

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**TESE**

**EXPLORAÇÃO DE CO-PRODUTOS DO MARACUJÁ: ELABORAÇÃO DE  
FARINHA INSTANTÂNEA MISTA DE ARROZ/MARACUJÁ POR  
EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA E SEU USO EM BEBIDAS**

**PRISCILA LEAL DA S. ALVES**

**2015**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E**  
**TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**EXPLORAÇÃO DE COPRODUTOS DO MARACUJÁ: ELABORAÇÃO DE**  
**FARINHA INSTANTÂNEA MISTA DE ARROZ/MARACUJÁ POR**  
**EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA E SEU USO EM BEBIDAS**

**PRISCILA LEAL DA SILVA ALVES**

*Sob a orientação do Professor Doutor*

**José Luis Ramírez Ascheri**

Tese submetida como requisito parcial para o grau de Doutor em Tecnologia, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração Tecnologia de Alimentos.

Seropédica, RJ  
Outubro de 2015

664.804425

A474e

T

Alves, Priscila Leal da Silva, 1981-

Exploração de co-produtos do maracujá: elaboração de farinha instantânea mista de arroz/maracujá por extrusão termoplástica e seu uso em bebidas / Priscila Leal da Silva Alves. - 2015.

113 f.: il.

Orientador: José Luis Ramírez Ascheri.

Tese (doutorado)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Bibliografia: f. 83-106.

1. Maracujá - Processamento - Teses. 2. Maracujá - Teses. 3. Farinhas - Teses. 4. Farinha como alimento - Teses. 5. Bebidas não alcoólicas - Teses. I. Ramírez Ascheri, José Luis, 1955- II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

PRISCILA LEAL DA SILVA ALVES

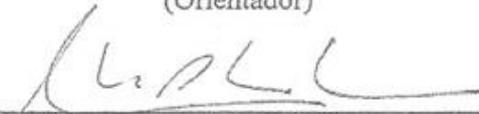
Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Área de Concentração em Tecnologia de Alimentos.

TESE APROVADA EM: 20 / 10 / 2015



---

Dr. José Luis Ramirez Ascheri  
Embrapa Agroindústria de Alimentos  
(Orientador)



---

Dr. Carlos Wanderlei Piler de Carvalho  
Embrapa Agroindústria de Alimentos



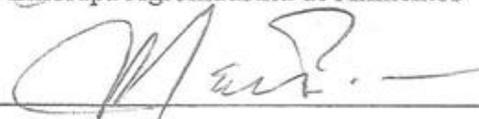
---

Prof. Dra. Katia Cilene Tabai  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ



---

Dr. Felix Emilio Cornejo.  
Embrapa Agroindústria de Alimentos



---

Dr. José de Jesus Berrios  
Agricultural Research Service -USDA, EUA.

## **DEDICATÓRIA**

Muitos entraves me surpreenderam no decorrer da caminhada até aqui e a conclusão exitosa deste trabalho só foi possível devido ao suporte que me foi concedido. Então, com apreço, dedico:

Aos que me apoiam, amam, zelam e incentivam, independente das circunstâncias, que sonham os meus sonhos e que compreenderam os meus momentos de introspecção e estresse.

Ao meu filho Lorenzo por me fazer lutar por essa conquista para que possa dar um futuro melhor para ele.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar a Deus, que apesar de todas as dificuldades enfrentadas, me proporcionou esta realização profissional;

A minha mãe e ao pai pelo incentivo, amor e apoio em um dos momentos mais difíceis da minha vida.

Ao meu orientador Dr. José Luis Ramirez Ascheri, pela oportunidade do projeto e por toda atenção, paciência, dedicação e compreensão.

A Capes, pois ficaria inviável desenvolver este trabalho sem o apoio financeiro.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em especial a Dr. Maria Ivone Barbosa do PPGCTA, pela grande oportunidade e pela compreensão, me proporcionando concluir este projeto.

À Embrapa Agroindústria de Alimentos pelo espaço cedido na realização experimental e analítica do trabalho de tese.

Ao Pesquisador, Dr. Jose De J. Berrios (Healthy Processed Foods Research- USDA-ARS), pelo seu apoio, orientação durante o tempo desempenhado como estagiária de pós-graduação nos Estados Unidos, e pela oportunidade de utilizar as instalações.

Ao Ph.D. Carlos Wanderlei Piler de Carvalho pelo estímulo e solicitude sempre que necessário.

Ao United State Department of Agriculture, em especial ao técnico James Pan, por todo ensinamento e paciência.

Ao professor Dr. Armando Sabaa pela doação das farinhas de maracujá.

Aos amigos do Laboratório de Extrusão da Embrapa: Adriana, Mariana, Chiquinho, Cristina, Juan, Valéria, Elizabeth, Arturo, Jhonny e David.

Ao meu marido Jean-Paul Buongiorno, pelo incentivo, carinho e paciência neste momento tão delicado que passei.

Aos amigos feitos nos Estados Unidos Jarine, Nathan, Gustavo, Kim e Claire.

E a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

## RESUMO

ALVES, Priscila Leal da Silva. **Exploração de co-produtos do maracujá: elaboração de farinha instantânea mista de arroz/maracujá por extrusão termoplástica e seu uso em bebidas.** 2015. 112 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2015.

O maracujá quando processado para obtenção do suco, as sementes e a polpa que as separam do mesocarpo são removidas, ficando então a casca e a parte interna de cor branca (mesocarpo), a qual é conhecida por ser rica em pectina (hemicelulose), fibra do tipo solúvel (um pouco mais de 50% em hemicelulose). Dos produtos encontrados de maracujá resultante do processamento de frutas na agroindústria de sucos, encontra-se no mercado a farinha de maracujá, a qual é rica em pectina, comercializados como produtos ricos em fibra. As cascas das frutas são constituídas basicamente por carboidratos, proteínas e pectinas, o que possibilita o aproveitamento das mesmas para a fabricação de doces, podendo se tornar uma alternativa viável para resolver o problema da eliminação dos resíduos além de aumentar seu valor comercial. O objetivo deste trabalho foi utilizar casca e albedo de maracuja para o desenvolvimento de uma farinha mista pré-cozida de farinha de arroz e maracuja utilizando a tecnologia de extrusão e posteriormente usá-la como ingredientes para a produção de uma bebida, sem glúten com e alto teor de fibra. Foi utilizado o delineamento experimental do tipo composto central rotacional por três fatores e verificado o efeito desses três níveis de temperatura na zona de extrusão último (140, 160 e 180 ° C); umidade farinhas (16, 17, 18%), e percentagem de farinha maracujá / arroz (5:95, 10:90 e 15: 85%). Foram realizadas análises físico-químicas, microbiológicas, reológicas e sensorial nas farinhas extrudadas e nas bebidas elaboradas. Em geral, os resultados obtidos no presente estudo demonstram que a casca do maracujá, coproduto da indústria de sucos e polpas, poderia ser utilizada como fonte de fibras. Sua incorporação na formulação de alimentos deve atentar as suas características físicas, químicas e sensoriais, para garantir seu melhor aproveitamento e aceitação entre os consumidores. Os resultados mostraram que do ponto de vista da composição as farinhas possuem considerável valor nutricional, tanto para o teor de proteínas como para o perfil

de minerais. Os resultados das análises microbiológicas mostraram que todas as misturas (F1, F6, F10 e F19) encontravam-se dentro dos padrões microbiológicos preconizados pela RDC nº 12 para esta categoria de produtos, estando aptas ao consumo humano até os 45 dias de fabricação em temperatura ambiente. Assim, estas farinhas processadas por extrusão constituem-se em uma excelente alternativa de inclusão de ingredientes funcionais na dieta, podendo ser utilizada inclusive na elaboração da bebidas, mostrando que houve aceitabilidade e preferência das mesmas utilizando estabilizantes com pectina e carboximetilcelulose.

