutrition Dietetics**, Coimbatore. V. 13, n.2, p. 77 - 83, 1976.
- PARIZEK, J. Dose-response aspects of selenium in nutritional toxicology. . In: COMBS Jr. G. F. et al. Ed.). **Selenium in Biology and Medicine**. New York: An AVI Book, 1987. p. 66-77.
- PALMER, I. S. & HERR, A. N. **Journal food Scienc**. Chicago. Institut of food techonologists. Set/oct, v.47, p.1595-1597, 1982.
- PROUDLOVE, R. K. **Os alimentos em debate: uma visão equilibrada**. São Paulo, Varela. 1996. 251p.
- PURCHASE, I. F. Aflatoxin residues in feed of animal origin. Ed. Cosmetic. **Toxicology**, v. 10, p. 531-544, 1972.
- RAYMAN, M. P. **The Importance of Selenium to Human Health**. : The Lancet, Reino Unido, v. 356. p. 233-241, Dec. 2000
- RIBEIRO, M. A. A.; SOLER, R. M.; REGINATO-D'ARC, M. A. B.; LIMA, V. A. Shelled Brazil nuts canned under different atmospheres. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 105 - 107, jul./dez .1995.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; VALENTE SOARES, L. M. Survey of aflatoxins, achratoxin A, zearalenone and sterigmatocystin in some Brazilian foods, utilizing a mult-toxin thin layer chromatographic method. **J. Assoc. of Anal. Chemistry**, v.72, n.1, p. 22-26, 1989.

SABBATINI, R. M. E. **Tudo dá câncer**. Disponível em:

<<http://www.nib.unicamp.br/sabbatin.htm>> Acesso em : 25 ago. 2002.

SALES MINERALES - **SELÊNIO**. Disponível

em:<[www.zonadiet.com/nutricion/minerales.htm](http://www.zonadiet.com/nutricion/minerales.htm)> Acesso em 01.09.2002.

SANTOS, J. B. dos Castanha-do-pará. In: **Grande manual globo de agricultura**. Porto Alegre. Globo, 1978. v.3, p.200.

SANTÚRIO, J. M. Disponível em : <<http://www.alimentoseguro.com.br/alimentoseguro.htm>> **Aflatoxina** >. Acesso em: 25 Ago. 2002.

SOUZA, A. H. de **Castanha-do-pará: estudo botânico, químico e tecnológico**. SAI Estudos técnicos, 23. Rio de Janeiro, SAI, 1963. 63p.

SOUZA, M. L. de. **Estudos de processos tecnológicos para a obtenção de produtos derivados de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*, H.B.K.)**. Fortaleza, 1984, 139p. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal do Ceará.

SOUZA, M. L. DE; HOLANDA, L. F. F. DE; MAIA, G. A.; GASPAR JUNIOR, J. C.; FIGUEIREDO, R. W. de. Estudo do processamento e estabilidade de leite de amêndoa da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*, H.B.K.). **Ciência Agrônômica**. v. 18, n. 1, p. 137 - 146, Jun. 1987.

SPACKMAN, D. C.;STEIN, W. H.; MOORE, S. Automatic recording apparatus for use the chromatography of aminoacids. **Analytical biochemistry**, New York, v.30, p.1190-1206, 1958.

SPIES, J. R. Determination of tryptophan in proteins. **Analytical chemistry**, v.39, p.1412-1415, 1967.

SRUR, A. U. O .S. **Processamento da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*, H. B. K.)** Campinas, 1976. 59 p. Tese (Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

TATEO, F. Acid composition of the fatty material extracted from seeds of *Bertholletia excelsa* H.B.K. **Ind. Alimentari**, 10:70, p.68-70, 1971.

TEIXEIRA, E. **Frutas do Brasil**. Rio de Janeiro, MEC/INL, 1954. 281p.



TROWELL, H. **Dietary Fibre, Fibre-Depleted Foods and Disease**. Academic Press, London, 1986.

VIEIRA, T. M. F. S.; REGINATO-D'ARC, M. A. B. Antioxidant concentration effect on stability of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) crude oil. **Archivos Latino Americanos de Nutricion**, Guatemala, v. 49, n. 3, p. 271-274, 1999.

WOODROOF, J. G. **Tree nuts: production, processing, products**. 2.ed. Westport: AVI Publishing, 1982. 731p.

[www.oligopharma.com.br/oligoelementos/selênio/htm](http://www.oligopharma.com.br/oligoelementos/selênio/htm). Disponível em  
<[www.oligopharma.com.br/oligoelementos/selênio/htm](http://www.oligopharma.com.br/oligoelementos/selênio/htm)>. Acesso em 07.08.2002.

[www.zonadiet.com/Salesminerales/Selênio](http://www.zonadiet.com/Salesminerales/Selênio) Acesso em 11.09.2002.

## CAPÍTULO 3

### ESTUDO DE FORMULAÇÕES E PROCESSAMENTOS POR EXTRUSÃO DE MISTURAS DE TORTA DE AMÊNDOA DE CASTANHA-DO-BRASIL COM MANDIOCA PARA PRODUÇÃO DE CEREAIS MATINAIS

#### 1. INTRODUÇÃO

##### 1.1. A castanha-do-brasil

A castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*, H. B. K.), que muitos conhecem como castanha-do-Pará, é chamada oficialmente castanha-do-brasil, através do Decreto nº 51.209 de 18/08/1961 "*que aprova as novas especificações para a classificação e fiscalização da exportação da castanha-do-brasil*" (Brasil Decreto 5.209/1961). É um dos principais produtos da biodiversidade da Floresta Amazônica em relação ao valor nutritivo e econômico. Apresenta agradável sabor e alto valor nutricional, sendo amplamente utilizada na culinária doméstica pelos nativos da Amazônia no preparo de muitos alimentos como café, mingaus, doces, peixe, carnes, bolos, biscoitos, tira-gosto, angus e/ou pratos típicos e no mercado externo como ingrediente em produtos de chocolate, confeitaria, sorvetes, além de outros.

Woodroof (1982) sinaliza que a castanha-do-brasil é utilizada na alimentação na forma *in natura*, assada e salgada, na elaboração de sorvetes, produtos de padaria e mais extensivamente em confeitarias, na confecção de bolos, chocolates, bombons, doces e salgados.

##### 1.2. A mandioca

A mandioca pertence à família *Euphorbiaceae* e ao gênero *Manihot*, com um grande número de espécies. Seu nome vulgar varia regionalmente, sendo conhecida no Brasil como aipim ou macaxeira (EL-DASH et al., 1994). A *Manihot*

*esculenta*, Crantz, é a espécie de maior interesse agrônômico, podendo ser classificada como doce ou amarga, adaptada as condições edafo-climáticas brasileiras, tolerantes a estresses bióticos e abióticos, podendo apresentar rendimentos elevados até mesmo em solos já esgotados por outras culturas (GRIZOTTO, 2000). É uma importante fonte de amido para a indústria de alimentos, com uma produção mundial de raízes estimada em mais de um trilhão de toneladas ao ano, sendo um produto agrícola de grande importância para os países de clima tropical (SOARES JUNIOR, 1995).

A mandioca desempenha importante papel econômico e social para a região amazônica, pois constituiu-se num dos produtos básicos da dieta alimentar da população e participa com 51% da renda gerada pelas culturas de subsistências exploradas no estado do Acre (MOURA e CUNHA 1998). De forma geral, apresenta muitas utilizações: na forma fresca, pronta para o uso ou congelada em pedaços, distribuída em supermercados; cozida; frita; bolos; farinha de mandioca, amplamente consumida na região Amazônica e Nordeste; farinha de raspa para alimentação animal; polvilho azedo e doce para preparo de pão de queijo, bolos, biscoitos; amido nativo ou modificado utilizado em alimentos, papéis e indústrias têxteis, além de outros.

### **1.3. Extrusão termoplástica**

De acordo com El-Dash (1987), a extrusão termoplástica é um processo onde o atrito mecânico é combinado com o calor para misturar continuamente, plasticizar, gelatinizar o amido, desnaturar materiais protéicos, inativar enzimas, reestruturando-os para criar novas formas. Chen et al. (1991) enfatizam que a extrusão é um processo contínuo de um reator que trabalha a altas temperaturas e curto espaço de tempo (*high temperature short time - HTST*), em combinação com a força de cisalhamento e conteúdos de umidade relativamente baixos, capaz de transformar várias matérias-primas em produtos intermediários ou finais, totalmente modificados.



O processo de extrusão é uma tecnologia empregada na produção de cereais matinais e expandidos, produtos texturizados, farinhas instantâneas e amidos pré-gelatinizados, utilizados na formulação de sopas de preparo rápido, molhos semi-processados, produtos de confeitaria e outros. El-Dash (1982) enfoca que a técnica de extrusão permite maior facilidade na produção de misturas alimentícias destinadas ao consumo humano, produzindo uma variedade de produtos, tais como: alimentos infantis, proteínas vegetais texturizadas, bebidas em pó instantâneas, amidos modificados para uso industrial, rações pré-cozidas para animais, refeições rápidas de cereais, *snacks* e outros produtos diversos.

O objetivo deste trabalho foi estudar diferentes formulações, utilizando torta de amêndoa de castanha-do-brasil semi-desengordurada e farinha de mandioca, que após misturadas e preparadas adequadamente, foram submetidas a diferentes condições de extrusão, visando obter um cereal matinal, pronto para o consumo, rico em proteínas, fibras e carboidratos, destinado ao consumo por pessoas em qualquer fase de vida.

Esta proposta incentivará o aproveitamento de castanha-do-brasil no mercado interno pela indústria de alimentos, como forma de agregar-lhe valor, podendo em conjunto com a mandioca e/ou outras matérias regionais, contribuir para gerar emprego, incentivando a coleta, o cultivo e utilização dessas matérias-primas, para melhorar a qualidade de vida, especialmente dos habitantes da região Amazônica.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Material**

Foram utilizados torta de amêndoa de castanha-do-brasil semi-desengordurada e a farinha de mandioca, obtidas dos processamentos descritos no Capítulo 2, para formulações das misturas dos ensaios experimentais extrusados.

### **2.2. Métodos**

### 2.2.1. Experimento 1. Formulação das misturas de torta de amêndoa de castanha-do-brasil e farinha de mandioca.

Para as formulações dos tratamentos a partir das misturas de torta de amêndoa de castanha-do-brasil e farinha de mandioca, foi utilizado o delineamento fatorial completo composto central ( $2^3$ ), contendo 3 variáveis independentes, 4 repetições no ponto central e 6 pontos axiais, totalizando 18 experimentos, segundo metodologia descrita por Barros Neto et al. (1995).

As variáveis independentes estudadas foram: porcentagem de torta de amêndoa de castanha, umidade e temperatura, estabelecidas em níveis codificados:  $-\alpha$ , -1, 0, +1,  $+\alpha$ . O valor de  $\alpha$  foi em função do número de variáveis independentes ( $n=3$ ), sendo definido pela equação:  $\alpha=(2^n)^{1/4}=(2^3)^{1/4}=1,68$ . As faixas de variação entre o limite inferior e o superior de cada variável independente foram estabelecidas a partir de dados da literatura e de testes preliminares realizados, com seus respectivos valores reais, conforme apresentados na Tabela 3.1., para aplicação da metodologia de superfície de resposta (BARROS NETO et al., 1995).

**Tabela 3.1.** Níveis codificados e reais das variáveis independentes estudadas nas formulações das misturas e no processo de extrusão de cereais matinais

| Variáveis<br>Independentes | Níveis codificados e reais das<br>variáveis independentes |     |     |     |            |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------|-----|-----|-----|------------|
|                            | - $\alpha$                                                | -1  | 0   | +1  | + $\alpha$ |
| $X_1$ (castanha %)         | 19,80                                                     | 30  | 45  | 60  | 70,2       |
| $X_2$ (umidade %)          | 14,20                                                     | 17  | 21  | 25  | 27,7       |
| $X_3$ (temperatura °C)     | 116,40                                                    | 130 | 150 | 170 | 183,6      |

Os valores  $\pm \alpha$ ; 0 e  $\pm 1$  são codificados e representam:  $\pm \alpha$  (pontos axiais ou estrela  $=\pm 1,68$ ), 0 (ponto central C) e  $\pm 1$  (pontos máximos e mínimos).

Para modelar cada tratamento, pesaram-se as matérias-primas separadamente, de acordo com o delineamento experimental apresentado na



Tabela **3.2.**, utilizando-se os percentuais de farinha de mandioca necessários para completar os 100 % de cada um dos 18 tratamentos do delineamento experimental. Os 18 tratamentos (misturas), foram condicionados com água destilada, suficiente para atingir o nível desejado de umidade. O volume de água utilizado para alcançar a umidade estabelecida à cada ensaio, foi calculado, após determinação da umidade inicial das misturas, em balança digital de determinação de umidade por infravermelho, modelo AD-4714, utilizando-se os resultados na fórmula: mL água a adicionar =  $(U_f - U_i) / (100 - U_f) \times p_a$ ,

onde:  $U_f$  = umidade final;  $U_i$  = umidade inicial;  $p_a$  = peso da amostra em gramas.

A homogeneização no condicionamento das misturas foi realizada em batedeira elétrica KITCHENAID, modelo K45SS, em constante agitação por 15 minutos, enquanto a água era adicionada, gota a gota, com auxílio de uma bureta. O material condicionado foi embalado em sacos de polietileno e selado, permanecendo estocado em geladeira por 24 horas a temperatura de 5°C até ser extrusado.

### **2.2.2. Experimento 2. Processamento por extrusão das misturas formuladas**

A extrusão de cada amostra, correspondente a cada um dos 18 tratamentos, foi efetuada em extrusor Brabender de rosca única, 380 mm de comprimento por 19 mm de diâmetro e taxa de compressão 3:1, matriz cilíndrica de 2 mm de diâmetro fixa, na extremidade da camisa, existente no Laboratório de Cereais da FEA/UNICAMP, conforme processo descrito no Fluxograma da Figura **3.1.** O processo de extrusão foi iniciado quando as três diferentes zonas do extrusor atingiram as temperaturas requeridas, mantendo-se constantes as temperaturas da 1ª Zona = 100°C e 2ª Zona = 110°C; enquanto as temperaturas utilizadas nas 3ªs Zonas foram aquelas definidas para cada tratamento, de acordo com o planejamento experimental, (Tabela **3.2.**), permanecendo a taxa de alimentação das misturas constante, a 80g/min. a uma velocidade do parafuso do extrusor a 175 rpm.



**Tabela 3.2.** Delineamento fatorial completo composto central ( $2^3$ ), com 3 variáveis independentes, 4 repetições no ponto central (C) e 6 pontos axiais

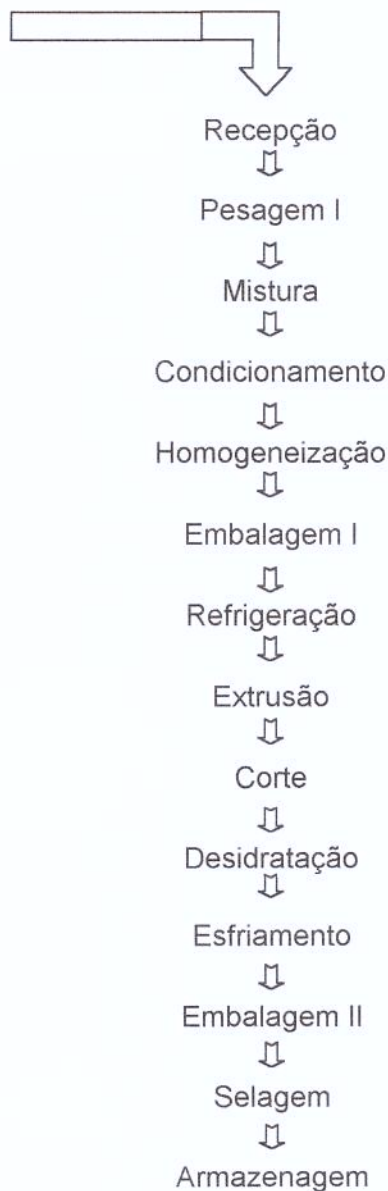
| Número de Experimento | Níveis das variáveis independentes codificadas |                         |                         |
|-----------------------|------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                       | $X_1$ (%)                                      | $X_2$ (%)               | $X_3$ (°C)              |
|                       | Castanha                                       | Umidade                 | Temperatura             |
| 01                    | -1 (30)                                        | -1 (17)                 | -1 (130)                |
| 02                    | +1 (60)                                        | -1 (17)                 | -1 (130)                |
| 03                    | -1 (30)                                        | +1 (25)                 | -1 (130)                |
| 04                    | +1 (60)                                        | +1 (25)                 | -1 (130)                |
| 05                    | -1 (30)                                        | - 1 (17)                | +1 (170)                |
| 06                    | +1 (60)                                        | - 1 (17)                | +1 (170)                |
| 07                    | -1 (30)                                        | +1 (25)                 | +1 (170)                |
| 08                    | +1 (60)                                        | +1 (25)                 | +1 (170)                |
| 09                    | 0 (45)                                         | 0 (21)                  | - $\alpha$ 1,68 (116,4) |
| 10                    | 0 (45)                                         | 0 (21)                  | + $\alpha$ 1,68 (183,6) |
| 11                    | 0 (45)                                         | - $\alpha$ 1,68 (14,28) | 0 (150)                 |
| 12                    | 0 (45)                                         | + $\alpha$ 1,68 (27,72) | 0 (150)                 |
| 13                    | - $\alpha$ 1,68 (19,8)                         | 0 (21)                  | 0 (150)                 |
| 14                    | + $\alpha$ 1,68 (70,2)                         | 0 (21)                  | 0 (150)                 |
| 15(C)                 | 0 (45)                                         | 0 (21)                  | 0 (150)                 |
| 16(C)                 | 0 (45)                                         | 0 (21)                  | 0 (150)                 |
| 17(C)                 | 0 (45)                                         | 0 (21)                  | 0 (150)                 |
| 18(C)                 | 0 (45)                                         | 0 (21)                  | 0 (150)                 |

C (ponto central).

Após a extrusão, os ensaios extrusados foram dispostos em bandejas, cortados e desidratados em estufa com circulação de ar, a 60°C por 48 horas (ARTZ et al., 1990), esfriados até a temperatura ambiente, pesados, embalados em sacos flexíveis de multicamadas aluminizados, selados em seladora termoelétrica e armazenados em local seco e fresco até o execução das análises.

Torta de amêndoa de castanha-do-brasil e

Farinha de mandioca



**Figura 3.1.** Fluxograma do processamento por extrusão de misturas formuladas a partir de torta de amêndoa de castanha-do-brasil com farinha de mandioca.

### 2.2.3. Experimento 3. Análises físico-químicas realizadas

Cada um dos 18 tratamentos extrusados foi moído em moinho de rolos e tamisado em US Standard malha 60 *mesh* para realização das análises físico-químicas de umidade, lipídio, cinza e proteína (método micro-Kjeldhal %N x 5,46),

seguindo os procedimentos da AACC (1995); rancidez pelo método do IAL (1985); e fibras dietéticas alimentares solúvel, insolúvel e total pelo método enzimático segundo AOAC (1995).

Os resultados de carboidratos foram estimados por diferença (subtraindo-se de 100 o somatório de proteínas, lipídios, cinzas, umidade e fibras) e os de energia metabolizável em kcal, a partir dos dados de composição centesimal, usando os fatores de conversão de Atwater de 4kcal/100g para carboidratos e proteínas e 9kcal/100g para lipídios, conforme Anderson et al. (1988). As propriedades funcionais de índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA) foram determinadas de acordo com metodologia descrita por Anderson et al. (1969), rancidez conforme descrito pelo IAL (1985) e pH pelo AOAC (1995). Todas as determinações foram realizadas em triplicatas.

#### **2.2.4. Análises estatísticas dos resultados**

Para as análises estatísticas dos resultados foi usada a técnica de planejamento fatorial completos  $2^3$ , utilizando a metodologia multivariável para avaliar o efeito das variáveis de estudo, em relação as resposta, bem como a interação uma com a outra. A Tabela 3.1. apresenta os valores dos níveis usados nos planejamentos experimentais.

O planejamento proposto neste trabalho permitiu o ajuste de modelos estatísticos de segunda ordem (modelos quadráticos) possibilitando a realização de superfícies de respostas e com isso, determinar regiões de máximos ou mínimos valores. A otimização baseada na Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) (BOX e DRAPER, 1987) foi empregada para avaliar as melhores condições das variáveis independentes e suas interações para otimizar ou minimizar a resposta desejada.

As médias das respostas experimentais, foram tratadas através de análises de regressão múltipla, para desenvolver modelos matemáticos de segunda ordem,



contendo parâmetros lineares, quadráticos e de interação das três variáveis independentes, utilizando o Programa *Statistic for Windows* versão 5.0 (1995).

A equação geral do modelo estatístico preditivo foi representada por um polinômio de segunda ordem descrita a seguir:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \varepsilon$$

Onde:

$Y_i$  = Função resposta ou variável dependente

$X_1, X_2, X_3$  = Níveis codificados das variáveis independentes, sendo: ( $X_1$  - Castanha (%);  $X_2$  - Umidade (%);  $X_3$  - Temperatura de extrusão (°C)).

$\beta_0$  = Média ou ponto central do sistema; é encontrado pela diferença parcial da equação de regressão em relação a cada variável independente e resolvendo o sistema de equações lineares simultaneamente

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$  = Coeficientes lineares das variáveis independentes

$\beta_{11}, \beta_{22}, \beta_{33}$  = Coeficientes dos termos quadrados das variáveis independentes

$\beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{23}$  = Coeficientes dos termos de interação entre as variáveis independentes

$\varepsilon$  = Resíduo que mede o erro experimental do modelo, apresentado uma distribuição normal com média zero e variância igual a  $s^2$ .

Na construção do modelo, eliminaram-se os termos não significativos da tabela de coeficientes de regressão, para se obter um modelo final ajustado mais adequado, capaz de descrever as características da região analisada.

Nas ANOVAS, observaram-se as regressões significativamente estatísticas e a falta de ajuste, em relação à 95% de confiança, pelo teste F e o coeficiente de determinação da regressão ( $R^2$ ), sendo que quanto maior o seu valor, mais próximo de 100%, melhor terá sido o ajuste do modelo aos dados experimentais observados (BARROS NETO et al., 1995). Conforme Khuri e Cornell (1996), os

modelos com  $R^2$  menores que 60%, deverão ser usados somente como indicadores de tendência, nunca para fins preditivos. De acordo com Barros Neto et al. (1995), um modelo ideal deve ter boa significância ( $p \leq 0,05$ ), alta confiabilidade (resultados dentro do intervalo de confiança de 95%, isto é, resíduo irrelevante), baixa variabilidade ( $R^2 \geq 70\%$ ) e coeficiente de variação ( $CV \leq 10\%$ , sendo aceito até 20% em experimento de campo.

A análise de variância (teste F) foi aplicada para testar a adequação dos modelos (usaram-se os valores codificados das variáveis independentes). Pelo teste F, foi comparado o valor de  $F_c$  ( $F_{\text{calculado}}$ ) a partir dos dados experimentais observados com o valor de  $F_t$  ( $F_{\text{tabelado}}$ ), significativos a um nível  $p \leq 95\%$  de confiança, para uma distribuição de referência, possibilitando a averiguação da relevância estatística dos resultados observados. De acordo com Barros Neto et al. (1995), quando não há relação entre a resposta e a variável, pode-se demonstrar que a razão entre as médias quadráticas da regressão e dos resíduos ( $MQR/MQr$ ) segue uma distribuição F de hipótese nula. Neste caso, a variação nos valores dos resíduos foi devida, exclusivamente, a fatores aleatórios. Portanto, deve-se compará-la com o valor de  $F_t$ . Então, quando a razão  $MQR/MQr$  for maior do que 4 a 5 vezes o valor de  $F_t$ , pode-se afirmar que a equação é estatisticamente significativa e os dados experimentais são representados pelo modelo gerado.

Construíram-se gráficos de superfícies de respostas e de contorno com o emprego do programa *Statistic for Windows* versão 5,0 (1995), para determinar o efeito das variáveis independentes sobre as respostas observadas, fixando-se um dos fatores ou variáveis independentes, em um dos níveis 0, +1, -1, verificando-se suas influências sobre as respostas. Nos eixos dos gráficos, as variáveis independentes codificadas foram substituídas pelos valores reais, para melhor compreensão.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Efeito das variáveis de extrusão na composição das fibras alimentares.**



Os resultados experimentais obtidos para os percentuais de Fibra Alimentar Solúvel (FAS), Fibra Alimentar Insolúvel (FAI) e Fibra Alimentar Total (FAT) de cada um dos tratamentos extrusados, estão apresentados na Tabela 3.3.

**Tabela 3.3.** - Efeito das condições de extrusão nos % de Fibra Alimentar Solúvel (FAS), Fibra Alimentar Insolúvel (FAI) e Fibra Alimentar Total (FAT)

| Tratamento<br>(Formulação) | Variáveis Independentes |                |                | Respostas |       |       |
|----------------------------|-------------------------|----------------|----------------|-----------|-------|-------|
|                            | X <sub>1</sub>          | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | % FAS     | % FAI | % FAT |
| 01                         | -1                      | -1             | -1             | 1,26      | 5,11  | 6,37  |
| 02                         | 1                       | -1             | -1             | 2,66      | 10,21 | 12,87 |
| 03                         | -1                      | 1              | -1             | 1,36      | 5,32  | 6,68  |
| 04                         | 1                       | 1              | -1             | 3,06      | 9,50  | 12,56 |
| 05                         | -1                      | -1             | 1              | 1,73      | 3,89  | 5,62  |
| 06                         | 1                       | -1             | 1              | 1,39      | 10,12 | 11,51 |
| 07                         | -1                      | 1              | 1              | 1,19      | 4,75  | 5,94  |
| 08                         | 1                       | 1              | 1              | 1,53      | 9,96  | 11,49 |
| 09                         | 0                       | 0              | -1,68          | 3,47      | 5,76  | 9,23  |
| 10                         | 0                       | 0              | 1,68           | 3,59      | 5,25  | 8,84  |
| 11                         | 0                       | -1,68          | 0              | 3,31      | 6,31  | 9,62  |
| 12                         | 0                       | 1,68           | 0              | 3,71      | 5,80  | 9,51  |
| 13                         | -1,68                   | 0              | 0              | 1,97      | 2,32  | 4,29  |
| 14                         | 1,68                    | 0              | 0              | 3,12      | 10,93 | 14,05 |
| 15 (C)                     | 0                       | 0              | 0              | 4,06      | 5,96  | 10,02 |
| 16 (C)                     | 0                       | 0              | 0              | 4,35      | 5,47  | 9,82  |
| 17 (C)                     | 0                       | 0              | 0              | 4,59      | 5,12  | 9,71  |
| 18 (C)                     | 0                       | 0              | 0              | 4,74      | 5,38  | 10,12 |

x<sub>1</sub>= Castanha (%); x<sub>2</sub>=Umidade(%); x<sub>3</sub>= Temperatura (°C); C = Ponto Central.



Aplicando a Metodologia de Superfície de Resposta, obtiveram-se os coeficientes de regressão e os parâmetros do modelo das variáveis dependentes %FAS, %FAI, %FAT, apresentados na Tabela 3.4.

**Tabela 3.4.** Coeficientes de regressão e parâmetros do modelo das variáveis dependentes: FAS, FAI e FAT dos cereais matinais extrusados

| Variáveis independentes | Parâmetros do modelo | Coeficientes de Regressão/Respostas |       |         |
|-------------------------|----------------------|-------------------------------------|-------|---------|
|                         |                      | % FAS                               | % FAI | % FAT   |
| Média                   | $\beta_0$            | 4,50*                               | 5,42  | 9,92*   |
| (1) Castanha (L)        | $\beta_1$            | 0,37*                               | 2,58  | 2,95*   |
| Castanha (Q)            | $\beta_{11}$         | -0,96*                              | 0,68  | -0,28*  |
| (2) Umidade (L)         | $\beta_2$            | 0,06                                | -0,05 | 0,01    |
| Umidade (Q)             | $\beta_{22}$         | -0,62*                              | 0,48  | -0,14** |
| (3) Temperatura (L)     | $\beta_3$            | -0,17                               | -0,17 | -0,34*  |
| Temperatura (Q)         | $\beta_{33}$         | -0,61*                              | 0,28  | -0,33*  |
| 1L x 2L                 | $\beta_{12}$         | 0,12                                | -0,24 | -0,12   |
| 1L x 3L                 | $\beta_{13}$         | -0,39*                              | 0,27  | -0,12   |
| 2L x 3L                 | $\beta_{23}$         | -0,11                               | 0,15  | 0,04    |
| R <sup>2</sup>          |                      | 0,75                                | 0,94  | 0,99    |
| Erro puro               |                      | 0,08                                | 0,12  | 0,03    |

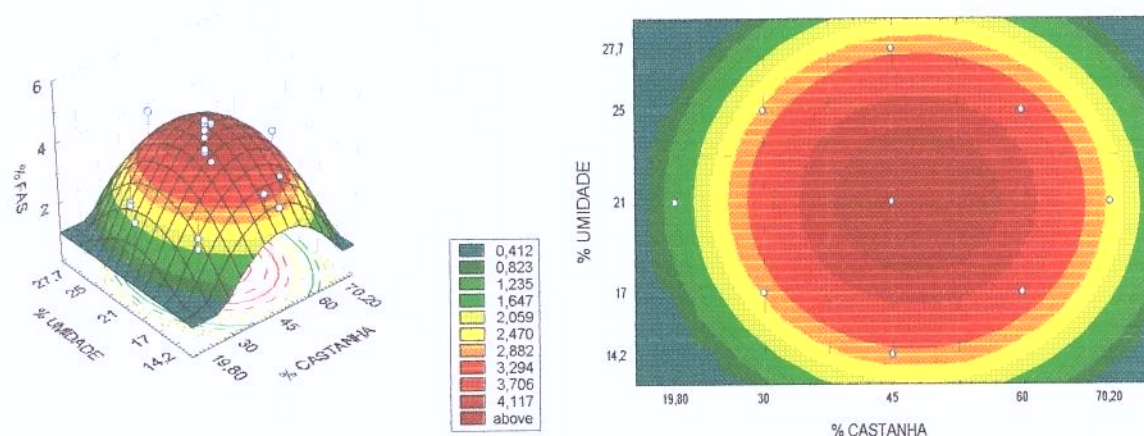
Número de cor preta não significativo; de cor vermelha significativo, estatisticamente.

\* Variável estatisticamente significativa a um intervalo de confiança de 95%

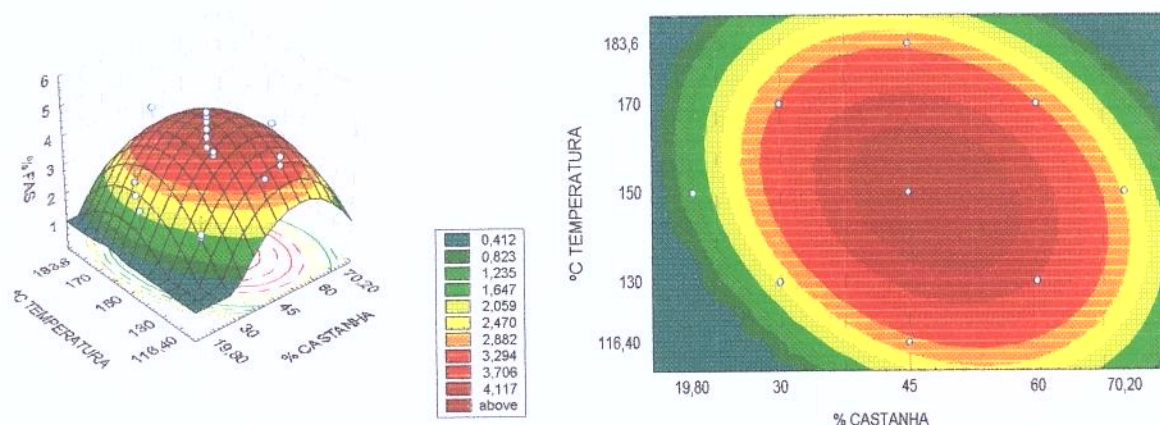
\*\* Variável estatisticamente significativa a um intervalo de confiança de 90%

Analisando a Tabela 3.4. notou-se que para a resposta FAS, o teor de castanha foi significativo para o termo linear (L) e quadrático (Q), indicando que quanto maior for a quantidade de castanha utilizada maior será o valor de FAS, pois o termo linear apresenta sinal positivo, porém o termo quadrático indica uma possível região de máxima, pois apresenta o sinal negativo (concavidade da superfície de resposta voltada para baixo). Já as variáveis: umidade linear (L) e temperatura linear (L) indicaram que não existe diferença significativa entre os níveis  $-\alpha$  e  $+\alpha$ , porém o termo quadrático indica que existe uma região de máxima, pois ambos os valores são negativos, conforme mostram as Figuras 3.2a, 3.2b e

**3.2c.** A ANOVA ajustada (Anexo 3.1.) apresentou um valor da porcentagem de variação explicada pelo modelo ( $R^2$ ) de 0,72; indicando assim um valor intermediário, ou seja, provavelmente parte da variação é explicada pelo desvio. Isto é confirmado pelo  $F_c = 6,27$  que está muito próximo do  $F_t = 3,11$ , além da falta de ajuste ter tido o  $F_c = 8,64$  e  $F_t = 8,81$ , quase iguais. Com esses valores não foi possível obter uma superfície de resposta preditiva e válida, sendo as figuras apresentadas para FAS válidas somente como gráficos de tendências.

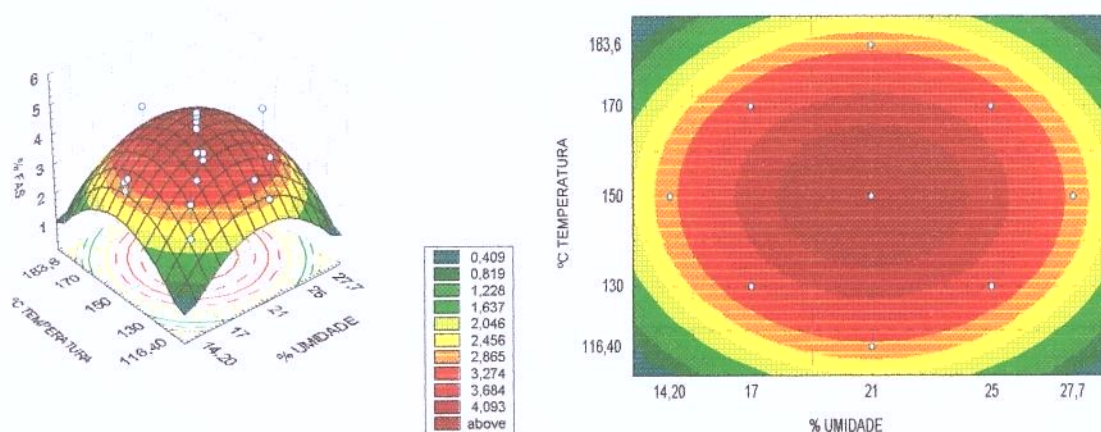


**Figura 3.2a.** Superfície de resposta e contorno mostrando a tendência do efeito das variáveis de extrusão na FAS, para temperatura fixa no nível zero (150°C).



**Figura 3.2b.** Superfície de resposta e contorno mostrando a tendência do efeito das variáveis de extrusão na FAS, para umidade fixa no nível zero (21%).



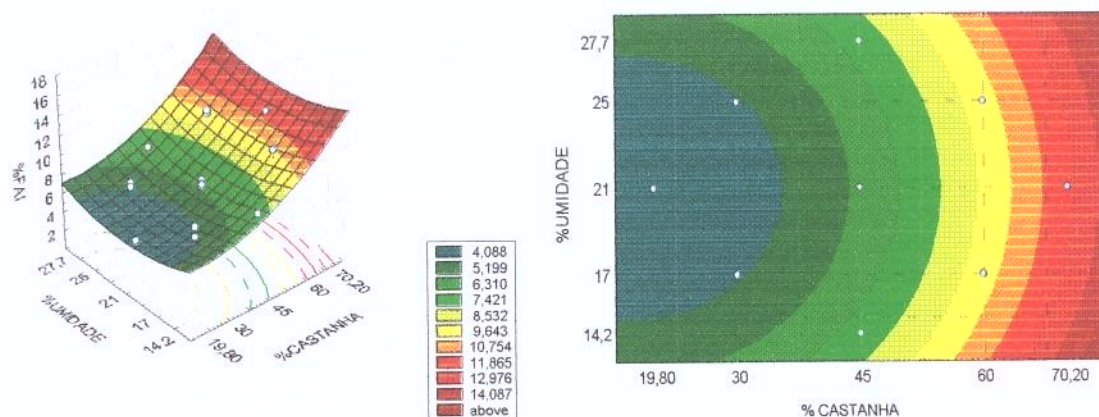


**Figura 3.2c.** Superfície de resposta e contorno mostrando a tendência do efeito das variáveis de extrusão na FAS, para castanha fixa no nível zero (45%).

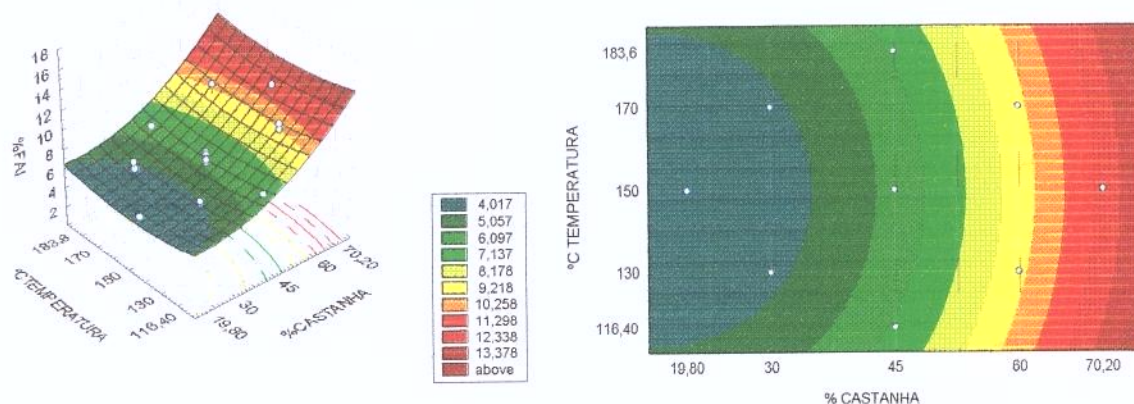
De acordo com Bjorck et al. (1984), a extrusão pode alterar o conteúdo, a composição e os efeitos fisiológicos da fibra alimentar. O amido sofre alterações e forma frações resistentes às enzimas que atuam *in vivo*, elevando os teores de fibra solúvel e insolúvel. Céspedes (1999) estudando a FAS de polpa de laranja extrusada obteve os maiores resultados com temperatura de extrusão acima de 140°C e velocidade do parafuso do extrusor menor que 140 rpm. Gutkoski (1997) trabalhando com extrusão de aveia comparou os resultados de fibra solúvel de aveia nativa com aveia extrusada e observou um aumento de 8%, em média nos teores de FAS dos extrusados em relação à matéria-prima nativa.

Os resultados dos coeficientes de regressão para FAI (fibra insolúvel) indicaram que as variáveis significativas para um intervalo de confiança de 95%, foram castanha (L) e (Q), com sinal positivo, sinalizando que elevando o teor de castanha o percentual de FAI também se eleva da mesma forma que a umidade (Q), todos com sinal positivo, indicando uma superfície de resposta com concavidade voltada para cima. O  $R^2$  encontrado de 0,93 indica que o modelo é válido. A ANOVA modificada (Anexo 3.2.), apresentou um  $F_c = 44,46$ , ou seja, 13,98 vezes maior que o valor de  $F_t$ , um baixo erro puro, com falta de ajuste irrelevante, confirmando a viabilidade do modelo. As Figuras 3.3a, 3.3b e 3.3c mostram as superfícies de resposta obtidas.

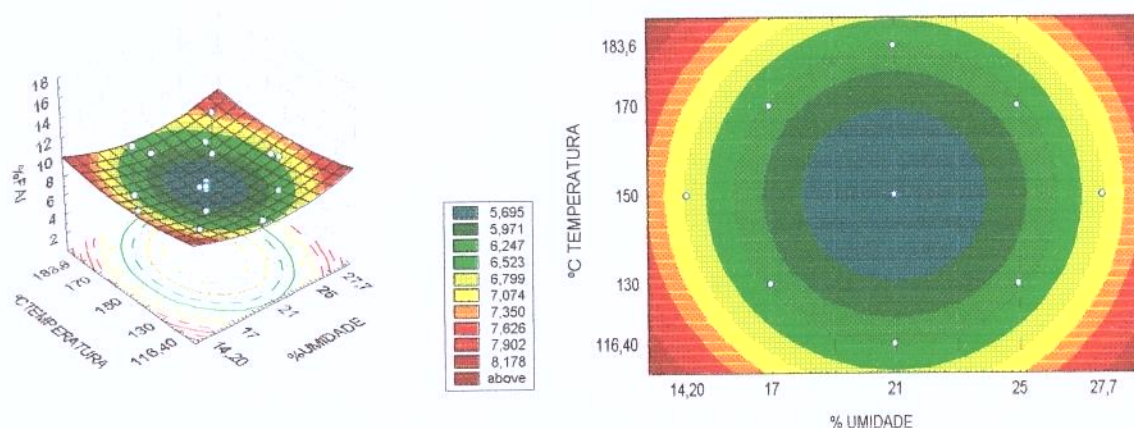




**Figura 3.3a.** Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão na FAI, para temperatura fixa no nível zero (150°C).



**Figura 3.3b.** Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão na FAI, para umidade fixa no nível zero (21%).

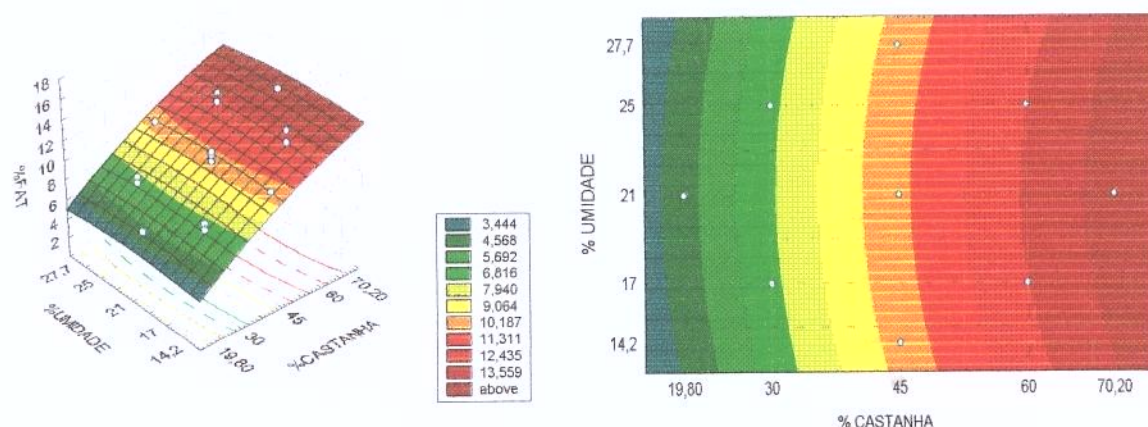


**Figura 3.3c.** Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão na FAI, para castanha fixa no nível zero (45%).

Para FAT, verificou-se que o percentual de umidade (L) e as interações das variáveis independentes não foram significativos ( $p \leq 0,05$ ), ou seja, não representaram nenhum efeito sobre as respostas. A porcentagem de castanha foi a variável mais importante, indicando que o aumento do seu teor eleva a FAT.