**Palavras-chave:** farinha extrudada, maracujá, arroz, bebidas

## ABSTRACT

ALVES, Priscila Leal da Silva. **Exploration of passion fruit by-products: development of mixed instant rice flour/passion by thermoplastic extrusion and its use in beverages.** 2015. 112 p. Thesis (Doctorate in Food Science in Technology). Institute of Technology (TI), Department Food Technology, Rural Federal University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2015.

Passion fruit when processed to obtain the juice, the seeds and the pulp that separate the pith are removed, then getting the shell and the inside white (mesocarp), which is known to be rich in pectin (hemicellulose) Soluble fiber type (a bit more than 50% hemicellulose). Products found passion resulting from the processing of fruit juices in agribusiness, is on the market in passion fruit flour, which is rich in pectin, marketed as products rich in fiber. The peels of fruits consist primarily of carbohydrates, proteins and pectins, which allows the use thereof for the manufacture of sweets, can become a viable alternative to solve the waste disposal problem in addition to increasing their commercial value. The objective of this study was to use passion fruit peel and albedo for the development of a mixed flour precooked rice flour and passion fruit using extrusion technology and then use it as ingredients for producing a beverage, with and without gluten high fiber content. The experimental design was of the type central composite by three factors and verified the effect of these three temperature levels in the last extrusion zone (140, 160 and 180 ° C); Moisture flour (16, 17, 18%) and percentage of passion fruit flour/rice (5:95, 10:90 and 15: 85%). They were carried out physico-chemical analysis, microbiologicas, rheological and sensory in extruded flours and in the elaborate drinks. In general, the results obtained in this study show that passion fruit peel, by-product the juice and pulp industry, could be used as a source of fiber. Its incorporation in food formulation must address their physical, chemical and sensory, to ensure its best use and acceptance among consumers. The results showed that the composition of view flours have significant nutritional value, for both the protein content and to the profile of minerals. The results of microbiological analysis showed that all blends (F1, F6, F10 and F19) were within the microbiological standards recommended by the RDC 12 for this category of products and are fit for human consumption until 45 days of manufacture in temperature environment. Thus, these flours are processed by extruding into an excellent alternative

to inclusion of functional ingredients in the diet, may even be used in the preparation of drinks, showing that there acceptability and preference using the same stabilizers pectin and carboxymethylcellulose.

**Key words:** extruded flour, passion fruit, rice, drinks

## LISTA DE TABELAS

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Tabela 1</b>  | Níveis dos fatores temperatura (T), umidade (U), formulação (F) e os correspondentes níveis codificados (X)   | 31 |
| <b>Tabela 2</b>  | Delineamento experimental com variáveis codificadas e decodificadas   | 32 |
| <b>Tabela 3</b>  | Caracterização química da farinha mista extrudada de arroz e maracujá   | 45 |
| <b>Tabela 4</b>  | Teores médios (mg/Kg) de minerais da farinha de maracujá, farinha de arroz e farinhas mistas extrudadas   | 46 |
| <b>Tabela 5</b>  | Resultados de digestibilidade protéica das farinhas mistas extrudadas de arroz e maracujá Resultados de digestibilidade protéica das farinhas mistas extrudadas de arroz e maracujá | 47 |
| <b>Tabela 6</b>  | Avaliação da atividade antioxidante e do teor de compostos fenólicos totais da farinha obtida da casca do maracujá <i>Passiflora edulis</i> e nas farinhas extrudadas               | 48 |
| <b>Tabela 7</b>  | Valores médios de <i>Salmonella</i> sp, Coliformes totais e termotolerantes, Fungos filamentosos e leveduras da farinha de cascas e albedo de maracujá e arroz                      | 48 |
| <b>Tabela 8</b>  | Índice de expansão radial e volumétrica dos extrudados expandidos das misturas de arroz e farinha de casca de maracujá  | 50 |
| <b>Tabela 9</b>  | Análise de variância simplificada para índice de expansão radial das farinhas mistas extrudadas de arroz e farinha da casca do maracujá.  | 50 |
| <b>Tabela 10</b> | Resultados de cor das farinhas mistas extrudadas de arroz e maracujá  | 55 |
| <b>Tabela 11</b> | Índice de solubiliadde em água das farinhas mistas extrudadas de arroz e maracujá   | 57 |
| <b>Tabela 12</b> | Análise de variância simplificada para índice de solubilidade em água das farinhas mistas extrudadas de arroz e farinha da casca do maracujá.                                       | 58 |
| <b>Tabela 13</b> | Índice de solubiliadde em água das farinhas mistas extrudadas de arroz e maracujá   | 62 |

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>Tabela 14</b> | Análise de variância simplificada para índice de absorção de água das farinhas mistas extrudadas de arroz e farinha da casca do maracujá.  | 62 |
| <b>Tabela 15</b> | Viscosidade de pasta dos extrudadas feitos com farinha mista de arroz e maracujá   | 66 |
| <b>Tabela 16</b> | Parâmetros de ajuste do modelo de Ostwald de Waele para a bebida mista de farinhas de arroz e maracujá adicionada de pectina: k (índice de consistência) n (índice do comportamento do fluido) e $R^2$ (coeficiente de determinação) | 74 |
| <b>Tabela 17</b> | Parâmetros de ajuste do modelo de Herschel-Bulkley para a bebida mista de farinhas de arroz e maracujá adicionada de pectina: k (índice de consistência) n (índice do comportamento do fluido) e $R^2$ (coeficiente de determinação) | 74 |
| <b>Tabela 18</b> | Valores da distribuição do tamanho de partícula da formulação (referência) em função do tempo de homogeneização  | 76 |
| <b>Tabela 19</b> | Médias e erro padrão da aceitação* do consumidor para as bebidas estudadas utilizando pectina (P) e Caboximetilcelulose (CMC)  | 78 |