Castanha (L) e (Q) foram significativas, ressaltando que elevando-se o teor de castanha, o teor de FAT eleva-se, pois castanha (L) teve sinal positivo, contudo o termo castanha (Q) com o sinal negativo indicou a existência de uma possível região de máxima (superfície de resposta com concavidade voltada para baixo). O termo temperatura (L), com valor de sinal negativo, indica que seu aumento causou diminuição no % FAT, porém a castanha, umidade e temperatura (Q) com valores negativos, indicam uma possível região de máxima, representando um modelo de uma superfície de resposta com curvatura para baixo.

A ANOVA modificada (Anexo 3.3.) apresentou um valor de  $R^2 = 0,99\%$ , ( $p \leq 0,05$ ), indicando que 99% da variação total em torno da média foi explicada pela regressão, ficando apenas 0,1 % por conta dos resíduos, corroborando com o  $F_c$  da regressão = 336,24 e o  $F_c$  baixo de falta de ajuste, estando 108,25 vezes maior do que o valor de  $F_t$  e falta de ajuste insignificante, pois seu valor ( $F_{cfaj}$ ) foi menor que seu  $F_t$  (ideal). De acordo com Box e Wetz (1973), o valor de  $F_c$  da regressão deve ser de no mínimo 4 a 5 vezes o valor de  $F_t$  para assegurar que a regressão é significativa estatisticamente e o modelo útil para fins preditivos.



**Figura 3.4a.** Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão na FAT, para temperatura fixa no nível zero ( $150^{\circ}$ ).



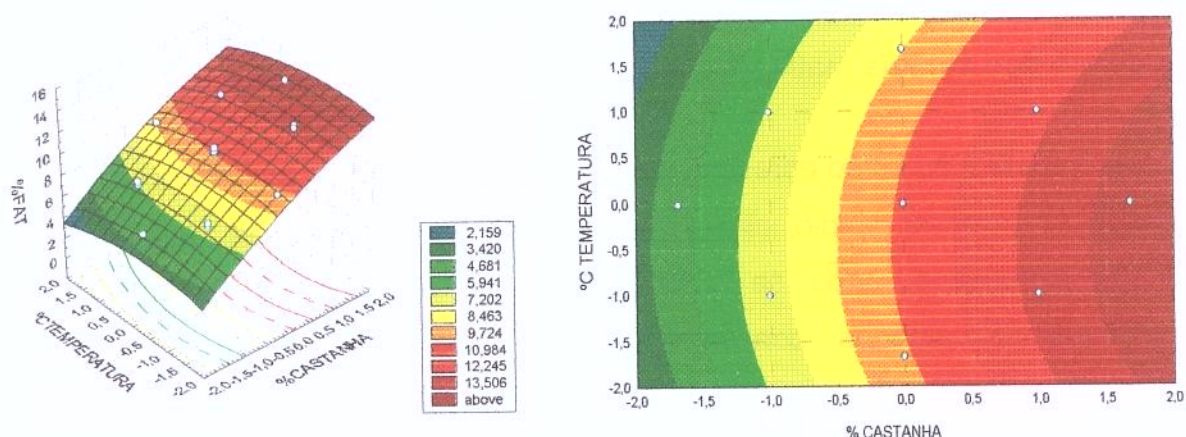


Figura 3.4b. Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão na FAT, para umidade fixa no nível zero (21%).

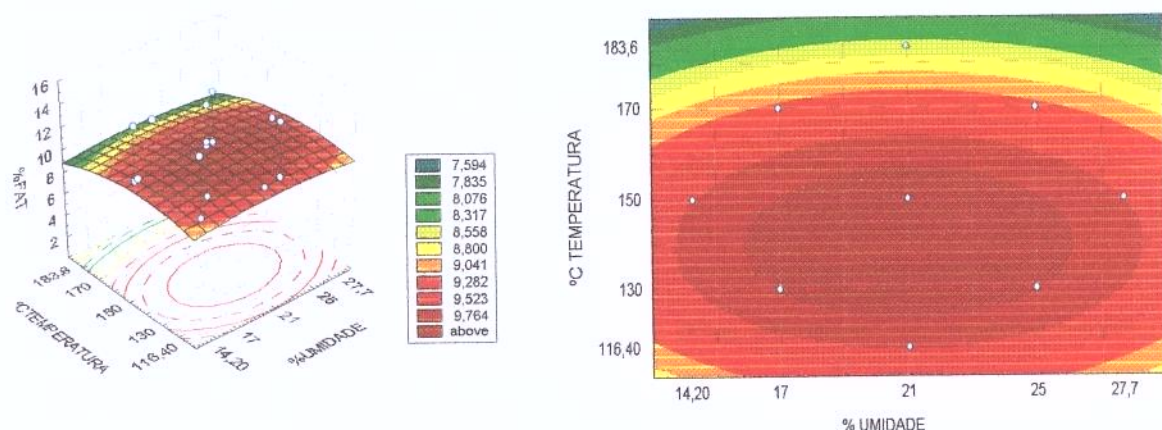


Figura 3.4c. Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão na FAT, para castanhus fixa no nível zero (45%).

As equações dos modelos codificados de regressões ajustados (porque foram eliminados os parâmetros não significativos), preditivos para fibra dietética solúvel, insolúvel e total, estão apresentadas abaixo:

$$FAS = 4,50 + 0,37C - 0,96C^2 - 0,62U^2 - 0,61T^2 - 0,39C.T$$

$$FAI = 5,42 + 2,58C + 0,68C^2 + 0,48 U^2$$

$$FAT = 9,92 + 2,95C - 0,28C^2 - 0,14U^2 - 0,34T - 0,33T^2$$

O Anexo 3.4. apresenta os resultados obtidos pelos modelos observados experimentalmente, preditivos pelo modelo estatístico e os desvios para FAS, FAI e FAT.



### **3.2. Efeito das variáveis de extrusão na composição centesimal e valor energético dos cereais matinais extrusados**

Na Tabela 3.5., estão apresentados os resultados obtidos em percentuais de umidade, carboidrato, lipídio, cinza, fibra alimentar total e calorias, dos cereais matinais extrusados, onde se observou que os tratamentos com menores percentuais de castanha, conseqüentemente menores teores de proteína e maiores de mandioca (amido), apresentaram-se mais expandidos e de coloração mais clara, tendendo para a cor creme; e os que continham maior teor de castanha (mais proteína), apresentaram-se sem expansão e com coloração acinzentada, o que se explica pela maior quantidade de castanha com película marrom, presente na torta de castanha, e menor porcentagem de farinha de mandioca.

Segundo Harper (1981), a adição de ingredientes com alto teor de proteína tende a reduzir a expansão de uma mistura extrusada. Para compensar esta dificuldade, um menor valor de umidade e temperatura são requeridos para extrusão. Formulação contendo uma alta quantidade de proteína resulta em uma massa mais viscosa, necessitando de maior energia mecânica durante o processo e maior pressão na matriz. Chang et al. (2001) trabalhando com extrusão de amido de mandioca em mistura com isolado protéico de soja, observaram que níveis de isolado protéico de soja maiores que 25%, reduziram a expansão dos extrusados.

Verificou-se ainda pela Tabela 3.5., que quanto maior o teor de castanha, mais elevados os percentuais de fibra, proteína, lipídio e cinza, e quanto menor o percentual de castanha menor os valores destes componentes e mais elevado o percentual de carboidratos. Estes resultados eram esperados, uma vez que a finalidade da adição de castanha a mandioca era de enriquecer a mistura, especialmente em relação à proteína, para a produção de um cereal extrusado de consumo imediato, rico em proteínas de origem vegetal, fibras e carboidratos que pudesse suprir as deficiências protéicas na alimentação humana.

Analisando os resultados da Tabela 3.5., aplicando-se a metodologia de superfície de resposta, obtiveram-se os coeficientes de regressão e os parâmetros do modelo estatístico das variáveis dependentes (respostas) que foram ajustados (após eliminação dos parâmetros não significativos) para descrever os processos, conforme apresentado na Tabela 3.6.

**Tabela 3.5.** Resultados da composição centesimal e valor calórico de cereais matinais de torta de amêndoa de castanha com farinha de mandioca extrusados.

| NºTratamento | Variáveis Independentes |                |                | Respostas   |                 |             |             |           |           |             |
|--------------|-------------------------|----------------|----------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-------------|
|              | X <sub>1</sub>          | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | Umidade (%) | Carboidrato (%) | Proteína(%) | Lipídio (%) | Cinza (%) | Fibra (%) | kcal/(100g) |
| 01           | -1                      | -1             | -1             | 6,6         | 66,91           | 11,54       | 5,31        | 3,27      | 6,37      | 361,59      |
| 02           | 1                       | -1             | -1             | 6,20        | 43,93           | 21,53       | 9,62        | 5,85      | 12,87     | 348,42      |
| 03           | -1                      | 1              | -1             | 6,45        | 62,48           | 12,35       | 8,66        | 3,38      | 6,68      | 377,26      |
| 04           | 1                       | 1              | -1             | 5,80        | 39,88           | 21,69       | 14,35       | 5,72      | 12,56     | 375,43      |
| 05           | -1                      | -1             | 1              | 8,1         | 64,83           | 11,54       | 6,74        | 3,17      | 5,62      | 366,14      |
| 06           | 1                       | -1             | 1              | 6,6         | 41,53           | 21,03       | 13,64       | 5,69      | 11,51     | 373,00      |
| 07           | -1                      | 1              | 1              | 7,4         | 63,64           | 11,41       | 8,32        | 3,29      | 5,94      | 375,08      |
| 08           | 1                       | 1              | 1              | 6,8         | 39,20           | 21,02       | 15,82       | 5,67      | 11,49     | 383,26      |
| 09           | 0                       | 0              | -1,68          | 6,5         | 52,41           | 15,76       | 11,48       | 4,62      | 9,23      | 376,00      |
| 10           | 0                       | 0              | 1,68           | 7,4         | 50,77           | 16,73       | 11,75       | 4,51      | 8,84      | 375,75      |
| 11           | 0                       | -1,68          | 0              | 6,7         | 52,03           | 15,89       | 11,20       | 4,56      | 9,62      | 372,48      |
| 12           | 0                       | 1,68           | 0              | 7,9         | 50,24           | 15,47       | 12,56       | 4,32      | 9,51      | 375,88      |
| 13           | -1,68                   | 0              | 0              | 8,0         | 70,23           | 9,01        | 5,86        | 2,61      | 4,29      | 369,70      |
| 14           | 1,68                    | 0              | 0              | 7,0         | 32,29           | 21,22       | 18,84       | 6,60      | 14,05     | 383,60      |
| 15 (C)       | 0                       | 0              | 0              | 7,4         | 50,86           | 15,27       | 11,93       | 4,52      | 10,02     | 371,89      |
| 16 (C)       | 0                       | 0              | 0              | 7,7         | 51,45           | 15,17       | 11,60       | 4,26      | 9,82      | 370,88      |
| 17 (C)       | 0                       | 0              | 0              | 7,6         | 51,38           | 15,28       | 11,49       | 4,54      | 9,71      | 370,05      |
| 18 (C)       | 0                       | 0              | 0              | 6,8         | 50,96           | 15,80       | 11,73       | 4,59      | 10,12     | 372,61      |

x<sub>1</sub>=Castanha (%); x<sub>2</sub>=Umidade (%); x<sub>3</sub> =Temperatura (°C); (C) = ponto central.

Na Tabela 3.6., observa-se que no caso da umidade dos cereais extrusados, apenas as variáveis independentes, temperatura (L) e castanha (L), foram significativas a 95% de probabilidade.



**Tabela 3.6.** Coeficientes de regressão dos parâmetros do modelo estatístico das variáveis dependentes (composição centesimal).

| Variáveis Independentes | Parâmetros do modelo | Coeficientes de Regressão / Respostas |         |        |         |       |         |         |
|-------------------------|----------------------|---------------------------------------|---------|--------|---------|-------|---------|---------|
|                         |                      | U                                     | C       | P      | L       | Cz    | FAT     | kcal    |
| Média                   | $\beta_0$            | 7,40*                                 | 51,09*  | 15,34* | 11,77*  | 4,48* | 9,92*   | 371,65* |
| (1) Castanha (L)        | $\beta_1$            | -0,35*                                | -11,51* | 4,32*  | 3,39*   | 1,21  | 2,95    | 1,71*   |
| Castanha (Q)            | $\beta_{11}$         | -0,06                                 | 0,35*   | 0,08   | -0,13** | 0,04  | -0,28*  | 0,61    |
| (2) Umidade (L)         | $\beta_2$            | 0,07                                  | -1,10*  | 0,01   | 1,04*   | -0,02 | 0,01    | 4,95*   |
| Umidade (Q)             | $\beta_{22}$         | -0,13                                 | 0,31*   | 0,28*  | -0,29*  | -0,02 | -0,14** | -0,26   |
| (3) Temperatura(L)      | $\beta_3$            | 0,39*                                 | -0,50*  | -0,04  | 0,52*   | -0,04 | -0,34*  | 2,52*   |
| Temperatura (Q)         | $\beta_{33}$         | -0,26                                 | 0,47*   | 0,48*  | -0,39*  | 0,02  | -0,33*  | 0,34    |
| 1L x 2L                 | $\beta_{12}$         | 0,08                                  | -0,09   | -0,07  | 0,25*   | -0,05 | -0,12   | 1,58*   |
| 1L x 3L                 | $\beta_{13}$         | -0,13                                 | -0,27*  | -0,03  | 0,55*   | 0,00  | -0,12   | 3,75*   |
| 2L x 3L                 | $\beta_{23}$         | 0,01                                  | 0,62*   | -0,14  | -0,54*  | 0,02  | 0,04    | -2,94*  |
| $R^2$                   |                      | 0,67                                  | 0,99    | 0,96   | 0,91    | 0,99  | 0,99    | 0,62    |
| Erro Puro               |                      | 0,16                                  | 0,08    | 0,08   | 0,03    | 0,02  | 0,03    | 1,26    |

U = umidade (%); C = carboidrato (%); P = proteína (%); L = lipídio (%); Cz = cinza (%); FAT = fibra alimentar total (%); kcal = valor calórico.

Número de cor preta não foi significativo, cor vermelha significativo estatisticamente

$R^2$  = coeficiente de determinação explicado pelo modelo

\* Variável estatisticamente significativa a um intervalo de confiança de 95%

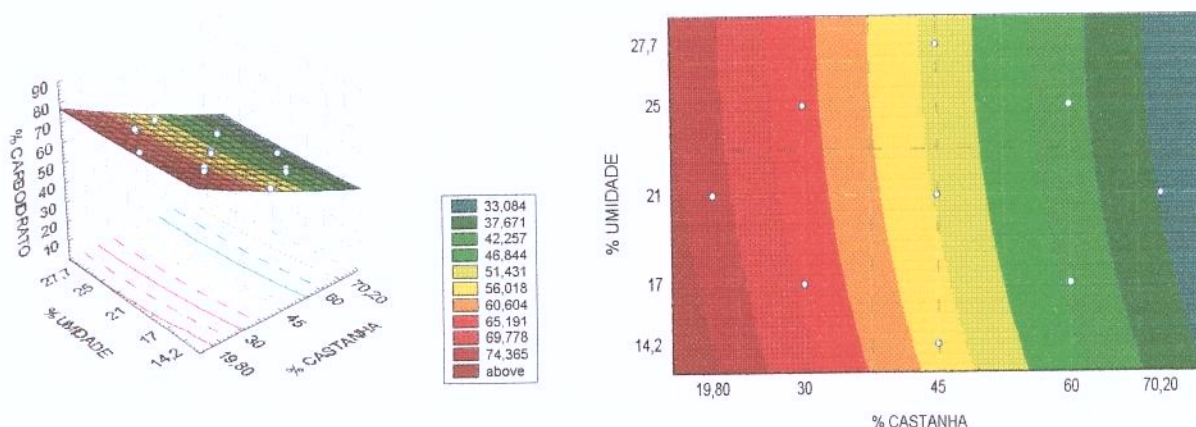
\*\* Variável estatisticamente significativa a um intervalo de confiança de 90%

O sinal positivo do parâmetro linear da variável temperatura indica que o aumento dessa variável, dentro da faixa de temperatura estudada, contribuiu para o aumento do teor de umidade. O valor negativo para o parâmetro castanha linear significa que elevando o percentual de castanha, o teor de umidade diminui. A ANOVA do modelo ajustado mostrou um  $F_c=7,94$  e um  $F_t(0,95;2;15) = 3,68$  (apenas 2,15 vezes maior que o  $F_t$ ). Segundo Barros Neto et al. (1995), para que uma regressão seja não apenas estatisticamente significativa, mas também válida para fins preditivos, o valor da razão  $MQR/MQr$ , ou seja, de  $F_c$ , deve ser no

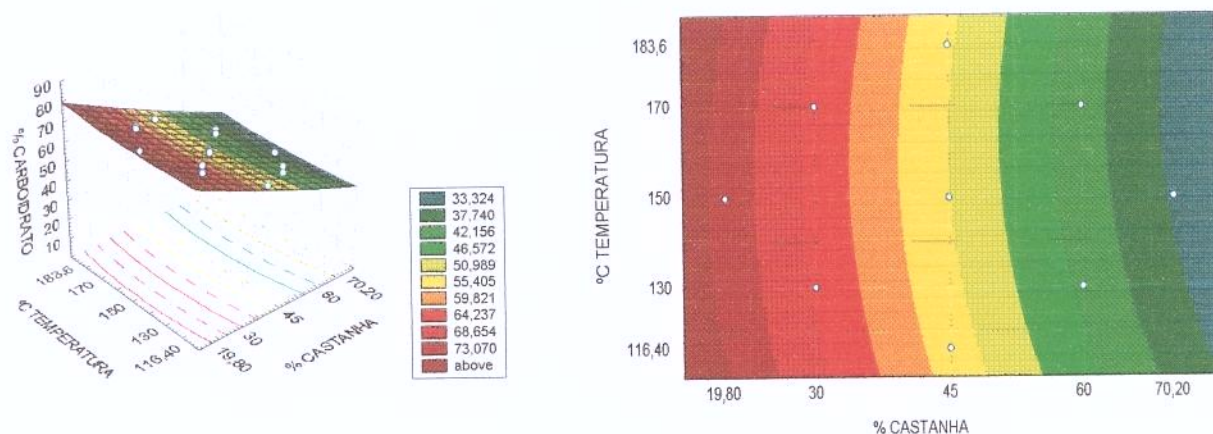


mínimo de 4 a 5 vezes o valor de  $F_t$  e o  $R^2$  ser maior ou igual a 60%. Neste caso, a ANOVA ajustada mostrou o coeficiente de correlação  $R^2$  (variação explicada pelo modelo) = 0,51, um  $F_c$  muito baixo, não sendo o modelo válido para fins preditivos. Neste caso, não se justifica apresentar gráficos de modelo inválidos. O Anexo 3.5. mostra a ANOVA ajustada para o percentual de umidade.

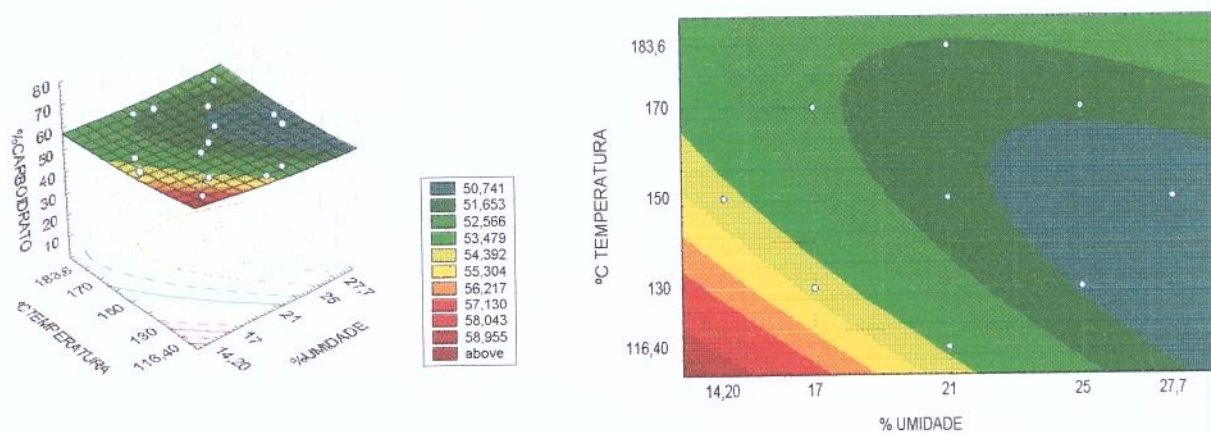
Os coeficientes de regressão do modelo para carboidratos (Tabela 3.6.) mostram que, com exceção da interação castanha X umidade, os demais parâmetros e interações foram significativos ( $p \leq 0,05$ ). Castanha, umidade e temperatura lineares com valores de sinais negativos indicam que elevando-se os percentuais destas variáveis o carboidrato diminui, porém a castanha é que mais influencia nesta redução. As citadas variáveis independentes e a interação umidade e temperatura com valores de sinais positivos significa que a superfície de resposta apresenta a forma de uma concavidade voltada para cima. Castanha e temperatura linear com sinal negativo indicam que a elevação destes dois fatores resulta numa redução de carboidrato. A ANOVA modificada mostrada no Anexo 3.6. resultou um  $R^2 = 0,99$ ;  $F_c = 188,13$ ;  $F_t = 3,23$ ; baixo erro puro e baixo desvio, porém o  $F_c$  da falta de ajuste = 20,41 foi maior que o  $F_t$ , mas o modelo é considerado válido para fins preditivos, pois neste caso a  $F_{c_{faj}}$  torna-se irrelevante. As Figuras 3.5a., 3.5b. e 3.5c. mostram as superfícies de respostas e contorno dos efeitos das variáveis de extrusão sobre os carboidratos.



**Figura 3.5a.** Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre os carboidratos, para a temperatura no nível zero (150°C).



**Figura 3.5b.** Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre os carboidratos, para a umidade fixa no nível zero (21%).



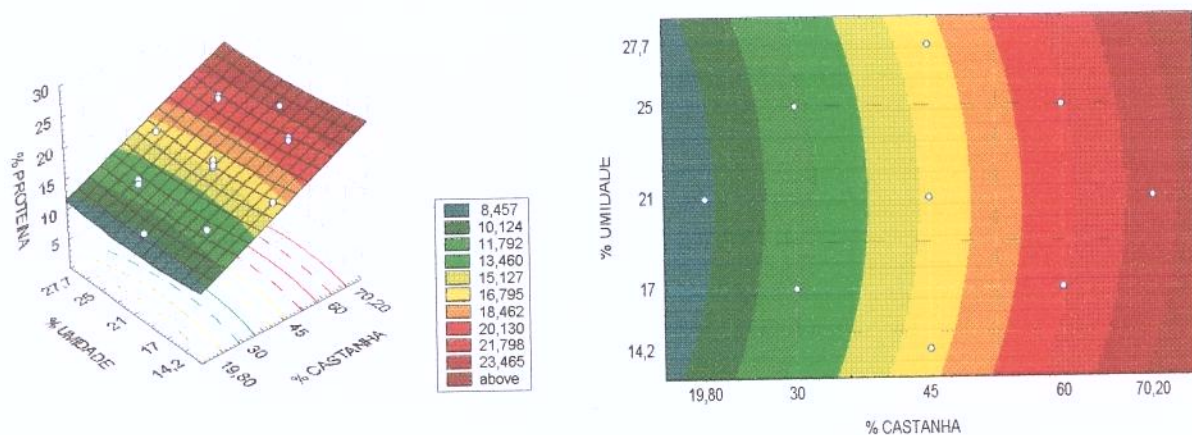
**Figura 3.5c.** Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre os carboidratos, para a castanha fixa no nível zero (45%).

O processo de extrusão pode influenciar a taxa de digestão e absorção do amido através da gelatinização, deixando-o prontamente disponível para a degradação com amilase, ou pela formação do complexo amilose-lipídio (MARQUES, 1992).

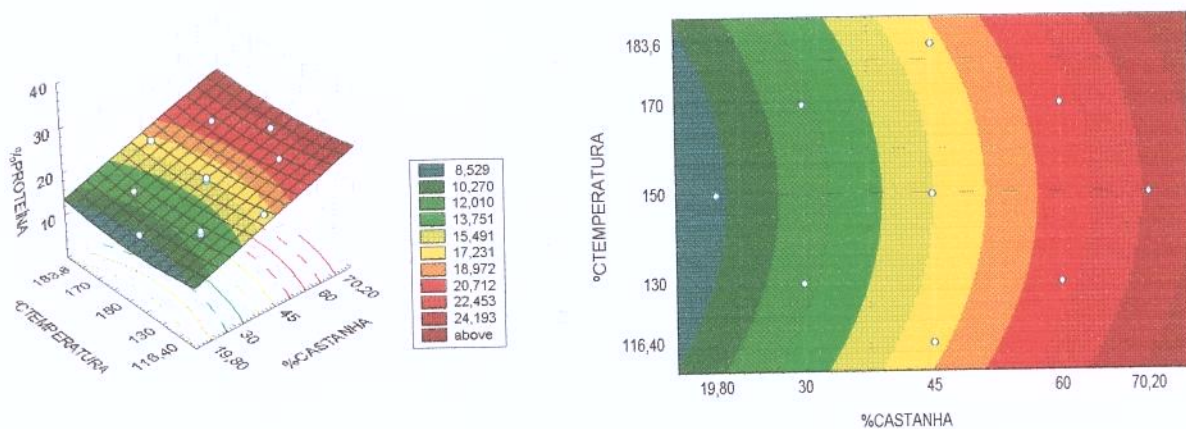
Os resultados de coeficientes de regressão para o percentual de proteínas estão apresentados na Tabela 3.5. Dos parâmetros obtidos apenas castanha (L) e umidade e temperatura (Q) apresentaram significância ( $p \leq 0,05$ ). Castanha linear com valor de sinal positivo explica que elevando-se o valor de castanha o percentual de proteínas aumenta. Umidade e temperatura (Q) com valores de



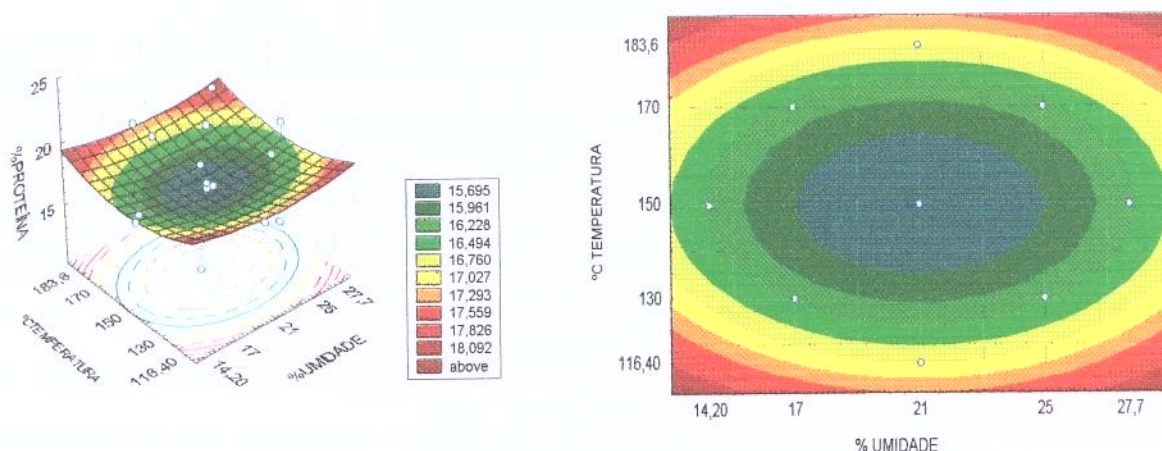
sinais positivos mostram uma superfície de resposta direcionada para cima, com uma possível região de máxima. Na ANOVA ajustada (Anexo 3.7.), o  $R^2 = 0,96$ ; o  $F_c = 142,58$ ;  $F_t = 3,34$ ; erro puro = 0,08 explica o modelo válido para fins preditivos. As Figuras 3.6a., 3.6b. e 3.6c. ilustram as superfícies de respostas dos efeitos das variáveis de extrusão sobre as respostas de proteínas dos ensaios experimentais.



Figuras 3.6a. Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre as proteínas, para a temperatura fixa no nível zero (150°C).



Figuras 3.6b. Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre as proteínas, para a umidade fixa no nível zero (21%).



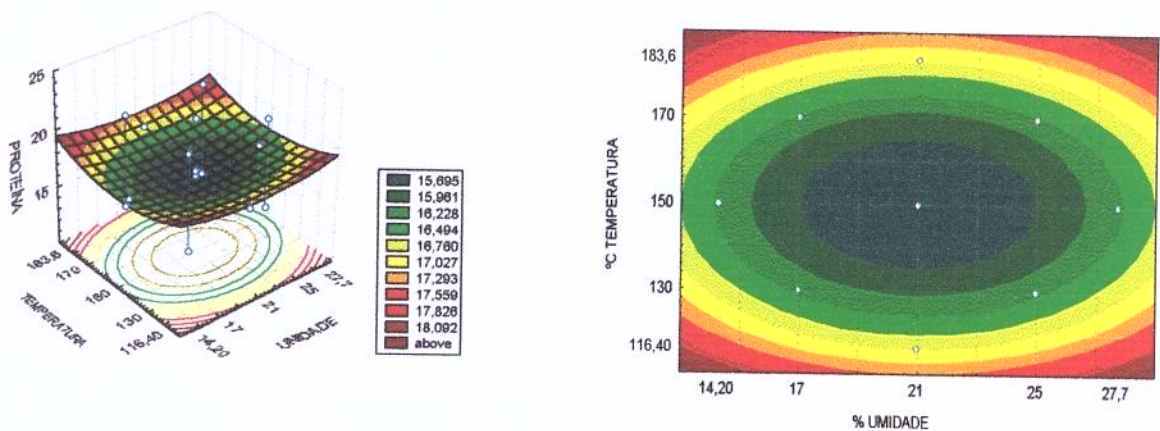
**Figuras 3.6c.** Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre as proteínas, para a castanha fixa no nível zero (45%).

Geralmente, o processo de extrusão aumenta a digestibilidade das proteínas, especialmente pela inativação de fatores antinutricionais e sua desnaturação. Desse modo, as proteínas extrusadas são mais susceptíveis ao ataque de enzimas proteolíticas (ASP e BEJORCK, 1989). Lira Filho (2001) estudou os efeitos de diferentes temperaturas de extrusão (116°C, 130°C, 150°C, 170°C e 184°C), % de umidade (18, 20, 23 e 26%) e rotação do parafuso do extrusor em rpm (106, 120, 140, 160 e 174rpm) sobre o percentual protéico de farinha integral de feijão caupi e concluiu que os resultados dos teores protéicos não variaram entre os tratamentos. Na farinha crua de feijão caupi, o teor protéico foi de 23,65% e em todos tratamentos das farinhas extrusadas este valor elevou-se para 25,5%. Miranda (1998), estudando o efeito de diferentes temperaturas de extrusão (106°C, 120°C, 140°C, 160°C e 174°C) sobre o teor protéico de farinha integral extrusada de trigo germinado, comprovou que o teor protéico diminuiu com o decréscimo da temperatura de extrusão. No entanto, o motivo para este comportamento é desconhecido.

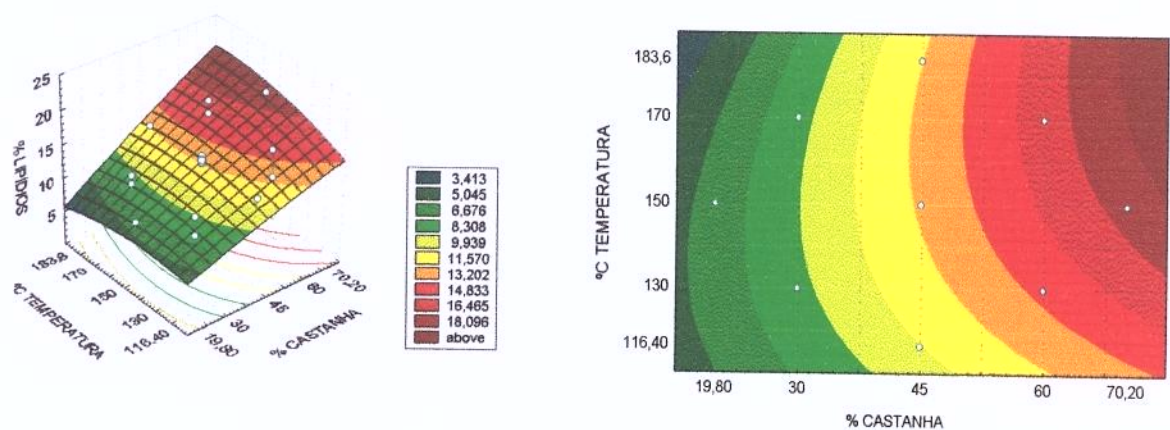
Os resultados obtidos para lipídios (Tabela 3.5.) mostraram que todos os parâmetros foram significativos a  $p \leq 0,05$ , com exceção de castanha (Q) que foi significativo a  $p \leq 0,10$ . A castanha foi a variável que mais influenciou nas respostas de lipídios, significando que quanto mais se aumenta o teor de castanha maior é a



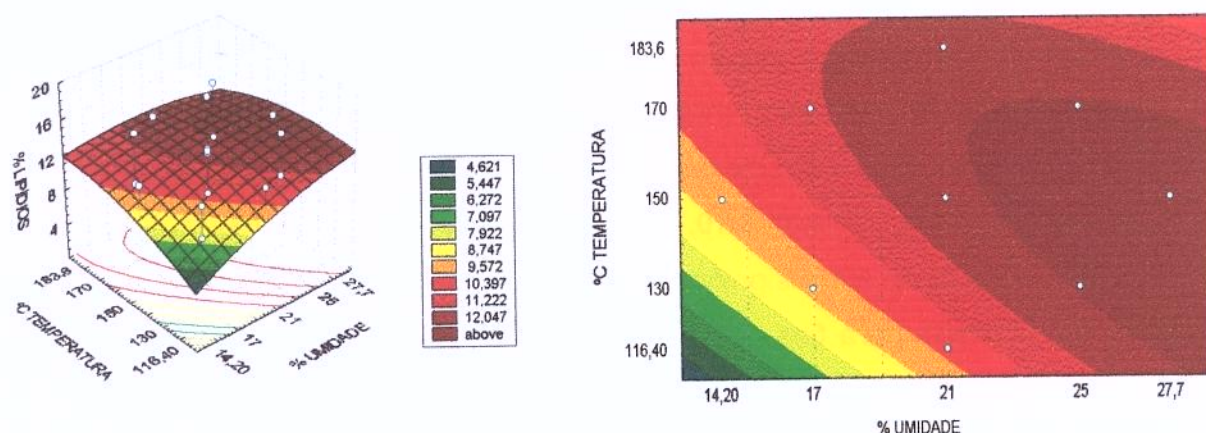
quantidade de lipídios. A umidade e temperatura (L) com valores de sinais positivos explicam que a elevação desses fatores implica no aumento de lipídios. Porém, castanha, umidade e temperatura (Q) indicam superfície com curvatura, já os valores com sinais negativos mostram que há uma região de máxima, com a concavidade da superfície voltada para baixo. A análise de variância completa (Anexo 3.8.) apresentou um  $R^2 = 0,92$ ;  $F_c = 9,68$ ;  $F_t = 3,39$ ; erro puro = 0,04, portanto um modelo viável, mesmo com um alto valor para  $F_{cfaj} = 93,14$  contra um  $F_{tfaj} = 9,01$ . As Figuras 3.7a., 3.7b. e 3.7c. ilustram as superfícies de respostas e contorno das variáveis de extrusão sobre os percentuais de lipídios observados nos cereais extrusados.



**Figuras 3.7a.** Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre os lipídios, para a temperatura fixa no nível zero (150°C).



**Figuras 3.7b.** Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre os lipídios, para a umidade fixa no nível zero (21%).



**Figuras 3.7c.** Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre os lipídios, para a castanha fixa no nível zero (45%).

Os resultados de coeficiente de regressão e dos parâmetros do modelo para cinzas, indicados na Tabela 3.6., mostram que apenas a castanha linear com valor positivo apresentou significância a 95% de probabilidade. Isto indica que elevando o teor de castanha nos extrusados o teor de cinza também aumenta. A ANOVA modificada (Anexo 3.9.) resulta em um  $R^2$  coeficiente de correlação (variação explicada pelo modelo) igual a 0,99;  $F_c=1720,36$ ;  $F_t=4,49$  e  $F_{cfaj}=0,42$ , contra  $F_{tfaj}=8,37$  e erro puro muito baixo. Apesar de todos os indicadores apontarem para um modelo preditivo, apenas uma variável foi significativa, impossibilitando assim a realização de superfície de resposta.

Miranda (1998) pesquisando a quantidade de cinzas em farinhas integrais extrusadas de trigo germinado observou que as diferentes temperaturas de extrusão não alteraram os percentuais de cinzas.

A fibra alimentar total já foi discutida no início deste capítulo e encontra-se ilustrada nas Figuras 3.4.a., 3.4b. e 3.4c.

Os resultados dos coeficientes de regressão e parâmetros do modelo estatístico encontrados para kcal/100g estão indicados na Tabela 3.6. Observou-se que castanha, umidade e temperatura linear, apresentaram-se significativos a  $p \leq 0,05$ , com valores positivos indicando que elevando-se estes fatores, os



resultados da resposta também aumentam. As interações castanha e umidade e castanha e temperatura mostram uma elevação da resposta, pois os valores são positivos, porém a interação umidade e temperatura com valor de sinal negativo, mostrou que elevando-se estas duas variáveis, ocorre uma redução em calorias. A ANOVA modificada (Anexo 3.10.) evidenciou um  $R^2 = 0,62$ , um  $F_c$  baixo, uma relevante falta de ajuste e significativo erro puro, assinalando um modelo que não deve ser utilizado para fins preditivos. Neste caso, não se justifica apresentar a superfícies de resposta.

Os extrusados apresentaram em média 372,61 kcal/100g, um valor considerado elevado, podendo os cereais matinais serem empregados na alimentação como um produto protéico-calórico. Gutkoski (1997) e Miranda (1998) estudando a quantidade de energia metabolizável, em kcal/100 g, de aveia e trigo integral, encontraram em média 371,03 kcal/100g na cariopse de aveia e 362,23 kcal/100g na fração aveia moída e 354,59 kcal/100g no trigo. Portanto, os valores obtidos neste trabalho estão próximos aos desses cereais integrais.

As equações dos modelos codificados de regressão completa ou ajustadas (quando foram eliminados os parâmetros não significativos), preditos para as respostas de composição centesimal e kcal estão apresentadas abaixo:

$$\text{Carboidrato} = 51,09 - 11,51C + 0,35C^2 - 1,10U + 0,31U^2 - 0,50T + 0,47T^2 - 0,27CT + 0,62UT$$

$$\text{Proteína} = 15,34 + 4,32C + 0,28U^2 + 0,48T^2$$

$$\text{Lípido} = 11,77 = 3,39C - 0,13C^2 + 1,04U - 0,29U^2 + 0,52T^2 - 0,39T^2 + 0,25CU - 0,54UT$$

$$\text{Kcal} = 371,65 + 1,71C + 4,95U^2 + 2,52T + 1,58CU + 3,75CT - 2,94UT$$

No Anexo 3.11., apresentam-se os resultados dos modelos observados experimentalmente, preditivos pelo modelo estatístico e os desvios padrões para composição centesimal e Kcal/100g dos extrusados.

### 3.3. Efeito das variáveis de extrusão sobre as propriedades funcionais dos cereais matinais extrusados

Na Tabela 3.7., encontram-se os resultados para as propriedades funcionais IAA (Índice de absorção em água), ISA (Índice de solubilidade de água)

e análises de pH e rancidez dos cereais extrusados, verificando-se que o teste qualitativo de rancidez foi negativo para os 18 ensaios, significando que a mais alta temperatura de extrusão não afetou a qualidade de lipídios.

**Tabela 3.7.** Resultados das propriedades funcionais de cereais matinais de torta de amêndoa de castanha-do-brasil com farinha de mandioca extrusados

| Nº do Experimento | Variáveis independentes |                |                | Respostas |       |      |          |
|-------------------|-------------------------|----------------|----------------|-----------|-------|------|----------|
|                   | X <sub>1</sub>          | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | IAA       | ISA   | pH   | Rancidez |
| 01                | -1                      | -1             | -1             | 9,64      | 54,51 | 5,98 | N        |
| 02                | 1                       | -1             | -1             | 6,68      | 37,55 | 5,96 | N        |
| 03                | -1                      | 1              | -1             | 9,60      | 46,61 | 5,98 | N        |
| 04                | 1                       | 1              | -1             | 6,16      | 27,65 | 5,95 | N        |
| 05                | -1                      | -1             | 1              | 10,39     | 51,23 | 5,96 | N        |
| 06                | 1                       | -1             | 1              | 7,74      | 26,40 | 5,96 | N        |
| 07                | -1                      | 1              | 1              | 10,74     | 51,57 | 5,98 | N        |
| 08                | 1                       | 1              | 1              | 6,47      | 30,61 | 5,98 | N        |
| 09                | 0                       | 0              | -1,68          | 9,10      | 40,30 | 5,96 | N        |
| 10                | 0                       | 0              | 1,68           | 6,56      | 38,71 | 5,96 | N        |
| 11                | 0                       | -1,68          | 0              | 9,54      | 33,51 | 5,97 | N        |
| 12                | 0                       | 1,68           | 0              | 7,52      | 30,58 | 5,97 | N        |
| 13                | -1,68                   | 0              | 0              | 5,77      | 56,33 | 5,96 | N        |
| 14                | 1,68                    | 0              | 0              | 5,45      | 25,16 | 5,96 | N        |
| 15 (C)            | 0                       | 0              | 0              | 7,52      | 42,54 | 5,98 | N        |
| 16 (C)            | 0                       | 0              | 0              | 6,30      | 40,38 | 5,98 | N        |
| 17 (C)            | 0                       | 0              | 0              | 6,67      | 41,56 | 5,98 | N        |
| 18 (C)            | 0                       | 0              | 0              | 7,48      | 42,44 | 5,98 | N        |

x<sub>1</sub>=Castanha (%); x<sub>2</sub>=Umididade (%); x<sub>3</sub>=Temperatura (°C); C=ponto central; IAA- Índice absorção de água em g de gel/g de matéria seca; ISA- Índice solubilidade em água (%); N-Negativo.

A Tabela 3.8. apresenta os coeficientes de regressão das variáveis dependentes (respostas) e os parâmetros do modelo estatístico ajustados para descrever os processos de IAA (Índice de absorção em água), ISA (Índice de solubilidade de água) e pH dos tratamentos estudados.



**Tabela 3.8.** Coeficientes de regressão e parâmetros de modelo de algumas propriedades funcionais e pH de cereais matinais extrusados

| Variáveis Independentes | Parâmetros do modelo | Coeficientes de Regressão/Respostas |         |         |
|-------------------------|----------------------|-------------------------------------|---------|---------|
|                         |                      | IAA                                 | ISA     | pH      |
| Média                   | $\beta_0$            | 6,93*                               | 41,55*  | 5,98*   |
| (1) Castanha (L)        | $\beta_1$            | -1,016*                             | -9,83*  | 0,00**  |
| Castanha (Q)            | $\beta_{11}$         | -0,25                               | 0,43    | -0,01** |
| (2) Umidade (L)         | $\beta_2$            | -0,35                               | -1,33*  | 0,00    |
| Umidade (Q)             | $\beta_{22}$         | 0,78*                               | -2,65*  | 0,00    |
| (3) Temperatura (L)     | $\beta_3$            | -0,007                              | -0,67** | 0,00    |
| Temperatura (Q)         | $\beta_{33}$         | 0,53*                               | 0,00    | -0,01*  |
| 1L x 2L                 | $\beta_{12}$         | -0,26                               | 0,23    | 0,00    |
| 1L x 3L                 | $\beta_{13}$         | -0,6                                | -1,23*  | 0,01*   |
| 2L x 3L                 | $\beta_{23}$         | -0,04                               | 2,79    | 0,01*   |
| $R^2$                   |                      | 0,61                                | 0,96    | 0,82    |
| Erro Puro               |                      | 0,36                                | 1,03    | 0,00    |

$R^2$  = coeficiente de determinação explicado pelo modelo

Número de cor preta não significativo, de cor vermelha significativo estatisticamente

\* Variável estatisticamente significativa a um intervalo de confiança de 95%

\*\* Variável estatisticamente significativa a um intervalo de confiança de 90%

Os valores dos parâmetros do modelo encontrados para IAA mostraram-se significativos a  $p \leq 0,05$  para castanha linear, resultado com sinal negativo, indicando que, quando a castanha é acrescentada, o resultado do IAA diminui. Os valores de umidade e temperatura quadrática também foram significativos, apresentando valores com sinal positivo que assinala uma superfície de resposta em forma de cone voltada para cima. A ANOVA ajustada (Anexo 3.13.) apresentou um  $R^2 = 0,54$ , um  $F_c$  muito próximo ao  $F_t$  e significativo erro puro, o que sinaliza um modelo inadequado para fins preditivos. Neste caso, não apresentaram-se as superfícies de resposta porque o modelo é inviável.