## LISTA DE FIGURAS

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Figura 1</b>  | Imagem do maracujá  | 16 |
| <b>Figura 2</b>  | Extrusor monorosca marca Brabender, modelo 20 DN (Duisburg, Alemanha) utilizado para a produção dos extrudados expandidos de arroz e farinha da casca do maracujá | 34 |
| <b>Figura 3</b>  | Extrudados expandidos de arroz e farinha da casca do maracujá coletados durante o processo de extrusão termoplástica  | 35 |
| <b>Figura 4</b>  | Fluxograma de processamento da bebida mista extrudada de farinha de arroz e maracujá  | 37 |
| <b>Figura 5</b>  | Parâmetros que foram avaliados na curva viscoamilografica   | 42 |
| <b>Figura 6</b>  | Modelo de ficha utilizada para Análise Sensorial  | 44 |
| <b>Figura 7</b>  | Gráfico de Pareto para índice de expansão radial de extrudados de arroz e farinha da casca do maracujá.   | 51 |
| <b>Figura 8</b>  | Superfície de resposta em função do índice de expansão radial e diferentes níveis de formulação e umidade   | 52 |
| <b>Figura 9</b>  | Variação do índice de expansão radial dos diferentes tratamentos estudados.   | 52 |
| <b>Figura 10</b> | Gráfico de Pareto para índice de expansão volumetrica de extrudados de arroz e farinha da casca do maracujá.  | 54 |
| <b>Figura 11</b> | Gráfico de Pareto para índice de solubilidade em água de extrudados de arroz e farinha da casca do maracujá.  | 58 |
| <b>Figura 12</b> | Superfície de resposta em função do índice de solubilidade em água e diferentes níveis de temperatura e umidade   | 59 |
| <b>Figura 13</b> | Superfície de resposta em função do índice de solubilidade em água e diferentes níveis de formulação e temperatura  | 60 |
| <b>Figura 14</b> | Superfície de resposta em função do índice de solubilidade em água e diferentes níveis de formulação e umidade  | 60 |
| <b>Figura 15</b> | Gráfico de Pareto para índice de absorção de água de extrudados de arroz e farinha da casca do maracujá.  | 63 |
| <b>Figura 16</b> | Superfície de resposta em função do índice de absorção em água e diferentes níveis de formulação e umidade  | 64 |

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>Figura 17</b> | Superfície de resposta em função do índice de absorção em água e diferentes níveis de formulação e umidade   | 64 |
| <b>Figura 18</b> | Superfície de resposta em função do índice de absorção em água e diferentes níveis de formulação e umidade   | 65 |
| <b>Figura 19</b> | Perfil de viscosidade de pasta das amostras selecionadas entre os tratamentos mais adequados na elaboração da bebida   | 67 |
| <b>Figura 20</b> | Micrografias obtida por MEV de arroz branco polido, aumento de 100x (A) e 1,0 k (B).   | 72 |
| <b>Figura 21</b> | Micrografias obtida por MEV de farinha extrudada selecionada tratamento 1, aumento de 100x (A) e 500x (B).   | 72 |
| <b>Figura 22</b> | Micrografias obtida por MEV de farinha extrudada selecionada tratamento 6, aumento de 100x (A) e 500x (B).   | 73 |
| <b>Figura 23</b> | Micrografias obtida por MEV de farinha extrudada selecionada tratamento 10, aumento de 100x (A) e 600x (B).  | 73 |
| <b>Figura 24</b> | Micrografias obtida por MEV de farinha extrudada selecionada tratamento 19, aumento de 100x (A) e 600x (B).  | 73 |
| <b>Figura 25</b> | Distribuição de frequência de tamanhos de partículas na formulação (referência) sem homogeneização, e após um, três, seis e nove minutos de homogeneização, a 5000 rpm como uma função do diâmetro | 77 |
| <b>Figura 26</b> | Amostras de bebidas de farinha mista de arroz e maracuja utilizadas para realização da análise sensorial   | 78 |
| <b>Figura 27</b> | Histograma de distribuição da porcentagem das notas atribuídas às bebidas mistas extrudadas de farinha de arroz e maracujá utilizando pectina (P) e carboximetilcelulose (CMC)                     | 80 |

## LISTAS DE QUADROS

|                 |  |    |
|-----------------|--|----|
| <b>Quadro 1</b> | Teores de fibra alimentar da casca do maracujá amarelo   | 08 |
| <b>Quadro 2</b> | Teores de cianogênicos na casca do maracujá (in natura)  | 12 |
| <b>Quadro 3</b> | Composição química e valores de subprodutos do beneficiamento do arroz   | 28 |
| <b>Quadro 4</b> | Corte radial dos expandidos de arroz e farinha da casca do maracujá processados em diferentes condições de umidade (U) e temperatura | 56 |

## SUMÁRIO

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b>   | <b>1</b> |
| 1.1      | Objetivo Geral  | 4        |
| 1.2      | Objetivos Específicos   | 4        |
| <b>2</b> | <b>REVISÃO DE LITERATURA</b>  | <b>5</b> |
| 2.1      | Maracujá  | 5        |
| 2.1.1    | Propriedades da casca do maracujá   | 6        |
| 2.1.2    | Fibra alimentar   | 7        |
| 2.1.3    | Secagem   | 9        |
| 2.1.4    | Coprodutos do processamento do maracujá   | 10       |
| 2.1.5    | Produtos elaborados com a casca do maracujá   | 10       |
| 2.1.6    | Toxicidade da casca do maracujá   | 12       |
| 2.1.7    | Utilização da extrusão termoplástica para melhorar a qualidade da casca do maracujá | 14       |
| 2.2      | Pectina (uso, produção e poder de obtenção)   | 15       |
| 2.2.1    | Obtenção da pectina   | 16       |
| 2.2.2    | Poder de geleificação da pectina  | 17       |
| 2.2.3    | Pectina de resíduos do processamento do maracujá-amarelo                            | 18       |
| 2.2.4    | Emprego da pectina na indústria de alimentos  | 19       |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 2.3      | Estabilizantes                                     | 19        |
| 2.3.1    | Funções dos estabilizantes                         | 20        |
| 2.3.2    | Tipos de estabilizantes                            | 20        |
| 2.3.2.1  | Goma Xantana                                       | 20        |
| 2.3.2.2  | Goma Guar  | 22        |
| 2.3.2.3  | Carboximetil celulose sódica (CMC)                 | 22        |
| 2.3.3    | Os estabilizantes e a legislação                   | 23        |
| 2.3.4    | Uso dos estabilizantes em alimentos                | 23        |
| 2.4      | Propriedades reológicas                            | 23        |
| 2.5      | Extrusão termoplástica                             | 24        |
| 2.6      | Arroz  | 26        |
| 2.7      | Análise Sensorial                                  | 28        |
| <b>3</b> | <b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>                         | <b>30</b> |
| 3.1      | Obtenção da matéria-prima                          | 30        |
| 3.1.1    | Arroz  | 30        |
| 3.1.2    | Maracujá   | 30        |
| 3.2      | Delineamento experimental                          | 30        |
| 3.3      | Análise estatística                                | 32        |
| 3.4      | Condicionamento da matéria-prima                   | 33        |
| 3.5      | Processo de extrusão termoplástica                 | 33        |
| 3.5.1    | Condições do processamento                         | 33        |
| 3.5.2    | Extrusão termoplástica                             | 34        |
| 3.5.3    | Obtenção da farinha de arroz instantânea           | 35        |
| 3.5.4    | Produção da farinha da casca de albedo do maracujá | 36        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 3.6      | Elaboração da bebida a base de farinha extrudada de arroz e maracujá com adição dos estabilizantes pectina e CMC | 36        |
| 3.7      | Caracterização química das Matérias-Primas e das farinhas extrudadas selecionadas                                | 37        |
| 3.7.1    | Composição centesimal  | 37        |
| 3.7.2    | Composição de minerais   | 38        |
| 3.7.3    | IVPD   | 38        |
| 3.7.4    | Análise da capacidade antioxidante e análise de totais fenólicos solúveis  | 38        |
| 3.8      | Caracterização microbiológica das Matérias-Primas e das farinhas extrudadas                                      | 39        |
| 3.8.1    | vida útil  | 39        |
|          |  | 39        |
| 3.9      | Caracterização física das Matérias-Primas e das farinhas extrudadas selecionadas                                 | 39        |
| 3.9.1    | Índice de expansão radial (IER)  | 39        |
| 3.9.2    | Análise de cor Instrumental  | 40        |
| 3.9.3    | Caracterização visual dos extrudados expandidos  | 40        |
| 3.10     | Caracterização tecnológica e funcional dos extrudados  | 40        |
| 3.10.1   | Índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA)  | 40        |
| 3.10.2   | Viscosidade de pasta das Matérias-Primas e dos extrudados  | 41        |
| 3.11     | Caracterização das propriedades de microestrutura  | 42        |
| 3.11.1   | Microscopia eletrônica de varredura (MEV)  | 42        |
| 3.12     | Caracterização reológica, tamanho de partícula e análise sensorial das bebidas selecionadas                      | 42        |
| 3.12.1   | Análise reológica  | 42        |
| 3.12.2   | Análise do tamanho de partícula  | 43        |
| 3.12.3   | Avaliação Sensorial  | 43        |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>   | <b>45</b> |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 4.1      | Caracterização química das Matérias-Primas e das farinhas extrudadas selecionadas           | 45        |
| 4.1.1    | Composição centesimal   | 45        |
| 4.1.2    | Composição de minerais  | 46        |
| 4.1.3    | IVPD  | 46        |
| 4.1.4    | Análise de capacidade antioxidante e análise de total fenólicos                             | 47        |
| 4.2      | Caracterização microbiológica das Matérias-Primas e das farinhas extrudadas e vida útil     | 48        |
| 4.3      | Caracterização física das Matérias-Primas e das farinhas extrudadas                         | 49        |
| 4.3.1    | Índice de expansão radial (IER)   | 49        |
| 4.3.2    | Análise de cor Instrumental   | 54        |
| 4.3.3    | Caracterização visual dos expandidos expandidos   | 55        |
| 4.4      | Caracterização tecnológica e funcional dos extrudados                                       | 56        |
| 4.4.1    | Índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA)                     | 61        |
| 4.4.2    | Viscosidade de pasta dos extrudados selecionados  | 65        |
| 4.5      | Caracterização das propriedades de microestrutura   | 72        |
| 4.5.1    | Microscopia eletrônica de varredura (MEV)   | 72        |
| 4.6      | Caracterização reológica, tamanho de partícula e análise sensorial das bebidas selecionadas | 74        |
| 4.6.1    | Análise reológica   | 74        |
| 4.6.2    | Análise do tamanho de partícula   | 75        |
| 4.6.3    | Avaliação sensorial   | 78        |
| <b>5</b> | <b>CONCLUSÕES</b>   | <b>81</b> |
| <b>6</b> | <b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b>   | <b>82</b> |
| <b>7</b> | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>   | <b>83</b> |

|   |     |
|---|-----|
| <b>ANEXOS</b>   | 106 |
| ANEXO 1. Parecer do Comitê de Ética na Pesquisa da UFRRJ/ COMEP | 107 |
| ANEXO 2. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido             | 108 |
| ANEXO 3. Ficha de avaliação da aceitabilidade                   | 110 |
| ANEXO 4. Ficha técnica de controle de provedores                | 111 |
| ANEXO 5. Ficha técnica de avaliação de provedores               | 112 |

## 1. INTRODUÇÃO

Na indústria alimentícia durante o processamento de frutos comestíveis para fabricação de sucos naturais, sucos concentrados, polpas e extratos, na maioria das vezes é feito o descarte das cascas e sementes. Esses resíduos podem ser utilizados de maneira a causar um menor impacto ambiental e de forma útil ao homem.

As cascas de maracujá são totalmente desperdiçadas ou usadas para a produção de ração animal ou adubo (RAMOS, 2004). No entanto, estes subprodutos do maracujá deveriam e poderiam ser usados na fabricação de novos alimentos de baixo custo de valor agregado e ingredientes alimentares adequados para ser parte do crescente e lucrativo mercado de alimentos funcionais com base em alta proteína, alto teor de fibras e o gluten-free dos alimentos.

A doença celíaca (DC) é uma enteropatia auto-imune desencadeada pela ingestão de glúten contido nos grãos (trigo, cevada, centeio e possivelmente aveia) em indivíduos geneticamente susceptíveis (Catassi e Fasano . 2008). O consumo de glúten por pessoas com esse tipo de enteropatia pode provocar danos da mucosa intestinal e a sua funcionalidade se torna gravemente comprometida (Fasano e Catassi 2001). Ao contrário do que se acreditava anteriormente, a doença celíaca pode se apresentar em qualquer idade e com uma variedade de apresentações clínicas que inclui a síndrome de má absorção (diarréia crônica, perda de peso, distensão abdominal), a apresentação atípica, em que os sintomas intestinais extras são predominantes, e a forma assintomática ou silenciosos, que é caracterizada pela presença de alterações histológicas mas a aparente ausência de sintomas (Catassi e Fasano. 2008).

Maracujá é o nome popular dado a várias espécies do gênero *Passiflora* e vem de maraú-ya, que para os indígenas significa "fruto de sorver" ou "polpa que se toma de sorvo" (ZEIRAK et al., 2010). O maracujá é uma fruta típica da América Tropical, cuja polpa é muito utilizada na fabricação de suco concentrado. O Brasil é um dos grandes produtores e exportadores do suco da fruta, sendo a polpa do maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) a mais utilizada, devido as suas características sensoriais e qualidade dos frutos (FERREIRA; PENA, 2010).

No Brasil, o consumo de sucos de frutas, frescos ou industrializados, é um hábito consolidado, sendo que o suco de maracujá representa cerca de 25% do total de sucos de frutas integrais industrializados (PINHEIRO et al., 2006).

A casca de maracujá é rica em fibras solúveis, principalmente pectina, que é benéfica ao ser humano (GUERTZENSTEIN, 1998; YAPO; KOFFI, 2006). Ao contrário da fibra insolúvel (contida no farelo dos cereais), que pode interferir na absorção do ferro, a fibra solúvel pode auxiliar na prevenção de doenças cardiovasculares e gastrointestinais, câncer de colón, hiperlipidemias, diabetes e obesidade, entre outras (SCHWEIZE; WURSCH, 1991; TURANO et al., 2002).

De acordo com Oliveira et al. (2002) os subprodutos (cascas e sementes) produzidos no processamento do suco do maracujá correspondem a cerca de 70% do peso do fruto, representando um problema de resíduo agroindustrial. A utilização destes subprodutos na alimentação humana ou animal como fonte alimentar de bom valor nutricional mostra-se viável, reduzindo custos e, ao mesmo tempo, diminuindo os problemas de eliminação dos subprodutos do processamento. Como alternativa na minimização de resíduos, a casca do maracujá pode passar por um processo de secagem e ser utilizada para extração e obtenção de componentes de interesse e poderia até ser reaproveitada pelos próprios produtores rurais.