Os valores de IAA encontrados neste trabalho diminuíram em função do aumento do teor de castanha, indicando que elevando o percentual de proteínas (castanha) esta propriedade funcional também reduz.

Conforme Cheftel (1986) e Camire et al. (1990), o IAA tem relação direta com a quantidade de hidroxilas que se encontram livres para formar pontes de hidrogênio com a água. No processo de extrusão, o amido sofre gelatinização, liquefação e reações de fragmentação e as proteínas são desnaturadas. O maior ou menor valor de IAA é determinado pela intensidade de ocorrência da gelatinização e da fragmentação. Cardoso Filho (1993) enfoca que grãos de amido gelatinizados absorvem mais água que os grãos de amido nativo (estado natural) e, as proteínas, em virtude das mudanças conformacionais em suas estruturas, como alteração no seu balanço hidrofílico-hidrofóbico, além de outros eventos provocados pela extrusão, podem contribuir para elevar ou reduzir o IAA.

De acordo com Gomez e Aguilera (1983), o índice de absorção de água (IAA) foi desenvolvido para medir a força de intumescimento do amido, e depende da disponibilidade dos grupos hidrofílicos (-OH) para interagirem com as moléculas de água e da capacidade de formação de gel das moléculas. A capacidade de absorção de água pela proteína é função de vários parâmetros, incluindo: tamanho, forma, características conformacionais, balanço hidrofílico-hidrofóbico nas moléculas de proteína, pH, pressão de vapor, temperatura, propriedades termodinâmicas do sistema, presença ou ausência de surfactantes e solubilidade das moléculas de proteína.

Pesquisas têm indicado que é muito difícil comparar valores de IAA nos diferentes produtos, pois eles dependem das condições experimentais, como temperatura, tempo e velocidade de centrifugação, assim como da maneira de preparação da amostra, especialmente o processo de secagem (CÉSPEDES, 1999).

Alvim (2001), trabalhando com extrusão termoplástica de farinha de milho adicionada e não de extrato de levedura, observou uma diferença de 2 vezes mais para o valor de IAA na farinha de milho extrusada, em comparação com a crua. Nas farinhas extrusadas adicionadas ou não de extratos de levedura ou autolisados, não houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) em relação a este índice.



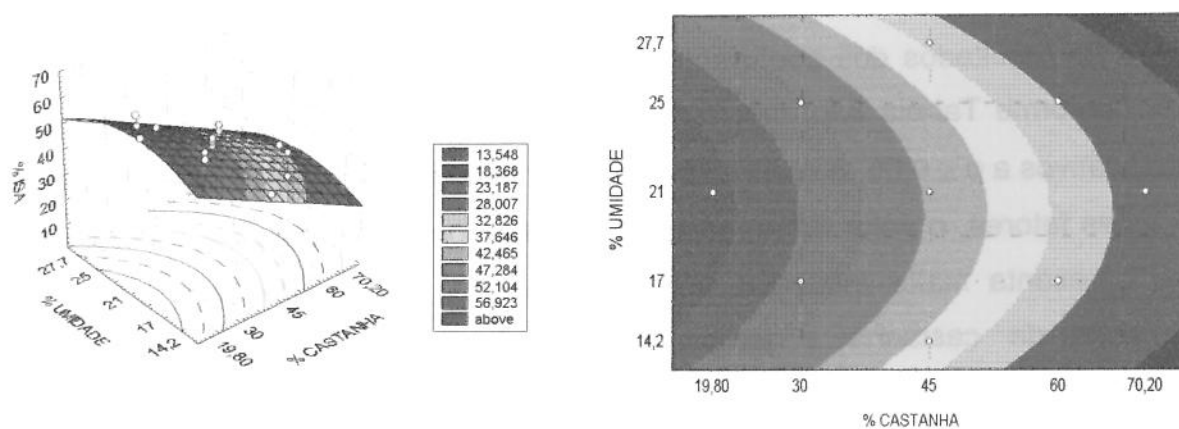
Conforme Gutkoski (1997), é importante considerar a composição química da fração estudada, isto é, teores relativamente altos de proteínas, fibra alimentar e lipídios e teores baixos de amido. O comportamento do IAA é função da interação dos constituintes químicos do sistema alimentar estudado. Com a elevação da temperatura, ocorrem aumentos de solubilização de amido e de proteínas desnaturadas. Assim, deve ser considerado o efeito de fibra alimentar, principalmente em relação as alterações que existem quanto à solubilidade e nos teores das fibras solúveis e insolúveis no processo de extrusão.

Os resultados dos coeficientes de regressão e parâmetros do modelo de ISA, conforme Tabela 3.8., mostram castanha, umidade e temperatura lineares, significativos a  $p \leq 0,05$ , com valores de sinais negativos, indicando que elevando-se estes fatores, o valor da resposta é reduzido, porém a castanha é a variável que apresenta maior influência nesta diminuição. A umidade quadrática e a interação da castanha e temperatura mostraram valores com a mesma significância, embora com sinais negativos, o que explica a existência de uma possível região de máxima com superfície de resposta de concavidade voltada para baixo. A ANOVA modificada (Anexo 3.14.) mostra  $R^2 = 0,96$ , um  $F_c = 49,04$  contra  $F_t = 3,09$ , revelando um modelo válido para fins preditivos. As Figuras 3.8a., 3.8b. e 3.8c. apresentam as superfícies de respostas que ilustram a explicação.

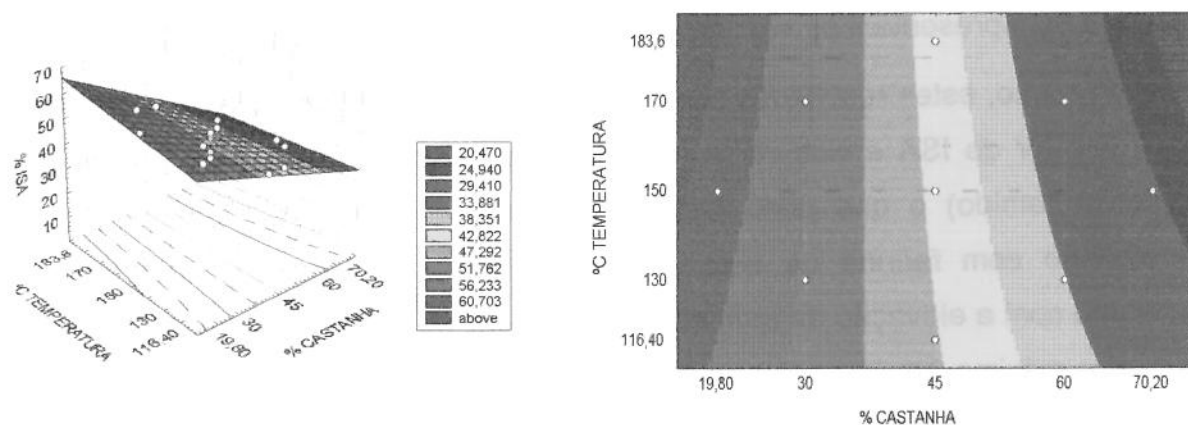
Portanto, estes resultados confirmam que quanto menor o teor de castanha maior o valor de ISA e vice-versa, pois apresentavam maior teor de farinha de mandioca (amido) o que pode justificar o maior valor de ISA. Dibós (1993), trabalhando com farinha de soja desengordurada, verificou que esse índice aumentou com a elevação da temperatura e do teor de proteína de soja, atingindo seu valor máximo em temperatura acima de  $120^\circ\text{C}$  e proteína próximo de 25%. Alvim (2001), estudando o ISA em farinha de milho extrusada, obteve valor 4 vezes superior em relação ao de farinha de milho crua.

O ISA é um parâmetro que reflete a degradação total sofrida pelo grânulo de amido, ou seja, o somatório dos efeitos de gelatinização, dextrinização e conseqüente solubilização (GUTKOSKY, 1997). O aumento da solubilidade

observado em produtos extrusados é atribuído à dispersão de moléculas de amilose e amilopectina em consequência da gelatinização, quando as condições são mais brandas, e da formação de compostos de baixo peso molecular, quando as condições são mais severas (GOMEZ; AGUILERA, 1983). Com o acréscimo do grau de gelatinização, aumenta a fragmentação do amido e com isso, reduz a absorção em água. O ISA depende da quantidade de moléculas solúveis e está relacionado com a degradação do amido.

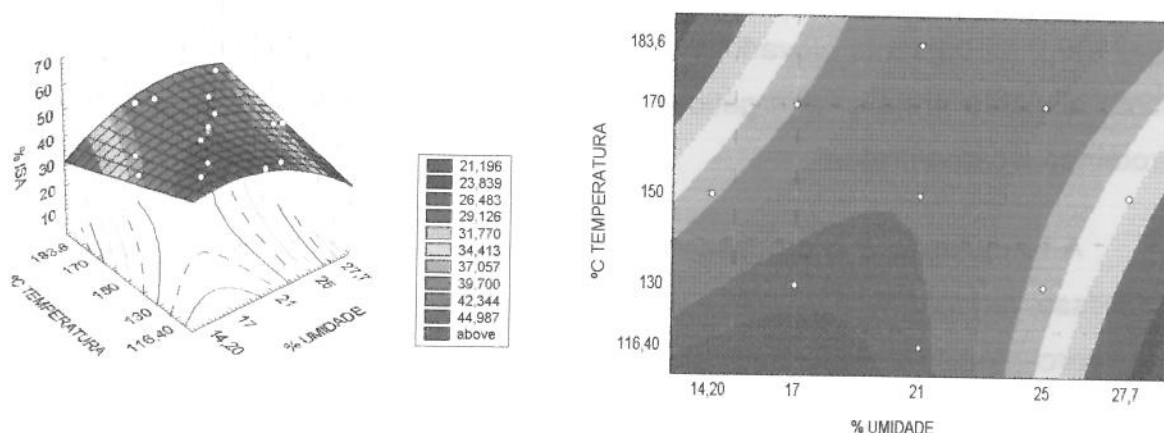


**Figura 3.8a.** Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre o %ISA, para temperatura fixa no nível zero (150°C).



**Figura 3.8b.** Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre o %ISA, para umidade fixa no nível zero (21%).





**Figura 3.8c.** Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre o %ISA, para castanha fixa no nível zero (45%).

Em relação ao pH (Tabelas 3.7 e 3.8), observa-se que não houve variação, entre os tratamentos de modo que todos tratamentos resultaram em valores de pH semelhantes, além de desvios muito baixos. Neste caso, inexistente modelo e não justifica apresentar superfícies de respostas.

As equações dos modelos codificados de regressões ajustados estão apresentadas abaixo:

$$IAA = 6,94 - 1,016C + 0,78U^2 + 0,532T^2$$

$$ISA = 41,55 - 9,38C - 1,33U - 2,65U^2$$

No Anexo 3.16., apresentam-se os resultados dos modelos observados experimentalmente, preditivos pelo modelo estatístico e os desvios para IAA, ISA e pH.

#### 4. CONCLUSÕES

A torta de amêndoa de castanha-do-brasil foi a variável independente do planejamento experimental que mais teve influência no aumento dos percentuais de proteína, fibras solúveis, insolúveis e totais, cinza e lipídio dos cereais matinais extrusados.

O valor energético médio obtido em energia metabolizável (372,61 kcal/100g) foi bastante elevado, podendo os cereais extrusados ser considerados como alimento protéico-energéticos, pois apresentam em média altos teores de proteínas e carboidratos.

A formulação e o processamento por extrusão não contribuíram para que ocorresse variação nos valores de pH dos cereais extrusados, pois em qualquer dos percentuais de castanha com mandioca estudados, os valores de pH mantiveram-se praticamente constantes.

As diferentes temperaturas (baixas e altas) empregadas no processamento de extrusão não influenciaram para ocorrência de alteração do tipo "rancidez oxidativa" da fração lipídica dos cereais extrusados.

A equação do modelo matemático de análise de variância obtida para IAA foi inválida, pois apresentou um  $R^2 = 0,54$ , enquanto o modelo estatístico para ISA foi válido, podendo ser recomendado para fins preditivos porque o  $R^2$  foi 0,96. Neste caso, quanto menor o percentual de castanha e maior o percentual de mandioca, maior o percentual de ISA em qualquer temperatura dentro da faixa estudada.

A busca de desenvolvimento e/ou aplicação de tecnologias que permitam o aproveitamento de matérias-primas regionais é uma forma de se agregar valor as riquezas existentes, e ao mesmo tempo possibilitar a diversificação de novos produtos alimentícios de fácil e rápido preparo, estáveis, nutritivos, seguros e de baixo custo.

Neste caso, justifica-se o aproveitamento destas matérias-primas, castanha-do-brasil e mandioca, que além de oferecerem ao consumidor um produto alimentício alternativo rico em proteínas, carboidratos e fibras, poderão contribuir para disponibilizar ao consumidor outros tipos de produtos dessa categoria, similares aos cereais matinais, existentes no mercado.



## **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AACC, American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the AACC**. 9.ed, Saint Paul, 1995, v.1-2.
- ALVIM, I. D. **Efeito da extrusão termoplástica sobre propriedades funcionais e nutricionais de farinhas à base de milho, caseína e derivados de levedura**. Campinas, 2001. 104p. (Dissertação de Mestrado em Ciência da Nutrição). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- ANDERSON, L. A.; DIBBLE, M. V.; TURKKI, P. R.; MITCHELL, H. S.; RYNBERGEN, H. J. **Nutrição**. Rio de Janeiro : Guanabara, 1988. Cap. 10, p. 179-187.
- ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. **Cereal Science Today**, v.14, n.1, p.11-12, 1969.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 16<sup>th</sup> ed., Arlington:USA, 1995, v. 1-2.
- ARTZ, W. E.; WARREN, C.; VILLOTA, R. Twin screw extrusion modification of a corn fiber and corn starch extrudes blend. **J. Food Sci.** Pensylvania, v.55, n.3, p. 746-754, 1990.
- ASP, N. G.; BJORCK, I. Nutritional properties of extruded. In: MERCIER, C.; LINKO, P.; HARPER, J. M. eds. **Extrusion cooking**. St. Paul, AACC, 1989. p.399-434.
- BARROS NETO, B. DE; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. 2ed. Campinas, São Paulo : Editora da UNICAMP, 1995, 299p.
- BJORCK, I.; NYMAM, M.; ASP, N. G. Extrusion cooking and dietary fiber: effects on dietary fiber content and degradation in the rat intestinal tract **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.61, n.2, p174-179, 1984.
- BOX, G. P.; DRAPER, N. R. **Empirical model-building and response surfaces**. New York: J. Wiley & Sons, 1987. 669p.
- BOX, G. P.; WETZ, J. **Criteria for judging adequacy of estimation by an approximate response function**. University of Wisconsin. Technical Report. 1973.

BRASIL, DECRETO Nº 51.209 de 18 de ago. 1961. **Diário Oficial da União**. Brasília, 18 ago.1961. p.853-855. Aprova as novas especificações para classificação e fiscalização da exportação da castanha-do-brasil.

CAMIRE, M. E.;CAMIRE, A.; KRUMHAR, K. Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.29,n.1,p.35-57, 1990.

CARDOSO FILHO, N. **Efeito de algumas variáveis no processo de extrusão e nas características funcionais da farinha de feijão comum**. Campinas, 1993. 128p. (Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

CÉSPEDES, M. A. L. **Otimização do processo de extrusão da polpa de laranja: modificação das propriedades funcionais e sua aplicação como fonte de fibra alimentar**. 163p. Campinas, 1999. Tese de Doutorado FEA/UNICAMP.

CHANG, Y. K.; HASHIMOTO, J. M.;ACIOLI-MOURA, R.; MARTINEZ-FLORES, H. E.; MARTINEZ-BUSTOS, F. Influence of extrusion conditions on cassava starch and soybean protein concentrate blends. **Acta Alimentaria**, vol. 30(2), p.189-203, 2001.

CHEFTEL,J.C. Nutrition effects of extrusion-cooking. **Food Chemistry**, v. 20, n.4, p.263-283, 1986.

CHEN, J.;SERAFIN, F. L.; PANDYA, R. N.; DAUN, H. Effects of extrusion conditions on sensory properties of corn meal extrudates. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56,n.1.p.84-89, 1991.

DIBÓS, A. E. L. **Efeito da temperatura de extrusão e do teor de proteína da farinha de soja desengordurada na qualidade do macarrão instantâneo de arroz**. 130p. Campinas, 1993. Tese de Mestrado FEA/UNICAMP.

EL-DASH, A. A.; MAZZARI, M. R.; GERMANI, R. Tecnologia de farinhas mistas. Uso de farinha mista trigo-mandioca na produção de pães. Rio de Janeiro, **EMBRAPA-CTAA**. v.1, 1994. 88p.

- EL-DASH, A. A. **Termoplastic extrusion of food, theory and techniques**. Campinas, UNICAMP, 1982. 81p.
- EL-DASH, A. A. Utilização da mandioca na alimentação humana e em outros produtos industrializados. **Informe agropecuário**, p. 74-82, 1987.
- GOMEZ, M. H. & AGUILERA, J. M. Changes in the starch fraction during extrusion cooking of corn.. **Journal Food Science**, v. 48, n. 2, p. 378-81, 1983.
- GRIZOTTO, R. K. **Mandioca "Chips" Uma tecnologia para o aproveitamento da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Campinas, 2000, 130p. Tese de Doutorado - Universidade estadual de Campinas.
- GUTKOSKI, L. C. **Caracterização tecnológica de frações de moagem de aveia e efeito de umidade e temperatura de extrusão na sua estabilidade**. 1997. 241 p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.
- HARPER, J. M. **Extrusion of Food**. CRC Press: Boca Raton, 1981, v. 2, 174 p.
- IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. Vol.1:Métodos químicos e físico para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo, 1985.
- KHURI, A. I.; CORNELL, J. A . **Response surface: design and analyses**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, Inc. 1996.
- LIRA FILHO, J. F. de. **Efeitos da extrusão termoplástica sobre as propriedades tecnológicas e nutritivas das proteínas da farinha integral do feijão caupi (*Vigna unguilata* (L.) Walp)**. Campinas, 2001. 148 p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- MARQUES, L. M. R. **Efeito da temperatura de extrusão, umidade da matéria-prima teor de amido e sacarose nas características tecnológicas nutricionais de produtos extrusados de germe de trigo**. Campinas, 1992. 192 p. (Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.



- MIRANDA, M. Z. de. **Efeito do tempo de germinação do trigo e das variáveis de extrusão na qualidade tecnológica e nutricional de farinha integral**. Campinas, 1998. 216 p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- MOURA, G. de M.; CUNHA, E. T. Panati e Araçá: Novas cultivares de mandioca para o cultivo na microregião do alto Purus no Estado do Acre. **Comunicado Técnico nº 86**. Embrapa/cpafac. Junh/97. p. 1-14.
- MÜLLER, C. H. ; FIGUEIREDO, F. J. C.; KATO, A. K.; CARVALHO, J. E. U. de **A cultura da castanha-do-brasil EMBRAP, A, SPI**. Brasília. Coleção Plantar, 23, 65p. 1995.
- SOARES JÚNIOR, M. S. **Propriedades funcionais de extrusados de amido de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) com monoglicerídio**. Londrina, 1995, 120p, Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina.
- STATISTICA for Windows - Versão 5.0. Copyright® StatSoft, Inc., Tulsa, USA, 1995.
- WOODROOF, J. G. **Tree nuts: production, processing, products**. 2.ed. Westport: AVI Publishing, 1982. 731p.

### ANEXOS 3

**Anexo 3.1.** ANOVA modificada para o modelo ajustado dos resultados de % de FAS

| Fonte de variação          | Soma Quadrática | Graus de Liberdade | Média Quadrática | F <sub>calculado</sub> | F <sub>tabelado</sub> | F <sub>c</sub> /F <sub>t</sub> |
|----------------------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Regressão                  | 18,62           | 5                  | 3,72             | 6,27                   | 3,11                  | 2,01672                        |
| Resíduos                   | 7,13            | 12                 | 0,59             |                        |                       |                                |
| Falta de ajuste            | 6,87            | 9                  | 0,76             | 8,64                   | 8,81                  | 0,98058                        |
| Erro puro                  | 0,26            | 3                  | 0,09             |                        |                       |                                |
| Total                      | 25,75           | 17                 | 1,51             |                        |                       |                                |
| R <sup>2</sup>             | 0,7230          |                    |                  |                        |                       |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;5;12) |                 |                    |                  |                        | 3,11                  |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;9;3)  |                 |                    |                  |                        | 8,81                  |                                |

FAS= % de fibra alimentar solúvel.

**Anexo 3.2.** Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de % de FAI

| Fonte de variação          | Soma Quadrática | Graus de Liberdade | Média Quadrática | F <sub>calculado</sub> | F <sub>tabelado</sub> | F <sub>c</sub> /F <sub>t</sub> |
|----------------------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Regressão                  | 98,11           | 4                  | 24,53            | 44,46                  | 3,18                  | 13,98                          |
| Resíduos                   | 7,17            | 13                 | 0,55             |                        |                       |                                |
| Falta de ajuste            | 6,80            | 10                 | 0,68             | 5,51                   | 8,79                  | 0,62                           |
| Erro puro                  | 0,37            | 3                  | 0,12             |                        |                       |                                |
| Total                      | 105,28          | 17                 |                  |                        |                       |                                |
| R <sup>2</sup>             | 0,93            |                    |                  |                        |                       |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;4;13) |                 |                    |                  |                        | 3,18                  |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;10;3) |                 |                    |                  |                        | 8,79                  |                                |

FAI= % de fibra alimentar insolúvel.

**Anexo 3.3.** Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de % de FAT

| Fonte de variação         | Soma Quadrática | Graus de Liberdade | Média Quadrática | F <sub>calculado</sub> | F <sub>tabelado</sub> | F <sub>c</sub> /F <sub>t</sub> |
|---------------------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Regressão                 | 122,08          | 5                  | 24,42            | 336,24                 | 3,11                  | 108,25                         |
| Resíduos                  | 0,87            | 12                 | 0,07             |                        |                       |                                |
| Falta de ajuste           | 0,77            | 9                  | 0,09             | 2,46                   | 8,81                  | 0,27                           |
| Erro puro                 | 0,10            | 3                  | 0,03             |                        |                       |                                |
| Total                     | 122,95          | 17                 | 7,23             |                        |                       |                                |
| R <sup>2</sup>            | 0,99            |                    |                  |                        |                       |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;12)  |                 |                    |                  |                        | 3,11                  |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;9;3) |                 |                    |                  |                        | 8,81                  |                                |

FAT= % de fibra alimentar total

**Anexo 3.4.** Resultados observados em laboratório, previstos pelo modelo ajustado e desvios padrões para FAS, FAI e FAT, obtidos a partir do delineamento experimental

| Variáveis Independentes |       |       |       | Respostas |      |        |       |       |        |       |       |       |
|-------------------------|-------|-------|-------|-----------|------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Ensaio                  | % C   | %U    | °T    | % FAS     |      |        | % FAI |       |        | % FAT |       |       |
|                         |       |       |       | Obs.      | Mod. | Desv.  | Obs.  | Mod.  | Desv.  | Obs.  | Mod.  | Desv. |
| 01                      | -1    | -1    | -1    | 1,26      | 1,55 | -23,09 | 5,11  | 4,28  | 16,28  | 6,37  | 6,55  | -2,85 |
| 02                      | 1     | -1    | -1    | 2,66      | 3,06 | -15,17 | 10,21 | 9,44  | 7,59   | 12,87 | 12,45 | 3,29  |
| 03                      | -1    | 1     | -1    | 1,36      | 1,55 | -14,04 | 5,32  | 4,28  | 19,59  | 6,68  | 6,55  | 1,92  |
| 04                      | 1     | 1     | -1    | 3,06      | 3,06 | -0,11  | 9,50  | 9,44  | 0,68   | 12,56 | 12,45 | 0,90  |
| 05                      | -1    | -1    | 1     | 1,73      | 2,33 | -34,45 | 3,89  | 4,28  | -9,97  | 5,62  | 5,88  | -4,65 |
| 06                      | 1     | -1    | 1     | 1,39      | 2,29 | -64,64 | 10,12 | 9,44  | 6,77   | 11,51 | 11,78 | -2,31 |
| 07                      | -1    | 1     | 1     | 1,19      | 2,33 | -95,46 | 4,75  | 4,28  | 9,94   | 5,94  | 5,88  | 0,99  |
| 08                      | 1     | 1     | 1     | 1,53      | 2,29 | -49,58 | 9,96  | 9,44  | 5,27   | 11,49 | 11,78 | -2,49 |
| 09                      | 0     | 0     | -1,68 | 3,47      | 2,77 | 20,11  | 5,76  | 6,21  | -7,90  | 9,23  | 9,55  | -3,47 |
| 10                      | 0     | 0     | 1,68  | 3,59      | 2,77 | 22,78  | 5,25  | 6,21  | -18,38 | 8,84  | 8,42  | 4,71  |
| 11                      | 0     | -1,68 | 0     | 3,31      | 2,75 | 16,85  | 6,31  | 6,76  | -7,21  | 9,62  | 9,52  | 1,07  |
| 12                      | 0     | 1,68  | 0     | 3,71      | 2,75 | 25,82  | 5,80  | 6,76  | -16,64 | 9,51  | 9,52  | -0,07 |
| 13                      | -1,68 | 0     | 0     | 1,97      | 1,17 | 40,73  | 2,32  | 3,00  | -29,43 | 4,29  | 4,17  | 2,79  |
| 14                      | 1,68  | 0     | 0     | 3,12      | 2,41 | 22,86  | 10,93 | 11,70 | -6,74  | 14,05 | 14,07 | -0,17 |
| 15                      | 0     | 0     | 0     | 4,06      | 4,50 | -10,89 | 5,96  | 5,42  | 9,07   | 10,02 | 9,92  | 0,98  |
| 16                      | 0     | 0     | 0     | 4,35      | 4,50 | -3,50  | 5,47  | 5,42  | 0,92   | 9,82  | 9,92  | -1,04 |
| 17                      | 0     | 0     | 0     | 4,59      | 4,50 | 1,91   | 5,12  | 5,42  | -5,85  | 9,71  | 9,92  | -2,18 |
| 18                      | 0     | 0     | 0     | 4,74      | 4,50 | 5,01   | 5,38  | 5,42  | -0,73  | 10,12 | 9,92  | 1,96  |

%C=% torta de amêndoa de Castanha-do-brasil; %U=% Umidade; °T=Temperatura °C; %FAS=% Fibra Alimentar Solúvel; %FAI=% Fibra Alimentar Insolúvel; %FAT=% Fibra Alimentar Total; Obs=Observado no laboratório; Mod=Modelo preditivo; Des=Desvio padrão.



**Anexo 3.5.** Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de % de umidade

| Fonte de variação          | Soma Quadrática | Graus de Liberdade | Média Quadrática | F <sub>calculado</sub> | F <sub>tabelado</sub> | F <sub>c</sub> /F <sub>t</sub> |
|----------------------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Regressão                  | 3,82            | 2                  | 1,91             | 7,94                   | 3,68                  | 2,15                           |
| Resíduos                   | 3,61            | 15                 | 0,24             |                        |                       |                                |
| Falta de ajuste            | 3,12            | 12                 | 0,26             | 1,60                   | 8,74                  | 0,18                           |
| Erro puro                  | 0,49            | 3                  | 0,16             |                        |                       |                                |
| Total                      | 7,42            | 17                 | 0,44             |                        |                       |                                |
| R <sup>2</sup>             | 0,51            |                    |                  |                        |                       |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;2;15) |                 |                    |                  |                        | 3,68                  |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;12;3) |                 |                    |                  |                        | 8,74                  |                                |

**Anexo 3.6.** Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de % carboidrato

| Fonte de variação         | Soma Quadrática | Graus de Liberdade | Média Quadrática | F <sub>calculado</sub> | F <sub>tabelado</sub> | F <sub>c</sub> /F <sub>t</sub> |
|---------------------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Regressão                 | 1835,35         | 8                  | 229,42           | 188,13                 | 3,23                  | 58,25                          |
| Resíduos                  | 10,98           | 9                  | 1,22             |                        |                       |                                |
| Falta de ajuste           | 10,71           | 6                  | 1,79             | 20,41                  | 8,94                  | 2,28                           |
| Erro puro                 | 0,26            | 3                  | 0,09             |                        |                       |                                |
| Total                     | 1846,33         | 17                 | 108,61           |                        |                       |                                |
| R <sup>2</sup>            | 0,99            |                    |                  |                        |                       |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;8;9) |                 |                    |                  |                        | 3,23                  |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;6;3) |                 |                    |                  |                        | 8,94                  |                                |

**Anexo 3.7.** Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de % de proteína

| Fonte de variação          | Soma Quadrática | Graus de Liberdade | Média Quadrática | F <sub>calculado</sub> | F <sub>tabelado</sub> | F <sub>c</sub> /F <sub>t</sub> |
|----------------------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Regressão                  | 257,96          | 3                  | 85,99            | 142,58                 | 3,34                  | 42,63                          |
| Resíduos                   | 8,44            | 14                 | 0,60             |                        |                       |                                |
| Falta de ajuste            | 8,20            | 11                 | 0,75             | 9,22                   | 8,76                  | 1,05                           |
| Erro puro                  | 0,24            | 3                  | 0,08             |                        |                       |                                |
| Total                      | 266,40          | 17                 | 15,67            |                        |                       |                                |
| R <sup>2</sup>             | 0,97            |                    |                  |                        |                       |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;3;14) |                 |                    |                  |                        | 3,34                  |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;11;3) |                 |                    |                  |                        | 8,76                  |                                |

**Anexo 3.8.** Análise de variância para o modelo completo dos resultados de % de lipídio

| Fonte de variação         | Soma Quadrática | Graus de Liberdade | Média Quadrática | F <sub>calculado</sub> | F <sub>tabelado</sub> | F <sub>c</sub> /F <sub>t</sub> |
|---------------------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Regressão                 | 182,43          | 9                  | 20,27            | 9,68                   |                       | 2,85                           |
| Resíduos                  | 16,76           | 8                  | 2,09             |                        |                       |                                |
| Falta de ajuste           | 16,65           | 5                  | 3,33             | 93,14                  |                       | 10,33                          |
| Erro puro                 | 0,11            | 3                  | 0,04             |                        |                       |                                |
| Total                     | 199,19          | 17                 | 11,72            |                        |                       |                                |
| R <sup>2</sup>            | 0,92            |                    |                  |                        |                       |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;9;8) |                 |                    |                  |                        | 3,39                  |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;5;3) |                 |                    |                  |                        | 9,01                  |                                |

**Anexo 3.9.** Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de % de cinza

| Fonte de variação          | Soma Quadrática | Graus de Liberdade | Média Quadrática | F <sub>calculado</sub> | F <sub>tabelado</sub> | F <sub>c</sub> /F <sub>t</sub> |
|----------------------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Regressão                  | 20,01           | 1                  | 20,01            | 1720,36                | 4,49                  | 382,81                         |
| Resíduos                   | 0,19            | 16                 | 0,01             |                        |                       |                                |
| Falta de ajuste            | 0,12            | 13                 | 0,01             | 0,42                   | 8,73                  | 0,04                           |
| Erro puro                  | 0,07            | 3                  | 0,02             |                        |                       |                                |
| Total                      | 20,19           | 17                 | 1,19             |                        |                       |                                |
| R <sup>2</sup>             | 0,99            |                    |                  |                        |                       |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;1;16) |                 |                    |                  |                        | 4,49                  |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;13;3) |                 |                    |                  |                        | 8,73                  |                                |

**Anexo 3.10.** Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de kcal/100g

| Fonte de variação          | Soma Quadrática | Graus de Liberdade | Média Quadrática | F <sub>calculado</sub> | F <sub>tabelado</sub> | F <sub>c</sub> /F <sub>t</sub> |
|----------------------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Regressão                  | 663,20          | 6                  | 110,53           | 3,02                   | 3,09                  | 0,97                           |
| Resíduos                   | 402,36          | 11                 | 36,58            |                        |                       |                                |
| Falta de ajuste            | 398,57          | 8                  | 49,82            | 39,44                  | 8,85                  | 4,45                           |
| Erro puro                  | 3,79            | 3                  | 1,26             |                        |                       |                                |
| Total                      | 1065,56         | 17                 | 62,68            |                        |                       |                                |
| R <sup>2</sup>             | 0,62            |                    |                  |                        |                       |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;6;11) |                 |                    |                  |                        | 3,09                  |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;8;3)  |                 |                    |                  |                        | 8,85                  |                                |

**Anexo 3.11.** Resultados observados em laboratório, previstos pelo modelo e os desvios padrões para percentuais de umidade, carboidrato e proteína, obtidos a partir do delineamento experimental de cereais matinais extrusados

| Variáveis Independentes |       |       |        | Respostas |      |       |               |       |       |            |       |       |
|-------------------------|-------|-------|--------|-----------|------|-------|---------------|-------|-------|------------|-------|-------|
| Ensaio                  | C (%) | U (%) | T (°C) | % Umidade |      |       | % Carboidrato |       |       | % Proteína |       |       |
|                         |       |       |        | Obs.      | Mod. | Desv. | Obs.          | Mod.  | Desv. | Obs.       | Mod.  | Desv. |
| 01                      | -1    | -1    | -1     | 6,6       | 7,01 | -5,89 | 66,91         | 65,67 | 1,84  | 11,54      | 11,84 | -2,61 |
| 02                      | 1     | -1    | -1     | 6,2       | 6,30 | -1,67 | 43,93         | 43,19 | 1,67  | 21,53      | 20,48 | 4,87  |
| 03                      | -1    | 1     | -1     | 6,4       | 7,01 | -8,03 | 62,48         | 62,23 | 0,39  | 12,35      | 11,84 | 4,11  |
| 04                      | 1     | 1     | -1     | 5,8       | 6,30 | -8,02 | 39,88         | 39,75 | 0,31  | 21,69      | 20,48 | 5,57  |
| 05                      | -1    | -1    | 1      | 8,1       | 7,79 | 3,84  | 64,83         | 63,98 | 1,30  | 11,54      | 11,84 | -2,61 |
| 06                      | 1     | -1    | 1      | 6,6       | 7,09 | -6,93 | 41,53         | 40,42 | 2,66  | 21,03      | 20,48 | 2,61  |
| 07                      | -1    | 1     | 1      | 7,4       | 7,79 | -5,12 | 63,64         | 63,02 | 0,96  | 11,41      | 11,84 | -3,78 |
| 08                      | 1     | 1     | 1      | 6,8       | 7,09 | -4,11 | 39,20         | 39,46 | -0,67 | 21,03      | 20,48 | 2,56  |
| 09                      | 0     | 0     | -1,68  | 6,5       | 6,39 | 1,68  | 52,41         | 53,24 | -1,59 | 15,76      | 16,74 | -6,24 |
| 10                      | 0     | 0     | 1,68   | 7,4       | 7,71 | -4,05 | 50,77         | 51,58 | -1,59 | 16,73      | 16,74 | -0,08 |
| 11                      | 0     | -1,68 | 0      | 6,7       | 7,05 | -5,00 | 52,03         | 53,80 | -3,41 | 15,89      | 16,17 | -1,82 |
| 12                      | 0     | 1,68  | 0      | 7,9       | 7,05 | 12,01 | 50,24         | 50,11 | 0,25  | 15,47      | 16,17 | -4,58 |
| 13                      | -1,68 | 0     | 0      | 8,0       | 7,64 | 4,60  | 70,23         | 71,42 | -1,69 | 9,01       | 8,17  | 9,30  |
| 14                      | 1,68  | 0     | 0      | 7,0       | 6,45 | 8,39  | 32,29         | 32,74 | -1,41 | 21,22      | 22,68 | -6,90 |
| 15                      | 0     | 0     | 0      | 7,4       | 7,05 | 4,92  | 50,86         | 51,08 | -0,45 | 15,27      | 15,42 | -1,03 |
| 16                      | 0     | 0     | 0      | 7,7       | 7,05 | 9,17  | 51,45         | 51,08 | 0,70  | 15,17      | 15,42 | -1,70 |
| 17                      | 0     | 0     | 0      | 7,6       | 7,05 | 7,75  | 51,38         | 51,08 | 0,56  | 15,28      | 15,42 | -0,97 |
| 18                      | 0     | 0     | 0      | 6,8       | 7,05 | -3,58 | 50,96         | 51,08 | -0,25 | 15,80      | 15,42 | 2,35  |



**Anexo 3.12.** Resultados observados em laboratório, os previstos pelo modelo e os desvios padrões para % de lipídio, cinzas e Kcal/100g, obtidos a partir do Delineamento Experimental de cereais matinais extrusados

| Variáveis Independentes |       |       |       | Respostas   |       |        |           |      |        |                             |        |       |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------------|-------|--------|-----------|------|--------|-----------------------------|--------|-------|
| Ensaio                  | % C   | %U    | °T    | Lipídio (%) |       |        | Cinza (%) |      |        | Valor calórico (kcal/100gl) |        |       |
|                         |       |       |       | Obs.        | Mod.  | Desv.  | Obs.      | Mod. | Desv.  | Obs.                        | Mod.   | Desv. |
| 01                      | -1    | -1    | -1    | 5,31        | 6,28  | -18,40 | 3,27      | 5,72 | -74,94 | 361,59                      | 365,38 | -1,05 |
| 02                      | 1     | -1    | -1    | 9,62        | 11,46 | -19,17 | 5,85      | 5,72 | 2,22   | 348,42                      | 358,14 | -2,79 |
| 03                      | -1    | 1     | -1    | 8,66        | 8,94  | -3,26  | 3,38      | 5,72 | -69,24 | 377,26                      | 378,00 | -0,20 |
| 04                      | 1     | 1     | -1    | 14,35       | 15,11 | -5,29  | 5,72      | 5,72 | -0,01  | 375,43                      | 377,08 | -0,44 |
| 05                      | -1    | -1    | 1     | 6,74        | 7,29  | -8,27  | 3,17      | 5,72 | -80,45 | 366,14                      | 368,78 | -0,72 |
| 06                      | 1     | -1    | 1     | 13,64       | 14,67 | -7,59  | 5,69      | 5,72 | -0,53  | 373,00                      | 376,55 | -0,95 |
| 07                      | -1    | 1     | 1     | 8,32        | 7,79  | -6,32  | 3,29      | 5,72 | -73,87 | 375,08                      | 369,65 | 1,45  |
| 08                      | 1     | 1     | 1     | 15,82       | 16,16 | -2,15  | 5,67      | 5,72 | -0,89  | 383,26                      | 383,76 | -0,13 |
| 09                      | 0     | 0     | -1,68 | 11,48       | 9,81  | 14,50  | 4,62      | 5,72 | -23,82 | 376,00                      | 367,94 | 2,14  |
| 10                      | 0     | 0     | 1,68  | 11,75       | 11,54 | 1,72   | 4,51      | 5,72 | -26,84 | 375,75                      | 376,40 | -0,17 |
| 11                      | 0     | -1,68 | 0     | 11,20       | 9,20  | 17,76  | 4,56      | 5,72 | -25,45 | 372,48                      | 363,85 | 2,32  |
| 12                      | 0     | 1,68  | 0     | 12,56       | 12,68 | 0,99   | 4,32      | 5,72 | -32,42 | 375,88                      | 380,49 | -1,23 |
| 13                      | -1,68 | 0     | 0     | 5,86        | 5,72  | 2,27   | 2,61      | 5,72 | 119,17 | 369,70                      | 369,29 | 0,11  |
| 14                      | 1,68  | 0     | 0     | 18,84       | 17,10 | 9,20   | 6,60      | 5,72 | 13,33  | 383,60                      | 375,05 | 2,23  |
| 15                      | 0     | 0     | 0     | 11,93       | 11,77 | 1,33   | 4,52      | 5,72 | -26,56 | 371,89                      | 372,17 | -0,07 |
| 16                      | 0     | 0     | 0     | 11,60       | 11,77 | -1,46  | 4,26      | 5,72 | -34,28 | 370,88                      | 372,17 | -0,35 |
| 17                      | 0     | 0     | 0     | 11,49       | 11,77 | -2,44  | 4,54      | 5,72 | -26,00 | 370,05                      | 372,17 | -0,57 |
| 18                      | 0     | 0     | 0     | 11,73       | 11,77 | -0,34  | 4,59      | 5,72 | -24,63 | 372,61                      | 372,17 | 0,12  |

**Anexo 3.13.** Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de IAA em g de gel/ g de matéria seca.

| Fonte de variação          | Soma Quadrática | Graus de Liberdade | Média Quadrática | F <sub>calculado</sub> | F <sub>tabelado</sub> | F <sub>c</sub> /F <sub>t</sub> |
|----------------------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Regressão                  | 25,88           | 3                  | 8,63             | 5,63                   |                       | 1,68                           |
| Resíduos                   | 21,44           | 14                 | 1,53             |                        |                       |                                |
| Falta de ajuste            | 20,34           | 11                 | 1,85             |                        |                       | 0,57                           |
| Erro puro                  | 1,10            | 3                  | 0,37             | 5,04                   |                       |                                |
| Total                      | 47,31           | 17                 | 2,78             |                        |                       |                                |
| R <sup>2</sup>             | 0,54            |                    |                  |                        |                       |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;3;14) |                 |                    |                  |                        | 3,34                  |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;11;3) |                 |                    |                  |                        | 8,76                  |                                |

**Anexo 3.14.** Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de % de ISA

| Fonte de variação          | Soma Quadrática | Graus de Liberdade | Média Quadrática | F <sub>calculado</sub> | F <sub>tabelado</sub> | F <sub>c</sub> /F <sub>t</sub> |
|----------------------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Regressão                  | 1523,11         | 6                  | 253,85           | 49,04                  | 3,09                  | 15,84                          |
| Resíduos                   | 56,94           | 11                 | 5,18             |                        |                       |                                |
| Falta de ajuste            | 53,93           | 8                  | 6,74             | 6,71                   |                       | 0,75                           |
| Erro puro                  | 3,01            | 3                  | 1                |                        | 8,85                  |                                |
| Total                      | 1580,05         | 17                 | 92,94            |                        |                       |                                |
| R <sup>2</sup>             | 0,96            |                    |                  |                        |                       |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;6;11) |                 |                    |                  |                        | 3,09                  |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;8;3)  |                 |                    |                  |                        | 8,85                  |                                |

**Anexo 3.15.** Análise de variância para o modelo ajustado dos resultados de pH

| Fonte de variação         | Soma Quadrática | Graus de Liberdade | Média Quadrática | F <sub>calculado</sub> | F <sub>tabelado</sub> | F <sub>c</sub> /F <sub>t</sub> |
|---------------------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Regressão                 | 0,0014          | 5                  | 0,00028          | 7,28                   | 3,11                  | 2,34                           |
| Resíduos                  | 0,0005          | 12                 | 0,00004          |                        |                       |                                |
| Total                     | 0,0019          | 17                 | 0,00011          |                        |                       |                                |
| R <sup>2</sup>            | 0,75            |                    |                  |                        |                       |                                |
| F <sub>t</sub> (0,95;5;1) |                 |                    |                  |                        | 3,11                  |                                |

**Anexo 3.16.** Resultados observados em laboratório, previstos pelo modelo e os desvios padrões para IAA, ISA e pH, obtidos a partir do delineamento experimental de cereais matinais extrusados

| Variáveis Independentes |       |       |       | Respostas |      |        |       |       |       |      |      |       |
|-------------------------|-------|-------|-------|-----------|------|--------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| Ensaio                  | C     | U     | T     | IAA       |      |        | ISA   |       |       | pH   |      |       |
|                         |       |       |       | Obs.      | Mod. | Desv.  | Obs.  | Mod.  | Desv. | Obs. | Mod. | Desv. |
| 01                      | -1    | -1    | -1    | 9,64      | 9,10 | 5,61   | 54,51 | 52,60 | 3,50  | 5,98 | 5,99 | -0,23 |
| 02                      | 1     | -1    | -1    | 6,68      | 7,07 | -5,81  | 37,55 | 35,42 | 5,68  | 5,96 | 5,97 | -0,23 |
| 03                      | -1    | 1     | -1    | 9,60      | 9,10 | 5,21   | 46,61 | 44,35 | 4,85  | 5,98 | 5,98 | -0,02 |
| 04                      | 1     | 1     | -1    | 6,16      | 7,07 | -14,74 | 27,65 | 27,17 | 1,75  | 5,95 | 5,96 | -0,19 |
| 05                      | -1    | -1    | 1     | 10,39     | 9,10 | 12,42  | 51,23 | 48,14 | 6,04  | 5,96 | 5,96 | 0,03  |
| 06                      | 1     | -1    | 1     | 7,74      | 7,07 | 8,68   | 26,40 | 26,02 | 1,46  | 5,96 | 5,96 | -0,05 |
| 07                      | -1    | 1     | 1     | 10,74     | 9,10 | 15,28  | 51,57 | 51,06 | 0,99  | 5,98 | 5,97 | 0,16  |
| 08                      | 1     | 1     | 1     | 6,47      | 7,07 | -9,25  | 30,61 | 28,94 | 5,46  | 5,98 | 5,98 | 0,07  |
| 09                      | 0     | 0     | -1,68 | 9,10      | 8,32 | 8,60   | 40,30 | 43,06 | -6,85 | 5,96 | 5,99 | -0,44 |
| 10                      | 0     | 0     | 1,68  | 6,56      | 8,32 | -26,80 | 38,71 | 40,80 | -5,40 | 5,96 | 5,97 | -0,14 |
| 11                      | 0     | -1,68 | 0     | 9,54      | 9,02 | 5,48   | 33,51 | 36,49 | -8,89 | 5,97 | 5,98 | -0,12 |
| 12                      | 0     | 1,68  | 0     | 7,52      | 9,02 | -19,90 | 30,58 | 32,01 | -4,68 | 5,97 | 5,98 | -0,12 |
| 13                      | -1,68 | 0     | 0     | 5,77      | 8,37 | -45,09 | 56,33 | 58,44 | -3,75 | 5,96 | 5,97 | -0,15 |
| 14                      | 1,68  | 0     | 0     | 5,45      | 4,96 | 9,01   | 25,16 | 25,42 | -1,05 | 5,96 | 5,96 | 0,06  |
| 15                      | 0     | 0     | 0     | 7,52      | 6,67 | 11,37  | 42,54 | 41,93 | 1,43  | 5,98 | 5,98 | 0,04  |
| 16                      | 0     | 0     | 0     | 6,30      | 6,67 | -5,80  | 40,38 | 41,93 | -3,84 | 5,98 | 5,98 | 0,04  |
| 17                      | 0     | 0     | 0     | 6,67      | 6,67 | 0,07   | 41,56 | 41,93 | -0,90 | 5,98 | 5,98 | 0,04  |
| 18                      | 0     | 0     | 0     | 7,48      | 6,67 | 10,89  | 42,44 | 41,93 | 1,20  | 5,98 | 5,98 | 0,04  |



## **CAPÍTULO 4**

### **EFEITOS DO PROCESSO DE EXTRUSÃO SOBRE A ACEITABILIDADE DE CEREAL MATINAL DE TORTA DE AMÊNDOA DE CASTANHA-DO-BRASIL COM FARINHA DE MANDIOCA**

#### **1. INTRODUÇÃO**

O processamento por extrusão vem ganhando destaque e expansão na indústria de alimentos, aumentando a diversidade de produtos alimentícios disponíveis no mercado e oferecendo muitas vantagens que os sistemas convencionais de processamento não proporcionam (ESTEVEZ et al., 1995). A técnica de extrusão possibilita a obtenção de um efeito nutricional vantajoso e útil no alimento, de forma que viabiliza a utilização de variadas misturas de diferentes matérias-primas ricas em proteínas e amidos podendo incorporar minerais e vitaminas na composição, além de possibilitar uma longa vida de prateleira e baixo custo ao produto. É um mecanismo efetivo na preservação, aumentando a vida útil de diversos alimentos, uma vez que destrói microrganismos, inativa complexos enzimáticos e componentes antinutricionais (ANDERSON e HEDLUND, 1990; CARVALHO, 2000; GUZMAN e CHICHESTER, 1992; SILVA, 1990).