López-Vargas et al. (2013) estudaram várias características dos coprodutos de maracujá. Ferrari, Colussi e Ayub (2004) realizaram um trabalho de caracterização de

sementes da fruta. Kulharni e Vijayanand (2010) e Canteri (2010) estudaram as características da pectina extraída da casca do maracujá. Oliveira et al. (2006) estudaram o comportamento higroscópico da sua casca. Vieira et al. (2010), propuseram a adição de farinha de casca de maracujá amarelo em bolos. No entanto, há poucos registros em literatura sobre a influência das condições de secagem sobre as características da casca do maracujá.

A importância da pectina em alimentos é geralmente atribuída à formação de géis, sendo amplamente usada na produção de gomas, geléias, produtos lácteos, entre outros (THAKUR; SINGH; HANDA, 1997). No entanto, nos últimos anos, a pectina vem sendo empregada também como fibra dietética solúvel por apresentar efeitos fisiológicos benéficos ao organismo humano, tais como redução dos níveis de colesterol, lipoproteínas, ácidos biliares e glicose (FIETZ; SALGADO, 1999; PIEDADE; CANNIATTI-BRAZACA, 2003)

A busca crescente dos consumidores por alimentos saudáveis, tem incentivado o desenvolvimento de alimentos com melhores características nutricionais, uma vez que a restrição de proteínas de boa qualidade, calorias e minerais pode resultar em deficiência nutricional. Alguns estudos vêm demonstrando os benefícios da combinação de arroz e de soja, em determinadas proporções, em virtude da complementação mútua de aminoácidos (Hagenimana et al., 2006).

Considerando que bebidas não alcoólicas vêm ganhando espaço cada vez maior no mercado por tratar-se de produtos prontos para o consumo, o desenvolvimento de bebida à base de arroz e maracujá pode oferecer vantagens relacionadas às características nutricionais inerentes as matérias-primas de origem e ao custo relativamente baixo.

As bebidas podem agora ser classificadas na categoria de produtos de saúde, que contém ingredientes específicos, como proteínas, vitaminas, minerais, fibras e propriedades funcionais. Mas, embora os consumidores estejam exigindo alimentos e bebidas saudáveis, sem glúten, eles ainda querem produtos com agradável textura, sabor aroma, criando novos desafios para a pesquisa e desenvolvimento de bebidas funcionais.

O arroz é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, caracterizando-se como principal alimento para mais da metade da população mundial. A produção anual de arroz é de aproximadamente 606 milhões de toneladas (FAO, 2014). Neste cenário, a previsão para 2015 é de que o Brasil participe com cerca de 12.247.600 t, o que corresponde a aproximadamente 2% da produção mundial, estando o país entre os dez maiores produtores não-asiáticos.

O consumo no Brasil, em geral, é na forma de grãos inteiros, descascados e polidos. Porém, aproximadamente 20% da produção total/ano de arroz é perdida como subproduto no beneficiamento, sendo 1 % destes, na forma de grãos quebrados ou quirera de arroz. Essas perdas podem variar de 3 a 10%, devido ao tipo de cultivo e variedade do arroz utilizado, ajustes das máquinas e equipamentos utilizados (ASCHERI, 2000). Estes subprodutos, por sua vez, apresentam menor valor comercial em relação aos grãos inteiros, além da pouca aceitação. Uma pequena parcela deles é transformada em produtos de alto valor agregado na forma de ingrediente para ração animal, em vinícolas e cervejarias, em menores proporções, para *pet foods*, como ingrediente para produção de cereais matinais, produtos hipoalergênicos, fórmulas infantis e alimentos com baixa caloria (LUH, 1980; LUNDUBWONG e SEIB, 2000).

O Brasil produz anualmente cerca de 33 milhões de toneladas (ton) de frutas em aproximadamente 2,2 milhões de hectares, gerando em torno de 4,4 milhões de empregos diretos e 8,8 milhões indiretos. Desse volume de frutos produzidos o maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa Dep.*) contribui com cerca de 350 mil ton/ano. Cerca de 120 mil ton/ano é processado pela agroindústria de sucos, o que gera cerca de 72 mil t/ano

de casca de maracujá e 51 mil t/ano de suco e polpa/semente (AGUIAR et al., 2001). Da produção de suco de maracujá, considerável quantidade, o que representa cerca de 60%, é descartado pela agroindústria de sucos sem o devido aproveitamento.

Algumas pesquisas sobre o aproveitamento do albedo do maracujá mostraram a extração e caracterização de sua pectina (LIMA, 1972; JAGENDRA, 1980; HOLANDA, 1991), a produção de “chutney” e doces (COLLADO et al., 1989) e seu uso integral na produção de geléia (LIRA FILHO, 1995; LIRA FILHO; JACKIX, 1996).

O maracujá quando processado para obtenção do suco, as sementes e a polpa que as separam do mesocarpo (parte branca logo abaixo da casca) são removidas, ficando então a casca (película externa em contato com o ambiente que na fase da maturação possui coloração amarela) e a interna de cor branca (mesocarpo), a qual é conhecida por ser rica em pectina (hemicelulose), fibra do tipo solúvel (um pouco mais de 50% em hemicelulose) de acordo com o trabalho de Córdova et al. (2005) e Oliveira et al. (2002). Dos produtos encontrados de maracujá resultante do processamento de frutas na agroindústria de sucos, encontra-se no mercado na forma de farinha de maracujá, a qual é rica em pectina, comercializados como produtos ricos em fibra (LEORO, 2007).

As cascas das frutas são constituídas basicamente por carboidratos, proteínas e pectinas, o que possibilita o aproveitamento das mesmas para a fabricação de doces, podendo se tornar uma alternativa viável para resolver o problema da eliminação dos resíduos além de aumentar seu valor comercial. Como prova o estudo realizado por Oliveira et al. (2002), que visando o aproveitamento da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora Edulis f. flavicarpa*), elaboraram um doce em calda com obtenção de um índice de aceitabilidade acima de 80% em três faixas etárias, principalmente por crianças e 95% dos consumidores totais responderam que comprariam o doce caso fosse comercializado.

Segundo Ferreira et al. (2010), o desperdício é gerado pela falta de hábito de se utilizar os alimentos de forma integral e o desconhecimento sobre o valor nutritivo das diversas partes. Sendo que a forma mais comum de desperdício caseiro é a distorção no uso do alimento. Talos, folhas e cascas são, muitas vezes, mais nutritivos do que a parte dos alimentos que é de hábito consumir. Um quarto de toda produção nacional de frutas, verduras e legumes não é aproveitado.