A extrusão termoplástica é um processo contínuo, onde o atrito mecânico pactua-se com o tratamento térmico, ocorrendo a plasticização do material protéico, reestruturação e produção de novas texturas e formas (EL-DASH, 1982).

A produção de cereais matinais e *snacks* no Brasil está ganhando considerável importância e o potencial de crescimento no mercado é particularmente promissor. Os Estados Unidos da América são o maior exportador de *snacks* para o Brasil, tendo aumentado de US\$ 4,3 milhões em 1993 para US\$ 7,6 milhões em 1994, significando 80% de aumento nesse período (EXTRUSÃO, 2002). O processamento por extrusão é uma das tecnologias utilizadas para produzir esses tipos de alimentos, que por apresentarem características de "alimentos convenientes, de consumo imediato e de fácil preparo" recebem

preferência e aceitação pelo mercado consumidor, especialmente jovens e crianças.

Conforme El-Dash et al. (1984), variações nas condições de operação de extrusão de amido permitem a produção de um extrusado com várias características, para aplicações em indústria de alimentos e outros produtos. Dessa forma a análise de superfície de resposta parece ser um mecanismo efetivo para estudo e otimização das diversas condições que podem ser implementadas na tecnologia de extrusão. Grossmann (1986) relata que durante o processamento de extrusão, as condições especiais existentes dentro do extrusor, tais como: baixo teor de umidade, alta taxa de cisalhamento e alta temperatura, provocam uma série de modificações nas propriedades físico-químicas do produto. Dois mecanismos são considerados responsáveis por estas modificações: a gelatinização e a dextrinização do amido.

O extrusor é constituído, basicamente, por um alimentador, parafuso, camisa e matriz. A matéria-prima é introduzida no aparelho através do alimentador, sendo impulsionada pelo parafuso em direção à matriz. À medida que atravessa as diferentes zonas de alimentação, transmissão e alta pressão, acontece um aumento gradativo do atrito mecânico, causado por modificações da geometria do parafuso e pela resistência proporcionada pela matriz. Como resultado, ocorre também elevação da pressão e temperatura, causando o cozimento do produto (HARPER, 1981).

O controle das condições de extrusão (temperatura, taxa de compressão da rosca, taxa de alimentação, teor de umidade e formulação do alimento) é essencial para garantir a boa qualidade do produto impedindo a perda de nutrientes.

Entre as várias vantagens que esse processo oferece, destacam-se: sua grande versatilidade, alta eficiência termodinâmica, baixo custo operacional e menor requerimento de mão de obra e espaço para produção (EL-DASH 1982; SILVA, 1990).

O presente trabalho teve como objetivo estudar os efeitos da extrusão termoplástica sobre a aceitabilidade de diferentes formulações de cereal matinal de torta de amêndoa de castanha-do-brasil semi-desengordurada com farinha de mandioca, utilizando a metodologia de superfície de resposta.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Materiais**

Foram utilizados cereais matinais extrusados, formulados a partir de misturas de torta de amêndoa de castanha-do-brasil semi-desengordurada e farinha de mandioca, processados por extrusão termoplástica, descrita no Capítulo 3.

### **2.2. MÉTODOS**

#### **2.2.1. Análises sensoriais de aceitação global e intenção de compra dos cereais matinais extrusados.**

O delineamento experimental fatorial completo  $2^3$ , conforme Barros Neto et al. (1995), constituído por 18 formulações com 4 repetições no ponto central e 6 pontos axiais (Capítulo 3, Tabela 3.2.), foi empregado para avaliação sensorial de aceitação global e intenção de compra (STONE e SIDEL, 1985), conforme Tabela 4.1. Utilizaram-se dois testes sensoriais: o afetivo de aceitação global, com escala hedônica de 9 pontos (PERYAM e GIRARDOT, 1952), e o de intenção de compra, com escala de 5 pontos. Cada amostra de cereal, apresentando formato cilíndrico, foi servida na ordem de apresentação balanceada, em pires de porcelana de cor preta, codificada com número de 3 dígitos, contendo 10 porções de  $\pm 3,0$  cm de comprimento cada, em cabines individuais sob iluminação ambiente com luz vermelha, de acordo com Stone e Sidel (1985); Meilgaard et al. (1987). Participaram dos testes 40 consumidores recrutados da academia da FEA/UNICAMP, que avaliaram as 18 amostras em 6 diferentes sessões,



expressando em uma ficha de avaliação, anexo 4.1., suas respostas em relação a cada amostra apresentada.

### **2.2.2. Análise estatística dos resultados das respostas sensoriais de aceitação global e intenção de compra dos cereais matinais extrusados**

Os resultados foram analisados utilizando metodologia multivariável para avaliar o efeito das variáveis independentes, bem como suas interações, em relação as respostas (aceitação global e intenção de compra) b. O planejamento fatorial completo, com 3 variáveis em 2 níveis ( $2^3$ ), apresentado na Tabela 4.1., foi proposto e determinou-se o ajuste do modelo estatístico de segunda ordem, viabilizando a construção de superfícies de respostas para determinar regiões de máximos ou mínimos valores. A otimização, baseada na Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) (BOX e DRAPER, 1987), foi empregada para avaliar as melhores condições das variáveis independentes e suas interações, para maximizar ou minimizar a resposta desejada, empregando-se o Programa *Statistic for Windows* versão 5.0 (1995), que gerou equações de modelos preditivos, após exclusão de termos não significativos.

Observou-se nas ANOVAS a significância das regressões e da falta de ajuste, em relação à 95% de confiança, pelo teste F e o coeficiente de determinação da regressão ( $R^2$ ), que segundo Barros Neto et al. (1995), deve ser o valor de  $R^2$  o mais próximo de 1,0, para melhor representar o modelo das respostas obtidas. Modelos com  $R^2$  menores que 60% deverão ser usados somente como indicadores de tendência, nunca para fins preditivos (KHÜRI e CORNELL, 1996).

Foram construídos gráficos de superfícies de respostas e contorno com o emprego do programa *Statistic for Windows* versão 5.0 (1995) para determinar o efeito das variáveis independentes sobre as respostas observadas, aplicando-se cada uma das variáveis independentes, nos níveis 0, +1, -1, para verificar suas influências sobre as respostas e definir qual o melhor ponto de otimização do processamento de extrusão de cereais. Nos eixos dos gráficos, as variáveis

independentes foram apresentadas em valores reais definidos no planejamento experimental.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A Tabela 4.1. expressa o delineamento experimental fatorial completo  $2^3$  das formulações de cereais matinais extrusados, empregado nas análises sensoriais e os resultados das respostas de aceitação global e intenção de compra obtidos.

Observou-se que a formulação (cereal matinal) 11, que apresentava menor percentual de torta de amêndoa de castanha foi a que recebeu menores notas para os dois atributos examinados; e a 14, constituída por maior teor de torta de amêndoa de castanha, obteve maiores notas.

Os efeitos dos fatores lineares (L) e quadráticos (Q) e das interações de aceitação dos cereais extrusados encontram-se na Tabela 4.2. Os valores na coluna dos efeitos indicam quanto cada um fator influenciou no parâmetro aceitação. Observou-se, na mesma tabela, que todos os parâmetros lineares e quadráticos das três variáveis independentes estudadas: torta de amêndoa de castanha-do-brasil (%); umidade (%) e temperatura (°C), bem como suas interações influíram significativamente ( $p \leq 0,05$ ) sobre o referido atributo sensorial.

Os parâmetros lineares (L) das variáveis independentes: teor de torta de amêndoa de castanha e umidade, apresentaram efeitos positivos sobre a aceitação, indicando que um aumento em qualquer um destes fatores contribuiu para a elevação na aceitação do extrusado; o mesmo acontecendo com as interações lineares entre torta de amêndoa de castanha x umidade e umidade x temperatura. A temperatura linear e a interação torta de amêndoa de castanha x temperatura linear negativos significaram que a elevação destes fatores assinalaram um efeito negativo, ou seja, uma redução na resposta do atributo aceitação global. O parâmetro, torta de amêndoa de castanha (L), foi o de maior valor absoluto, exercendo um efeito de 1,3 vezes superior aos demais.

**Tabela 4.1.** Delineamento Experimental Fatorial Completo  $2^3$ , composto por 3 variáveis independentes e resultados das respostas sensoriais observadas.

| Formulação<br>(Cereal<br>matinal/<br>amostra) | Níveis das variáveis independentes<br>codificadas e reais |                               |                                       | Resposta sensorial  |                       |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------|-----------------------|
|                                               | X <sub>1</sub> Torta de<br>Castanha (%)                   | X <sub>2</sub><br>Umidade (%) | X <sub>3</sub><br>Temperatura<br>(°C) | Aceitação<br>Global | Intenção de<br>Compra |
| 01                                            | -1 (30)                                                   | -1 (17)                       | -1 (130)                              | 5,57                | 3,02                  |
| 02                                            | +1 (60)                                                   | -1 (17)                       | -1 (130)                              | 7,12                | 3,50                  |
| 03                                            | -1 (30)                                                   | +1 (25)                       | -1 (130)                              | 5,67                | 3,04                  |
| 04                                            | +1 (60)                                                   | +1 (25)                       | -1 (130)                              | 7,17                | 3,66                  |
| 05                                            | -1 (30)                                                   | -1 (17)                       | +1 (170)                              | 4,57                | 2,45                  |
| 06                                            | +1 (60)                                                   | -1 (17)                       | +1 (170)                              | 5,43                | 2,54                  |
| 07                                            | -1 (30)                                                   | +1 (25)                       | +1 (170)                              | 5,36                | 2,76                  |
| 08                                            | +1 (60)                                                   | +1 (25)                       | +1 (170)                              | 7,10                | 3,50                  |
| 09                                            | 0 (45)                                                    | 0 (21)                        | - $\alpha$ (116,4)                    | 6,05                | 3,16                  |
| 10                                            | 0 (45)                                                    | 0 (21)                        | + $\alpha$ (183,6)                    | 5,36                | 2,88                  |
| 11                                            | 0 (45)                                                    | - $\alpha$ (14,28)            | 0 (150)                               | 3,52                | 1,90                  |
| 12                                            | 0 (45)                                                    | + $\alpha$ (27,72)            | 0 (150)                               | 6,40                | 3,33                  |
| 13                                            | - $\alpha$ (19,8)                                         | 0 (21)                        | 0 (150)                               | 5,38                | 2,76                  |
| 14                                            | + $\alpha$ (70,2)                                         | 0 (21)                        | 0 (150)                               | 7,31                | 3,88                  |
| 15(C)                                         | 0 (45)                                                    | 0 (21)                        | 0 (150)                               | 7,14                | 3,85                  |
| 16(C)                                         | 0 (45)                                                    | 0 (21)                        | 0 (150)                               | 7,19                | 3,90                  |
| 17(C)                                         | 0 (45)                                                    | 0 (21)                        | 0 (150)                               | 7,12                | 3,64                  |
| 18(C)                                         | 0 (45)                                                    | 0 (21)                        | 0 (150)                               | 7,17                | 3,73                  |

C=ponto central;  $\pm \alpha$ ( $\pm 1,68$ ) = ponto axial ou estrela.



**Tabela 4.2.** Estimativa dos coeficientes de regressão e efeitos sobre as respostas aceitação global de cereais matinais de torta de amêndoa de castanha-do-brasil com farinha de mandioca extrusados.

| Parâmetros do modelo | Efeitos | Erro puro | t (3)   | $p \leq 0,05$ |
|----------------------|---------|-----------|---------|---------------|
| Média                | 7,13*   | ,015*     | 459,62* | ,00*          |
| (1)Torta/Castanh(L)  | 1,30*   | ,01*      | 77,42*  | ,00*          |
| Torta/Castanh(Q)     | -,39*   | ,01*      | -22,38* | ,00*          |
| (2)Umidade(L)        | 1,09*   | ,01*      | 64,87*  | ,00*          |
| Umidade(Q)           | -1,37*  | ,01*      | -78,39* | ,00*          |
| (3)Temperat(L)       | -,61*   | ,01*      | -36,81* | ,00*          |
| Temperat(Q)          | -,84*   | ,01*      | -48,26* | ,00*          |
| 1L com 2L            | ,20*    | ,02*      | 9,43*   | ,00*          |
| 1L com 3L            | -,11*   | ,02*      | -5,11*  | ,01*          |
| 2L com 3L            | ,57*    | ,02*      | 26,26*  | ,00*          |

\*Número de cor vermelha é significativo a  $p \leq 0,05$ .

Os parâmetros: torta de amêndoa de castanha, umidade e temperatura, todos quadráticos, apresentaram efeitos com valores de sinais negativos indicando a existência de uma região de máxima e a superfície de resposta na forma de uma parábola negativa, ou seja, com curvatura para baixo.

Realizou-se a análise de variância (ANOVA) com os valores de  $F_{\text{calculado}}$  e  $F_{\text{tabelado}}$  que estão apresentados na Tabela 4.3. No modelo gerado para aceitação global, a regressão foi significativa estatisticamente a ( $p \leq 0,05$ ), porque o  $F_{\text{calculado}}(0,95;9;8) = 9,52$  foi maior que o  $[F_{\text{tabelado}}(0,95;9;8) = 3,39$ . Porém, a falta de ajuste também foi significativa ( $F_{\text{calculado}}(0,95;5;3) = 364,65 > F_{\text{tabelado}}(0,95;5;3) = 9,01$ ], embora o ideal seria um valor de  $F_{\text{calculado}}$  menor que o  $F_{\text{tabelado}}$ , ou seja, não significativo; entretanto, como as médias nos pontos centrais foram muito próximas e o erro puro também foi muito baixo, (razões para o F da falta de ajuste ter dado alto), o modelo foi considerado válido para fins preditivos. Waszczynsky e Nelsen (1996) sugeriram que quando o quadrado médio para o erro experimental

tomar valor extremamente baixo, os testes de significância para a falta de ajuste devem ser considerados irrelevantes, o que foi de acordo com este caso.

**Tabela 4.3.** Análise de variância (ANOVA)  $p \leq 0,05$  para aceitação global obtida do modelo completo da tabela de regressão.

| Fonte de Variação | Soma Quadrática | Graus de Liberdade | Média Quadrática | $F_{\text{Calculado}} p \leq 0,05$ | $F_{\text{tabelado}} p \leq 0,05$ |
|-------------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Regressão         | 18,919          | 9                  | 2,102            | 9,526                              | 3,39                              |
| Resíduo           | 1,765           | 8                  | 0,220            |                                    |                                   |
| Falta de ajuste   | 1,762           | 5                  | 0,352            | 364,65                             | 9,01                              |
| Erro Puro         | 0,002           | 3                  | 0,000            |                                    |                                   |
| TOTAL             | 20,684          | 17                 | 1,216            |                                    |                                   |

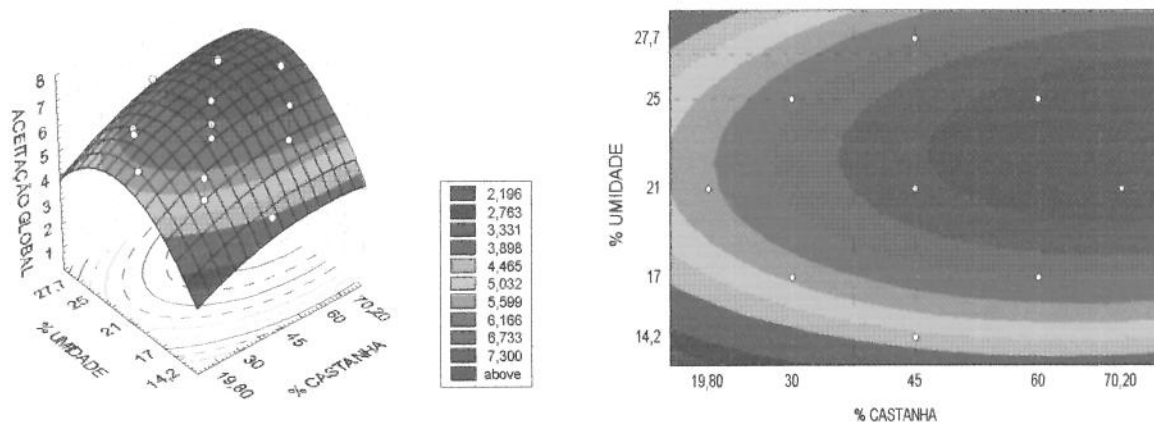
O coeficiente de determinação da regressão ( $R^2$ ) = 0,9146 para o modelo foi válido, indicando que ele explicou 91,46% da variação dos dados observados. Conforme Khuri e Cornell (1996), este coeficiente de determinação ( $R^2$ ) mede a proporção da variação total da resposta que é explicada pelo modelo. Desse modo, quanto maior o  $R^2$ , isto é, quanto mais próximo de 1, melhor será considerado o modelo. Os modelos com  $R^2 < 60\%$  (muito baixo) são usados como indicadores de tendência, nunca para fins preditivos.

O modelo completo codificado de regressão para aceitação global (porque todos os efeitos foram significativos a  $p \leq 0,05$  está apresentada na **Equação 4.1** abaixo:

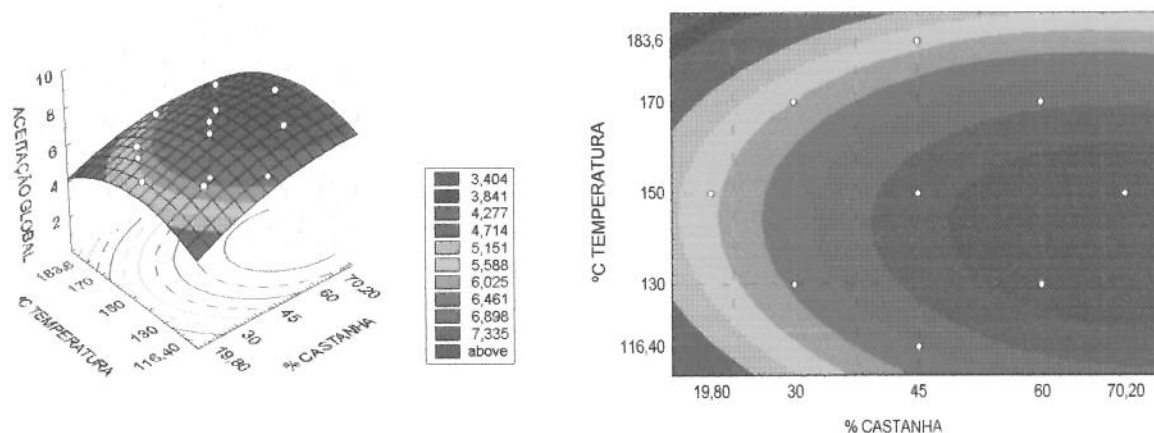
$$AG = 7,13 + 0,65TC - 0,19TC^2 + 0,55U - 0,68U^2 - 0,31T + 0,42T^2 + 0,10TC \cdot U - 0,05TC \cdot T + 0,29U \cdot T \quad [4.1]$$

As superfícies de respostas e de contornos para aceitação dos cereais matinais extrusados baseadas no modelo gerado pela equação, estão ilustradas nas Figuras **4.1a.**, **4.1b** e **4.1c.**; onde pôde-se observar o efeito positivo da torta de amêndoa de castanha na aceitação do produto. Quanto maior o percentual de torta de amêndoa castanha, maior a aceitação do cereal matinal.

Fixando-se a umidade no ponto central e variando o teor de torta de amêndoa x temperatura, verificou-se que a partir de 48% de torta de amêndoa foi elevando-se o nível de aceitação, até um ponto ótimo entre 48 a 80%, ao mesmo tempo em que a temperatura na faixa de 110 a 160°C, mostrou-se como a melhor região otimizada, ou seja, com a maior aceitação global para o produto.

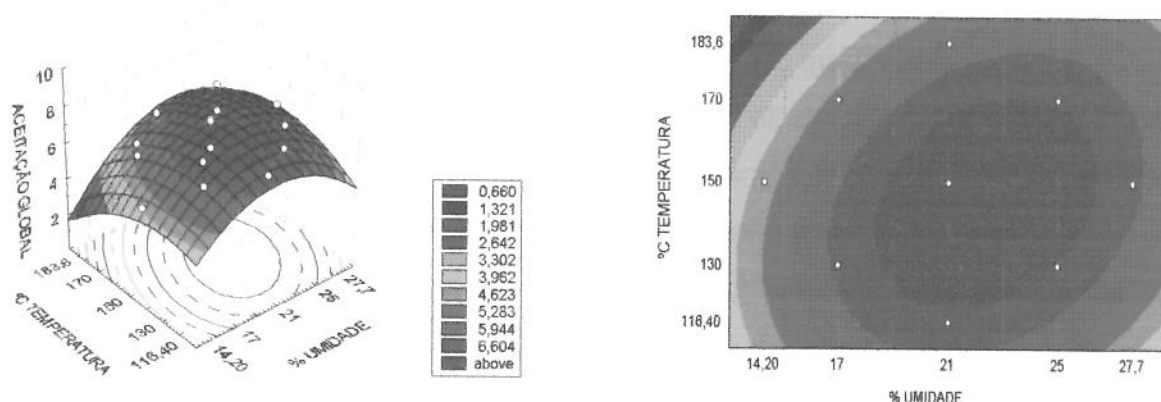


**Figura 4.1a.** Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre a aceitação global, para temperatura fixa no nível zero (150°C).



**Figura 4.1b.** Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre a aceitação global, para umidade fixa no nível zero (21%).





**Figura 4.1c.** Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre a aceitação global, para castanha fixa no nível zero (45%).

Os efeitos estimados dos coeficientes de regressão dos fatores lineares, quadráticos e interações das variáveis independentes, referentes ao atributo intenção de compra para os cereais matinais extrusados, estão apresentados na Tabela 4.4, de forma que dos 10 parâmetros analisados, 8 foram significativos ( $p \leq 0,05$ ) e permaneceram no modelo para construir a ANOVA ajustada.

**Tabela 4.4.** Estimativa dos coeficientes de regressão e efeitos sobre a intenção de compra de cereais de torta de amêndoa de castanha-do-brasil e farinha de mandioca extrusados.

| Parâmetros do modelo | Efeito | Erro puro | t(3)    | $p \leq 0,05$ |
|----------------------|--------|-----------|---------|---------------|
| Média                | 3,77*  | ,058*     | 64,34*  | ,00*          |
| (1)TortaCastanha(L)  | ,55*   | ,06*      | 8,78*   | ,00*          |
| Torta Castanha(Q)    | -,27*  | ,06*      | -4,12*  | ,02*          |
| (2)Umidade(L)        | ,56*   | ,06*      | 8,87*   | ,00*          |
| Umidade(Q)           | -,77*  | ,06*      | -11,67* | ,00*          |
| (3)Temperatura(L)    | -,35*  | ,06*      | -5,62*  | ,01*          |
| Temperatura(Q)       | -,48*  | ,06*      | -7,33*  | ,00*          |
| 1L com 2L            | ,19**  | ,08**     | 2,37**  | ,09**         |
| 1Lcom 3L             | -,06** | ,08**     | -,812** | ,47**         |
| 2L com 3L            | ,27*   | ,08*      | 3,28*   | ,04*          |

\*Número de cor vermelha significativo a 0,95 de probabilidade

\*\*Número de cor preta não significativo a 0,95 de probabilidade

Os parâmetros lineares das variáveis independentes torta de amêndoa de castanha e umidade, bem como a interação umidade x temperatura tiveram efeitos positivos sobre a intenção de compra, indicando que um aumento em qualquer um destes fatores implica no aumento da intenção de compra do produto.

O parâmetro temperatura linear negativo indica que se elevando a temperatura se reduz a intenção de compra. Os parâmetros torta de amêndoa de castanha, umidade e temperatura quadrática apresentaram valores com sinais negativos, indicando a existência de uma região de máxima e superfície de resposta formando uma parábola negativa, ou seja com curvatura voltada para baixo. Isto explica que há um certo limite destes fatores para se atingir um ponto máximo de intenção de compra.

Procedeu-se à construção da análise de variância (ANOVA  $p \leq 0,05$ ) para intenção de compra, apresentada na Tabela 4.5. que mostrou um coeficiente de determinação,  $R^2 = 0,9050$ , significativo a ( $p \leq 0,05$ ), portanto um modelo válido.

**Tabela 4.5.** Análise de variância do modelo ajustado, obtido a partir da tabela de coeficiente de regressão para intenção de compra.

| Fonte de Variação | Soma Quadrática | Graus de Liberdade | Média Quadrática | $F_{\text{Calculado}} p \leq 0,05$ | $F_{\text{tabelado}} p \leq 0,05$ |
|-------------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Regressão         | 4,973           | 7                  | 0,710            | 13,62                              | 3,14                              |
| Resíduo           | 0,521           | 10                 | 0,052            |                                    |                                   |
| Falta de Ajuste   | 0,480           | 7                  | 0,068            | 4,970                              | 8,89                              |
| Erro Puro         | 0,041           | 3                  | 0,013            |                                    |                                   |
| TOTAL             | 5,494           | 17                 | 0,323            |                                    |                                   |

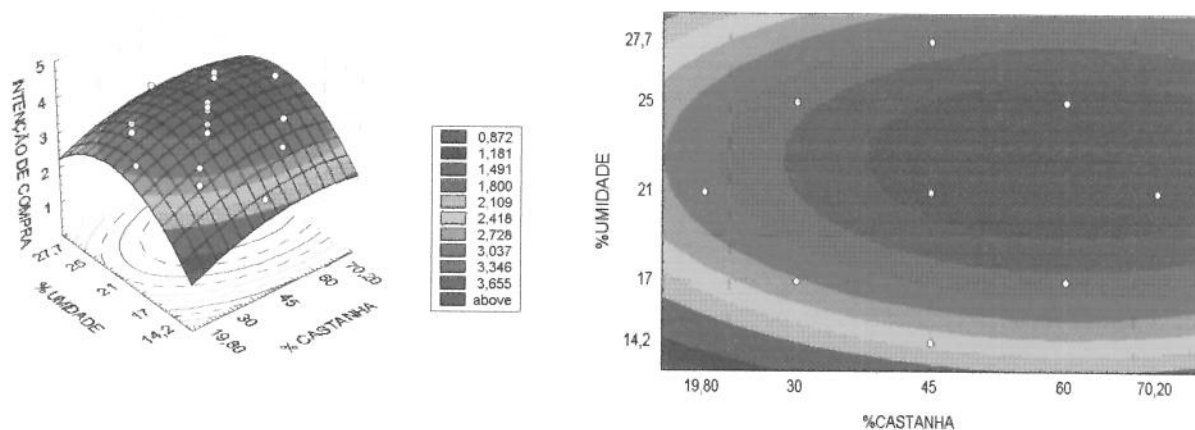
Isto significa dizer que 90,50% da variação total em torno da média foi explicada pela regressão, ficando apenas 9,5% para ser explicada pelos resíduos. A ANOVA modificada mostra ainda uma regressão significativa, a 95% de confiança, e que o resíduo não apresentou evidência de falta de ajuste. Neste caso, o  $F_{\text{calculado}}(0,95;7;10) = MQ_R / MQ_r = 13,62$ ; enquanto o  $F_{\text{tabelado}}(0,95;7;10) = 3,14$  mostrou uma equação com o  $F_{\text{calculado}}$  4,33 vezes superior ao  $F_{\text{tabelado}}$ ,

anunciando uma equação válida, significativa estatisticamente e útil para fins preditivos. Conforme reportado por Box e Wetz (1973), o valor de  $F_{\text{calculado}}$  deve ser no mínimo de 4 a 5 vezes o valor de  $F_{\text{tabelado}}$ , para assegurar que a regressão seja significativa estatisticamente e o modelo útil para fins preditivos.

O modelo do coeficiente de regressão ajustado (porque foram eliminados os parâmetros não significativos) gerado para intenção de compra (IC), foi representado por um polinômio de segunda ordem, conforme demonstrado pela **Equação 4.2.**

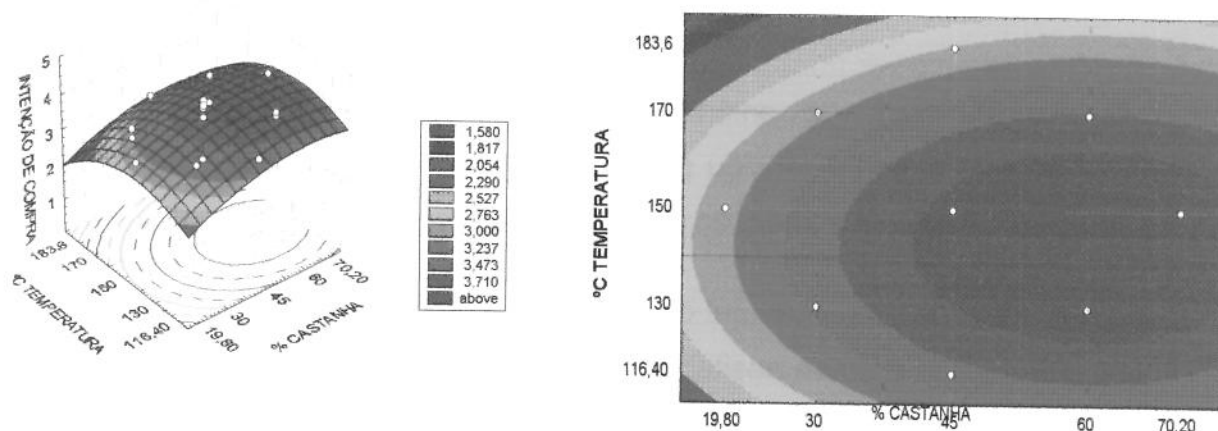
$$IC = 3,77 + 0,28TC - 0,14TC^2 + 0,28U - 0,38U^2 - 0,18CT - 0,24CT^2 + 0,13U \cdot CT \quad [4.2]$$

Com base neste modelo, construíram-se superfícies de respostas e de contornos para intenção de compra, ilustradas nas Figuras 4.2a., 4.2b e 4.2c. Em conformidade com as figuras, observa-se que ao se fixar a umidade no ponto central e variando a torta de castanha x temperatura, verificou-se elevação no índice de intenção de compra a partir de 40% até 80% de torta de amêndoa de castanha, quando a temperatura encontrava-se na faixa entre 120°C a 160°C, considerados pontos ótimos.

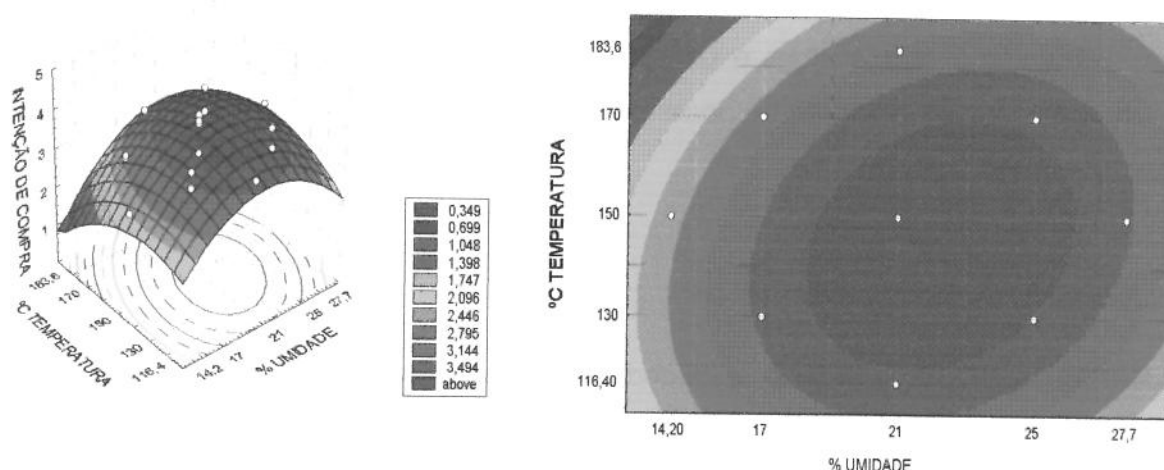


**Figura 4.2a.** Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre a intenção de compra, para temperatura fixa no nível zero (150°C).





**Figura 4.2b.** Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre a intenção de compra, para umidade fixa no nível zero (21%).



**Figura 4.2c.** Superfície de resposta e contorno mostrando o efeito das variáveis de extrusão sobre a intenção de compra, para castanha fixa no nível zero (45%).

Substituíram-se, no planejamento experimental, as variáveis independentes pelos valores codificados, e obtiveram-se os valores preditivos e os desvios padrões, conforme apresentado no Anexo 4.1. Analisando-se os resultados destas equações de modelo predito e os resultados experimentais obtidos em laboratório, para as respostas aceitação global e intenção de compra dos cereais extrusados, encontraram-se respostas nos pontos centrais muito próximos e com baixo desvio padrão, o que indica a validade do modelo, podendo o processamento ser otimizado, fixando as variáveis independentes em um ou mais destes pontos em que houve as melhores respostas, ou seja, na faixa de otimização.

#### **4. CONCLUSÕES**

O teor de torta de amêndoa de castanha-do-brasil foi a variável independente que mais influenciou positivamente, na elevação das médias das notas da aceitação global e intenção de compra dos cereais matinais extrusados.

Com o aumento do percentual de torta de amêndoa de castanha-do-brasil e umidade elevou-se o grau de aceitação e intenção de compra do produto, porém existe uma região de máxima (otimização), podendo o cereal ser otimizado na faixa de temperatura entre 120°C a 160°C, a partir de 48% até 80% de torta de castanha e de umidade entre 20 a 25 %.

Quando a temperatura e umidade de extrusão foram muito elevadas, e/ou muito baixas, reduziram-se as notas de aceitação global e intenção de compra dos cereais extrusados.

#### **5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

ANDERSON, Y.; HEDLUND, B. extruded wheat flour: correlation between processing and product quality parameters. **Food Quality and Preference**, Oxford, v. 2, p. 201, 1990.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S. ; BRUNS, R. E. **Planejamento e Otimização de experimentos**. Campinas: Ed. UNICAMP, 3.ed., 1995.

BOX, G. E. P.; DRAPER, N. R. **Empirical model-building and response surfaces**. New York, J. Wiley & Sons, 1987. 669p.

BOX, G.E.P.; WETZ, J. **Crítéria for judging adequacy of estimation by na approximate response function**. University of Wisconsin: Technical Report, n.9, 1973.

CARVALHO, R.V. de **Formulações de snacks de terceira geração por extrusão: caracterização texturométrica e microestrutural**. Lavras:UFLA, 2000, 89p.(Dissertação de Mestrado em Ciência e Engenharia de Alimentos).

EL-DASH, A. A. ; GONZALES, R.; CIOL, M. Response surface methodology in the control of thermoplastic extrusion of starch. In: **Extrusion cooking technology**, ed: Ronald Jowitt, Elsevier Applied science publishers, London and New York, 1984, p.51-74.

EL-DASH, A. A. **Termoplastic extrusion of food, theory and techniques**. Campinas, UNICAMP, 1982. 81p.

ESTEVEZ, A. M.; ESCOBAR, B.; VASQUEZ, E. Cereal and nut bars, nutritional quality and storage stability. **Plant food for human nutrition**, v.47, p.309-17, 1995.

EXTRUSÃO. Disponível em:

<<http://www.ufrgs.br/tecvege/feira/prcerea/extrusad/efeito.htm>>. Acesso em: 25 set. 2002.

GROSSMANN, M. V. E. **Efeito da extrusão termoplástica na gelatinização do amido de mandioca, visando a produção de álcool** Campinas, 1986. Tese doutorado em Tecnologia de alimentos. Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 124p.

GUZMAN, L. B.; LEE, T. C.; CHICHESTER, C. O. Lipid binding during extrusion cooking, p.427-436. cap. 27, In :**Food extrusion science and technology**. KOKINI, J. L., HO, C-T.; Mukund V. Karwe, Maecel Dekker, Inc. New York, Basel, Hong Kong, 1992.

HARPER, J. M. **Extrusion of foods**. Boca Raton: CRC Press. 1981.

KHURI, A. I.; CORNELL, J. A. **Response surface: design and analyses**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, Inc. 1996.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**, v.1. Boca Raton : CRC Press, 1987. p.113-118.

PERYAM, D.R.; GIRARDOT, N. Advanced taste-test method. **Food Eng.** 24 (7), 58-61, 194, 1952.

SILVA, M. F. V. **Avaliação nutricional de um produto extrusado à base de folha e farinha de mandioca** . Lavras, ESAL, 1990. 100p. (Tese de Mestrado).

STATISTIC FOR WINDOWS. Copyright® Sta Soft. Inc., Tulsa. Versão 5.0. 1995.

STONE, H.; SIDEL, J. L. Affective testing. In: **Sensory evaluation practices**: Academic Press, Flórida, p.227-52, 1985.



WASZCZYNSKYJ, K.; NELSEN, T. AOCS collaborative study on sensory and volatile compound analysis of oils. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v.73, n.2, p.157-166, feb. 1996.

## ANEXOS 4

### **Anexo 4.1 . AVALIAÇÃO SENSORIAL DE CEREAL MATINAL EXTRUSADO DE TORTA DE AMÊNDOA DE CASTANHA-DO-BRASIL DESENGORDURADA COM FARINHA DE MANDIOCA**

PROVADO Nº \_\_\_\_\_ Nome: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_ Fone \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

1- Você está recebendo 03 amostras codificadas de cereal matinal extrusado formulado com torta de amêndoa de castanha-do-brasil desengordurada e farinha de mandioca. Por favor, prove-as avaliando a aceitação global, utilizando as notas de 1 a 9, o quanto você gostou ou desgostou:

9 - adorei

8 - gostei muito

7 - gostei moderadamente

6 - gostei ligeiramente

5 - nem gostei/ nem desgostei

4 - desgostei ligeiramente

3 - desgostei moderadamente

2 - desgostei muito

1 - detestei

| Amostra | Nota | Comentário |
|---------|------|------------|
|---------|------|------------|

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |

2 - Com base na sua opinião sobre as 3 amostras, indique na escala de 1 a 5 (abaixo), sua nota em relação a sua atitude, se você encontrasse cada uma das amostras à venda. Se eu encontrasse este produto à venda eu:

5 - certamente compraria

4 - possivelmente compraria

3 - talvez comprasse/ talvez não comprasse

2 - possivelmente não compraria

1 - certamente não compraria

| Amostra | Nota | Comentário |
|---------|------|------------|
|---------|------|------------|

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |

**Anexo 4.2.** Resultados de Aceitação Global e Intenção de Compra observados no Laboratório, Previstos pelo Modelo estatístico e seus respectivos Desvios Padrões, encontrados a partir do delineamento experimental fatorial completo  $2^3$ .

| Ensaio<br>(Cereal<br>Matinal<br>Extrusa<br>do) | Variáveis Independentes<br>(valores codificados) |                |                | Variáveis Dependentes<br>Respostas |         |        |                    |        |        |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------|----------------|------------------------------------|---------|--------|--------------------|--------|--------|
|                                                | X <sub>1</sub>                                   | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | Aceitação Global                   |         |        | Intenção de Compra |        |        |
|                                                | C (%)                                            | U (%)          | T (°C)         | Obser.                             | Mod Pre | DP     | Obser.             | Mod Pr | DP     |
| 01                                             | -1                                               | -1             | -1             | 5,57                               | 5,28    | 5,21   | 3,02               | 2,76   | 8,51   |
| 02                                             | 1                                                | -1             | -1             | 7,12                               | 6,49    | 8,88   | 3,5                | 3,32   | 5,09   |
| 03                                             | -1                                               | 1              | -1             | 5,67                               | 5,59    | 1,47   | 3,04               | 3,06   | -0,49  |
| 04                                             | 1                                                | 1              | -1             | 7,17                               | 7,21    | -0,55  | 3,66               | 3,61   | 1,26   |
| 05                                             | -1                                               | -1             | 1              | 4,57                               | 4,19    | 8,22   | 2,45               | 2,13   | 12,94  |
| 06                                             | 1                                                | -1             | 1              | 5,43                               | 5,18    | 4,64   | 2,54               | 2,69   | -5,96  |
| 07                                             | -1                                               | 1              | 1              | 5,36                               | 5,66    | -5,52  | 2,76               | 2,97   | -7,60  |
| 08                                             | 1                                                | 1              | 1              | 7,10                               | 7,05    | 0,63   | 3,5                | 3,53   | -0,81  |
| 09                                             | 0                                                | 0              | -1,68          | 6,05                               | 6,46    | -6,84  | 3,16               | 3,39   | -7,28  |
| 10                                             | 0                                                | 0              | 1,68           | 5,36                               | 5,42    | -1,16  | 2,88               | 2,79   | 3,14   |
| 11                                             | 0                                                | -1,68          | 0              | 3,52                               | 4,28    | -21,62 | 1,9                | 2,21   | -16,34 |
| 12                                             | 0                                                | 1,68           | 0              | 6,40                               | 6,12    | 4,45   | 3,33               | 3,16   | 5,13   |
| 13                                             | -1,68                                            | 0              | 0              | 5,38                               | 5,49    | -2,01  | 2,76               | 2,92   | -5,81  |
| 14                                             | 1,68                                             | 0              | 0              | 7,31                               | 7,68    | -5,03  | 3,88               | 3,86   | 0,53   |
| 15                                             | 0                                                | 0              | 0              | 7,14                               | 7,13    | 0,09   | 3,85               | 3,77   | 1,97   |
| 16                                             | 0                                                | 0              | 0              | 7,19                               | 7,13    | 0,78   | 3,9                | 3,77   | 3,23   |
| 17                                             | 0                                                | 0              | 0              | 7,12                               | 7,13    | -0,19  | 3,64               | 3,77   | -3,67  |
| 18                                             | 0                                                | 0              | 0              | 7,17                               | 7,13    | 0,50   | 3,73               | 3,77   | -1,17  |

X<sub>1</sub>= Torta de amêndoa de Castanha-do-brasil (%); X<sub>2</sub>= Umidade (%); X<sub>3</sub>=Temperatura (°C);  
 Obser.=Resultados das respostas observado no laboratório; Mod Pre= Resultados do Modelo  
 preditivo; DP=Desvio padrão dos resultados.

## CAPÍTULO 5

### ESTUDO DE ESTABILIDADE DE CEREAIS MATINAIS EXTRUSADOS DE TORTA DE AMÊNDOA DE CASTANHA-DO-BRASIL COM FARINHA DE MANDIOCA

#### 1. INTRODUÇÃO

Cereais matinais podem ser encontrados nas mais diferentes formas e cada um possui uma tecnologia de processamento diferente. A etapa de cozimento é fundamental para desenvolvimento de sabor, textura e propriedades nutricionais na manufatura destes produtos. Nos Estados Unidos e outros países desenvolvidos, os cereais matinais são parte integrante do desjejum de grande parte da população (BÜCHER, 2002).

A secagem de cereais matinais é realizada com o objetivo de reduzir a umidade do produto de 13% até aproximadamente 5%. Com esse processo, se obtém-se uma diminuição da atividade de água, o que acarreta um aumento na vida de prateleira do produto, devido a uma redução na velocidade das reações de degradação. Além disso, a atividade microbiana é praticamente nula devido à ausência de água livre (SENFF et al., 2002).

Existem grandes diferenças de processamentos entre os primeiros cereais manufaturados produzidos através do processo de laminação, há mais de 10 anos, até os mais recentes lançamentos, desenvolvidos através da co-extrusão (BÜCHER, 2002). Os tipos de cereais matinais conhecidos como laminados (*cereal flakes*) diferem dos cereais expandidos, também muito comuns, apresentam uma menor densidade. A expansão dos cereais expandidos, pode ser propiciada por vários processos, sendo os produtos mais comuns, conhecidos pelos nomes originais de: *gun puffing*, *vacuum puffing*, *extrusion direct expansion* e *oven puffed*. Ainda existem os cereais desfiados "shredded grains" e as granolas (BÜCHER, 2002).

A diversidade de métodos aliada à flexibilidade que estes processamentos permitem, possibilita a geração de inúmeras combinações de produtos. Tais



variações vão desde cores e texturas até sabores e formas. Estes produtos podem ainda ser cobertos com xaropes de açúcar, aromatizantes, fortificantes, além de outros aditivos e ingredientes, aumentando ainda mais as opções do consumidor.

A extrusão termoplástica de alimentos é um processo contínuo onde o atrito mecânico é combinado ao calor para gelatinizar o amido e desnaturar o material protéico, ao mesmo tempo em que o material é plastificado e reestruturado criando novas texturas e formas (EL-DASH, 1982). Uma das principais vantagens da extrusão é a possibilidade de efetuar três funções ao mesmo tempo: misturar, cozinhar e estruturar o alimento (VILELA, 1983).

Bhattacharya et al. (1986) explicam que processos como extrusão tem sido desenvolvidos para conceder estruturas fibrosas de proteínas de plantas em estruturas amorfas. Uma vez extrusadas, essas proteínas vegetais podem ser reidratadas para utilização como carne fresca e carne processada. *Blends* de proteínas vegetais (gérmen de milho e concentrado protéico de soja) foram extrusados, melhorando as características sensoriais de aceitabilidade, valor nutricional e propriedades funcionais como por exemplo, a capacidade de absorção de água (IAA).

A tecnologia de extrusão tem sido aplicada para produzir uma grande variedade de alimentos tais como *snacks* (cereais prontos para consumo), proteínas vegetais texturizadas, farinhas, produtos de confeitaria, macarrão, ração para animais e outros. Com o propósito de elevar o teor de proteína e melhorar o valor nutritivo desses alimentos, várias fontes de proteínas podem ser misturadas, para formulação de produtos extrusados (SUNKNARK et al., 2001; BHATTACHARYA et al., 1986).

O objetivo deste trabalho foi estudar a estabilidade físico-química, química e funcional dos cereais matinais natural extrusados, composto de torta de amêndoa de castanha-do-brasil semi-desengordurada misturado com farinha de mandioca, otimizados via metodologia de superfície de respostas, e a estabilidade física de cereais matinais extrusados otimizados sabores doces e salgados, todos embalados em filmes flexíveis de multicamadas aluminizados, selados termicamente; logo após o processamento e a cada 30 dias, durante 06 meses de armazenagem, a temperatura ambiente  $\pm 28^{\circ}\text{C}$ .

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Materiais**

Três tipos de cereais matinais extrusados, formulados com misturas de torta de amêndoa de castanha-do-brasil semi-desengordurada e farinha de mandioca nos sabores natural, doce (adicionado de xarope de sacarose a 20%) e salgado (contendo 5% de NaCl). O processo de extrusão foi realizado no Laboratório de Cereais da DTA/FEA/UNICAMP, em extrusor mono rosca (Marca Brabender), com matriz circular de 2,0 mm de diâmetro, conforme parâmetros de extrusão e otimização, definidos nos Capítulos 3 e 4.

### **2.2. MÉTODOS**

#### **2.2.1. Processamento por extrusão**

O processamento de extrusão empregado para obtenção dos cereais matinais extrusados está ilustrado no Capítulo 3, **Experimento 2.**, conforme Fluxograma da Figura 3.1. Os níveis dos parâmetros das variáveis independentes utilizados foram: torta de amêndoa de castanha-do-brasil (60%), completando-se todos os 18 ensaios em 100% com farinha de mandioca; umidade (21%) e temperatura (150°C); definidos através da otimização da extrusão, utilizando os resultados da avaliação sensorial de aceitação global e intenção de compra, que estabeleceu as faixas de otimização do processo de extrusão, que foram compreendidas entre: teor de torta de castanha (48 - 80%); umidade (20 - 25%) e temperatura de extrusão (120° - 160°C), (Capítulo 4), empregando-se a metodologia de superfície de resposta (BARROS NETO et al., 1995) e mantendo-se os demais requisitos do processamento, iguais aos do citado **Experimento 2.**

Produziram-se três tipos de cereais extrusados sabores: natural, doce e salgado. O cereal sabor natural não recebeu adição de nenhum componente, além de torta de amêndoa e farinha de mandioca. O cereal salgado teve na formulação a adição de 5% de NaCl diluído na água de condicionamento e ao cereal extrusado doce incorporaram-se xarope de sacarose a 20%, imediatamente após

o seus cortes em pedaços de  $\pm 3,0$  cm de comprimento, para posterior desidratação em estufa a 60 °C/48horas.

## **2.2.2. Análises de composição física e físico-químicas**

### **2.2.2.1. Umidade**

Foi determinada em estufa a 105°C, até peso constante segundo método da AOAC (1998).

### **2.2.2.2. Proteína**

Foi determinada pelo método micro-Kjeldahl através da quantificação de nitrogênio total, segundo método da AOAC (1998) aplicando-se o fator 5,46 para castanha e 6,25% para mandioca, para a conversão do teor de nitrogênio determinado na amostra em valor de proteína bruta.

### **2.2.2.3. Lipídios totais**

Determinado de acordo com os métodos descrito por Bligh e Dyer (1959), pelo emprego dos solventes clorofórmio (em duas etapas de 10 mL cada), metanol (20 mL) e água (8 mL) e método de Soxhlet descrito pela AOAC (1998), utilizado para desengordurar as amostras, antes de determinar os aminoácidos e as fibras.

### **2.2.2.4. Cinzas**

O teor de cinzas foi determinado segundo o método descrito em AOAC (1998), através da carbonização das amostras, seguida de incineração a 550°C por 24 h, até peso constante.

### **2.2.2.5. Fibra Alimentar solúvel, insolúvel e total**

Realizadas pelo método enzimático/gravimétrico que se baseia na gelatinização e hidrólise do amido e hidrólise das proteínas da amostra pela ação de enzimas,  $\alpha$ -amilase termo-resistente (Sigma A-3306), protease (Sigma P-3910) e amilo-glucosidade (Sigma A-9913) adicionadas, seguida de precipitação da fração fibra pela adição de etanol, segundo método da AOAC (1998) e Prosky et



al. (1984). A amostra foi previamente desengordurada pelo método de Soxhlet descrito pela AOAC (1998).

#### 2.2.2.6. Carboidratos

O teor de carboidratos foi determinado por diferença, subtraindo-se de 100 a soma dos valores obtidos de umidade, proteína, lipídio, cinza e fibra total.

#### 2.2.2.7. Energia metabolizável

Expresso em kcal/100g, calculado a partir dos dados de composição centesimal, usando os fatores de conversão de Atwater de 4 kcal/g para carboidratos e proteínas e 9 kcal/g para lipídios (ANDERSON et al., 1988).

#### 2.2.2.8. Composição em aminoácidos

Foi determinada por hidrólise ácida da amostra, (previamente desengordurada pelo método de Soxhlet, conforme AOAC (1998)), com ácido clorídrico 6 N a 110°C a vácuo por 22 horas. A amostra foi recuperada em diluente pH 2,2 marca Pickering. Uma alíquota de 25 µL foi injetada no analisador DIONEX DX-300, para separação dos aminoácidos em coluna de troca iônica e reação pós-coluna com Ninidrina, utilizando-se como referência solução padrão de aminoácidos marca Pierce (SPACKMAN et al., 1958).

#### 2.2.2.9. Triptofano

O aminoácido triptofano, foi determinado pela hidrólise enzimática com pronase a 40°C por 24h, seguida de reação colorimétrica com dimetilamino benzaldeído (DAB) e nitrito de sódio, na ausência da luz e posterior leitura a 540 nm (SPIES, 1967).

#### 2.2.2.10. Selênio

Foi realizada segundo a metodologia reportado por Olson et al. (1975); Imo (1990).

#### 2.2.2.11. pH

Medido em potenciômetro (marca Micronal modelo B-374), calibrado com soluções tampões para pH 4 e pH 7, conforme método AOAC (1998).

#### 2.2.2.12. Rancidez

Foi realizada de acordo com a Reação de Kreiss, descrita nas normas analíticas do IAL (1985).

#### 2.2.2.13. Escore Químico

O escore químico (EQ), foi calculado a partir da determinação de aminoácidos (AA), pela divisão dos teores de cada um dos aminoácidos essenciais da proteína em estudo (em gramas de aminoácido por 100 g de proteína), pelo aminoácido correspondente do padrão da referência da FAO/WHO/UNU (1985) para crianças de 2 a 5 anos. O aminoácido para o qual a proteína apresentou o escore químico mais baixo, foi o aminoácido limitante e se tornou o escore químico (EQ) da proteína. Para calcular o escore químico (EQ) usou-se a fórmula:

$$EQ = \frac{(\text{g aminoácidos / g proteína}) \text{ na amostra}}{(\text{g aminoácidos/ g proteína}) \text{ do Padrão FAO/WHO/UNU (1985)}} \times 100$$

### 2.2.3. Análises de propriedades funcionais

#### 2.2.3.1. Índice de absorção em água (IAA)

Foi determinado de acordo com o método descrito por Anderson et al. (1969) e expresso em gramas de água por grama de matéria seca.

#### 2.2.3.2. Índice de solubilidade em água (ISA)

Determinado segundo a método de Anderson et al. (1969) e expresso em porcentagem.

#### 2.2.3.3. Atividade de água (Aw)

Determinada através de leitura direta da amostra em instrumento marca AQUALAB, modelo CX-2, fabricado pela DECAGON Devices Inc., EUA. Para a

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 a atividade de água 0,98. As leituras das respostas de ( $A_w$ ) foram efetuadas à temperatura de 20°C, controladas com auxílio de banho termostático, podendo apresentar erro de  $\pm 0,003$  °C no resultado final.

#### 2.2.3.4. Textura

A textura ou dureza (medida de fraturabilidade ou resistência a ruptura, calculado através da máxima força x distância) dos cereais extrusados foi determinada em analisador de textura, o Texturômetro TA-XT2, da Texture Technologies Scarsdale (Stable Micro Systems, Godalming, UK), trabalhando com os seguintes parâmetros de uso: força máxima = 25 kgf, sensibilidade de força = 1,0 gf, velocidade do teste = 0,5 mm/seg; distância de ruptura = 1,0 mm; velocidade de pré-teste = 1,5 mm/seg; distância = 10 mm; estando acoplado a um micro computador que registrava, ao final de cada teste, a força de quebra ou de fraturabilidade em gf/mm/seg, necessária para romper cada porção da amostra. Para o teste, utilizaram-se pedaços de 3,0 cm de comprimento de cada amostra de cereal extrusado, que foram dispostos horizontalmente em uma plataforma do equipamento e submetidos a ação de um Probe do tipo Warner Bratzler de 12,0 x 7,0 cm, que se deslocou de cima para baixo, rompendo cada amostra. Realizaram-se 12 testes para cada amostra, utilizando-se 6 resultados médios para o cálculo da média final de textura.

#### 2.2.3.5. Densidade

Cada amostra de cereal extrusado, subdividida em pedaços cilíndricos de  $\pm 3,0$  cm de comprimento, foi colocada em proveta graduada de 500 mL, tampada e fixada em vibrador marca "Produtest", com a frequência padronizada com o reostato na posição 5. Após cada 10 minutos de vibração, completava-se o volume para 500 mL com mais material extrusado, submetendo-se novamente à vibração e completando com mais material, operação repetida por 3 vezes. No



final dividiu-se o valor do peso, em gramas, do material pelo volume (JACKIX, 1989) e o resultado foi expresso em  $\text{g/cm}^3$ .

#### **2.2.4. Análise estatística**

Para o tratamento dos dados, aplicou-se uma metodologia estatística que permite a comparação das médias de duas ou mais populações, para então ser aplicada o teste de comparação de médias, utilizando-se o Programa *Statistic for Windows* versão 5.0 (1995). Os métodos de comparação múltipla permitem a comparação de médias duas a duas, para um determinado nível de significância, e assim determinar onde se verificam as diferenças entre elas.

Existem vários métodos de comparações múltiplas, como por exemplo, a menor diferença significativa (Least Significant Difference-LSD); Método de Duncan; Método de Newman-Keuls; Método de Scheffé; Contrastes e o Método de Tukey (GOMES, 1990; COSTA, 1998). Todos estes pressupõem a verificação das condições de aplicação da análise de variância. Neste caso, usou-se o teste de Tukey a 95 % de confiança, por ser um método consagrado, relativamente simples, permitindo comparar amostras de diferentes dimensões, além de ser um método robusto.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos das análises físicas, físico-químicas, químicas e propriedades funcionais do cereal matinal natural extrusado, a partir do tempo zero e a cada 30 dias, até 06 meses de estocagem, a temperatura ambiente, encontram-se na Tabela **5.1**. Os resultados das análises físicas e físico-químicas de cereais matinais extrusados, sabores doces e salgados, estudados no mesmo período citado, estão expressos nas Tabelas **5.2. e 5.3.**

Analisando os resultados da umidade dos três tipos de cereais matinais extrusados, verificou-se que o cereal doce apresentou o maior percentual de umidade (6,07%), no período de 4 meses, e o natural os menores, chegando a 1,88% após 2 meses.

**Tabela 5.1.** Resultados de análises físicas, físico-químicas, químicas e propriedades funcionais de cereal matinal extrusado otimizado, sabor natural, durante o período de estocagem.

| Cereal extrusado<br>sabor natural | Tempo de estocagem (meses)                                     |        |         |        |        |         |         |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|
|                                   | 0                                                              | 1      | 2       | 3      | 4      | 5       | 6       |
| Determinação                      |                                                                |        |         |        |        |         |         |
| *Umidade (%)                      | 3,40                                                           | 2,29   | 1,88    | 3,77   | 2,62   | 3,04    | 3,15    |
| Desvio Padrão ±                   | 0,01                                                           | 0,01   | 0,05    | 0,08   | 0,01   | 0,01    | 0,02    |
| *Atividade de água (Aw)           | 0,18                                                           | 0,15   | 0,14    | 0,16   | 0,17   | 0,14    | 0,26    |
| Desvio Padrão ±                   | 0,01                                                           | 0,02   | 0,01    | 0,01   | 0,01   | 0,01    | 0,01    |
| *Proteína (%)                     | 22,49                                                          | 22,34  | 22,67   | 22,60  | 22,67  | 22,63   | 22,42   |
| Desvio Padrão ±                   | 0,13                                                           | 0,03   | 0,14    | 0,01   | 0,06   | 0,03    | 0,03    |
| *Cinza (%)                        | 5,94                                                           | 5,92   | 5,94    | 5,94   | 5,93   | 5,93    | 5,93    |
| Desvio Padrão ±                   | 0,01                                                           | 0,02   | 0,01    | 0,01   | 0,01   | 0,01    | 0,02    |
| *Lipídio (%)                      | 12,74                                                          | 12,47  | 12,46   | 12,50  | 12,40  | 12,40   | 12,37   |
| Desvio Padrão ±                   | 0,07                                                           | 0,14   | 0,04    | 0,06   | 0,08   | 0,03    | 0,16    |
| *pH                               | 5,81                                                           | 5,82   | 5,82    | 5,80   | 5,93   | 5,93    | 5,95    |
| Desvio Padrão ±                   | 0,05                                                           | 0,01   | 0,01    | 0,01   | 0,01   | 0,03    | 0,01    |
| *IAA (g gel/g matéria seca)       | 4,45                                                           | 5,84   | 5,84    | 4,81   | 5,81   | 5,04    | 4,87    |
| Desvio Padrão ±                   | 0,19                                                           | 1,55   | 0,32    | 0,08   | 0,37   | 0,41    | 0,19    |
| *ISA (%)                          | 31,26                                                          | 24,01  | 24,19   | 24,57  | 24,76  | 23,60   | 25,39   |
| Desvio Padrão ±                   | 0,17                                                           | 0,48   | 0,56    | 0,22   | 0,13   | 1,47    | 1,22    |
| **Textura (N)                     | 1106,43                                                        | 871,85 | 1234,03 | 1157,3 | 993,00 | 1111,23 | 1128,49 |
| Desvio Padrão ±                   | 93,89                                                          | 154,04 | 121,49  | 135,94 | 193,92 | 182,50  | 79,64   |
| *Fibra Total (%FAT)               | 11,81                                                          | -      | -       | 11,74  | -      | -       | 11,79   |
| Desvio Padrão ±                   | 0,05                                                           | -      | -       | 0,06   | -      | -       | 0,03    |
| *Fibra Insolúvel (% FAI)          | 6,19                                                           | -      | -       | 6,16   | -      | -       | 6,20    |
| Desvio Padrão ±                   | 0,02                                                           | -      | -       | 0,05   | -      | -       | 0,04    |
| *Fibra solúvel (% FAS)            | 5,61                                                           | -      | -       | 5,58   | -      | -       | 5,59    |
| Desvio Padrão ±                   | 0,03                                                           | -      | -       | 0,06   | -      | -       | 0,08    |
| *Carboidrato (%)                  | 43,63                                                          | -      | -       | 43,44  | -      | -       | 44,34   |
| Desvio Padrão ±                   | 0,15                                                           | -      | -       | 0,12   | -      | -       | 0,16    |
| Energia (kcal/100g)               | 379,14                                                         | -      | -       | 376,39 | -      | -       | 378,38  |
| Desvio Padrão ±                   | 0,42                                                           | -      | -       | 0,42   | -      | -       | 1,02    |
| *Densidade (g/cm <sup>3</sup> )   | 0,35                                                           | -      | -       | -      | -      | -       | -       |
| Desvio Padrão ±                   | 0,01                                                           | -      | -       | -      | -      | -       | -       |
| *Selênio mg/kg                    | 5,79                                                           | -      | -       | -      | -      | -       | -       |
| Desvio Padrão ±                   | 0,01                                                           | -      | -       | -      | -      | -       | -       |
| *Rancidez                         | Negativo Negativo Negativo Negativo Negativo Negativo Negativo |        |         |        |        |         |         |

\*Média de resultados em triplicatas; \*\*Médias de seis repetições; Índice de Absorção em Água (IAA) em g de gel/g de matéria seca; Índice de Solubilidade em Água (ISA) %; Fibra Dietética Alimentar Total (FAT); Fibra solúvel (FAS); Fibra Insolúvel (FAI)

**Tabela 5.2.** - Resultados de análises físicas e físico-químicas de cereal matinal extrusado otimizado, sabor doce, durante o período de estocagem.

| Cereal extrusado<br>sabor doce  |                                                                | Tempo de estocagem (meses) |                 |                 |              |                 |                 |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|
| Determinação                    | 0                                                              | 1                          | 2               | 3               | 4            | 5               | 6               |
| *Umidade (%)                    | 4,15                                                           | 4,03                       | 4,02            | 5,59            | 6,07         | 4,87            | 4,18            |
| Desvio padrão ±                 | 0,02                                                           | 0,03                       | 0,03            | 0,03            | 0,01         | 0,10            | 0,19            |
| *Atividade de água (Aw)         | 0,33                                                           | 0,26                       | 0,27            | 0,36            | 0,38         | 0,33            | 0,27            |
| Desvio padrão ±                 | 0,01                                                           | 0,01                       | 0,01            | 0,03            | 0            | 0,03            | 0,02            |
| <del>Desvio padrão ±</del>      | <del>0,01</del>                                                | <del>0,01</del>            | <del>0,01</del> | <del>0,03</del> | <del>0</del> | <del>0,03</del> | <del>0,02</del> |
| **Textura(N)                    | 1336,46                                                        | 1346,22                    | 1359,62         | 1372,41         | 1627,24      | 1209,09         | 1191,92         |
| Desvio padrão ±                 | 172,47                                                         | 369,71                     | 351,77          | 320,12          | 169,64       | 183,62          | 142,16          |
| *Densidade (g/cm <sup>3</sup> ) | 0,46                                                           | -                          | -               | -               | -            | -               | -               |
| Desvio padrão ±                 | 0,01                                                           | -                          | -               | -               | -            | -               | -               |
| *Rancidez                       | Negativo Negativo Negativo Negativo Negativo Negativo Negativo |                            |                 |                 |              |                 |                 |

\*Média de resultados em triplicata; \*\*Média de resultado de 12 repetições expresso em Newtons (N)

**Tabela 5.3.** - Resultados de análises físicas e físico-químicas de cereal matinal extrusado otimizado, sabor salgado, durante o período de estocagem.

| Cereal extrusado<br>sabor salgado |                                                                | Tempo de estocagem (meses) |         |        |         |         |         |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------|---------|--------|---------|---------|---------|
| Determinação                      | 0                                                              | 1                          | 2       | 3      | 4       | 5       | 6       |
| *Umidade (%)                      | 4,06                                                           | 4,16                       | 3,24    | 4,53   | 3,09    | 3,44    | 3,04    |
| Desvio padrão ±                   | 0,02                                                           | 0,05                       | 0,10    | 0,08   | 0,01    | 0,01    | 0,06    |
| *Atividade de água (Aw)           | 0,23                                                           | 0,25                       | 0,24    | 0,23   | 0,21    | 0,12    | 0,20    |
| Desvio padrão ±                   | 0,01                                                           | 0,01                       | 0,01    | 0,02   | 0,01    | 0,01    | 0,01    |
| *Ph                               | 5,39                                                           | 5,39                       | 5,38    | 5,84   | 5,83    | 5,85    | 5,84    |
| Desvio padrão ±                   | 0,02                                                           | 0,02                       | 0,01    | 0,01   | 0,02    | 0,02    | 0,01    |
| **Textura (N)                     | 1768,26                                                        | 1346,26                    | 1452,42 | 1450,4 | 1468,54 | 1192,48 | 1206,34 |
| Desvio padrão ±                   | 235,22                                                         | 321,96                     | 107,81  | 252,19 | 287,01  | 151,35  | 95,08   |
| *Densidade (g/cm <sup>3</sup> )   | 0,29                                                           | -                          | -       | -      | -       | -       | -       |
| Desvio padrão ±                   | 0,01                                                           | -                          | -       | -      | -       | -       | -       |
| *Rancidez                         | Negativo Negativo Negativo Negativo Negativo Negativo Negativo |                            |         |        |         |         |         |

\*Média de resultados em triplicatas; \*\*Média de 12 repetições de textura em Newtons (N).

Esta diferença, com maior teor de umidade no extrusado doce, poderá também ser atribuída ao xarope que foi incorporado ao cereal doce após a extrusão e/ou a heterogeneidade da umidade na matriz cereal extrusado, proveniente do processo ou do sistema de extrusão e secagem. Mesmo assim, os



três produtos mantiveram suas características de qualidade satisfatórias, no decorrer da vida-de-prateleira. Compararam-se as médias de umidade do extrusado doce, salgado e natural entre si com os tempos de armazenagem, o teste de Tukey, a 95 % de confiança, o Anexo 5.1. indicou a probabilidade das médias serem iguais nos tempos (meses) 1, 2 e 6 de vida de prateleira para o doce comparado ele mesmo; 1, 4 e 6 meses para o salgado comparado com o salgado e no tempo 6 meses para o natural quando comparado com ele mesmo, sendo as outras médias diferentes entre os demais tempos.

As médias de umidade do cereal extrusado doce comparadas com o salgado foram iguais nos meses 0, 1, 2 e 6 do doce e 0 e 1 do salgado; comparado o doce com o natural, todos os valores médios dos 6 meses (tempos) foram diferentes. O salgado comparado com os 6 meses do natural foram iguais nos tempos 2, 5 e 6 do salgado e 0, 5 e 6 meses do natural; todas médias demais médias foram diferentes.

Figura 5.1. mostra os resultados, demonstrando boa reprodutibilidade dos dados, uma vez que as médias foram muito próximas e os desvios padrões baixos, para cada cereal.

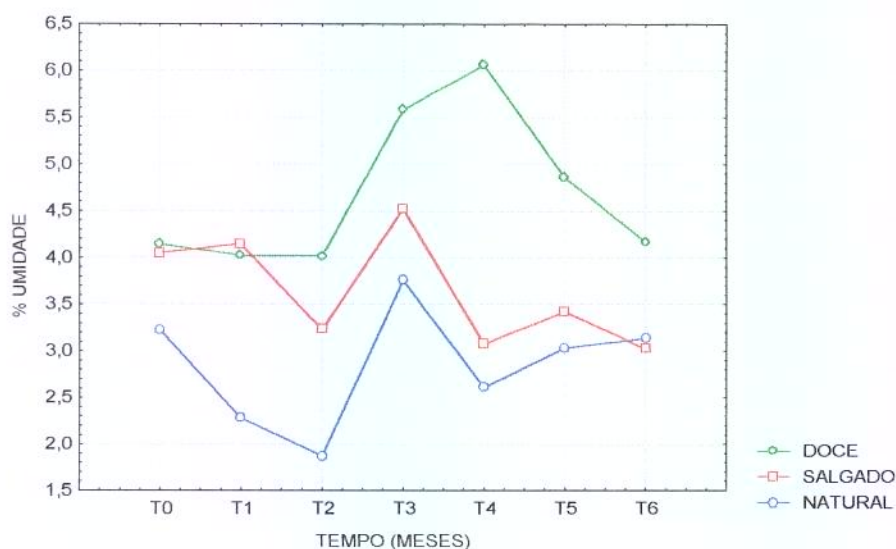


Figura 5.1. Variação do percentual de umidade dos cereais extrusados sabores doce, salgado e natural no período de estocagem de 0 a 6 meses.

Os resultados de atividade de água ( $A_w$ ) encontrados nos cereais extrusados sabores natural, doce e salgado estão apresentados nas Tabelas **5.1.**, **5.2.** e **5.3.** e na Figura **5.2.** Observaram-se no cereal sabor natural, os menores valores de  $A_w$  (entre 0,14 a 0,26), o que poderá induzir uma provável reação de oxidação da fração lipídica, devido a inexistência da camada monomolecular de água em alguns pontos, que desprotege a matriz do alimento como mencionado por Jardim (2002). No cereal doce, os valores de  $A_w$  encontraram-se entre 0,26 a 0,38, uma faixa representando níveis ainda baixos de umidade ( $A_w$  de 0,2 a 0,5), porém, a água existente age como barreira protetora de oxidação, formando pontes de hidrogênio com os hidroperóxidos produzidos nas reações de radicais livres e impedindo-os de se decompor, formando novos radicais livres (JARDIM, 2002).

No extrusado salgado, do tempo zero até quarto mês de armazenagem a  $A_w$  encontrava-se na faixa de 0,20 a 0,23, explicando a mesma provável barreira protetora de oxidação pela monocamada de água, porém em valores mais baixos. A partir daí até o final de armazenagem (6 meses), houve redução da  $A_w$ , o que poderia contribuir para acelerar o processo de deterioração oxidativa, comprometendo a qualidade do produto extrusado sabor salgado, especialmente em relação a oxidação de lípidos. Entretanto, nos resultados de avaliação sensorial (Capítulo 6) não foi detectado sabor de ranço e os testes para rancidez, revelaram respostas negativas. Porém, sugere-se um estudo de vida-de-prateleira maior que 6 meses para um estudo mais prolongado.

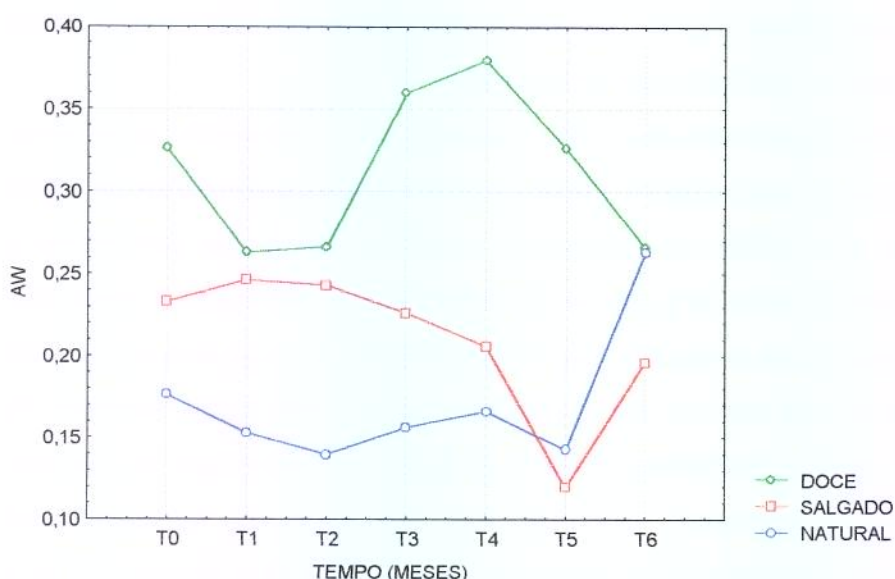
Toledo (1991) menciona que para não ocorrerem deteriorações no alimento seco, é necessário que a desidratação atinja uma redução da atividade de água para 0,3. Roudaut et al. (1998) ao estudarem o efeito que a  $A_w$  tem sobre a textura de cereais, verificaram que a crocância é fortemente afetada por pequeno acréscimo de água, enquanto a resistência, definida como a força requerida para quebrar a amostra entre os dentes, só é afetada com quantidades maiores de água. Hough et al. (2001) trabalhando com 4 tipos de biscoitos de marcas comerciais diferentes observaram que as  $A_w$  em que os consumidores encontraram as crocâncias ideais foram diferentes para cada tipo, mostrando que



o conteúdo de umidade dos biscoitos deveria ser ajustados em valores específicos para cada produto para satisfazer a preferência dos consumidores.

Katza e Labuza (1981) apud Hough et al. (2001) estudaram o efeito da  $A_w$  na análise sensorial da crocância de *snacks* e encontraram que os produtos começavam a ficar inaceitáveis para o público, quando a  $A_w$  estava entre 0,35 e 0,50 dependendo da composição do produto. Outros colaboradores também estudaram estes produtos com diferentes  $A_w$ , correlacionando-as com a análise sensorial de mordida e crocância.

Aplicou-se o teste de Tukey a  $p \leq 0,05$ , onde comparou-se as médias de  $A_w$  dos cereais extrusados doce, salgado e natural e entre si, com os tempos de armazenagem. O teste revelou a probabilidade das médias de  $A_w$  dos cereais doce serem iguais entre si, nos (tempos) meses: 0 igual aos 3 e 5; 1 igual aos 2 e 6; 2 igual ao 6; 3 igual aos 4 e 5. Doce comparado com o salgado foram iguais nos tempos 1, 2 e 6 do doce iguais aos 0, 1 e 2 do salgado; Doce comparado com o natural foi igual nos meses 1, 2 e 6 do doce e 6 do natural; salgado comparado como os tempos (meses) do salgado foram iguais nos tempos 1, 2, 3, 4 e 6 sendo o 5 diferente de todos. salgado comparado com o natural foram iguais nos tempos 4, 5 e 6 do salgado iguais ao 0, 1, 2, 3, 4 e 5 do natural; e o natural comparado com os meses (tempos) do natural foi diferente apenas no mês (tempo) 6, conforme mostrado no Anexo 5.2.



**Figura 5.2.** Variação da  $A_w$  dos cereais extrusados sabores doce, salgado e natural no período de estocagem de 0 a 6 meses.



O resultados de pH dos três cereais extrusados encontram-se demonstrados nas Tabelas 5.1., 5.2. e 5.3. e Figura 5.3. Estes valores estão de acordo com os dados encontrados na amêndoa de castanha-do-brasil torrada (5,50) e farinha de amêndoa de castanha-do-brasil (5,80) achados por Souza (1984). Houve pequena variação no pH dos três cereais, de modo que estavam dentro da faixa de pH 5,38 a 5,95. Na literatura não foi encontrado nenhum trabalho reportando pH de mistura de castanha-do-brasil com mandioca. A análise estatística pelo teste de Tukey a 95 % de confiança mostrou a probabilidade das médias serem iguais e diferentes, de acordo com os valores expressos no Anexo 5.3., onde os números na cor preta, significam resultados de médias serem iguais e na cor vermelha de serem diferentes a  $p \leq 0,05$ .

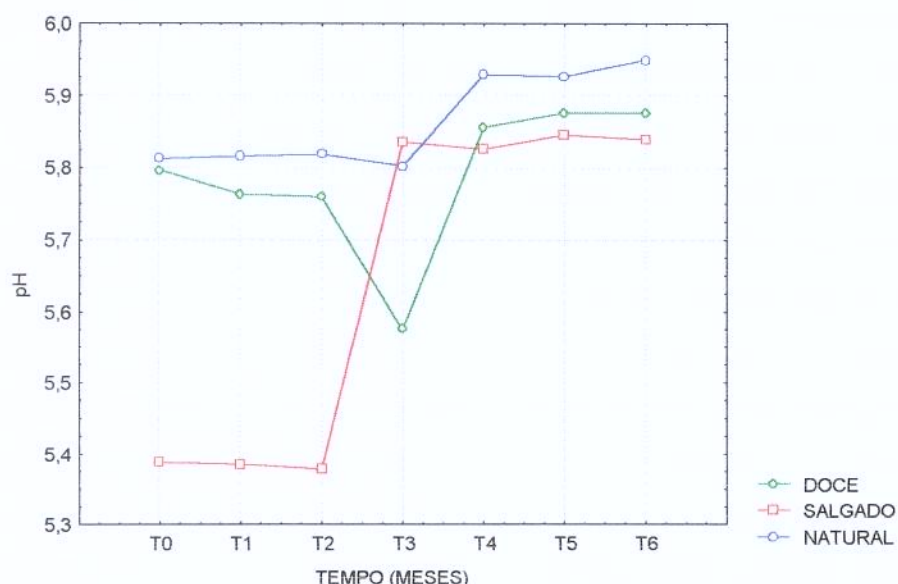


Figura 5.3. Variação do pH dos cereais matinais extrusados sabores doce, salgado e natural no período de estocagem de 0 a 6 meses.

Os resultados de textura (expressos em Newton), estão apresentados nas Tabelas 5.1., 5.2. e 5.3. Foram analisados através do teste de Tukey a  $p \leq 0,05$  para comparação das médias, conforme demonstrado no Anexo 5.4. Os cereais extrusados doce comparados entre si, só foram diferentes entres os tempos (meses) 4 e 6 de armazenagem. Nos demais, tiveram as texturas iguais. O cereal extrusado salgado, comparado com ele mesmo, foram diferentes nos tempos 1, 5 e 6, nos demais foram iguais; e o natural comparado com ele mesmo revelou que

não houve diferença significativa entre eles. O doce comparado com o salgado teve os tempos 0, 1, 5 e 6 do doce diferentes do 0 do salgado; doce com natural teve os tempos 1, 2, 3 e 4 do doce diferentes do 0, 1 e 3 do natural, salgado comparado com o natural foi diferentes nos tempos 0, 1, 2, 3 e 4 do salgado dos 1 e 4 do natural; nos demais tempos foram iguais entre eles. Neste caso, houve uma correlação direta entre textura mais dura e crocância (Capítulo 6), de forma que todos os cereais estudados apresentaram a textura adequada dentro dos parâmetros sensoriais de crocância avaliado, ou seja, as diferenças significativas verificadas pelo teste de Tukey não afetaram a aceitação de nenhum dos 3 cereais, durante a período de estudo de vida útil por 6 meses.

De acordo com Carvalho (2001), as propriedades mecânicas dos produtos extrusados são geralmente caracterizadas por meio de testes de impacto mecânico, que medem a velocidade de deformação do produto. A força de quebra é a energia gasta na quebra dos extrusados. A dureza, ou seja, a resistência à ruptura, pode ser descrita pela deformação compressiva dos sólidos, quando submetidos à alta pressão (esforço). A dureza de um extrusado depende de um lado da composição da formulação, isto é, da estrutura mista de amidos, tanto da origem como das suas particularidades intrínsecas, quanto do grau de expansão atingido pela matéria-prima em questão e da forma a qual as células de ar são distribuídas na formação da estrutura final. De um modo geral, amostras com alto teor de umidade e alta temperatura apresentaram menor valor de força de quebra.

Marques (1992) estudou formulações utilizando germe de trigo, amido e açúcar que foram extrusadas e fez referência que naquele produto a dureza diminuiu na direção de alta temperatura de extrusão e baixos teores de água, açúcar e amido.

Hofsetz et al. (2002) abordaram que um dos parâmetros da característica de textura é a força necessária para romper o produto, o que indica sua dureza, sendo a curva característica de crocância expressa por vários picos, o que é um dos indicativos de produtos crocantes, que apresentam várias fraturas antes da quebra. Dureza e fraturabilidade são as principais propriedades de textura dos alimentos. Essas propriedades são freqüentemente avaliadas por ambos os métodos sensorial e instrumental. Os atributos sensoriais de textura são afetados



pelos ingredientes do alimento, processamento, condições de estocagem; e a interação entre o alimento e a saliva durante o seu processo de mastigação (PENG et al., 2002). A dureza do produto extrusado é uma propriedade que depende do grau de expansão e da forma pelo qual as camadas de amido e proteínas se alinham e se agregam na formação da estrutura final do produto (CHANG, 1989)

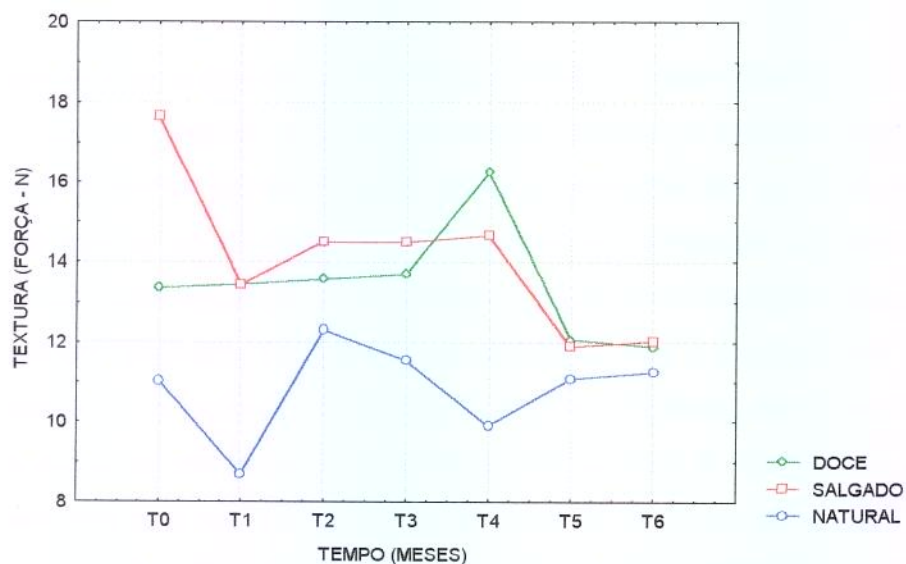
Marques (1992), comenta que o conhecimento da resistência à ruptura de um alimento é importante quando o produto é destinado a uma moagem posterior e para avaliação da força a ser aplicada durante a mordida do alimento por mastigação. Ele observou a influência da temperatura e umidade na dureza de formulações de extrusados de germe de trigo e verificou que produtos mais duros são obtidos à baixa temperatura e alta umidade, enquanto que produtos menos duros podem ocorrer em duas condições distintas: baixa temperatura e umidade, ou altas temperatura e umidade. A dureza, no primeiro caso, pode ser atribuída a uma taxa de evaporação lenta da água do produto, no momento em que este sai da matriz, dando tempo para que a estrutura do produto se solidifique, limitando dessa forma a expansão e conferindo-lhe uma estrutura compacta. A menor dureza obtida a altas temperaturas e umidades, está associada a uma evaporação mais rápida da água superaquecida antes da solidificação da estrutura, conferindo ao produto uma característica porosa.