Quanto ao uso do arroz, em seu beneficiamento gera-se grande quantidade de subprodutos, tais como casca, farelo e grãos quebrados de arroz. Os grãos quebrados têm pouca aceitação para a alimentação humana e o seu valor comercial corresponde a aproximadamente um terço daquele obtido para o arroz inteiro, o que representa uma perda significativa para o produtor, tendo-se em conta que a sua produção pode atingir 700 mil toneladas/ano. Uma das alternativas para agregar valor a esse co-produto consiste no seu aproveitamento como matéria-prima na obtenção de produtos alimentícios de alto valor nutricional

Com a adoção da tecnologia de extrusão termoplástica, novos produtos serão produzidos. Normalmente, o ganho de valor agregado aos produtos pode ultrapassar a 2000% do valor da matéria-prima in natura. É importante, no entanto considerar os demais custos de produção, já que, apenas o custo de embalagem destes tipos de produtos pode chegar a 60% do custo final do produto manufaturado (CEREDA et al., 2003).

Ao se desenvolver um produto é essencial o conhecimento sobre suas características físico-químicas e sensoriais. A partir das características físico-químicas são obtidas informações sobre os aspectos nutricionais, valor calórico, condições de armazenamento e durabilidade do produto. Já a caracterização sensorial busca compreender quais as características do produto são importantes para aceitação comercial.

## 1.1 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo deste trabalho foi utilizar coprodutos de maracujá resultantes da indústria de processamento de suco da fruta, para o desenvolvimento de uma farinha mista de farinha de arroz e maracujá pré-cozida por tecnologia de extrusão e utiliza-la como ingrediente para a produção de uma bebida, sem glúten, com maior teor de fibras e com maior valor nutricional do que os produtos comerciais existentes.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Padronização dos parâmetros de processamento e metodologias utilizando farinhas extrudadas mistas arroz/casca de maracujá
- Caracterização físico-química e estabilidade da farinha mista de arroz e maracujá
- Avaliar a aceitabilidade sensorial da bebidas contendo a farinha mista extrudada de arroz e maracujá com adição
- Disponibilizar um novo produto “bebida funcional”
- Oportunizar produtos de baixo custo
- Oportunizar produtos com alto teor de fibras

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Maracujá

O maracujá é uma fruta típica da América Tropical, cuja polpa é muito utilizada na fabricação de suco concentrado. O Brasil é um dos grandes produtores e exportadores do suco da fruta, sendo a polpa do maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) a mais utilizada, devido as suas características sensoriais (FERREIRA; PENA, 2010). O maracujá é rico em vitamina C, cálcio e fósforo. O suco concentrado é a maior importância econômica do fruto do maracujazeiro sob a forma industrializada. Em nível mundial, a produção de maracujá está em torno de 364 mil de toneladas e o Brasil destaca-se com cerca de 90% da produção mundial, seguido do Peru, Venezuela, África do Sul, Sri Lanka e Austrália (FERRARI; COLUSSI; AYOUB, 2004).

Os frutos do maracujá-amarelo também são ricos em minerais, vitaminas, compostos fenólicos e carotenoides. A presença de  $\beta$ -caroteno no maracujá-amarelo é responsável pela cor amarelada típica do suco. O acúmulo desses componentes é variável e depende, entre muitos fatores, do estágio de maturação e das condições de armazenamento. Tais compostos são sintetizados por vias metabólicas durante o desenvolvimento e maturação de frutos com diferentes funções bioquímicas e físicas no órgão, participando em mecanismos de defesa, atratividade e como antioxidantes (ROTILI et al., 2013).

A casca do maracujá é composta pelo flavedo (parte com coloração) e albedo (parte branca), sendo este rico em pectina, espécie de fibra solúvel que auxilia na redução das taxas de glicose no sangue, fonte de niacina (vitamina B3), e minerais como:ferro, cálcio, e fósforo, o que a torna um alimento com propriedades funcionais, podendo ser utilizadas para o desenvolvimento e enriquecimento de novos produtos, como os de panificação (pães, bolos e biscoitos), iogurte, barras de cereais, dentre outros. Em humanos, a niacina atua no crescimento e na produção de hormônios, além de prevenir problemas gastrointestinais. Os minerais atuam na prevenção da anemia (ferro), no crescimento e fortalecimento dos ossos (cálcio) e na formação celular (fósforo). Quanto à composição em fibras, a casca do maracujá constitui-se em produto vegetal rico em fibras solúveis (pectinas e mucilagens), benéfica ao ser humano. Ao contrário da fibra insolúvel (contida no farelo dos cereais) que pode interferir na absorção do ferro, a fibra solúvel pode auxiliar na prevenção de doenças (CÓRDOVA et al. 2005).

Logo as cascas de maracujá, por possuírem muitas propriedades funcionais e minerais, não devem mais ser consideradas como resíduo, tendo em vista que apresentam um grande potencial para a produção de farinha com elevado valor nutricional, e a sua posterior incorporação em produtos de panificação (CÓRDOVA et al. 2005).

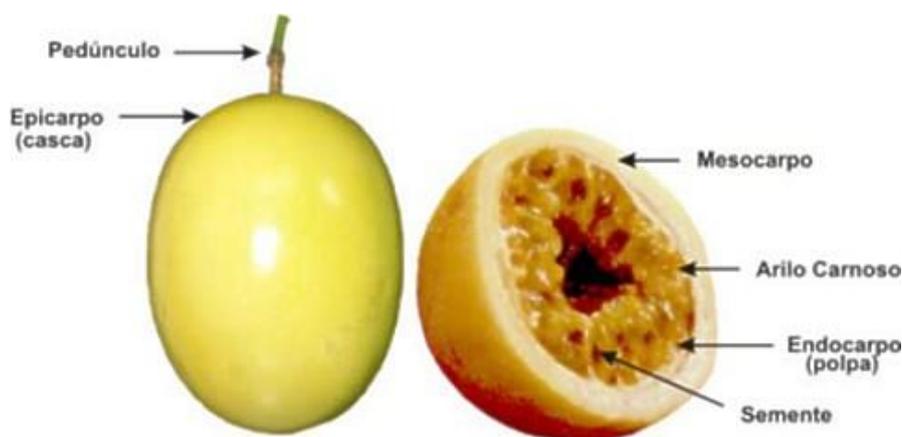
O maracujá é uma fruta que pode ser consumida *in natura* ou industrializada. A produção brasileira supera a de outras frutas como manga, goiaba e mamão, tornando o Brasil o maior exportador mundial de suco de maracujá (SILVIA e MERCADANTE, 2002). No país, são produzidos comercialmente dois tipos de frutas: o maracujá amarelo que é utilizado na produção de suco, devido ao seu sabor mais ácido e o maracujá roxo, que é consumido tipicamente *in natura* por possuir um sabor suave (TALCOTT et al., 2003).

A casca do maracujá amarelo (flavedo e albedo) e as sementes, correspondem a até 70% da massa do fruto, representando os subprodutos da produção do suco. Por conter alto teor de fibra alimentar total, a casca de maracujá é utilizada na produção de geléia, doce, barras de cereais, cereais matinais e biscoitos (DEUS, 2011).