A Figura 5.4. mostra a média da textura dos cereais matinais extrusados sabores doce, salgado e natural durante os tempos de 0 a 6 meses de armazenagem.

Os resultados do teor de proteína determinado no cereal extrusado sabor natural estão expressos na Tabela 5.1. Pôde-se observar que as médias foram muito próximas em todo período de estudo de estabilidade (22,34 a 22,67%), porém analisando estatisticamente pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade (Anexo 5.5.), este mostrou discreta diferenças significativas, sendo o tempo (mês) 1, diferente dos meses 2, 3, 4, 5; o mês 6 diferente dos meses 2 e 4. Nos demais não foi verificado diferença significativa. Estas pequenas diferenças podem ser atribuídas à amostragem e/ou método analítico durante a titulação do destilado.



Porém, pode-se afirmar que os valores de proteínas obtidos foram consideráveis e elevados, de modo que o produto extrusado pode ser incluído no grupo de alimentos protéicos de origem vegetal, podendo suprir deficiências protéicas de consumidores vegetarianos e outros consumidores em qualquer fase de vida.

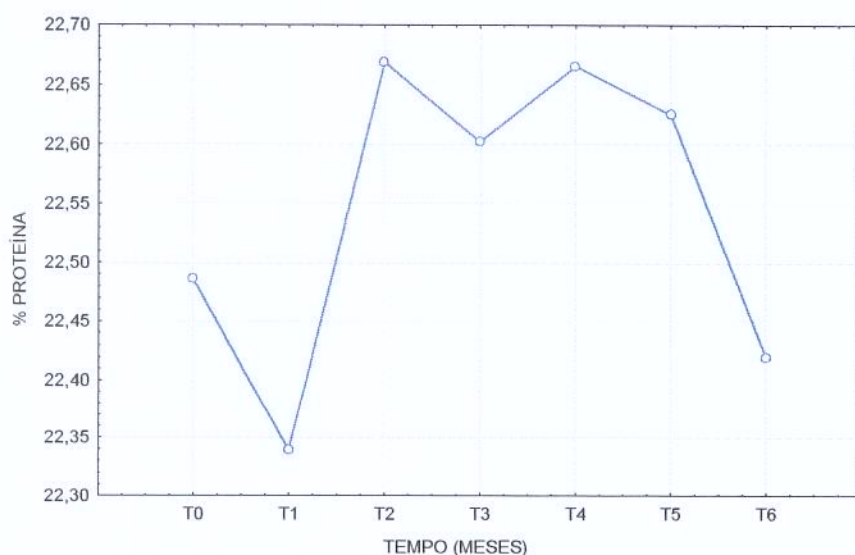


**Figura 5.4.** Textura dos cereais extrusados doce, salgado e natural durante os tempos de 0 a 6 meses de armazenagem.

Árêas (1992) enfatiza que proteínas têm mostrado um alcance muito vasto de comportamento na extrusão que está provavelmente relacionado às grandes diferenças em suas propriedades de associação. Novas ligações peptídicas formadas por aminoácidos livres e grupos carboxílicos de proteínas, foram postuladas como sendo responsáveis por ligações cruzadas que ocorrem na proteína extrusada. Porém, ligações dissulfetos e eletrostáticas e interações hidrofóbicas são, presentemente, consideradas como o mecanismo de texturização neste processo. A grande diferença entre propriedades de associação de proteínas produz diferentes tipos de agregados. Alguns deles podem ser insolúveis sob condições de extrusão e podem agir como fase dispersada dentro da fase fundida. O desempenho de extrusão de uma proteína dependerá, assim, da quantia de agregado insolúvel produzida dentro do extrusor e interações de proteína-proteína que acontecem depois do superaquecimento da massa fundida.

Estudos com misturas de amido de mandioca e concentrado protéico de soja extrusados mostraram que a textura e as características sensoriais do extrusado foram melhoradas quando o concentrado protéico de soja (CPS) foi adicionado ao amido de mandioca (CHANG et al., 2001). Relataram também, que alto conteúdo de umidade e baixo percentual de CPS resultaram em elevada dureza dos extrusados. Conforme o teor de umidade decresce e o conteúdo de CPS aumenta, diminui a textura (dureza), resultando em um produto expandido e mole que pode ser facilmente quebrado.

A Figura 5.5. ilustra os valores de proteínas do cereal natural extrusado durante a vida-de-prateleira de zero a 6 meses.



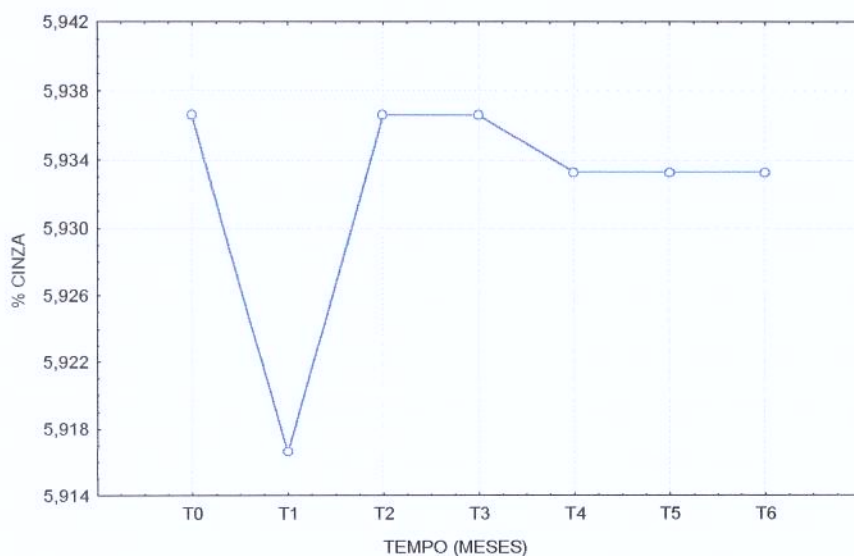
**Figura 5.5.** Proteína do cereal matinal sabor natural extrusado durante a vida-de-prateleira de 0 a 6 meses.

Os resultados de cinzas (resíduo mineral fixo) encontrados no cereal natural extrusado encontram-se expressos na Tabela 5.1. Foi verificado que estes valores não variaram no período de armazenagem, o que representa uma boa reprodutibilidade dos dados e estabilidade, o que já era esperado, devido ao conteúdo de cinza geralmente ser constante, não dependendo de reações para se alterarem. A média de resíduo mineral fixo foi de 5,93%, resultado que demonstra o elevado conteúdo de minerais no produto, especialmente cálcio, fósforo (ALMEIDA, 1963) e selênio = 5,79 mg/kg.



O Anexo 5.6. mostra os resultados da análise de Tukey a 95% de confiança, onde se pode verificar que não houve diferença significativa no conteúdo de cinzas durante o estudo de vida-de-prateleira.

Segundo Gonçalves (2001), para a indústria de *snacks*, altos teores de cinzas são indesejáveis pois, comprometem a expansibilidade do produto final. No caso deste trabalho, certamente não houve problema, pois o cereal matinal extrusado idealizado, rico em proteínas não teve o objetivo de gerar um produto com característica expandida. Mestres et al. (1991) observaram que altos teores de cinzas em diversos cultivares de milho híbrido comprometeram o cozimento e a extrusão dos derivados de milho. A Figura 5.6. apresenta o gráfico da fração cinza durante o estudo de vida-de-prateleira do cereal natural extrusado.



**Figura 5.6.** Percentual de cinza (resíduo mineral fixo) do cereal matinal sabor natural extrusado durante o estudo de vida de prateleira de 0 a 6 meses.

Os resultados de lípidos do cereal sabor natural extrusado foi apresentado na Tabela 5.1. A média ficou em torno de 12%, valor considerado elevado, porém buscou-se processar um produto com menor teor de gordura, o que não foi possível devido a limitações no processo de extração de óleo da amêndoa por prensagem, ou seja, sem o emprego de solventes. Este resultado propiciou a elevação do valor calórico do produto final. Por outro lado, o lipídio presente é importante do ponto de vista nutricional, pois de acordo com Souza (1984) e Tateo (1971), a composição de óleo de amêndoa de castanha-do-brasil é rica no ácido

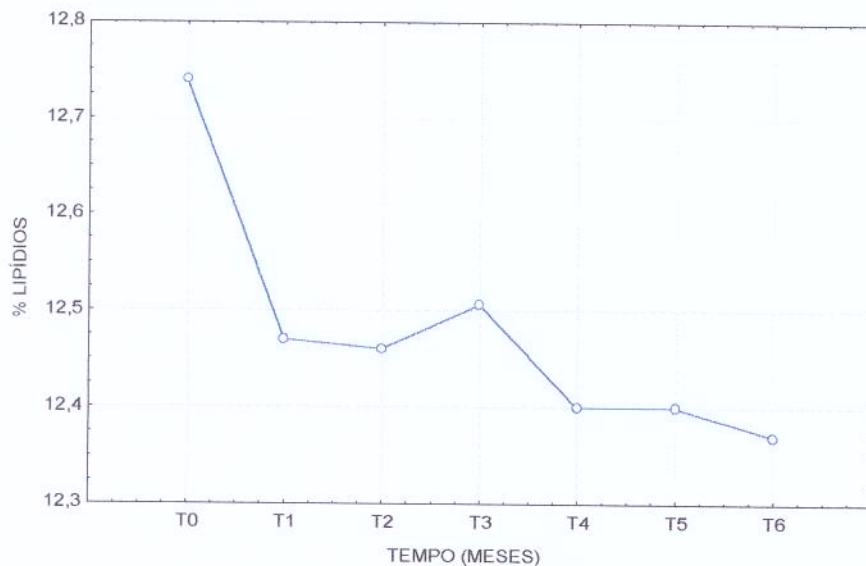


graxo essencial insaturado linoléico (42,22%). Relacionando-se estes valores com os resultados dos testes de rancidez negativos e das avaliações sensoriais (Capítulo 6), durante o período de estudo de estabilidade, verificou-se que a ausência desse tipo de deterioração oxidativa, foi fundamental, de forma que contribuiu e possibilitou a manutenção da qualidade do produto durante o tempo estudado. Portanto, o percentual de lipídios não afetou a matriz do cereal extrusado. Todavia, os efeitos de extrusão sobre os lipídios nem sempre são prejudiciais. A inativação de enzimas deteriorativas, tais como lipase, peroxidase e lipoxigenase, mais a complexação de lipídio com amido durante a extrusão pode aumentar a estabilidade de lipídios (ARTZ et al., 1992).

Aplicou-se o teste de Tukey a 95% de probabilidade e este mostrou que os teores de lipídios no tempo zero foi discretamente diferente dos tempos 1, 2, 4, 5 e 6 meses, em percentuais muito baixos, conforme Anexo 5.7., o que pode ser explicado por amostragem e desvio analítico. A Figura 5.7. expressa os valores de lipídios do cereal natural extrusado, durante os 6 meses de estudo.

Artz et al. (1992), trabalhando com extrusão de alimentos em extrusor de dupla rosca, compostos por farinha de milho/óleo; amido de milho/óleo; amido de milho/óleo/ BHA; amido de milho/óleo/ferro; amido de milho/óleo/controle em diferentes temperaturas de extrusão até 175°C, observaram que a estabilidade dos lipídios diminuiu com o aumento da temperatura de extrusão. O acetato ferroso, foi mais efetivo que o BHA, na redução da oxidação de lipídios nos extrusados. Sugerem, ser possível reduzir a rancidez em produtos extrusados, através da incorporação de acetato ferroso na concentração de 50 ppm.

A Tabela 5.1. apresenta os resultados de índice de absorção de água (IAA) para o cereal natural extrusado. Os valores variaram de 4,45 a 5,83 (g gel/g matéria seca), como ilustra a Figura 5.8., estando dentro dos resultados encontrados por Chang et al. (2001) que trabalharam com amido de mandioca misturado com concentrado protéico de soja extrusado, em condições parecidas com as utilizadas neste trabalho.



**Figura 5.7.** Percentual de lipídios do cereal matinal sabor natural extrusado durante a vida de prateleira de 0 a 6 meses.

Gutkoski (1997) aborda que é importante considerar a composição química da fração estudada, isto é, teores relativamente altos de proteínas, fibra alimentar e lipídios e teores baixos de amido. O comportamento de IAA é função da interação dos constituintes químicos no sistema alimentar estudado. Marques (1992) observou aumento do IAA com a temperatura, umidade, açúcar e amido em formulações com germe de trigo extrusado.

Segundo Miranda (1998), no caso de farinhas extrusadas, as proteínas também têm um importante papel na absorção de água. Com a desnaturação, a capacidade de absorção de água diminui. Gonçalves (2001) menciona que o IAA quantifica a água absorvida pelos grânulos de amido. Sua importância relaciona-se com o grau de desestruturação e dextrinização dos grânulos de amido.

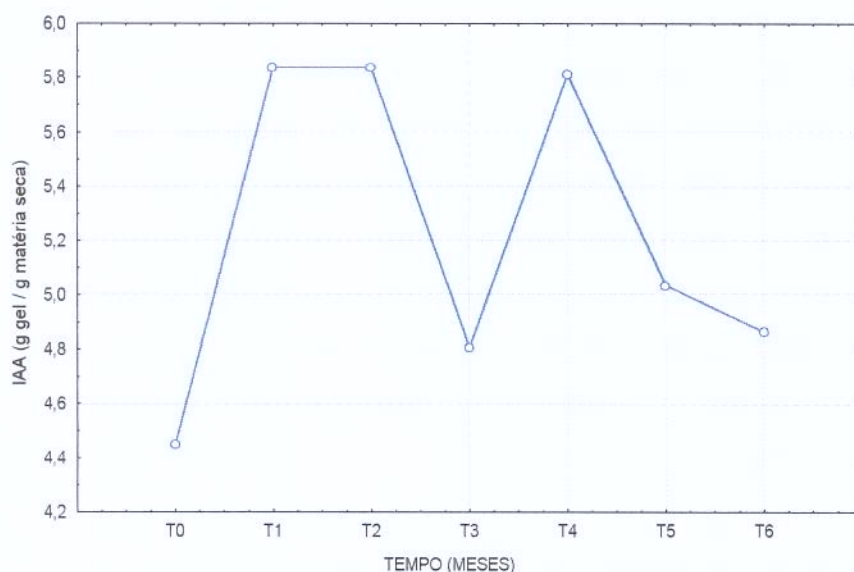
Neste estudo, devido aos valores baixos de IAA encontrados, pode ter ocorrido complexação dos constituintes, amido-lipídio ou amido-proteína. O teste de Tukey mostrou que não houve diferença significativa do IAA, durante os meses de armazenagem (Anexo 5.8).

Ascheri (1994) e Chang (2001) mencionam que o IAA é dependente da variável umidade. De um modo geral, a umidade de processamento é inversamente proporcional ao valor de IAA, ou seja, quanto menor a percentagem de umidade de processamento, maior o IAA.



Gomez e Aguilera (1983) mostram que o IAA depende da disponibilidade dos grupos hidrofílicos para se ligarem as moléculas de água e da capacidade de formação de gel das macromoléculas, assim, está intimamente relacionado com o grau de gelatinização do amido. Os grupos hidrofílicos disponíveis aumentam com o grau de gelatinização, enquanto a capacidade de formação de gel diminui com a dextrinização (GUTKOSKI, 1997). O IAA correlaciona-se bem com a viscosidade inicial de pasta porque apenas os grânulos de amido danificados e gelatinizados absorvem água e incham à temperatura ambiente, resultando em aumento da viscosidade, ou seja, IAA indica a quantidade de água absorvida pelos grânulos inchados de amido (ANDERSON et. al., 1969)

Chang et al. (2001), trabalhando com *blends* de amido de mandioca e concentrado protéico de soja extrusado, encontrou o mais alto IAA no maior percentual de umidade, com o máximo nível de concentrado protéico de soja na mistura, enquanto que diminuindo o concentrado protéico de soja diminuiu o IAA dos extrusados, o que pode ser devido ao grau de dextrinização e quebra do amido.



**Figura 5.8.** Índice de absorção em água (IAA) do cereal matinal sabor natural extrusado durante a vida de prateleira de 0 a 6 meses.

Os resultados do índice de solubilidade em água (ISA) do cereal natural extrusado estão apresentados na Tabela 5.1. Observou-se que a média (24 %) foi muito próxima, em todos os tempos de armazenagem. Aplicou-se o teste de



Tukey, a 95% de probabilidade, e concluiu-se que em todos os tempos as médias foram iguais, conforme Anexo **5.9**.

Segundo Gonçalves (2001), o ISA avalia a severidade do tratamento térmico por meio da solubilização do material extrusado em água, e auxilia na avaliação da degradação e dextrinização (produção de amido solúvel) do amido pelo processo térmico. Quanto mais severo o tratamento térmico, maior será o índice de solubilidade em água (MERCIER e FEILLET, 1975; OLKKU et al., 1984; ASCHERI, 1994). Com a elevação de temperatura, ocorrem aumentos de solubilização de amido e de proteínas desnaturadas, devendo ainda ser considerado o efeito de fibra alimentar, principalmente em relação as alterações que ocorrem quanto à solubilidade e nos teores das fibras solúvel e insolúvel no processo de extrusão (GUTKOSKI, 1997).

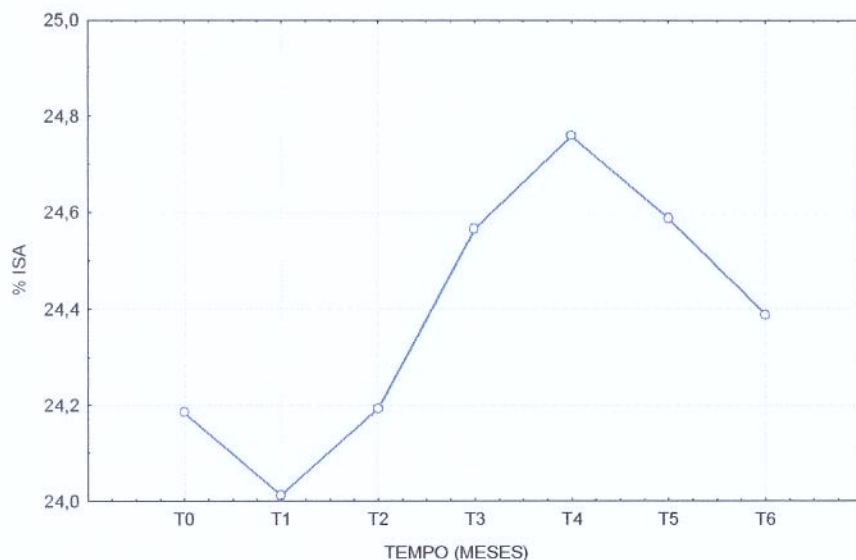
Conforme Ascheri (1994), o ISA é dependente da formulação e da temperatura. Geralmente, as formulações contendo maior percentagem de fécula de mandioca apresentam aumento de ISA. Gutkoski (1997), pesquisando aveia extrusada encontrou resultado inverso, ou seja quanto maior a temperatura de extrusão menores os valores de ISA.

Vilela e El-Dash (1987), verificaram que com menor umidade há mais fricção e atrito e, conseqüentemente, maior quebra dos grânulos de amido gelatinizados, aumentando o ISA. Enfatizaram também que o maior teor de umidade faz com que as estruturas dos componentes da farinha sejam mais preservadas e, conseqüentemente, maior a capacidade de absorção de água. O ISA é um parâmetro que reflete a degradação total sofrida pelo grânulo de amido, ou seja, o somatório dos efeitos de gelatinização, dextrinização e conseqüente solubilização (GUTKOSKI, 1997).

Segundo Araújo (1999), geralmente a solubilidade de proteínas diminui com o aumento da temperatura e tempo de aquecimento, embora variações consideráveis existam entre proteínas. Lipídios interagem com proteínas e carboidratos em panificação, essa interação evita a retrogradação do amido. O complexo lipídio- proteína influencia nas propriedades de vários tipos de alimentos, acarretando mudanças na funcionalidade - textura, capacidade de retenção de água, solubilidade e sabor.

A proteína desnaturada perde solubilidade e funcionabilidade. O tratamento térmico de proteínas isoladas e purificadas tem conseqüências muito menos sérias do que quando realizado em sistemas complexos como os alimentos (SGARBIERI, 1996).

A Figura 5.9. ilustra o índice de solubilidade em água (ISA) do cereal matinal natural extrusado durante a vida de prateleira de 0 a 6 meses.



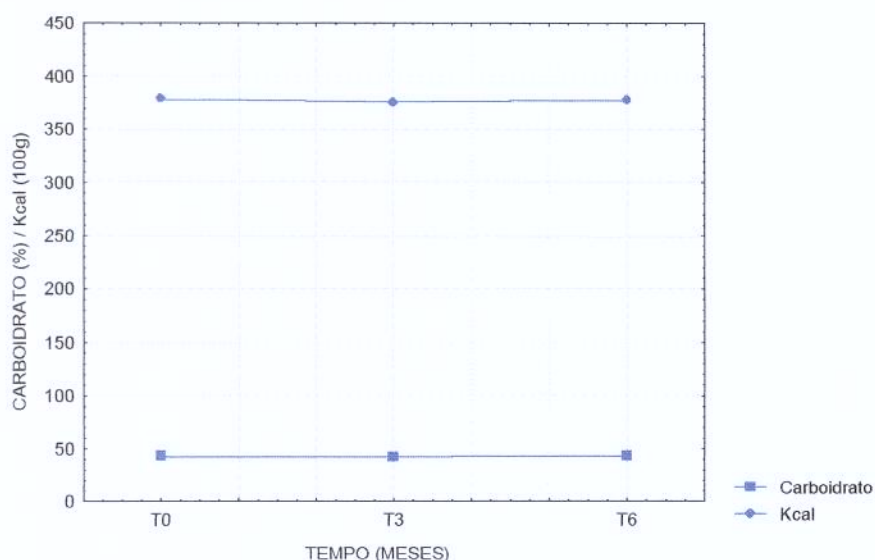
**Figura 5.9.** Índice de solubilidade em água (ISA) do cereal matinal sabor natural extrusado durante a vida de prateleira de 0 a 6 meses.

Os resultados de carboidratos e kcal do cereal natural extrusado estão apresentados na Tabela 5.1. As médias de 43 % de carboidratos e 377,96 kcal/100g de valor calórico, mostram uma performance de um produto energético, podendo ser utilizado na alimentação humana para suprir carência de alimentos energéticos e protéicos. O teste de Tukey mostrou diferenças, a  $p \leq 0,05$ , nos carboidratos e kcal; sendo o tempo 6 diferente do 0 e 3 para carboidratos; e o tempo 3 diferente do 0 e 6 para kcal (Anexo 5.10), isto podendo ser devido a amostragem. Na Figura 5.10. apresenta-se a ilustração dos mesmos.

Os resultados de fibra dietética total (FDT), fibra insolúvel (FAI), fibra solúvel (FAS) e selênio estão apresentados na Tabela 5.1. Os valores de 11,77% para FDT; 6,18% para FAI e 5,59% para FAS, são bastante elevados, devendo terem sido ocasionados pela presença da película marrom na torta de amêndoa, empregada no processamento dos cereais. Estatisticamente, pelo teste de Tukey,



não houve diferença significativa a 95% de confiança nos tempos de armazenagem (Anexo 5.11.). Os percentuais de fibras alimentares de alguns alimentos são reportados por Menezes et al. (2001): Cereal matinal, "All Bran" 21,53%; Cereal matinal, aveia, amêndoa, mel 4,90%; Cereal matinal, milho, flocos, "Corn Flakes" 3,57%; Cereal Matinal, milho, trigo, aveia 2,15%; Milho, *snack*, farelo de fubá, *Zea Mays* 15,96%; Mandioca, farinha, crua, *Manihot esculenta* C. 5,60%.

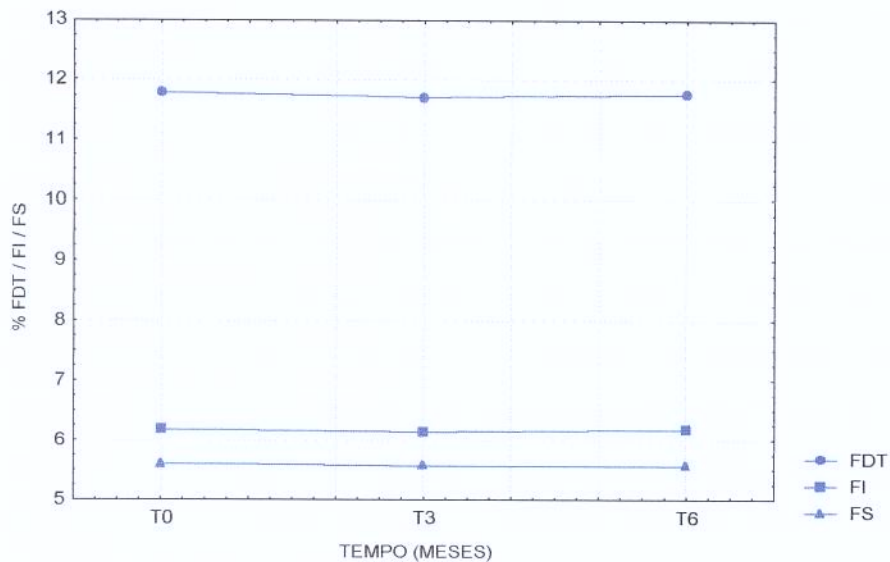


**Figura 5. 10.** Gráfico ilustrando os resultados de carboidratos e kcal durante a estocagem do cereal matinal sabor natural extrusado.

Os valores de fibras encontrados no cereal natural extrusado, mostraram-se superiores a maior parte dos cereais matinais comercializados no mercado, com exceção do "All Bran", que já é rotulado e comercializado como um produto composto basicamente de fibras.

A Figura 5.11. mostra o gráfico ilustrando os resultados das fibras dietéticas.





**Figura 5.11.** Representação gráfica do comportamento das FDT, FAI e FAS do cereal matinal natural extrusado durante a armazenagem de 6 meses.

As fibras pertencem ao grupo de compostos biologicamente ativos atualmente conhecidos, sendo seu consumo de fundamental importância para saúde. Mercader et al. (2002) afirmam que as fibras dietéticas são aconselháveis para o tratamento de hipertensão e diabetes.

Definições de alimento funcional são reportadas por Neumann et al. (2000); Mercader et al. (2002) e Hasler, (2000), respectivamente, conceituando alimento funcional como: todo alimento ou componente de alimentos e bebidas que oferecem um benefício saudável, além de seu valor nutritivo inerente à sua composição química, podendo desempenhar um papel potencialmente benéfico para a prevenção e tratamento de doença; é o alimento que contém um componente, seja nutriente ou não com efeito seletivo sobre uma ou várias funções do organismo e; é o alimento que proporciona determinados efeitos fisiológicos benéficos não nutricionais que podem melhorar a saúde.

Baseados nas definições acima citadas e considerando a riqueza dos constituintes, fibra dietética e selênio nos cereais extrusados em estudo, sugerimos incluí-lo no grupo de alimentos funcionais, dado as funções já conhecidas destes elementos. Torres (2001) menciona os principais grupos de compostos biologicamente ativos atualmente conhecidos: fibras solúveis e

insolúveis, flavonóides, carotenóides, fitoesteróis, fitoestanóis, ácidos graxos ( $W_3$  e  $W_6$ ), prebióticos e probióticos. Segundo Costa (2001) há o grupo das fibras solúveis (maçã, pêra, aveia, feijão, ervilha e lentilha) e insolúveis (vegetais, trigo, centeio). Essas ligam-se aos sais biliares no intestino, diminuindo a sua reabsorção, o que resulta em menos colesterol disponível no fígado para a síntese de lipoproteínas. Torres (2001) reporta que os efeitos benéficos associados ao consumo de fibras são, basicamente, redução do nível de colesterol sanguíneo e diminuição do risco de desenvolvimento de câncer, decorrente de três fatores: capacidade de retenção de substâncias tóxicas ingeridas, redução do tempo de trânsito intestinal, acarretando rápida eliminação do bolo fecal e, formação de substâncias protetoras de fermentação bacteriana dos componentes da fibra.

Berdanier (2000) relata que fibra dietética refere-se a todos carboidratos que são indigeríveis e não absorvíveis. Esses carboidratos não digeríveis são produtos de plantas e pertencem a cinco categorias: celulose, hemicelulose, lignina, pectina e goma. Os três primeiros têm a propriedade de absorver água, estimulando o peristaltismo intestinal resultando em menor tempo e maior frequência na excreção das fezes. Em adição à propriedade da absorção de água, fibras do tipo lignina adsorvem colesterol, favorecendo sua excreção nas fezes. Pectinas e gomas formam géis que esvaziam lentamente o sistema gástrico e interferem na absorção de açúcares, amidos e gorduras. As fibras, coletivamente, ajudam a abaixar o nível de colesterol do soro, enquanto sua excreção aumenta.

Não há dúvidas que a inclusão de alimentos contendo todos os tipo de fibras será benéfica, com respeito ao trânsito intestinal e pode também resultar em decréscimo na absorção do colesterol. As fibras não somente adsorvem colesterol e apressam sua excreção, mas também adsorvem componentes potencialmente nocivos da ingestão, apressando sua satisfatória eliminação. Desse modo, componentes carcinogênicos têm menos tempo para exposição nas células do cólon e dessa maneira menos oportunidade para converter células normais em células cancerosas.

Os resultados de densidade para os três cereais extrusados, obtidos logo após o processamento, estão mostrados nas Tabelas **5.1.**, **5.2.** e **5.3.** Observou-se que o produto doce apresentou maior densidade, que deve ter sido devido a



adição de xarope de sacarose e ao maior percentual de umidade, o que está de acordo com os resultados achados por Marques (1992), relatando que a densidade mostrou uma relação direta e linear com o teor de amido e açúcar, sendo que quanto maior o teor de açúcar e amido produtos mais densos foram obtidos.

As densidades em  $\text{g/cm}^3$  dos cereais extrusados foram: natural  $0,35 \pm 0,01$ ; doce  $0,46 \pm 0,01$  e salgado  $0,29 \pm 0,01$ . Os resultados mostram que não houve diferença em expansão dos extrusados, mantendo-se em níveis similares em relação as suas características de aparência e forma, conforme pode ser visto na Figura 5.12. Pelo teste de Tukey (Anexo 5.12.) verificou-se diferença significativa entre as densidades dos três cereais, o que pode ter sido devido ao xarope adicionado no produto doce e ao sal no salgado.



**Figura 5.12.** Cereais matinais de torta de amêndoa de castanha-do-brasil com farinha de mandioca processados por extrusão. a) Sabor Natural; b) Sabor Doce c) Sabor Salgado

Densidade é um dos parâmetros importante utilizados na especificação de embalagem, transporte e armazenamento (MARQUES, 1992; MIRANDA, 1998). Segundo Carvalho, (2001) através da densidade procura-se descrever de forma indireta o grau de transformação do grânulo de amido e as variações de peso e volume que sofreu a massa amilácea ao sair do extrusor. Marques (1992) enfatiza



que a densidade de produto extrusado pode fornecer indicações sobre suas características estruturais e de absorção de água, estando relacionada com a expansão, pois produtos mais expandidos em geral são menos densos e vice-versa. *Blends* de proteínas vegetais foram extrusados a temperatura de 145°C em diferentes umidades, e foi observado que o mais alto conteúdo de umidade reduziu a expansão, dando um produto mais denso (BHATTACHARYA et al., 1986). Ascheri (1994), afirma que densidade está relacionada indiretamente com a expansão. Quanto menos denso, maior o valor da expansão e quanto mais denso menor a expansão.

Marques (1992) concluiu que temperatura, teor de amido, açúcar e de umidade influenciam no processo de extrusão. Trabalhando com produto extrusado de germe de trigo observou que a densidade diminui com o aumento de temperatura para qualquer nível de umidade. Verificou que a umidade contribuiu para menor densidade nos extremos e maior densidade nos valores médios de umidade entre 19 - 20%. Dessa forma, produtos menos densos e mais porosos são obtidos com altas temperaturas e umidades altas ou baixas, enquanto que produtos mais densos e mais compactados ocorreram em umidades intermediária e baixa temperatura de extrusão.

As Tabelas 5.1., 5.2. e 5.3. mostram os resultados negativos para rancidez dos cereais extrusados. Esta negatividade teve correlação direta com o sabor de produto próprio para o consumo, do tempo zero até aos 180 dias de estocagem, acondicionados em embalagens com propriedades barreiras a luz, gases e vapor d'água, o que pode explicar a manutenção da qualidade e estabilidade físico-química e sensorial (Capítulo 6) dos extrusados, os quais estavam diretamente dependente da proteção e performance do sistema de embalagem. Conforme Faria (1998), a vida útil do alimento está diretamente relacionada a eficiência da embalagem e mais especificamente a qualidade requerida *versus* custo total do sistema, além da relação barreira e requerimento de proteção.

A Tabela 5.4. expressa os resultados dos aminoácidos encontrados no cereal natural extrusado, amêndoa e torta de castanha, dados reportados pela FAO (1973) para castanha-do-brasil e farinha de mandioca e Padrão da FAO (1985).

**Tabela 5.4.** Perfil de aminoácidos encontrados no cereal extrusado, amêndoa e torta de castanha, os dados reportados pela FAO/WHO<sup>1</sup> para castanha-do-brasil e farinha de mandioca e, padrão da FAO/WHO<sup>2</sup>, todos em g aminoácido/100 g de proteína.

| Aminoácidos         | Cereal extrusado*          |       | Castanha-do-brasil* |        | Dados da FAO                               |                                          |                                |
|---------------------|----------------------------|-------|---------------------|--------|--------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|
|                     | Tempo de estocagem (meses) |       | Amêndoa*            | Torta* | Castanha-do-brasil (FAO,1973) <sup>1</sup> | Raiz de mandioca (FAO,1973) <sup>1</sup> | Padrão (FAO,1985) <sup>2</sup> |
|                     | 0                          | 6     |                     |        |                                            |                                          |                                |
| Ácido aspártico     | 6,90                       | 8,52  | 10,11               | 6,49   | 7,41                                       | 6,50                                     | -                              |
| Treonina            | 1,90                       | 2,62  | 3,02                | 1,79   | 2,61                                       | 2,64                                     | 3,40                           |
| Serina              | 3,57                       | 4,53  | 5,24                | 3,29   | 4,30                                       | 3,26                                     | -                              |
| Ácido glutâmico     | 17,62                      | 21,85 | 25,01               | 16,82  | 18,61                                      | 16,14                                    | -                              |
| Prolina             | 3,34                       | 4,57  | 4,76                | 2,80   | 4,8                                        | 2,75                                     | -                              |
| Glicina             | 3,80                       | 4,88  | 5,72                | 3,59   | 4,34                                       | 2,56                                     | -                              |
| Alanina             | 2,83                       | 3,71  | 4,32                | 2,60   | 3,50                                       | 3,76                                     | -                              |
| Valina              | 3,92                       | 4,69  | 5,12                | 3,65   | 4,30                                       | 3,34                                     | 3,50                           |
| Metionina + Cistina | 5,59                       | 5,98  | 7,12                | 5,38   | 5,81                                       | **1,33                                   | **2,50                         |
|                     | 1,67                       | 1,99  | 2,33                | 1,86   | 2,10                                       |                                          |                                |
| Isoleucina          | 2,56                       | 3,20  | 3,09                | 2,55   | 2,80                                       | 2,80                                     | 2,80                           |
| Leucina             | 5,66                       | 7,43  | 8,58                | 5,34   | 6,90                                       | 3,95                                     | 6,60                           |
| Tirosina            | 1,86                       | 2,58  | 3,23                | 1,84   | 2,70                                       | 1,60                                     | -                              |
| Fenilalanina        | 3,10                       | 4,02  | 4,90                | 2,87   | 3,90                                       | 2,50                                     | -                              |
| Lisina              | 2,37                       | 3,05  | 4,53                | 2,31   | 2,80                                       | 4,14                                     | 5,80                           |
| NH <sub>3</sub>     | 1,67                       | 1,84  | 2,01                | 1,47   | -                                          | -                                        | -                              |
| Histidina           | 2,25                       | 2,66  | 3,11                | 2,06   | 2,30                                       | 2,06                                     | 1,90                           |
| Triptofano          | 0,85                       | 0,82  | 1,10                | 0,71   | 1,90                                       | 1,15                                     | 1,10                           |
| Arginina            | 12,07                      | 15,16 | 17,30               | 11,39  | 13,30                                      | 10,93                                    | -                              |
| Escore químico      | 41                         | 53    | Comp                | 40     | 48                                         | 60                                       |                                |
| EQ Médio            | 47Lys                      |       | -                   | 40Lys  | 48Lys                                      | 60Leu                                    | -                              |

\* Material desengordurado; NI-não identificado; ND-não determinado; Comp -completa; Resultados transformados de g aa/100g de amostra para g aa/100g proteína; \*\* Soma de Metionina + Cistina

<sup>1</sup>Fonte: FAO/WHO/UNU (1973) valores transformados de mg aa/g de proteína para g aa/100g proteína.

<sup>2</sup>Fonte: FAO/WHO/UNU (1985) para pré-escolares de 2 a 5 anos de idade (transformados de mg aa/g de proteína para g aa/100g proteína).



Os resultados dos aminoácidos (Tabela **5.4.**) mostraram que o cereal extrusado de torta de castanha com farinha de mandioca teve um perfil de aminoácidos totais apresentando todos os nove aminoácidos essenciais, com teores superiores ao padrão da FAO/WHO (1985) para metionina mais cistina em média 7,52, valina 4,30, isoleucina 2,88 e histidina 2,45 e teores um pouco mais baixo que o padrão para treonina 2,26, leucina 6,54, lisina 2,71 e triptofano 0,83.

Porém, de acordo com Sgarbieri (1966) o escore químico estabelece uma comparação entre a quantidade de cada aminoácido, dieteticamente indispensável, da proteína em estudo com o aminoácido correspondente de uma proteína ou padrão tomado como referência.

Neste caso, os escores químicos revelaram que a proteína do cereal extrusado em estudo, apresentou os escores bem superiores ao do ovo e do padrão teórico da FAO para quase todos os aminoácidos essenciais, sendo ligeiramente limitante apenas para lisina, obtendo um escore químico médio de 47 contra 55 do escore padrão teórico da FAO/WHO (1973). O Anexo **5.13.** expressa os escores químicos calculados para o cereal matinal extrusado, amêndoa e torta de amêndoa de castanha-do-brasil, mandioca, ovo e do padrão teórico da FAOWHO (1973).

A mandioca teve sua proteína limitante em leucina, metionina + cistina (sulfurados) e fenilalanina + tirosina, no entanto quando misturada com torta de amêndoa de castanha-do-brasil (cereal extrusado), resultou num produto quase completo, porém ainda ligeiramente limitante, apenas para lisina. Contudo, sabe-se que a composição química dos vegetais pode variar dependendo de vários fatores como: solo onde é cultivado, variedade genética, condições climáticas, processamento e outras. Assim, da mesma forma que a proteína de amêndoa de castanha encontrada neste trabalho (Capítulo **2**), se apresentou completa e o resultado da FAO (1973) limitante para lisina, provavelmente poderá processar-se uma torta que contenha proteína completa, o que dependerá dos fatores acima referidos.



#### **4. CONCLUSÕES**

Dos três cereais matinais extrusados, de sabores doce, salgado e natural, o de sabor doce apresentou o maior percentual de umidade após 4 meses de armazenagem e o natural o menor.

As atividades de água ( $A_w$ ) encontradas nos três cereais matinais extrudados foram baixas, entretanto, não foi detectado rancidez oxidativa que reduziria a qualidade dos produtos dentro do período estudado.

O valores de pH dos três cereais extrusados apresentaram pequena variação no período de estocagem, contudo, não contribuíram para qualquer alteração detectada nos demais parâmetros analisados. As densidade dos três cereais matinais extrusados sabores doce, salgado e natural foram diferentes, sendo o doce, o que apresentou-se maior.

As texturas dos cereais três tipos de matinais extrusados não variaram na maior parte do tempo de estocagem; as discretas variações que ocorreram foram insuficientes para afetar a força de quebra (fraturabilidade) e a crocância, esta última, observada nas avaliações sensoriais do (Capítulo 6).

O perfil de aminoácidos encontrado no cereal extrusado apresentou todos os aminoácidos essenciais, com teores superiores aos do padrão da FAO/WHO (1985) para metionina, cistina, valina, isoleucina e histidina e teores um pouco mais baixo que o padrão para treonina, leucina, lisina e triptofano. Porém, os escores químicos revelaram-se superiores para todos os aminoácidos essenciais, com exceção de lisina, cujo escore químico médio foi de 47 contra 55 do escore padrão teórico da FAO/WHO (1973).

O cereal matinal extrusado apresentou-se rico em proteínas (satisfazendo os objetivos deste trabalho), carboidratos, minerais, especialmente o selênio, fibra dietética e lipídios. Sugere-se, divulgá-lo e processá-lo, utilizando-o na alimentação humana, especialmente em programas de alimentação popular e da merenda escolar, como forma de suprir o déficit protéico-calórico existente nas

dietas em qualquer fase de vida, contribuindo dessa forma para propiciar a redução da fome, melhorar a qualidade da alimentação, agregar valor a castanha-do-brasil e a mandioca e, para a auto-sustentabilidade da floresta amazônica, possibilitando a melhoria da qualidade de vida das pessoas.

## 5 - REFERÊNCIAS BLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C. P. **Castanha-do-pará, sua exportação e importação na economia amazônica**. Serviço de Informação Agrícola (SAI), 19. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, 1963. 86 p.
- ANDERSON, L. A.; DIBBLE, M. V.; TURKKI, P. R.; MITCHELL, H. S.; RYNBERGEN, H. J. **Nutrição**. Rio de Janeiro : Guanabara, 1988. Cap. 10, p. 179-187.
- ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F; GRIFFIN, E. L. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. **Cereal Science today**, v.14, n.1, p.11-12, 1969.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 16<sup>th</sup> ed., Arlington:USA, 1998, v. 1-2.
- ARAUJO, J. M. A. **Química de alimentos**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1999. 416p.
- ARÊAS, J. A.G. Extrusion of food proteins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Pearl River, v. 32, n. 4, p.365-392, 1992.
- ARTZ, W. E.; RAO, S. K.; SAVER Jr., R. M. Lipid oxidation in extruded products during storage as affected by extrusion temperature and selected antioxidants. In: KOKINI, J. L.; HO, C. T.; KARWE, M. V. (Ed.). **Food extrusion science and technology**. New York: Marcel Dekker, 1992. p. 449 - 461.
- ASCHERI, J. L. R. **Efeito das variáveis de extrusão nas características físicas e químicas de produtos intermediários (half-products)**. 128 p.Tese (Doutorado) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.



- BARROS NETO, B. DE; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. 2. ed. Campinas, São Paulo: Editora da UNICAMP, 1995. 299p.
- BERDANIER, CAROLYN, D. **Advanced nutrition: Macronutrients**. 2.ed. Boca raton: CRC Press, 2000. 327p.
- BHATTACHARYA, M.; HANNA, M. A.; KAUFMAN, R. E. Textural properties of extruded plant protein blends. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 51, n. 4, p. 988-993, july-Aug. 1986.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 37, p. 911-917, 1959.
- BÜCHER, S. Tecnologia de Processamento de Cereais Matinais Prontos para o Consumo e de Barras de Cereais. **Anais do XVIII Congresso Brasileiro da SBCTA**, Porto Alegre, ago. 2002, em CD Rom - sBCTA. p. 394-397.
- CARVALHO, R. V. Formulações de snacks de terceira geração por extrusão; caracterização texturométrica e extrutural. **de snacks**. 2001. 89 p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Lavras, 2001, Lavras.
- CHANG, Y. K. **Efeito da concentração de ácido, umidade e temperatura na hidrólise de amido de mandioca por extrusão termoplástica, visando a produção de álcool**. 1989. 183 p. Tese (Doutorado) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.
- CHANG, Y. K.; HASHIMOTO, J. M.; ACIOLI-MOURA, R.; MARTINEZ-FLORES, H. E.; MARTINEZ-BUSTOS, F. Influence of extrusion conditions on cassava starch and soybean protein concentrate blends. **Acta Alimentaria**, v. 30, n. 2, p.189-203, 2001.
- COSTA, R. P. Fibras: inter-relação com a doença cardiovascular. **Qualidade em alimentação e nutrição**, n. 8, p. 9, 2001.
- COSTA, S. F. **Introdução ilustrada à estatística**. São Paulo: Harbra, 3. ed. 1998. 313 p.
- EL-DASH, A. A. **Termoplastic extrusion of food, theory and techniques**. Campinas, UNICAMP, 1982. 81p.



FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION. **Amino-acid content of foods and biological data on proteins**. Rome, FAO. 1973. p. 62-63.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION. **Energy and protein requirements**. Technical report series n. 522, FAO Nutrition Meeting. Geneva; FAO, Rome 1973. p. 55-59.

FAO/WHO/UNU expert consultation. Energy and protein requirements: FAO/WHO nutrition meetings. Geneva: Food and Agriculture Organization/World Health Organization, 1985. **Report series 724**.

FARIA, J. de A. F. Packaging and shelf life of extruded products. In: CHANG, Y. K.; WANG, S. S. (Ed.). **Advances in extrusion technology**. Águas de Lindóia, São Paulo: Technomic, March, 1998. P. 321 à 335.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 467p.

GOMEZ, M. H.; AGUILERA, J. M. Changes in the starch fraction during extrusion cooking of corn.. **Journal Food Science**. v. 48, n. 2, p. 378-81, 1983

GONÇALVES, R. A. **Rendimento de cultivares de milho em grits para produção de snacks**. 2001. 54p Tese (Doutorado). Universidade Federal de Lavras, 2001, Lavras.

GUTKOSKI, L. C. **Caracterização tecnológica de frações de moagem de aveia e efeito de umidade e temperatura de extrusão na sua estabilidade**. 1997. 241 p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1997

HASLER, C. M. **Alimentos funcionais**. (Ed.).MAZZA, G. Acribia: Zaragoza, 2000. 457 p.

HOFSETZ, K.; LOPES, C. C.; CARDELLO, H. M. A. B.;VANIN, M.; CUNHA, R. L. Caracterização sensorial e instrumental de crocância de maçã e abacaxi comerciais liofilizados. **Anais do XVIII Congresso Brasileiro da SBCTA**, Porto Alegre, ago.

2002, em CD Rom - SBCTA. p. 39-47.

HOUGH, G.; BUERA, M. D. P.; CHIRIFE, J.; MORO, O.. Sensory texture of commercial biscuits as a function of water activity. **Journal of texture studies**. v 32., n. 1. p. 57-74. Apr. 2001.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**.: Métodos químicos e físico para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo, Vol.1, 1985.

IMO INDUSTRIES INC. BAIRD ANALYTICAL INSTRUMENTS DIVISION. **ICP 2000. Spectrometer user's guide**. Bedford, Massachusetts. Dez. 1990.

JACKIX, M. N. H. **Desenvolvimento de produtos protéicos de tremço doce (*Lupinus albus* L.) por extrusão termoplástica: Influência das variáveis de processo nas propriedades funcionais**. 1989. 146 p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1989.

JARDIM, D. C. P. Reações de transformações em alimentos - Influência da Umidade. In: **Reações de transformações e vida-de-prateleira de alimentos processados**. FRUTOTEC/ITAL, 2002. p.1-8.

MARQUES, L. M. R. **Efeito da temperatura de extrusão, umidade da matéria-prima teor de amido e sacarose nas características tecnológicas nutricionais de produtos extrusados de germe de trigo**. 1992. 192 p. Tese (Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1992.

MENEZES, E. W.; CARUSO, L.; LAJOLO, F. M. Avaliação da qualidade dos dados de fibra alimentar. Estudo em alimentos brasileiros. Cap. 11 In: LAJOLO, F. M.; SAURACALIXTO, F.; PENNA, E. W.; MENEZES, E. W. (Ed.). **Fibra dietética em Iberoamerica: Tecnología y salud**. 2 ed. São Paulo: Varela, 2001. p. 165 - 178.

MERCADER, O A ; FUERTES, S.; LUNA, M. V. Alimentos funcionales: nuevos retos para el siglo XXI, **Alimentaria**, Madrid, n. 333, p. 51-54, junio 2002.

MERCIER, C., FEILLET, P. Modification of carbohydrate components by extrusion-cooking of cereal products. *Cereal Chemistry*, St. Paulo, v. 25, n. 3, p. 283-297. 1975.



MESTRES, C. ; LOUIS-ALEXANDRE, A.; MATENCIO, F. Dry-milling properties of maize. **Cereal Chemistry**, Chicago, v .50, n. 1, p. 249-253, jan./Feb. 1985.

MIRANDA, M. Z. de. **Efeito do tempo de germinação do trigo e das variáveis de extrusão na qualidade tecnológica e nutricional de farinha integral**. 1998. 216 p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 1998.

NEUMANN, A. I. C. P.; ABREU, E. S.; TORRES, E. A. F. S. Alimentos saudáveis, alimentos funcionais, fármaco alimentos nutraceuticos. **Higiene Alimentar**, v. 14, n. 71. p. 19-23. 2000.

OLKKU, J.; HAGQVIST, A.; LINKO, P. Steady state modelling of extrusion cooking response surface methodology. In: JOWITT, R. (Ed.). **Extrusion cooking technology**. London: Elsevier Applied Science Publishers, 1984.

OLSON, O. E.; PALMER, I. S.; CARY, E.K.E. Modification of the official fluorimetric method for selenium in plants. **J. Assoc. Off. Anal. Chemists**. v. 58, p. 117-121. 1975.

PENG, Y.; SUN, X.; CARSON, L. Food hardness and fracturability assessment by an eletronic sensing system. **Journal of texture studies**. v. 33, n. 2, p.135-148. july. 2002.

PROSCKY, L.; ASP, N. G.; FURDA, I.; DEVRIES, J. W.; SCWEIZER, T. F.; HARLAND, B. F. Determination of total dietary fiber in food products and total diets: Interlaboratorial study. **Journal Association of Official Analytical Chemists**, v. 67, n. 6, p. 1044-1052, 1984.

ROUDAUT, G.; DACREMONT, C.; LE MESTE, M. Influence of water on the crispness of cereal-based foods: acoustic, mechanical and sensory studies. **Journal of Texture Studies**, v. 29, n. 2, p.199-213, 1998.

SENFF, C. et al. Extrusão. Disponível em <<http://www.ufrgs.br/tecvege/feira/prcereal/extrusad/efeito.htm>> . Acesso em: julho 2002.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos; propriedades, degradações, modificações**. São Paulo: Varela, 1996. 517 p.



- SOUZA, M. L. de. **Estudos de processos tecnológicos para a obtenção de produtos derivados de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*, H.B.K.)**. 1984, 139p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 1984.
- SPACKMAN, D. C.; STEIN, W. H.; MOORE, S. Automatic recording apparatus for use the chromatography of aminoacids. **Analytical biochemistry**, New York, v.30, p.1190-1206, 1958.
- SPIES, J. R. Determination of tryptophan in proteins. **Analytical chemistry**, v.39, p.1412-1415, 1967.
- STATISTIC for Windows, Versão 5.0. Copyright® StatSoft, Inc., Tulsa, USA, 1995.
- SUNKNARK, K.; LEE, J.; EITENMILLER, R. R.; PHILLIPS, R. D. Stability of tocopherol and retinyl palmitate in snack extrudates. **Journal of food science**, v. 66, n.6, p. 897-902. aug. 2001.
- TATEO, F. Acid composition of the fatty material extracted from seeds of *Bertholletia excelsa* H.B.K. **Ind. Alimentari**, Pinerolo, v. 10, p.68-70, 1971.
- TOLEDO, R. T. **Fundamentals of food process engineering**. 2<sup>nd</sup> ed. Chapman & Hall: New York, USA, 602 p. 1991.
- TORRES, E. A. F. S. **Alimentos em questão: uma abordagem técnica para as dúvidas mais comuns**. São Paulo: Ponto Critico. 2001. 146 p.
- VILELA, E. R. **Produção, caracterização e extrusão de farinha de guandu**. 1983. 149p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1983.
- VILELA, E. R.; EL-DASH, A A.A . Extrusão de farinha de guandu (*Cajanus cajan*, Mill sp.) 1. Efeitos das variáveis do processo nas características químicas, físicas e físico-químicas dos produtos extrusados. **Revista SBCTA**, v. 7, n. 2, p. 97-116, 1987.

## ANEXOS 5

**ANEXO 5.1.** Comparação de médias de % de umidade, baseado na metodologia de Tukey a  $p \leq 0,05$ , dos cereais extrusados doce, salgado e natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem.

| % umidade                                                                                           |       |       |      | Tempo (meses) |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|------|---------------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                                                                     |       |       |      | Doce          |      |      |      |      |      | Salgado |      |      |      |      |      | Natural |      |      |      |      |      |      |      |      |
| %U                                                                                                  | Tempo | Média | ±/DP | 0             | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6       | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5       | 6    | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| Doce                                                                                                | 0     | 4,15  | 0,02 |               | 0,73 | 0,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00    | 0,94 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|                                                                                                     | 1     | 4,03  | 0,03 | 0,73          |      | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,30    | 1,00 | 0,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|                                                                                                     | 2     | 4,02  | 0,03 | 0,60          | 1,00 |      | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21    | 1,00 | 0,51 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|                                                                                                     | 3     | 5,59  | 0,03 | 0,00          | 0,00 | 0,00 |      | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|                                                                                                     | 4     | 6,07  | 0,01 | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 |      | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|                                                                                                     | 5     | 4,87  | 0,10 | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |      | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|                                                                                                     | 6     | 4,18  | 0,19 | 1,00          | 0,30 | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,60 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Salgado                                                                                             | 0     | 4,06  | 0,02 | 0,94          | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,60    |      | 0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|                                                                                                     | 1     | 4,16  | 0,05 | 1,00          | 0,64 | 0,51 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00    | 0,90 |      | 0,00 | 0,00 | 0,24 | 0,04    | 0,02 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,92 |
|                                                                                                     | 2     | 3,24  | 0,10 | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|                                                                                                     | 3     | 4,53  | 0,08 | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|                                                                                                     | 4     | 3,09  | 0,01 | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,24 | 0,00 |      | 0,00    | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 1,00 |
|                                                                                                     | 5     | 3,44  | 0,01 | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |         | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|                                                                                                     | 6     | 3,04  | 0,06 | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 1,00    |      | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,81 |
| Natural                                                                                             | 0     | 3,24  | 0,01 | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 1,00    | 0,00 |      | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|                                                                                                     | 1     | 2,29  | 0,01 | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 |      | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|                                                                                                     | 2     | 1,88  | 0,05 | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 |      | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|                                                                                                     | 3     | 3,77  | 0,08 | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |      | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|                                                                                                     | 4     | 2,62  | 0,01 | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |      | 0,00 | 0,00 |
|                                                                                                     | 5     | 3,04  | 0,01 | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 1,00 | 0,00    | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |      | 0,84 |
|                                                                                                     | 6     | 3,15  | 0,02 | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,92 | 0,00 | 1,00 | 0,00    | 0,81 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,84 |      |
| Teste de Tukey: Probabilidade das médias serem iguais a 95% (cor preta) e diferentes (cor vermelha) |       |       |      |               |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |

Teste de Tukey: Probabilidade das médias serem iguais a 95% (cor preta) e diferentes (cor vermelha)



**ANEXO 5.2.** Comparação de médias de atividade de água (aw), baseado na metodologia de Tukey a  $p \leq 0,05$ , dos cereais extrusados doce, salgado e natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem.

| Atividade de água (aw) |                                                                                                    |       |        | Tempo (meses) |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------|---------------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Aw                     | Tempo                                                                                              | Média | +/- DP | Doce          |      |      |      |      |      | Salgado |      |      |      |      |      | Natural |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                        |                                                                                                    |       |        | 0             | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6       | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5       | 6    | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| Doce                   | 0                                                                                                  | 0,33  | 0,02   |               | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,00 | 1,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|                        | 1                                                                                                  | 0,26  | 0,03   | 0,00          |      | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 1,00 | 0,45 | 0,99 | 0,95 | 0,15 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
|                        | 2                                                                                                  | 0,27  | 0,03   | 0,00          | 1,00 |      | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00    | 0,27 | 0,95 | 0,84 | 0,07 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
|                        | 3                                                                                                  | 0,36  | 0,03   | 0,27          | 0,00 | 0,00 |      | 0,95 | 0,27 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
|                        | 4                                                                                                  | 0,38  | 0,01   | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,95 |      | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|                        | 5                                                                                                  | 0,33  | 0,10   | 1,00          | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,00 |      | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Salgado                | 6                                                                                                  | 0,27  | 0,19   | 0,00          | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |         | 0,27 | 0,95 | 0,84 | 0,07 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
|                        | 0                                                                                                  | 0,23  | 0,02   | 0,00          | 0,45 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27    |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,65 | 0,00    | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,45 |
|                        | 1                                                                                                  | 0,25  | 0,05   | 0,00          | 0,99 | 0,95 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,95    | 1,00 |      | 1,00 | 0,95 | 0,07 | 0,00    | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,99 |
|                        | 2                                                                                                  | 0,24  | 0,10   | 0,00          | 0,95 | 0,84 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,84    | 1,00 | 1,00 |      | 0,99 | 0,15 | 0,00    | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,95 |
|                        | 3                                                                                                  | 0,23  | 0,08   | 0,00          | 0,15 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07    | 1,00 | 0,95 | 0,99 |      | 0,95 | 0,00    | 0,45 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,15 |
|                        | 4                                                                                                  | 0,21  | 0,01   | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,65 | 0,07 | 0,15 | 0,95 |      | 0,00    | 1,00 | 0,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,07 | 0,00 |
| Natural                | 5                                                                                                  | 0,12  | 0,01   | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |         | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,95 | 0,15 | 0,01 | 0,84 | 0,00 |
|                        | 6                                                                                                  | 0,20  | 0,06   | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,15 | 0,01 | 0,01 | 0,45 | 1,00 | 0,00    |      | 0,95 | 0,03 | 0,00 | 0,07 | 0,45 | 0,00 | 0,00 |
|                        | 0                                                                                                  | 0,18  | 0,01   | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,45    | 0,00 | 0,95 |      | 0,84 | 0,15 | 0,95 | 1,00 | 0,27 |
|                        | 1                                                                                                  | 0,15  | 0,01   | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,27 | 0,03 | 0,84 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 |
|                        | 2                                                                                                  | 0,14  | 0,05   | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,95 | 0,00 | 0,15 | 1,00 |      | 0,99 | 0,65 | 1,00 |
|                        | 3                                                                                                  | 0,16  | 0,08   | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01    | 0,15 | 0,07 | 0,95 | 1,00 | 0,99 |      | 1,00 | 1,00 |
|                        | 4                                                                                                  | 0,17  | 0,01   | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07    | 0,01 | 0,45 | 1,00 | 1,00 | 0,65 | 1,00 |      | 0,84 |
|                        | 5                                                                                                  | 0,14  | 0,01   | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,84    | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 1,00 | 1,00 | 0,84 |      | 0,00 |
|                        | 6                                                                                                  | 0,26  | 0,02   | 0,00          | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00    | 0,45 | 0,99 | 0,95 | 0,15 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|                        | Teste de Tukey: Probabilidade das médias serem iguais a 95% (cor peta) e diferentes (cor vermelha) |       |        |               |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |



ANEXO 5.3. Comparação de médias de pH, baseado na metodologia de Tukey a  $p \leq 0,05$ , dos cereais extrusados doce, salgado e natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem.

| pH                                                                                                 |   | Tempo (meses) |       |        |      |      |      |         |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---------------|-------|--------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|--|
|                                                                                                    |   | Doce          |       |        |      |      |      | Salgado |      |      |      |      |      | Natural |      |      |      |      |  |
|                                                                                                    |   | Tempo         | Média | +/- DP | 0    | 1    | 2    | 3       | 4    | 5    | 6    | 0    | 1    | 2       | 3    | 4    | 5    | 6    |  |
| Doce                                                                                               | 0 |               | 5,80  | 0,05   |      | 0,83 | 0,70 | 0,00    | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,41 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |  |
|                                                                                                    | 1 |               | 5,76  | 0,02   | 0,83 |      | 1,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |
|                                                                                                    | 2 |               | 5,76  | 0,01   | 0,70 | 1,00 |      | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |
|                                                                                                    | 3 |               | 5,58  | 0,01   | 0,00 | 0,00 | 0,00 |         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |
|                                                                                                    | 4 |               | 5,86  | 0,01   | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00    |      | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |
|                                                                                                    | 5 |               | 5,88  | 0,01   | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 1,00 |      | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |
|                                                                                                    | 6 |               | 5,88  | 0,01   | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 1,00 | 1,00 |      | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |
| Salgado                                                                                            | 0 |               | 5,39  | 0,02   | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 |      | 1,00 | 1,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |
|                                                                                                    | 1 |               | 5,39  | 0,02   | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 1,00 |      | 1,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |
|                                                                                                    | 2 |               | 5,38  | 0,01   | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 1,00 |      | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |
|                                                                                                    | 3 |               | 5,84  | 0,01   | 0,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 1,00 | 0,56 | 0,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |
|                                                                                                    | 4 |               | 5,83  | 0,02   | 0,92 | 0,02 | 0,01 | 0,00    | 0,92 | 0,19 | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |
|                                                                                                    | 5 |               | 5,85  | 0,02   | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 1,00 | 0,92 | 0,92 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |
|                                                                                                    | 6 |               | 5,84  | 0,01   | 0,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 1,00 | 0,70 | 0,70 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,97 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |
| Natural                                                                                            | 0 |               | 5,81  | 0,05   | 1,00 | 0,19 | 0,12 | 0,00    | 0,41 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,99 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |  |
|                                                                                                    | 1 |               | 5,82  | 0,01   | 1,00 | 0,12 | 0,07 | 0,00    | 0,56 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |
|                                                                                                    | 2 |               | 5,82  | 0,01   | 0,99 | 0,07 | 0,04 | 0,00    | 0,70 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |
|                                                                                                    | 3 |               | 5,80  | 0,01   | 1,00 | 0,56 | 0,41 | 0,00    | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |
|                                                                                                    | 4 |               | 5,93  | 0,01   | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,12 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |
|                                                                                                    | 5 |               | 5,93  | 0,03   | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,01 | 0,19 | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |
|                                                                                                    | 6 |               | 5,95  | 0,01   | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |
| Teste de Tukey: Probabilidade das médias serem iguais a 95% (cor peta) e diferentes (cor vermelha) |   |               |       |        |      |      |      |         |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |  |



**ANEXO 5.4.** Comparação de médias de textura em g/mm/seg, baseado na metodologia de Tukey a  $p \leq 0,05$ , dos cereais extrusados doce, salgado e natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem.

| Textura (N) |                                                                                                    |       |        |      | Tempo (meses) |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------|------|---------------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| T           | Tempo                                                                                              | Média | +/- DP |      | Doce          |      |      |      |      |      | Salgado |      |      |      |      |      | Natural |      |      |      |      |      |      |      |      |
|             |                                                                                                    |       |        |      | 0             | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6       | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5       | 6    | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| Doce        | 0                                                                                                  | 13,36 | 1,72   |      | 1,00          | 1,00 | 1,00 | 0,72 | 1,00 | 1,00 | 0,08    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 0,95 | 0,04 | 1,00 | 1,00 | 0,41 | 0,96 | 0,98 |      |
|             | 1                                                                                                  | 13,46 | 3,69   | 1,00 |               | 1,00 | 1,00 | 0,77 | 1,00 | 1,00 | 0,10    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 0,93 | 0,03 | 1,00 | 0,99 | 0,36 | 0,94 | 0,97 |      |
|             | 2                                                                                                  | 13,59 | 3,51   | 1,00 | 1,00          |      | 1,00 | 0,84 | 1,00 | 1,00 | 0,14    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 0,89 | 0,02 | 1,00 | 0,99 | 0,29 | 0,91 | 0,95 |      |
|             | 3                                                                                                  | 13,72 | 3,2    | 1,00 | 1,00          | 1,00 |      | 0,89 | 1,00 | 1,00 | 0,17    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 0,84 | 0,02 | 1,00 | 0,98 | 0,23 | 0,86 | 0,92 |      |
|             | 4                                                                                                  | 16,27 | 1,69   | 0,72 | 0,77          | 0,84 | 0,89 |      | 0,11 | 0,08 | 1,00    | 0,77 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,08    | 0,11 | 0,01 | 0,00 | 0,18 | 0,03 | 0,00 | 0,01 | 0,02 |
|             | 5                                                                                                  | 12,09 | 1,83   | 1,00 | 1,00          | 1,00 | 1,00 | 0,11 |      | 1,00 | 0,00    | 1,00 | 0,92 | 0,93 | 0,87 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,45 | 1,00 | 1,00 | 0,97 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Salgado     | 6                                                                                                  | 11,91 | 1,42   | 1,00 | 1,00          | 1,00 | 1,00 | 0,08 | 1,00 |      | 0,00    | 1,00 | 0,86 | 0,87 | 0,79 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,55 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 |      |
|             | 0                                                                                                  | 17,68 | 2,35   | 0,08 | 0,10          | 0,14 | 0,17 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |         | 0,10 | 0,57 | 0,56 | 0,67 | 0,00 | 0,00    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|             | 1                                                                                                  | 13,46 | 3,21   | 1,00 | 1,00          | 1,00 | 1,00 | 0,77 | 1,00 | 1,00 | 0,10    |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 0,93 | 0,03 | 1,00 | 0,99 | 0,36 | 0,94 | 0,97 |      |
|             | 2                                                                                                  | 14,52 | 1,07   | 1,00 | 1,00          | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,92 | 0,86 | 0,57    | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 0,87 | 0,91    | 0,40 | 0,00 | 0,97 | 0,70 | 0,04 | 0,42 | 0,52 |      |
|             | 3                                                                                                  | 14,5  | 2,52   | 1,00 | 1,00          | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,93 | 0,87 | 0,56    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,87 | 0,92    | 0,41 | 0,00 | 0,97 | 0,71 | 0,05 | 0,43 | 0,54 |      |
|             | 4                                                                                                  | 14,68 | 2,87   | 1,00 | 1,00          | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,87 | 0,79 | 0,67    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,80 | 0,86    | 0,31 | 0,00 | 0,94 | 0,60 | 0,03 | 0,34 | 0,43 |      |
| Natural     | 5                                                                                                  | 11,92 | 1,51   | 1,00 | 1,00          | 1,00 | 1,00 | 0,08 | 1,00 | 1,00 | 0,00    | 1,00 | 0,87 | 0,87 | 0,80 |      | 1,00    | 1,00 | 0,54 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 |      |
|             | 6                                                                                                  | 12,06 | 0,95   | 1,00 | 1,00          | 1,00 | 1,00 | 0,11 | 1,00 | 1,00 | 0,00    | 1,00 | 0,91 | 0,92 | 0,86 | 1,00 |         | 1,00 | 0,46 | 1,00 | 1,00 | 0,98 | 1,00 | 1,00 |      |
|             | 0                                                                                                  | 11,06 | 0,93   | 0,95 | 0,93          | 0,89 | 0,84 | 0,01 | 1,00 | 1,00 | 0,00    | 0,93 | 0,40 | 0,41 | 0,31 | 1,00 | 1,00    |      | 0,94 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |
|             | 1                                                                                                  | 8,71  | 1,54   | 0,04 | 0,03          | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,45 | 0,55 | 0,00    | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,54 | 0,46    | 0,94 |      | 0,31 | 0,75 | 1,00 | 0,93 | 0,88 |      |
|             | 2                                                                                                  | 12,34 | 1,21   | 1,00 | 1,00          | 1,00 | 1,00 | 0,18 | 1,00 | 1,00 | 0,01    | 1,00 | 0,97 | 0,97 | 0,94 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,31 |      | 1,00 | 0,93 | 1,00 | 1,00 |      |
|             | 3                                                                                                  | 11,57 | 1,35   | 1,00 | 0,99          | 0,99 | 0,98 | 0,03 | 1,00 | 1,00 | 0,00    | 0,99 | 0,70 | 0,71 | 0,60 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,75 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |
|             | 4                                                                                                  | 9,93  | 1,93   | 0,41 | 0,36          | 0,29 | 0,23 | 0,00 | 0,97 | 0,99 | 0,00    | 0,36 | 0,04 | 0,05 | 0,03 | 0,99 | 0,98    | 1,00 | 1,00 | 0,93 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 |      |
|             | 5                                                                                                  | 11,11 | 1,82   | 0,96 | 0,94          | 0,91 | 0,86 | 0,01 | 1,00 | 1,00 | 0,00    | 0,94 | 0,42 | 0,43 | 0,34 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,93 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 |      |
|             | 6                                                                                                  | 11,28 | 0,79   | 0,98 | 0,97          | 0,95 | 0,92 | 0,02 | 1,00 | 1,00 | 0,00    | 0,97 | 0,52 | 0,54 | 0,43 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,88 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |      |
|             | Teste de Tukey: Probabilidade das médias serem iguais a 95% (cor peta) e diferentes (cor vermelha) |       |        |      |               |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |



**ANEXO 5.5.** Comparação de médias de % proteína, baseado na metodologia de Tukey a  $p \leq 0,05$ , do cereal extrusado natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem.

| % Proteína                                                                          |        |       | Tempo (meses) |       |       |       |       |       |       |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| Tempo                                                                               | Média  | +- DP | 0             | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |  |
| 0                                                                                   | 22,487 | 0,131 |               | 0,305 | 0,125 | 0,548 | 0,137 | 0,353 | 0,933 |  |
| 1                                                                                   | 22,340 | 0,026 | 0,305         |       | 0,002 | 0,013 | 0,002 | 0,007 | 0,859 |  |
| 2                                                                                   | 22,670 | 0,141 | 0,125         | 0,002 |       | 0,933 | 1,000 | 0,992 | 0,020 |  |
| 3                                                                                   | 22,603 | 0,006 | 0,548         | 0,013 | 0,933 |       | 0,947 | 1,000 | 0,125 |  |
| 4                                                                                   | 22,667 | 0,055 | 0,137         | 0,002 | 1,000 | 0,947 |       | 0,995 | 0,022 |  |
| 5                                                                                   | 22,627 | 0,029 | 0,353         | 0,007 | 0,992 | 1,000 | 0,995 |       | 0,067 |  |
| 6                                                                                   | 22,420 | 0,030 | 0,933         | 0,859 | 0,020 | 0,125 | 0,022 | 0,067 |       |  |
| Probabilidade das médias serem iguais a 95% (cor preta) e diferentes (cor vermelha) |        |       |               |       |       |       |       |       |       |  |

**ANEXO 5.6.** Comparação de médias de % cinza, baseado na metodologia de Tukey a  $p \leq 0,05$ , dos cereal extrusado natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem.

| % Cinza                                                                             |       |        | Tempo (meses) |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tempo                                                                               | Média | +/- DP | 0             | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 0                                                                                   | 5,937 | 0,012  |               | 0,333 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 1                                                                                   | 5,917 | 0,015  | 0,333         |       | 0,333 | 0,333 | 0,528 | 0,528 | 0,528 |
| 2                                                                                   | 5,937 | 0,006  | 1,000         | 0,333 |       | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 3                                                                                   | 5,937 | 0,012  | 1,000         | 0,333 | 1,000 |       | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 4                                                                                   | 5,933 | 0,006  | 1,000         | 0,528 | 1,000 | 1,000 |       | 1,000 | 1,000 |
| 5                                                                                   | 5,933 | 0,006  | 1,000         | 0,528 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |       | 1,000 |
| 6                                                                                   | 5,933 | 0,015  | 1,000         | 0,528 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |       |
| Probabilidade das médias serem iguais a 95% (cor preta) e diferentes (cor vermelha) |       |        |               |       |       |       |       |       |       |



**ANEXO 5.7.** Comparação de médias de % Lipídios, baseado na metodologia de Tukey a  $p \leq 0,05$ , dos cereal extrusados natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem.

| % Lipídios                                                                          |        |         | Tempo (meses) |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tempo                                                                               | Média  | ,+/- DP | 0             | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 0                                                                                   | 12,740 | 0,070   |               | 0,048 | 0,039 | 0,109 | 0,010 | 0,010 | 0,005 |
| 1                                                                                   | 12,470 | 0,144   | 0,048         |       | 1,000 | 0,999 | 0,968 | 0,968 | 0,854 |
| 2                                                                                   | 12,460 | 0,036   | 0,039         | 1,000 |       | 0,996 | 0,985 | 0,985 | 0,903 |
| 3                                                                                   | 12,507 | 0,064   | 0,109         | 0,999 | 0,996 |       | 0,815 | 0,815 | 0,605 |
| 4                                                                                   | 12,400 | 0,079   | 0,010         | 0,968 | 0,985 | 0,815 |       | 1,000 | 1,000 |
| 5                                                                                   | 12,400 | 0,026   | 0,010         | 0,968 | 0,985 | 0,815 | 1,000 |       | 1,000 |
| 6                                                                                   | 12,370 | 0,164   | 0,005         | 0,854 | 0,903 | 0,605 | 1,000 | 1,000 |       |
| Probabilidade das médias serem iguais a 95% (cor preta) e diferentes (cor vermelha) |        |         |               |       |       |       |       |       |       |

**ANEXO 5.8.** Comparação de médias de Índice de Absorção em água IAA), baseado na metodologia de Tukey a  $p \leq 0,05$ , dos cereal extrusados natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem.

| IAA                                                                                                 |       |        | Tempo (meses) |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tempo                                                                                               | Média | +/- DP | 0             | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 0                                                                                                   | 4,450 | 0,185  |               | 0,182 | 0,182 | 0,991 | 0,196 | 0,911 | 0,981 |
| 1                                                                                                   | 5,837 | 1,546  | 0,182         |       | 1,000 | 0,475 | 1,000 | 0,724 | 0,536 |
| 2                                                                                                   | 5,837 | 0,315  | 0,182         | 1,000 |       | 0,475 | 1,000 | 0,724 | 0,536 |
| 3                                                                                                   | 4,810 | 0,078  | 0,991         | 0,475 | 0,475 |       | 0,500 | 0,999 | 1,000 |
| 4                                                                                                   | 5,813 | 0,366  | 0,196         | 1,000 | 1,000 | 0,500 |       | 0,749 | 0,562 |
| 5                                                                                                   | 5,037 | 0,414  | 0,911         | 0,724 | 0,724 | 0,999 | 0,749 |       | 1,000 |
| 6                                                                                                   | 4,867 | 0,185  | 0,981         | 0,536 | 0,536 | 1,000 | 0,562 | 1,000 |       |
| Teste de Tukey: Probabilidade das médias serem iguais a 95% (cor preta) e diferentes (cor vermelha) |       |        |               |       |       |       |       |       |       |

**ANEXO 5.9.** Comparação de médias de Índice de Solubilidade em água (ISA), baseado na metodologia de Tukey a  $p \leq 0,05$ , dos cereal extrusado natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem.

| ISA                                                                                |       |        | Tempo(meses) |       |       |       |       |       |       |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tempo                                                                              | Média | +/- DP | 0            | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 0                                                                                  | 24,30 | 0,133  |              | 1,000 | 0,728 | 0,576 | 0,241 | 1,000 | 0,936 |
| 1                                                                                  | 24,35 | 0,100  | 1,000        |       | 0,886 | 0,764 | 0,382 | 0,999 | 0,990 |
| 2                                                                                  | 24,53 | 0,248  | 0,728        | 0,886 |       | 1,000 | 0,957 | 0,653 | 0,999 |
| 3                                                                                  | 24,57 | 0,216  | 0,576        | 0,764 | 1,000 |       | 0,992 | 0,500 | 0,986 |
| 4                                                                                  | 24,67 | 0,052  | 0,241        | 0,382 | 0,957 | 0,992 |       | 0,197 | 0,776 |
| 5                                                                                  | 24,28 | 0,093  | 1,000        | 0,999 | 0,653 | 0,500 | 0,197 |       | 0,894 |
| 6                                                                                  | 24,45 | 0,304  | 0,936        | 0,990 | 0,999 | 0,986 | 0,776 | 0,894 |       |
| Probabilidade das médias serem iguais a 95% (cor peta) e diferentes (cor vermelha) |       |        |              |       |       |       |       |       |       |

**ANEXO 5.10.** Comparação de médias de % Carboidrato e energia metabolizável em Kcal/100g, baseado na metodologia de Tukey a  $p \leq 0,05$ , dos cereal extrusado natural nos períodos de (zero) 0, 3 e 6 meses de estocagem.

| % carboidratos |         |        | Tempo (meses) |       |       |  |
|----------------|---------|--------|---------------|-------|-------|--|
| Tempo          | Media   | +/- DP | 0             | 3     | 6     |  |
| 0              | 43,633  | 0,152  |               | 0,312 | 0,002 |  |
| 3              | 43,443  | 0,123  | 0,312         |       | 0,001 |  |
| 6              | 44,343  | 0,156  | 0,002         | 0,001 |       |  |
| Kcal/100g      |         |        | Tempo (meses) |       |       |  |
| Tempo          | Media   | +/- DP | 0             | 3     | 6     |  |
| 0              | 379,140 | 0,422  |               | 0,006 | 0,416 |  |
| 3              | 376,387 | 0,416  | 0,006         |       | 0,027 |  |
| 6              | 378,383 | 1,019  | 0,416         | 0,027 |       |  |

Probabilidade das médias serem iguais a 95% (cor peta) e diferentes (cor vermelha)

**ANEXO 5.11.** Comparação de médias de % Fibra Dietética Total (FDT), Fibra Insolúvel (FI) e Fibra Solúvel (FS), baseado na metodologia de Tukey a  $p \leq 0,05$ , do cereal extrusado natural nos períodos de (zero) 0, 3 e 6 meses de estocagem.

| FDT   |        |        | Tempo (meses) |       |       |  |
|-------|--------|--------|---------------|-------|-------|--|
| Tempo | Média  | ./- DP | 0             | 3     | 6     |  |
| 0     | 11,807 | 0,047  |               | 0,227 | 0,858 |  |
| 3     | 11,737 | 0,055  | 0,227         |       | 0,428 |  |
| 6     | 11,787 | 0,032  | 0,858         | 0,428 |       |  |
| FI    |        |        | Tempo (meses) |       |       |  |
| Tempo | Média  | ./- DP | 0             | 3     | 6     |  |
| 0     | 6,193  | 0,015  |               | 0,528 | 0,977 |  |
| 3     | 6,157  | 0,050  | 0,528         |       | 0,424 |  |
| 6     | 6,200  | 0,044  | 0,977         | 0,424 |       |  |
| FS    |        |        | Tempo (meses) |       |       |  |
| Tempo | Média  | ./- DP | 0             | 3     | 6     |  |
| 0     | 5,613  | 0,032  |               | 0,766 | 0,841 |  |
| 3     | 5,580  | 0,056  | 0,766         |       | 0,989 |  |
| 6     | 5,587  | 0,076  | 0,841         | 0,989 |       |  |

Probabilidade das médias serem iguais a 95% (cor peta) e diferentes (cor vermelha)

**ANEXO 5.12.** Comparação de médias de densidade, baseado na metodologia de Tukey a  $p \leq 0,05$ , dos cereais extrusados doce, salgado e natural no período (zero) 0 mês (logo após o processamento).

| Densidade/Tempo (zero mês) |       |        |      |         |         |
|----------------------------|-------|--------|------|---------|---------|
| Tempo 0                    | Média | ./- DP | Doce | Salgado | Natural |
| Doce                       | 0,46  | 0,01   |      | 0,00    | 0,00    |
| Salgado                    | 0,29  | 0,01   | 0,00 |         | 0,00    |
| Natural                    | 0,35  | 0,01   | 0,00 | 0,00    |         |

Probabilidade das médias serem iguais a 95% (cor peta) e diferentes (cor vermelha).



**ANEXO 5.13. Escore Químico de aminoácidos no cereal matinal extrusado, amêndoa e torta de castanha-do-brasil, mandioca, ovo, e padrão da FAO**

| AA   | Cereal natural extrusado<br>Armazenagem (meses) |     |      |     | Castanha-do-brasil |     |      |     | Castanha-do-<br>brasil | Mandioca | Padrão     |     |                      |    |    |    |
|------|-------------------------------------------------|-----|------|-----|--------------------|-----|------|-----|------------------------|----------|------------|-----|----------------------|----|----|----|
|      | 0                                               |     | 6    |     | Torta              |     |      |     |                        |          | FAO (1985) | OVO | Teórico <sup>1</sup> |    |    |    |
|      | AA                                              | EQ  | AA   | EQ  | AA                 | EQ  | AA   | EQ  |                        |          |            |     |                      |    |    |    |
|      | AA                                              | EQ  | AA   | EQ  | AA                 | EQ  | AA   | EQ  | AA                     | EQ       | AA         | EQ  | AA                   | EQ | AA | EQ |
| Thr  | 1,90                                            | 56  | 2,62 | 78  | 3,02               | 89  | 1,80 | 54  | 2,61                   | 77       | 2,64       | 78  | 3,40                 | 47 | 40 | 40 |
| Val  | 3,92                                            | 112 | 4,69 | 134 | 5,12               | 146 | 3,65 | 104 | 3,30                   | 123      | 3,34       | 95  | 3,50                 | 66 | 50 | 50 |
| Ile  | 2,56                                            | 91  | 3,20 | 114 | 3,09               | 110 | 2,55 | 91  | 2,80                   | 100      | 2,80       | 100 | 2,80                 | 54 | 40 | 40 |
| Leu  | 5,66                                            | 86  | 7,43 | 113 | 8,58               | 130 | 5,34 | 81  | 6,90                   | 104      | 3,95       | 60  | 6,60                 | 86 | 70 | 70 |
| Lys  | 2,37                                            | 41  | 3,05 | 53  | 4,53               | 78  | 2,31 | 40  | 2,80                   | 48       | 4,14       | 71  | 5,80                 | 70 | 55 | 55 |
| His  | 2,25                                            | 118 | 2,66 | 140 | 3,11               | 164 | 2,08 | 108 | 2,30                   | 121      | 2,06       | 108 | 1,90                 | 22 | -  | -  |
| Trp  | 0,85                                            | 86  | 0,82 | 74  | 1,10               | 100 | 0,71 | 64  | 1,90                   | 173      | 1,15       | 104 | 1,10                 | 17 | 10 | 10 |
| Met+ |                                                 |     |      |     |                    |     |      |     |                        |          |            |     |                      |    |    |    |
| Cys  | 7,26                                            | 290 | 7,97 | 319 | 9,45               | 378 | 7,24 | 290 | 7,91                   | 316      | 1,33       | 53  | 2,50                 | 57 | 35 | 35 |
| Phe+ |                                                 |     |      |     |                    |     |      |     |                        |          |            |     |                      |    |    |    |
| Tyr  | 5,00                                            | 80  | 6,60 | 106 | 8,20               | 130 | 4,72 | 75  | 6,60                   | 105      | 4,10       | 65  | 6,30                 | 93 | 60 | 60 |
| EQL  | -                                               | 41  | -    | 53  | -                  | -   | -    | 40  | -                      | 48       | -          | 60  | -                    | -  | -  | -  |

Thr - Treonina; Val - Valina; Ile - Isoleucina; Leu - Leucina; Lys - Lisina; His - Histidina; Trp - Triptofano; Met - Metionina; Cys - Cistina  
Phe - Fenilalanina; Tyr - Tirosina; EQL - Escore Químico do Aminoácido Limitante; EQ - Escore Químico; AA - Aminoácidos; <sup>1</sup>Fonte: FAO/WHO/UNU (1973) valores transformados de mg aa/g de proteína para g aa/100g proteína; Fonte: FAO/WHO/UNU (1985) para pré-escolares de 2 a 5 anos de idade, (transformados de mg aa/g de proteína para mg aa/100g de proteína).

## CAPITULO 6

### AVALIAÇÃO SENSORIAL DE TRÊS TIPOS DE CEREAIS MATINAIS EXTRUSADOS ELABORADOS COM TORTA DE AMÊNDOA DE CASTANHA- DO-BRASIL E MANDIOCA

#### 1. INTRODUÇÃO

Os cereais matinais já alcançam algumas décadas de existência e o seu consumo vêm ao encontro as novas tendências alimentares, que dão lugar a produtos energéticos práticos e saudáveis. Os *corn-flakes* são os grandes precursores de uma vasta diversidade que hoje invade as prateleiras dos supermercados. O processo de extrusão de farinhas permite desenvolver várias formas de cereais matinais no formato de bolinha, estrelas, luas, conchas de vários tamanhos cores e sabores para os mais variados tipos de consumidores (SARDAGNA et al., 2002).

Cozimento por extrusão tem sido usado por processadores de alimentos há muitos anos. Produtos alimentícios como cereais prontos para consumo, *snacks*, alimentos pet food desidratado e semi-úmidos, produtos de confeitaria e de macarrão e produtos de proteína texturizada de soja podem ser obtidos com a tecnologia de extrusão (LIN et al., 2002; SUNKNARK et al., 2001). Para aumentar o conteúdo de proteína e melhorar o valor nutritivo, várias fontes de proteínas podem ser utilizadas, tais de amendoim, glutens de trigo e milho, aveia, soja, etc., nas formulações antes da extrusão (SUNKNARK et al., 2001; BHATTACHARYA et al., 1986).

O enriquecimento desta classe de alimentos é de grande interesse, uma vez que se observa um aumento pela busca de alimentos que garantam uma ingestão diária de nutrientes, seja para a otimização, o crescimento e desenvolvimento de crianças e adolescentes, seja para a manutenção da saúde dos adultos. Pesquisas têm revelado os efeitos benéficos de determinados componentes dos alimentos para a saúde, criando a classe dos ingredientes e alimentos funcionais. Hasler (1998) enfoca que tem havido uma explosão de



interesse dos consumidores no papel de alimentos específicos ou componentes alimentares fisiologicamente ativos, os supostos alimentos funcionais que melhoram a saúde.

De acordo com Oliveira (1975), quando refere-se ao processo digestivo, cereais integrais consumidos como grãos e farinhas mais grossas, apresentam uma relação direta com o aumento do peristaltismo, excitando o movimento do sistema digestivo. Quando se busca um produto caseiro a formulação e a seleção da matéria-prima, pode atender ao gosto e à necessidade do consumidor, atendendo aos fatores sensoriais de aceitabilidade do produto (SCHOSSLER e SCHNEIDER, 2002).

Alvarez et al. (2000) argumentam que alimentos são consumidos não só pelo valor nutricional, mas também pela satisfação e prazer. As sensações experimentadas como deformação e fratura do material da matriz alimento, durante os estágios iniciais de mordida e mastigação, determinam e/ou influenciam nossa aceitação ou rejeição pelo produto. Textura Crocante (*crispness*) é definido por muitos autores como a característica exibida pela firmeza do material que demonstra comportamento linear elástico de ruptura.