O maracujá apresenta em sua composição aproximadamente 51% de casca; 20% de sementes e 28% de suco. A água é o principal componente do suco de maracujá. Os carboidratos totais (13-18%) correspondem à maior parte dos sólidos do suco de maracujá e são responsáveis pelo teor calórico deste produto. Contém também elevado teor de ácidos e o pH e a acidez total do suco de maracujá variam de 2,7 a 3,3, e de 3,0% a 5,0%, respectivamente. Possui cálcio, fósforo, potássio, vitaminas A, B1, B2 e C, e também uma substância alcalóide, chamada passiflorina ou maracujina, que tem propriedades sedativas, mas não é prejudicial, pois não causa dependência e está presente em todas as suas partes, principalmente nas folhas. O fruto do maracujá contém compostos cianogênicos, mas quando completamente maduro, estes componentes encontram-se em concentrações mais reduzidas (EMBRAPA, 2005).

Segundo o IBGE (1999), a produção brasileira de maracujá, no ano de 2009 foi de 718.798 toneladas em uma área plantada de 50.853 hectares. Esta produção engloba todos os estados brasileiros e o Distrito Federal, sendo que a cada ano há ampliação da área cultivada. O maracujá foi o segundo produto da fruticultura nacional que apresentou acréscimos percentuais de valor da produção. O estado da Bahia se destacou como o maior produtor, com 322.755 toneladas, seguido pelo Ceará, Sergipe, Espírito Santo e Goiás.

A casca do maracujá é dividida em duas partes distintas, o “flavedo” ou epicarpo e o “albedo” ou mesocarpo, conforme mostrado na Figura 1. As partes são facilmente separáveis da polpa, que corresponde à fração comestível do fruto. O flavedo contém substâncias químicas como os carotenoides, vitaminas e óleo essencial. O albedo, que é a porção esponjosa e branca, é rico em hemicelulose, celulose, lignina, glicídios solúveis, substâncias pécticas e compostos fenólicos (MENDONÇA et al., 2006).



**Figura 1.** Estrutura do maracujá

Fonte: Ministério da Integração Nacional, 2004.

### 2.1.1 Propriedades funcionais da casca do maracujá

CÓRDOVA et al. (2005) ressaltaram que muitas propriedades funcionais da casca do maracujá têm sido estudadas nos últimos anos, principalmente, àquelas relacionadas com o teor e tipo de fibras presentes. A casca representa 52% da composição mássica da

fruta e não deve mais ser considerada como resíduo industrial, uma vez que suas características e propriedades funcionais podem ser utilizadas para o desenvolvimento de novos produtos. É rica em sais minerais e fibra do tipo solúvel (pectinase mucilagens) que é benéfica ao ser humano.

A casca do maracujá é composta pelo flavedo (parte com coloração) e albedo (parte branca), sendo este rico em pectina, espécie de fibra solúvel que auxilia na redução das taxas de glicose no sangue, fonte de niacina (vitamina B3), ferro, cálcio, e fósforo. Em humanos, a niacina atua no crescimento e na produção de hormônios, assim como previne problemas gastrointestinais CÓRDOVA et al. (2005).

Quanto à composição de fibras, a casca do maracujá constitui produto vegetal rico em fibra do tipo solúvel (pectinas e mucilagens), benéfica ao ser humano. Ao contrário da fibra insolúvel (contida no farelo dos cereais) que pode interferir na absorção do ferro, a fibra solúvel pode auxiliar na prevenção de doenças. Logo, as cascas de maracujá por possuírem muitas propriedades funcionais e minerais não podem ser mais consideradas como resíduo, tendo em vista que apresentam um grande potencial para a produção de farinha com elevado valor nutricional, e a sua posterior incorporação em produtos de panificação. Essa farinha apresenta propriedades medicinais, pois tem na sua composição um elevado percentual de fibras (CÓRDOVA et al., 2005). A fibra de maracujá apresenta como maior agente a pectina. Quando ingerida forma um gel, dificultando a absorção de carboidratos e da glicose produzida no processo digestivo e também nas gorduras, auxilia ainda a redução de glicemia e na taxa de colesterol (SZEGÖ, 2007).

De acordo com Pereira (2002) algumas das funções das fibras solúveis são: retardar a passagem intestinal, o esvaziamento gástrico e a absorção da glicose, ajudando a reduzir o colesterol no soro sanguíneo; já as fibras insolúveis aceleram o trânsito intestinal, aumentando o volume fecal, desacelerando a hidrólise da glicose, contribuindo para a redução de alguns males do colón.

A ingestão elevada de fibras acarreta: redução de lipídios e de glicose no sangue, aumento da sensibilidade à insulina, diminuição da pressão sanguínea e ajuda no controle de peso (PEREIRA, 2002).

A casca de maracujá foi utilizada por Santos (2008), que o incorporou na forma de farinha em diferentes concentrações na produção de bolos de chocolate, onde as análises sensoriais foram realizadas nas formulações de 5, 15 e 30%, sendo comparadas também com bolo comercial de chocolate, através do método da aceitação, na qual foram avaliados os parâmetros sensoriais aparência, aroma, sabor, textura e impressão global. No qual se pode observar que a formulação contendo 30% de incorporação de farinha de casca de maracujá foi a única formulação estatisticamente diferente das outras formulações comparadas. Entretanto, as formulações de 5 e 15% foram iguais significativamente entre si, no que se refere ao parâmetro aroma.

### **2.1.2 Fibra alimentar**

As fibras alimentares solúveis promovem a formação de uma camada na superfície de absorção intestinal que dificulta a difusão da glicose e, também, do colesterol. A ingestão destas fibras alimentares também dificulta a emulsificação e a hidrólise dos lipídeos, resultando no aumento de gordura eliminada pelas fezes (DEUS, 2011).

Isto contribui para a estabilização do metabolismo energético, controlando os aumentos bruscos da taxa de glicemia. Essas fibras são os principais promotores da mobilidade do conteúdo fecal e regularizam o trânsito intestinal de forma suave;

provocam reações de fermentação, produzindo altas concentrações de substâncias específicas denominadas de ácidos graxos de cadeia curta (DEUS, 2011).

Em 2001, a American Association of Cereal Chemists (AACC) definiu fibra alimentar como sendo a parte comestível de plantas ou carboidratos análogos que são resistentes à digestão e absorção no intestino delgado com fermentação completa ou parcial no intestino grosso, incluindo polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina e substâncias de plantas associadas (AACC, 2001). A comprovação científica dos efeitos benéficos sobre a ingestão de fibras solúveis e insolúveis tem contribuído para o surgimento de diversas matérias alimentícias, que quando ingeridos junto com frutas, raízes, hortaliças, tubérculos, grãos e cereais, completam a lista de alimentos fontes de fibras (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006). O estudo dos teores de fibras e das propriedades físico-químicas do maracujá amarelo é importante para se explorar a potencialidade do uso da casca da fruta como ingrediente de novos produtos (CARVALHO et al., 2005).