Oram (1998) assegura que as pessoas sentem muitas características de textura em um alimento quando comem. Estes atributos incluem propriedades mecânicas, geométricas, de composição, de temperatura e de viscosidade. Atributos químicos também produzem sensações através da estimulação dos nervos terminais na suave membrana das cavidades bucal e nasal (MEILGAARD et al., 1991).

A análise sensorial enfoca as características sensoriais de um produto e determina qual é o preferido e/ou melhor aceito por um determinado público alvo em função de suas características. Os testes afetivos também chamados de testes de consumidor podem ser classificados em duas categorias: Aceitabilidade e preferência. O primeiro tem o objetivo de avaliar o grau com que consumidores gostam ou desgostam de um determinado produto e o segundo, objetiva avaliar a preferência do consumidor quando ele compra dois ou mais produtos entre si (MEILGAARD et al., 1991; DAMÁSIO e SILVA., 1996; MACFIE e THOMSON, 1994; SILVA, 1997; STONE e SIDEL, 1985).



O processamento de cereais matinais extrusados de torta de amêndoa de castanha-do-brasil, adicionado de farinha de mandioca, teve a finalidade de produzir um alimento rico em carboidratos, proteínas, fibras e selênio, para consumo imediato, uma vez que foi comprovado a riqueza dos três últimos componentes na torta de amêndoa de castanha-do-brasil, sugerindo-se até a considerá-lo como um produto funcional, devido a sua elevada concentração de selênio e fibras dietéticas (Capítulo 5). Este trabalho teve como objetivo estudar a aceitabilidade destes cereais matinais extrusados; de sabores doce, salgado e natural, em relação a aceitação global, sabor, crocância, e intenção de compra, durante 6 meses de estocagem, acondicionado em embalagens flexíveis de multicamadas e armazenados a temperatura ambiente, em relação ao cereal matinal comercial extrusado, existente no mercado.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Amostras**

Utilizaram-se três tipos de cereais matinais extrusados, nos sabores doce, natural e salgado, processados nas condições otimizadas, no Laboratório de Cereais da FEA/UNICAMP (Capítulo 5) e um cereal matinal comercial extrusado, adquirido em supermercado de Campinas -SP.

### **2.2. Método sensorial**

Foram utilizados testes de aceitação, realizado no Laboratório de Análise Sensorial do DTA/FEA/UNICAMP. As avaliações foram realizadas em cabines individuais, iluminadas com luz vermelha, para mascarar qualquer efeito de aparência dos produtos e as amostras foram servidas de forma balanceada, em pratos de fundo preto, codificados com números de três dígitos. Para avaliar todas as amostras, a partir do tempo zero de armazenagem e a cada 30 dias até o sexto mês, foi recrutado um painel sensorial de 40 consumidores, constituído por pessoas de ambos os sexos, pertencentes a academia da FEA/UNICAMP, que participou em todos os meses da pesquisa.

Para as avaliações dos atributos de crocância, sabor e aceitação global, foi utilizada a escala hedônica estruturada de 9 pontos (PERYAM e GIRARDOT, 1952), (1 – detestei; 5 – Nem gostei / nem desgostei; 9 – adorei) e, para o atributo intenção de compra, aplicou-se a escala estruturada de 5 pontos (1 – certamente não compraria; 3 – talvez comprasse / talvez não comprasse; 5 – certamente compraria), de acordo com ficha utilizada, apresentada no Anexo 6.1., empregando os procedimentos descritos por Meilgaard et al. (1991); Damásio et al. (1996); Silva, (1997); Stone et al. (1985).

### 2.3. Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos a tratamentos estatísticos, utilizando-se o Programa *Statistic for Windows* versão 5.0, aplicando-se o teste de média de Tukey (GOMES, 1990), considerando-se nível de significância de 5%.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das médias e desvios padrões das notas de aceitação atribuídas aos cereais matinais sabores doce, natural e salgado extrusados e do cereal matinal comercial extrusado, estão apresentados na Tabela 6.1.

Com base nos resultados apresentados nesta Tabela, observa-se que, com relação a todos os atributos avaliados, as amostras de cereal matinal extrusados preparadas neste trabalho, obtiveram médias de aceitação global entre as categorias 7 e 8 – entre “gostei moderadamente” e “gostei muito”, as quais foram significativamente ( $p \leq 0,05$ ) superiores às médias de aceitação da amostra comercial: 5,7 para aceitação global entre, “nem gostei / nem desgostei” e “gostei ligeiramente”.



**Tabela 6.1.** Resultados das médias e desvios padrões das notas atribuídas a avaliação sensorial dos cereais matinais, doce, natural e salgado extrusados, nos tempos de zero (0) até 6 meses de estocagem e do cereal matinal comercial extrusado no tempo zero (0).

| *Resultados das médias das notas dos atributos sensoriais avaliados |                              |     |     |     |     |     |                    |     |     |     |     |     |       |     |     |     |     |     |           |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Cereal<br>matinal<br>extru-<br>sado                                 | Aceitação Global             |     |     |     |     |     | Intenção de compra |     |     |     |     |     | Sabor |     |     |     |     |     | Crocância |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|                                                                     | Tempo de armazenagem (meses) |     |     |     |     |     |                    |     |     |     |     |     |       |     |     |     |     |     |           |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|                                                                     | 0                            | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6                  | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5     | 6   | 0   | 1   | 2   | 3   | 4         | 5   | 6   | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |     |
| Doce                                                                | 7,7                          | 7,6 | 8,1 | 7,9 | 7,6 | 7,8 | 7,6                | 4,6 | 4,3 | 4,6 | 4,4 | 4,5 | 4,4   | 4,4 | 7,8 | 8,1 | 8,1 | 8,1 | 7,8       | 8,1 | 8,1 | 8,1 | 8,1 | 7,8 | 8,1 | 8,1 | 7,9 | 7,8 | 7,7 |
| *Nota<br>±DP                                                        | 1,2                          | 1,2 | 0,9 | 1,1 | 1,0 | 0,9 | 0,9                | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 0,6 | 0,9 | 0,7   | 0,7 | 1,3 | 1,2 | 0,9 | 0,9 | 0,8       | 0,9 | 0,8 | 1,1 | 1,2 | 1,0 | 0,9 | 0,7 | 1,2 | 0,9 |     |
| Natural                                                             | 7,5                          | 7,3 | 7,4 | 7,6 | 7,5 | 7,2 | 7,3                | 4,1 | 3,9 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0   | 4,1 | 7,5 | 7,4 | 7,4 | 7,7 | 7,3       | 7,2 | 7,6 | 7,5 | 7,4 | 7,8 | 7,9 | 7,8 | 7,6 | 7,2 |     |
| *Nota<br>±DP                                                        | 1,1                          | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 0,8 | 0,8 | 0,9                | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 1,0 | 0,9 | 0,8   | 0,7 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,1       | 1,0 | 0,8 | 1,2 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 0,9 | 1,1 | 1,0 |     |
| Salgado                                                             | 7,2                          | 7,1 | 7,5 | 7,5 | 7,6 | 7,3 | 7,3                | 3,9 | 3,9 | 4,2 | 4,1 | 4,2 | 4,3   | 3,9 | 7,2 | 7,2 | 7,5 | 7,5 | 7,6       | 7,4 | 7,9 | 7,5 | 7,6 | 7,8 | 7,7 | 7,9 | 7,8 | 7,1 |     |
| *Nota<br>±DP                                                        | 1,5                          | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 0,9 | 1,1 | 0,9                | 1,0 | 1,2 | 1,0 | 0,8 | 0,8 | 1,1   | 0,8 | 1,6 | 1,3 | 1,2 | 0,9 | 0,9       | 1,2 | 0,7 | 1,5 | 1,4 | 1,1 | 1,3 | 0,5 | 0,7 | 1,1 |     |
| Comerc                                                              | 5,7                          | -   | -   | -   | -   | -   | -                  | 3,0 | -   | -   | -   | -   | -     | -   | 5,7 | -   | -   | -   | -         | -   | -   | 6,6 | -   | -   | -   | -   | -   | -   |     |
| *Nota<br>±DP                                                        | 1,9                          | -   | -   | -   | -   | -   | -                  | 1,2 | -   | -   | -   | -   | -     | -   | 2,0 | -   | -   | -   | -         | -   | -   | 2,0 | -   | -   | -   | -   | -   | -   |     |

\*Painel composto por 40 provadores; DP- Desvio Padrão; - não realizado; Comerc - Comercial.



Estes resultados sugerem que os cereais formulados com as misturas de torta de amêndoa de castanha-do-brasil com farinha de mandioca processados por extrusão, de uma forma geral e com relação ao sabor e crocância, apresentam melhores características sensoriais do que as encontradas no cereal matinal comercial existente no mercado, resultando em maior intenção de compra pelos consumidores.

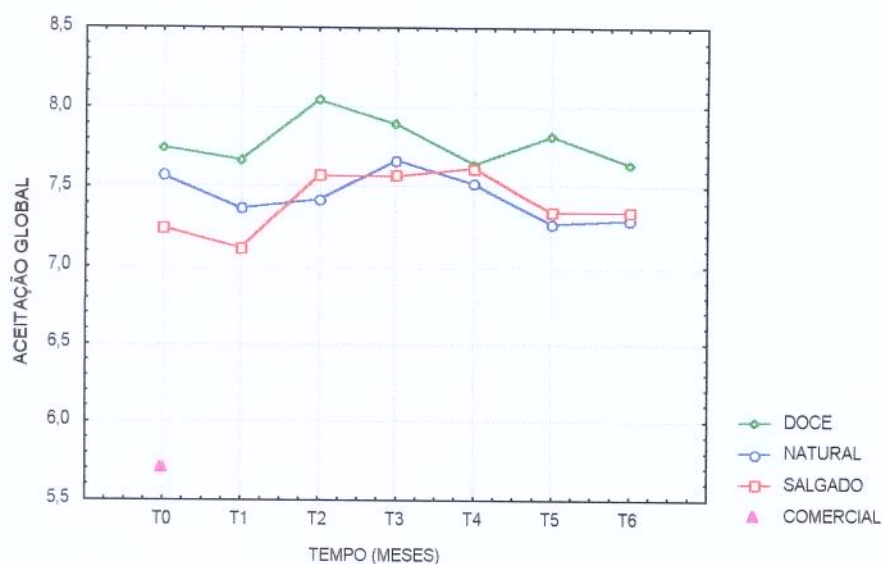
As médias das notas encontradas para o cereal matinal comercial foram: atributo aceitação global: 5,7 (nem gostei nem desgostei / gostei ligeiramente); Intenção de compra: 3,0 (talvez comprasse / talvez não comprasse); Sabor: 5,7 (nem gostei nem desgostei / gostei ligeiramente) e crocância: 6,6 (gostei ligeiramente / gostei moderadamente). Também foi possível observar, através da Tabela 6.1, que a amostra de cereal matinal doce apresentou médias de aceitação ligeiramente superiores às dos cereais salgado e natural, embora não tenham sido detectadas diferenças significativas a  $p \leq 0,05$ .

Sobre crocância, Hough et al. (2001) observaram que quando tudo está certo para receber devida atenção do consumidor, mas a textura não é adequada, a rejeição ao alimento é imediata. Portanto, quando um produto é envelhecido, isto é, não está crocante e o consumidor morde, nem mesmo o bom sabor pode salvá-lo. Desse modo ele é logo rejeitado, não importando seu sabor.

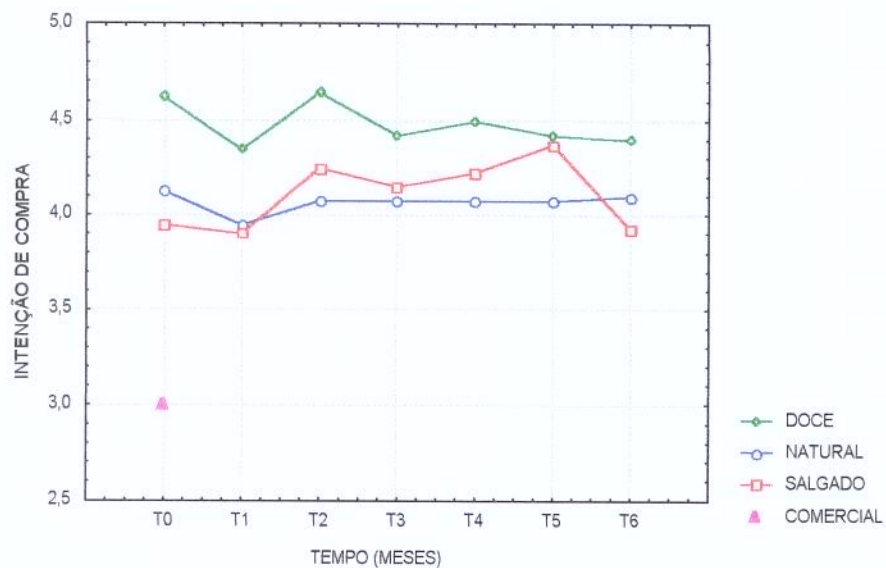
A maioria de produtos com conteúdo de umidade baixa panificado ou extrusado tais como cereais matinais, biscoitos, *wafers*, biscoitos e lanches tem uma textura crocante. Se o conteúdo de umidade desses produtos aumentar, devido a sorção de água da atmosfera ou transporte em massa de componentes vizinhos, isso resulta num enxarcamento, textura suave, isto é a crocância será perdida (ROUDAUT et al., 1995). Dessa forma a crocância está associada com contrastes texturais agradáveis de frescor e qualidade, sua perda é uma grande causa da rejeição do consumidor. A perda desta qualidade, é do maior interesse da indústria de alimentos, produtos crocantes tem uma estrutura celular de baixa densidade, são quebradiços, friáveis e geram alto barulho quando quebrado.

Hofsetz et al. (2002) enfatizam que a curva característica de crocância apresenta vários picos, de várias fraturas antes da ruptura, que é um dos indicativos de produtos crocantes. Outro parâmetro importante na característica de textura é a força necessária para romper o produto, o que indica sua dureza. Faria (1998) enfatiza que a vida de prateleira do alimento está diretamente relacionada com a eficiência da embalagem, as propriedades barreira e requerimentos de proteção que desempenha e mais especificamente, a qualidade versus custo total do sistema.

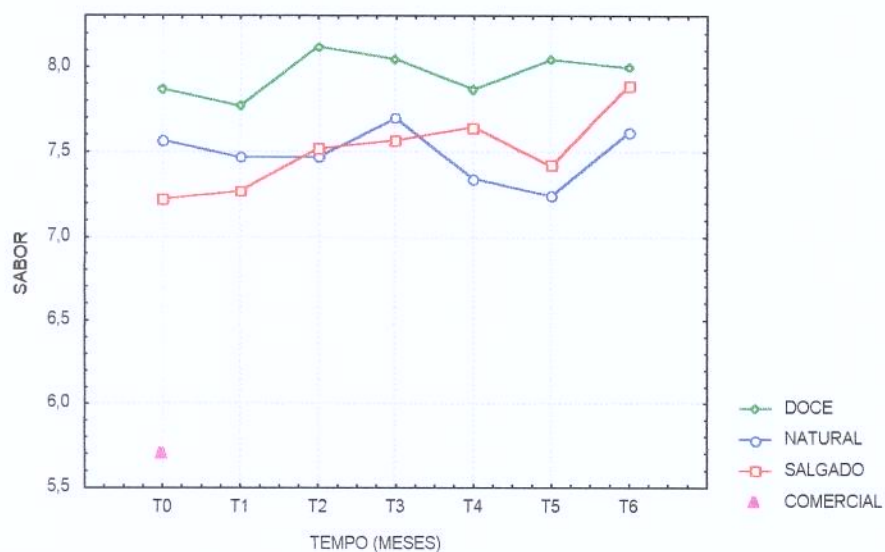
As Figuras 6.1., 6.2. 6.3. e 6.4., ilustram o comportamento das médias de aceitação em relação a cada parâmetro sensorial dos cereais estudados, em função do tempo de armazenagem.



**Figura 6.1.** Aceitação global dos cereais matinais extrusados doce, natural e salgado nos períodos de zero até 6 meses de armazenagem e comercial no tempo zero.

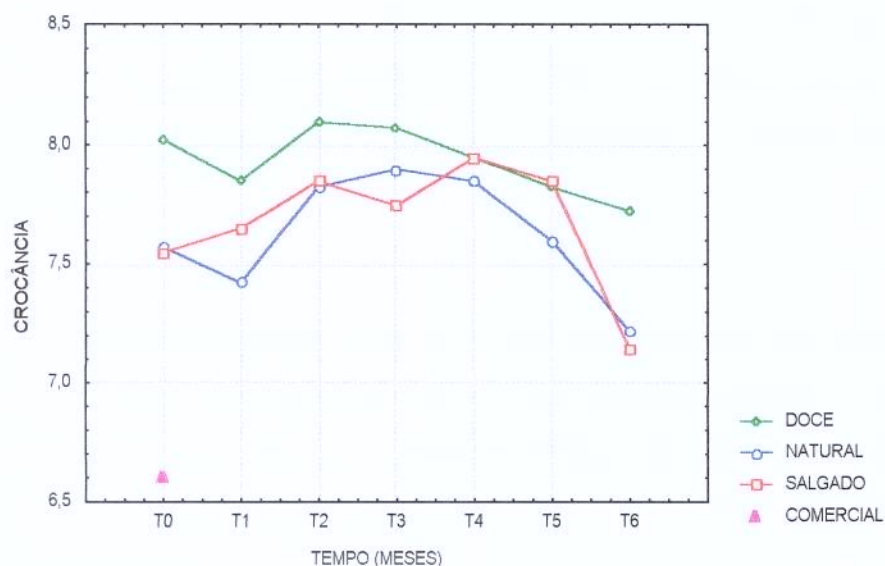


**Figura 6.2.** Intenção de Compra dos cereais matinais extrusados doce, natural e salgado nos períodos de zero até 6 meses de armazenagem e comercial no tempo zero.



**Figura 6.3.** Sabor dos cereais matinais extrusados doce, natural e salgado nos períodos de zero até 6 meses de armazenagem e comercial no tempo zero.





**Figura 6.4.** Crocância dos cereais matinais extrusados doce, natural e salgado nos períodos de zero até 6 meses de armazenagem e comercial no tempo zero.

A comparação entre as médias de aceitação, através do teste de Tukey, dos cereais de castanha com mandioca sabores doce, natural e salgado, entre si e entre os tempos de zero até 6 meses de armazenagem, e do cereal comercial estão mostrados nos Anexos 6.2., 6.3., 6.4. e 6.5.

Analisando os resultados obtidos e após a aplicação do teste de Tukey, considerando-se a  $p \leq 0,05$ , percebeu-se que o nível de aceitação do cereal matinal comercial extrusado foi diferente dos de todos os três cereais de castanha com mandioca extrusados, em relação a todos os atributos sensoriais avaliados.

Observou-se, que para a aceitação global e intenção de compra, houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) apenas entre o cereal doce no tempo 2 (2 meses de armazenagem), obtendo-se nota média 8,05 para aceitação global e nota média 4,65 para intenção de compra e o cereal salgado no tempo 1 (1 mês de armazenagem), obtendo-se nota média 7,13 para aceitação global e nota média 3,90 para intenção de compra; para os demais cereais não existiu diferença significativa entre suas médias, dentro de um mesmo tempo e nem entre tempos de armazenamento diferentes.

Para o atributo sabor dos três cereais processados, o teste não detectou nenhuma diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as médias das notas. Já para

crocância, a análise estatística indicou diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as médias das notas do cereal doce nos tempos 2 e 3 meses, com médias de notas 8,10 e 8,07 e do cereal salgado no tempo de 6 meses, com nota média 7,15.

#### **4. CONCLUSÕES**

O cereais matinais de amêndoa de castanha com mandioca extrusados, sabores doce, natural e salgado, tiveram as médias das notas em relação aos atributos aceitação global, intenção de compra, sabor e crocância, bem superiores as atribuídas ao cereal matinal comercial extrusado, justificando a aceitabilidade.

Dos três cereais matinais extrusados de castanha com mandioca, o de sabor doce foi o que recebeu as maiores notas para todos os atributos avaliados.

Os cereais extrusados de castanha com mandioca estudados, mantiveram-se sem alterações dos atributos sensoriais que comprometessem o grau de aceitabilidade por parte dos consumidores, durante o tempo de vida-de-prateleira de 0 a 6 meses.

Sugere-se, que ao tipo de embalagem utilizado, filme flexível aluminizado de multicamadas, com propriedades barreira a gases, luz e umidade, deve ter contribuído de forma relevante para a manutenção das características sensoriais avaliadas e aceitação dos cereais, pois sabe-se que a vida útil dos produtos alimentícios está diretamente relacionada com a eficiência da embalagem.

#### **5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

ALVAREZ, M. D.; SAUNDERS, D. E. J.; VINCENT, J. F.V.; JERONIMIDIS, G. An engineering method to evaluate the crisp texture of fruit and vegetables. **Journal of texture studies**, v. 31, n. 4, p. 457-473, Oct. 2000.

BHATTACHARYA, M.; HANNA, M. A.; KAUFMAN, R. E. Textural properties of extruded plant protein blends. **Journal of Food Science**, v. 51, n. 4, p. 988-993, july./aug. 1986.



DAMÁSIO, M. H.; SILVA, M. A. A. P. **Curso de treinamento em análise sensorial.**

Apostila. Campinas: Fundação Tropical de Tecnologia "André Tosello", 1996.

FARIA, J. de A. F. Packaging and shelf life of extruded products. In: CHANG, Y. K.;

WANG, S. S. (Ed.). **Advances in extrusion technology.** Águas de Lindóia, São Paulo: Technomic, March, 1998. p. 321 à 335.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental.** 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990.467p.

HASLER, C. M. A new look at an ancient concept. **Chemistry Industry**, v. 2, p. 84-89, Feb. 1998.

HOFSETZ, K.; LOPES, C. C.; CARDELLO, H. M. A. B.;VANIN, M.; CUNHA, R. L.

Caracterização sensorial e instrumental de crocância de maçã e abacaxi comerciais liofilizados. In: **Anais em CD Rom XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Porto Alegre -RS, 4-7 ago 2002.

HOUGH, G.; BUERA, M. D. P.; CHIRIFE, J.; MORO, O.. Sensory texture of commercial biscuits as a function of water activity. **Journal of texture studies.** v 32., n. 1. p. 57-74. April 2001.

LIN, S.; HSIEH, HUFF, H. E. F.; Extrusion process parameters, sensory characteristics, and structural properties of a high moisture soy protein meat analog. **Journal of Food Science**, v. 67, n.3,.p.1066-1072, apr. 2002.

MACFIE, H. J.; THOMSON, D. M. H. **Measurement of food preferences.** Glasgow, UK: Blackie Academic & Professional, 1994. 310 p.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques.** 2.ed. Flórida - USA: CRC Press, 1991. 354 p.

OLIVEIRA, N. M. B. de **Dietoterapia na prática médica.** Rio de Janeiro: Cultura médica Ltda, 1975. p.35.

ORAM, N. Texture and chemical feeling descriptors that 6-11 year olds and adults associate with food in the mouth. **Journal of texture studies**, v. 29, n.2, p. 185-197, may 1998.



PERYAM, D.R.; GIRARDOT, N. Advanced taste-test method. **Food Eng.** 24 (7), 58-61, 194, 1952.

ROUDAUT, G.; DACREMONT, C.; MESTRE, M. L. Influence of water on the crispness of cereal-based foods: acoustic, mechanical, and sensory studies. **Journal of texture studies.** v.29, n. 2 . p. 199 -213. may 1998.

SARDAGNA, L. D.; OLIVEIRA, L. L.; STRINGHETA, P. C.; CRUZ, R. S. Desenvolvimento de um cereal matinal fortificado e adicionado de fibra solúvel. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2002, Porto Alegre. **Anais em CD Rom do XVIII CBCTA...**Porto Alegre: SBCTA, 2002.

SCHOSSLER, F. ; SCHNEIDER, R. C. S. Formulações caseiras de barras de cereais. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2002, Porto Alegre. **Anais em CD Rom do XVIII CBCTA...**Porto Alegre: SBCTA, 2002.

SILVA, M. A. A. P. **Métodos de avaliação sensorial de alimentos.** Apostila: Escola de Extensão da UNICAMP. 1997. 71p.

*STATISTIC for Windows.* Versão 5.0. Copyright® StatSoft, Inc., Tulsa, USA, 1995.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices.** Flórida-USA: Academic Press, Inc. 1985. 311 p.

SUNKNARK, K.; LEE, J.; EITENMILLER, R. R.; PHILLIPS, R. D. Stability of tocopherol and retinyl palmitate in snack extrudates. **Journal of Food Science,** v. 66, n.6, p. 897-902, aug. 2001.

## ANEXOS 6

### Anexo 6.1 . FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL PARA CEREAL MATINAL EXTRUSADO DE TORTA DE AMÊNDOA DE CASTANHA-DO-BRASIL COM MANDIOCA E CEREAL COMERCIAL.

PROVADO Nº \_\_\_\_\_ Nome: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_ Fone \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

1- Você está recebendo 03 amostras codificadas de cereal matinal extrusado formulado com torta de amêndoa de castanha-do-brasil desengordurada e farinha de mandioca. Por favor, prove-as avaliando a aceitação global, utilizando as notas de 1 a 9, o quanto você gostou ou desgostou:

9 - adorei

8 - gostei muito

7 - gostei moderadamente

6 - gostei ligeiramente

5 - nem gostei/ nem desgostei

4 - desgostei ligeiramente

3 - desgostei moderadamente

2 - desgostei muito

1 - detestei

| Amostra | Nota | Comentário |
|---------|------|------------|
|---------|------|------------|

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |

2 - Com base na sua opinião sobre as 3 amostras, indique na escala de 1 a 5 (abaixo), sua nota em relação a sua atitude, se você encontrasse cada uma das amostras à venda. Se eu encontrasse este produto à venda eu:

5 - certamente compraria

4 - possivelmente compraria

3 - talvez comprasse/ talvez não comprasse

2 - possivelmente não compraria

1 - certamente não compraria

| Amostra | Nota | Comentário |
|---------|------|------------|
|---------|------|------------|

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |



**ANEXO 6.2.** Comparação de médias das notas de Aceitação Global, baseado na metodologia de Tukey a  $p \leq 0,05$ , dos cereais extrusados doce, salgado e natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem e do cereal matinal comercial extrusado no tempo zero.

| Aceitação Global                                                                                                                            |       |       |        | Tempo |   |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|--------|-------|---|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                                                                                                             |       |       |        | Doce  |   |      |      |      |      | Natural |      |      |      |      |      | Salgado |      |      |      |      |      | Co   |      |      |      |      |
| AG                                                                                                                                          | Tempo | Média | +/- DP | 0     | 1 | 2    | 3    | 4    | 5    | 6       | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5       | 6    | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | Co   |      |
|                                                                                                                                             |       |       |        | 0     |   | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 0,93 | 0,96 | 0,89 | 0,55 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,99 | 0    |
|                                                                                                                                             |       |       |        | 1     |   |      | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,78 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 |
|                                                                                                                                             |       |       |        | 2     |   | 1,00 |      | 1,00 | 0,99 | 1,00    | 0,93 | 0,39 | 0,55 | 0,99 | 0,84 | 0,15    | 0,20 | 0,12 | 0,02 | 0,93 | 0,93 | 0,98 | 0,32 | 0,32 |      |      |
| Doce                                                                                                                                        |       |       |        | 3     |   | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,84 | 0,93 | 1,00 | 0,99 | 0,55    | 0,63 | 0,47 | 0,15 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,78 | 0,78 |      |      |
|                                                                                                                                             |       |       |        | 4     |   | 1,00 | 0,99 | 1,00 |      | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99    | 1,00 | 0,99 | 0,84 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |      |
|                                                                                                                                             |       |       |        | 5     |   | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,96 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 0,78    | 0,84 | 0,71 | 0,32 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,93 | 0,93 |      |      |
|                                                                                                                                             |       |       |        | 6     |   | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 |         | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00    | 0,99 | 0,99 | 0,84 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |      |
|                                                                                                                                             |       |       |        | 0     |   | 1,00 | 0,93 | 1,00 | 1,00 | 1,00    |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 0,96 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 |      |
| Natural                                                                                                                                     |       |       |        | 1     |   | 1,00 | 0,39 | 0,84 | 1,00 | 0,96    | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 0,96 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |      |
|                                                                                                                                             |       |       |        | 2     |   | 1,00 | 0,55 | 0,93 | 1,00 | 0,99    | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |      |
|                                                                                                                                             |       |       |        | 3     |   | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 0,98 | 0,78 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |      |
|                                                                                                                                             |       |       |        | 4     |   | 1,00 | 0,84 | 0,99 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |         | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |      |
|                                                                                                                                             |       |       |        | 5     |   | 0,93 | 0,99 | 0,15 | 0,55 | 0,99    | 0,78 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |      |
|                                                                                                                                             |       |       |        | 6     |   | 0,96 | 0,99 | 0,20 | 0,63 | 1,00    | 0,84 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |      |
|                                                                                                                                             |       |       |        | 0     |   | 0,89 | 0,98 | 0,12 | 0,47 | 0,99    | 0,71 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 0,98 | 1,00    | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 |      |
| Salgado                                                                                                                                     |       |       |        | 1     |   | 0,55 | 0,78 | 0,02 | 0,15 | 0,84    | 0,32 | 0,84 | 0,96 | 1,00 | 0,78 | 0,99    | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      | 0,96 | 0,96 | 0,99 | 1,00 | 0,00 |      |
|                                                                                                                                             |       |       |        | 2     |   | 1,00 | 0,93 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,96 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |      |
|                                                                                                                                             |       |       |        | 3     |   | 1,00 | 0,93 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,96 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 |      |      |
|                                                                                                                                             |       |       |        | 4     |   | 1,00 | 0,98 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,89 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 |      |      |
|                                                                                                                                             |       |       |        | 5     |   | 0,99 | 1,00 | 0,32 | 0,78 | 1,00    | 0,93 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |      |
|                                                                                                                                             |       |       |        | 6     |   | 0,99 | 1,00 | 0,32 | 0,78 | 1,00    | 0,93 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |      |
| Co                                                                                                                                          |       |       |        | 0     |   | 0,00 |      |      |      |         |      |      |      |      |      |         |      | 0,00 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| AG- Aceitação Global; Co - Comercial; Teste de Tukey: Probabilidade das médias serem iguais a 0,05% (cor preta) e diferentes (cor vermelha) |       |       |        |       |   |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |



**ANEXO 6.3.** Comparação de médias das notas de intenção de compra, baseado na metodologia de Tukey a  $p \leq 0,05$ , dos cereais extrusados doce, salgado e natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem e do cereal matinal comercial extrusado no tempo zero.

| Intenção de compra                                                                                                                           |        |              | Tempo (meses) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |         |      |      |      |  |  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|--|--|----|
|                                                                                                                                              |        |              | Doce          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Natural |      |      |      |      |      | Salgado |      |      |      |  |  | Co |
|                                                                                                                                              |        |              | 0             | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5       | 6    | 0    | 1    | 2    | 3    | 4       | 5    | 6    |      |  |  |    |
| IC                                                                                                                                           | Temp o | Média +/- DP | 0             | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,67 | 0,12 | 0,48 | 0,48 | 0,48    | 0,58 | 0,12 | 0,06 | 0,97 | 0,76 | 0,94    | 1,00 | 0,09 | 0,00 |  |  |    |
| Doce                                                                                                                                         | 1      | 4,35 0,86    | 1,00          |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,94 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,94 | 0,83 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,89 |      |  |  |    |
|                                                                                                                                              | 2      | 4,65 0,95    | 1,00          | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,58 | 0,09 | 0,39 | 0,39 | 0,39    | 0,48 | 0,09 | 0,04 | 0,94 | 0,67 | 0,89    | 1,00 | 0,06 |      |  |  |    |
|                                                                                                                                              | 3      | 4,43 0,68    | 1,00          | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,76 | 0,98 | 0,98 | 0,98    | 0,99 | 0,76 | 0,58 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,67 |      |  |  |    |
|                                                                                                                                              | 4      | 4,50 0,93    | 1,00          | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,97 | 0,48 | 0,89 | 0,89 | 0,89    | 0,94 | 0,48 | 0,30 | 1,00 | 0,98 | 1,00    | 1,00 | 0,39 |      |  |  |    |
|                                                                                                                                              | 5      | 4,43 0,78    | 1,00          | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,76 | 0,98 | 0,98 | 0,98    | 0,99 | 0,76 | 0,58 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,67 |      |  |  |    |
|                                                                                                                                              | 6      | 4,40 0,71    | 1,00          | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 0,83 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99    | 1,00 | 0,83 | 0,67 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,76 | 0,00 |  |  |    |
| Natural                                                                                                                                      | 0      | 4,13 1,02    | 0,67          | 1,00 | 0,58 | 1,00 | 0,97 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 0,00 |  |  |    |
|                                                                                                                                              | 1      | 3,95 1,06    | 0,12          | 0,94 | 0,09 | 0,76 | 0,48 | 0,76 | 0,83 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 0,89 | 1,00 |      |  |  |    |
|                                                                                                                                              | 2      | 4,07 0,92    | 0,48          | 1,00 | 0,39 | 0,98 | 0,89 | 0,98 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 |      |  |  |    |
|                                                                                                                                              | 3      | 4,07 1,02    | 0,48          | 1,00 | 0,39 | 0,98 | 0,89 | 0,98 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 |      |  |  |    |
|                                                                                                                                              | 4      | 4,07 0,92    | 0,48          | 1,00 | 0,39 | 0,98 | 0,89 | 0,98 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |         | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 |      |  |  |    |
|                                                                                                                                              | 5      | 4,07 0,86    | 0,48          | 1,00 | 0,39 | 0,98 | 0,89 | 0,98 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 |  |  |    |
| Salgado                                                                                                                                      | 6      | 4,10 0,74    | 0,58          | 1,00 | 0,48 | 0,99 | 0,94 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 0,00 |  |  |    |
|                                                                                                                                              | 0      | 3,95 1,06    | 0,12          | 0,94 | 0,09 | 0,76 | 0,48 | 0,76 | 0,83 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99    | 0,76 | 1,00 |      |  |  |    |
|                                                                                                                                              | 1      | 3,90 1,22    | 0,06          | 0,83 | 0,04 | 0,58 | 0,30 | 0,58 | 0,67 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 |      | 0,98 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,99 |      |  |  |    |
|                                                                                                                                              | 2      | 4,25 1,08    | 0,97          | 1,00 | 0,94 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00    | 1,00 | 1,00 |      |  |  |    |
|                                                                                                                                              | 3      | 4,15 0,86    | 0,76          | 1,00 | 0,67 | 1,00 | 0,98 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 |         | 1,00 | 1,00 |      |  |  |    |
|                                                                                                                                              | 4      | 4,22 0,80    | 0,94          | 1,00 | 0,89 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 0,89 | 0,76 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,83 |      |  |  |    |
| Co                                                                                                                                           | 5      | 4,38 1,15    | 1,00          | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,89 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,89 | 0,76 | 1,00 | 1,00 | 1,00    |      |      |      |  |  |    |
|                                                                                                                                              | 6      | 3,92 0,89    | 0,09          | 0,89 | 0,06 | 0,67 | 0,39 | 0,67 | 0,76 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 0,83    |      |      |      |  |  |    |
|                                                                                                                                              | 0      | 3,02 1,22    | 0,00          |      |      |      |      |      |      |      | 0,00 |      |      |      |         |      | 0,00 |      |      |      |         |      |      |      |  |  |    |
| IC-Intenção de compra; Co - Comercial; Teste de Tukey: Probabilidade das médias serem iguais a 0,05% (cor preta) e diferentes (cor vermelha) |        |              |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |         |      |      |      |  |  |    |



**ANEXO 6.4.** Comparação de médias das notas de sabor, baseado na metodologia de Tukey a  $p \leq 0,05$ , dos cereais extrusados doce, salgado e natural no período de zero (0) a 6 meses de estocagem e no cereal matinal comercial extrusado no tempo zero.

| SABOR   |       |       |        | Tempo (meses) |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|-------|-------|--------|---------------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| SAB     | Tempo | Média | +/- DP | Doce          |      |      |      |      |      | Natural |      |      |      |      |      | Salgado |      |      |      |      |      |      |      | Co   |      |
|         |       |       |        | 0             | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6       | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5       | 6    | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |      | 6    |
| Doce    | 0     | 7,88  | 1,32   |               | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 0,87 | 0,61    | 1,00 | 0,53 | 0,68 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,97 | 1,00 | 0,00 |
|         | 1     | 7,78  | 1,25   | 1,00          |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,98 | 0,87    | 1,00 | 0,82 | 0,92 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |
|         | 2     | 8,13  | 0,91   | 1,00          | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 0,82 | 0,53 | 0,53 | 0,98 | 0,19 | 0,06    | 0,92 | 0,04 | 0,08 | 0,68 | 0,82 | 0,95 | 0,37 | 1,00 |      |
|         | 3     | 8,05  | 0,99   | 1,00          | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 0,95 | 0,76 | 0,76 | 1,00 | 0,37 | 0,15    | 0,98 | 0,11 | 0,19 | 0,87 | 0,95 | 0,99 | 0,61 | 1,00 |      |
|         | 4     | 7,88  | 0,88   | 1,00          | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 0,87 | 0,61    | 1,00 | 0,53 | 0,68 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,97 | 1,00 |      |
|         | 5     | 8,05  | 0,93   | 1,00          | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |         | 1,00 | 0,95 | 0,76 | 0,76 | 1,00 | 0,37    | 0,15 | 0,98 | 0,11 | 0,19 | 0,87 | 0,95 | 0,99 | 0,61 | 1,00 |
| Natural | 6     | 8,00  | 0,85   | 1,00          | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |         | 0,98 | 0,87 | 0,87 | 1,00 | 0,53 | 0,24    | 1,00 | 0,19 | 0,31 | 0,95 | 0,98 | 1,00 | 0,76 | 1,00 | 0,00 |
|         | 0     | 7,57  | 1,20   | 1,00          | 1,00 | 0,82 | 0,95 | 1,00 | 0,95 | 0,98    |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |
|         | 1     | 7,47  | 1,13   | 0,99          | 1,00 | 0,53 | 0,76 | 0,99 | 0,76 | 0,87    | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,98 |      |
|         | 2     | 7,47  | 1,15   | 0,99          | 1,00 | 0,53 | 0,76 | 0,99 | 0,76 | 0,87    | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,95 | 0,98 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |
|         | 3     | 7,70  | 1,26   | 1,00          | 1,00 | 0,98 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 0,97    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,98 |      |
|         | 4     | 7,35  | 1,10   | 0,87          | 0,98 | 0,19 | 0,37 | 0,87 | 0,37 | 0,53    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |         | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,82 |      |
| Salgado | 5     | 7,25  | 1,08   | 0,61          | 0,87 | 0,06 | 0,15 | 0,61 | 0,15 | 0,24    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,53 |      |
|         | 6     | 7,63  | 0,87   | 1,00          | 1,00 | 0,92 | 0,98 | 1,00 | 0,98 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    |      | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |
|         | 0     | 7,22  | 1,66   | 0,53          | 0,82 | 0,04 | 0,11 | 0,53 | 0,11 | 0,19    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,95 | 1,00 | 1,00    | 0,99 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,98 | 1,00 | 0,45 |      |
|         | 1     | 7,28  | 1,38   | 0,68          | 0,92 | 0,08 | 0,19 | 0,68 | 0,19 | 0,31    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,98 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,61 |      |
|         | 2     | 7,53  | 1,20   | 1,00          | 1,00 | 0,68 | 0,87 | 1,00 | 0,87 | 0,95    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |
|         | 3     | 7,57  | 0,93   | 1,00          | 1,00 | 0,82 | 0,95 | 1,00 | 0,95 | 0,98    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,98 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |
| Co      | 4     | 7,65  | 0,92   | 1,00          | 1,00 | 0,95 | 0,99 | 1,00 | 0,99 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99    | 1,00 | 0,98 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |
|         | 5     | 7,43  | 1,26   | 0,97          | 1,00 | 0,37 | 0,61 | 0,97 | 0,61 | 0,76    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      | 0,95 |      |      |
|         | 6     | 7,90  | 0,74   | 1,00          | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,98 | 0,98 | 1,00 | 0,82 | 0,53    | 1,00 | 0,45 | 0,61 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,95 |      |      |
|         | 0     | 5,75  | 2,04   | 0,00          |      |      |      |      |      |         | 0,00 |      |      |      |      |         |      | 0,00 |      |      |      |      |      |      |      |
|         |       |       |        |               |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|         |       |       |        |               |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

SAB- Sabor; Co- Comercial; Teste de Tukey: Probabilidade das médias serem iguais a 0,05% (cor preta) e diferentes (cor vermelha)



| CR   | Tempo | Media | +/- DP | Doce |      |      |      |      |      | Natural |      |      |      |      |      | Salgado |      |      |      |      |      | Co   |      |      |      |     |
|------|-------|-------|--------|------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
|      |       |       |        | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6       | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5       | 6    | 0    | 1    | 2    | 3    |      | 4    | 5    | 6    |     |
| Doce |       |       |        | 0    |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,98 | 0,72 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 0,99 | 0,18 | 0,96 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,08 | 0,0 |
|      |       |       |        | 1    | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,65 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,42 |     |
|      |       |       |        | 2    | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,89 | 0,49 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 0,93 | 0,08 | 0,85 | 0,98 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,03 |     |
|      |       |       |        | 3    | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,93 | 0,57 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 0,96 | 0,10 | 0,89 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,04 |     |
|      |       |       |        | 4    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 0,89 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,35 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,18 |     |
|      |       |       |        | 5    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |         | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,72 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,49 |     |
|      |       |       |        | 6    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,93 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,79 |     |
|      |       |       |        | 0    | 0,98 | 1,00 | 0,89 | 0,93 | 1,00 | 1,00    | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,0 |
|      |       |       |        | 1    | 0,72 | 0,99 | 0,49 | 0,57 | 0,89 | 0,99    | 1,00 | 1,00 |      | 0,99 | 0,96 | 0,99    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 0,89 | 0,99 | 1,00 |     |
|      |       |       |        | 2    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 0,99 |      | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,72 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,49 |     |
|      |       |       |        | 3    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,96 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00    | 1,00 | 0,49 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,28 |     |
|      |       |       |        | 4    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    |      | 1,00 | 0,65 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,42 |     |
|      |       |       |        | 5    | 0,99 | 1,00 | 0,93 | 0,96 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,98 |     |
|      |       |       |        | 6    | 0,18 | 0,65 | 0,08 | 0,10 | 0,35 | 0,72    | 0,93 | 1,00 | 1,00 | 0,72 | 0,49 | 0,65    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,65 | 0,89 | 0,35 | 0,65 | 1,00 |     |
|      |       |       |        | 0    | 0,96 | 1,00 | 0,85 | 0,89 | 0,99 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 0,99 | 0,0 |
|      |       |       |        | 1    | 1,00 | 1,00 | 0,98 | 0,99 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,99 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,93 |     |
|      |       |       |        | 2    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,65 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,42 |     |
|      |       |       |        | 3    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,89 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 1,00 | 0,72 |     |
|      |       |       |        | 4    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 0,89 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,35 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      | 1,00 | 0,18 |     |
|      |       |       |        | 5    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00    | 1,00 | 0,65 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,42 |     |
|      |       |       |        | 6    | 0,08 | 0,42 | 0,03 | 0,04 | 0,18 | 0,49    | 0,79 | 0,99 | 1,00 | 0,49 | 0,28 | 0,42    | 0,98 | 1,00 | 0,99 | 0,93 | 0,42 | 0,72 | 0,18 | 0,42 |      |     |
| Co   | 0     | 6,62  | 2,09   | 0,00 |      |      |      |      |      |         |      | 0,00 |      |      |      |         |      | 0,00 |      |      |      |      |      |      |      |     |

CR- Crocância; Co - Comercial; Teste de Tukey: Probabilidade das médias serem iguais a 0,05% (cor preta) e diferentes (cor vermelha)