Conforme o Quadro 1, o teor de fibra alimentar da casca do maracujá varia de 35,03 a 90,32% e essa diferença pode estar relacionada às diferentes metodologias analíticas empregadas.

| <b>Quadro 1. Teores de fibra alimentar da casca do maracujá amarelo</b> |                         |
|---|-------------------------|
| Teor de fibraS na casca do maracujá<br>(g/100 g)                        | Referência              |
| 57,32   | Córdova et al. (2005)   |
| 61,20   | Matsuura (2003)         |
| 90,32   | Santana et al (2007)    |
| 64,11   | Leoro (2007)            |
| 73,50   | Yapo e Koffi (2008)     |
| 64,71   | Gilciléia Inácio (2011) |

Segundo posicionamento da American Dietetic Association, em 2002, o consumo de fibras alimentares é de aproximadamente 20 a 35 g por dia, ou 10 a 13 g de fibras/1000 kcal. Na prática, essa quantidade não é alcançada pela maioria dos brasileiros. O Guia Alimentar para a População Brasileira, elaborado pelo Ministério da Saúde, também segue a recomendação de 25g de fibras alimentares ao dia para adultos, e acrescenta que, se a alimentação contiver quantidades adequadas de cereais, tubérculos, raízes, frutas, hortaliças, leguminosas, essa quantidade de fibras será atingida.

A fibra alimentar apresenta efeitos benéficos à saúde, sendo responsável por auxiliar na redução do risco de certas patologias crônicas como, por exemplo, as doenças cardiovasculares, diabetes, obesidade, câncer do cólon, entre outras. Esses achados levantam especial interesse em pesquisa por vegetais ricos em fibras, principalmente nas sociedades ocidentais, nas quais a alta prevalência dessas doenças é observada, devido ao grande consumo de alimentos à base de produtos processados refinados (Yapo e Koffi, 2008).

As fibras alimentares dos vegetais podem ser consideradas como a parte resistente à hidrólise enzimática no trato gastrointestinal humano e são classificadas de acordo com sua hidrossolubilidade. A parte insolúvel da fibra (celulose, alguns tipos de hemicelulose e lignina) permanece intacta em todo o trato gastrointestinal humano e atua aumentando a necessidade de mastigação, o bolo fecal e o estímulo da motilidade intestinal. Pectinas e algumas hemiceluloses, gomas e mucilagens são partes da fibra, hidrossolúveis, e que tendem a formar géis em contato com a água. Elas apresentam atividade hipocolesterolêmica e reduzem também os níveis de triglicerídeos sanguíneos e são

também parcialmente metabolizadas por bactérias presentes na flora intestinal (Yapo e Koffi, 2008).

Os componentes da fibra alimentar do maracujá (*Passiflora edulis*) foram quantificados por Matsuura (2003) que encontrou 30,7% de celulose; 27,8 de pectina; 1,6% de hemicelulose e 1,1% de lignina (todos em base seca).

Janebro et al. (2008) estudando a farinha da casca do maracujá, mostraram que os níveis glicêmicos apresentados pelos pacientes após o uso de 30 g diárias, durante 60 dias, são compatíveis com uma ação positiva no controle da glicemia. Foi verificado também um aumento do colesterol HDL nos mesmos 43 pacientes estudados.

A pectina abundante no maracujá diminui efetivamente o colesterol sem afetar o nível de HDL. Silva et al. (2011) mostrou que, além do efeito hipocolesterolêmico, a pectina da casca de maracujá administrada em doses adequadas apresentou ação antiinflamatória e propriedade hipoglicemiante em ratos diabéticos. Ainda segundo esse estudo, a pectina contém um composto bioativo, a luteolina que tem potencial no tratamento alternativo do diabetes tipo 2.

A ação vasodilatadora dos polifenóis na *Passiflora edulis* foi observada no estudo de Ichimura et al. (2000) Uma análise quantitativa mostrou que o extrato da casca da *Passiflora edulis* contém 20µg/g de peso seco de luteolina e 41µg/g de peso fresco de luteolina-6-C-glicosídeo. Segundo os autores, esses compostos mostraram ter efeito anti-hipertensivo em ratos. Também foi encontrado nesse extrato o ácido gama-aminobutírico (GABA), que é o principal neurotransmissor inibidor da transmissão pré-sináptica no sistema nervoso central (SNC). A falta da síntese do GABA, ou o bloqueio de seus neurotransmissores no SNC, resulta em estimulação intensa, manifestada mediante de convulsões generalizadas.

Esse mesmo autor, em outro estudo de 2005, já havia elucidado que a luteolina inibiu a expressão de genes de secreção endotelial (ET-1 Endothelin-1) responsável pela secreção de várias substâncias vasoativas. ET-1 é um potente vasoconstritor regulador da pressão arterial e, no trabalho de Kozakai, mostrou-se que a luteolina pode inibir potencialmente a secreção e expressão gênica de ET-1 em células endoteliais aórticas de suínos Ichimura et al. (2005).

Foi demonstrado no trabalho de Watson et al. (2008) que a atividade antioxidante e antiinflamatória dos extratos das cascas do maracujá com evidências na administração oral por estudos estatísticos e esses achados poderão ser úteis em outros tipos de terapia. Com a administração deste extrato, observou-se melhora dos sintomas clínicos em pacientes com asma, diminuição do chiado no peito, da tosse e da falta de ar, além da ausência de possíveis efeitos colaterais.

Em outro estudo Watson et al. (2008), trinta e três pacientes com osteoartrose no joelho receberam um preparado de extrato de casca de maracujá, sendo observado melhora significativa nas funções físicas após 30 dias. Após 60 dias de administração, percebeu-se melhora na rigidez e na dor. Os autores concluíram que os efeitos benéficos podem ser atribuídos às propriedades antioxidantes e antiinflamatórias contidas nas cascas de maracujá.

### **2.1.3 Secagem**

A secagem tem como objetivo a retirada de água de determinado material na forma de vapor, para a fase gasosa. É considerado um fenômeno complexo que envolve simultaneamente a transferência de calor e massa, podendo abranger ainda a transferência de quantidade de movimento (FERREIRA; PENA, 2010).

Por isso, é considerada uma das mais importantes operações unitárias na engenharia de alimentos, servindo como uma maneira possível de aumentar a vida de prateleira de alimentos de alto teor de umidade, em especial frutas e vegetais. Isto ocorre pela redução do conteúdo de água do alimento a ponto de minimizar o crescimento microbiano e as reações químicas indesejáveis (PARK et al., 2006).

Os produtos secos apresentam uma vantagem de uma maior facilidade de manuseio de armazenagem, sendo também o processo auxiliar mais adequado para uma armazenagem segura de produtos biologicamente instáveis, como é o caso da casca do maracujá amarelo (PARK et al., 2006).

As condições de secagem são bastante diversas, estando relacionadas com as propriedades do ar de secagem e a forma como se faz o contato com o produto. No produto colocado em contato com o ar quente, ocorre uma transferência de calor do ar para o produto. Simultaneamente, a diferença de pressão parcial de vapor de água existente entre o ar e a superfície do produto determina uma transferência de vapor para o ar, sendo que uma parte do calor que chega ao produto é utilizada para vaporizar a água e a outra para elevar a temperatura do material (MONTEIRO et al., 2010).

#### **2.1.4 Coprodutos do processamento do maracujá**

De acordo com Oliveira et al. (2002), os subprodutos correspondem cerca de 70% do peso do maracujá, que não é aproveitado normalmente, tornando-se um grande problema de resíduo agroindustrial. A casca, composta predominantemente de um tecido esponjoso é facilmente desidratada. Ela tem sido pesquisada e se mostrado viável como fonte alimentar de bom valor nutricional, reduzindo custos e, ao mesmo tempo, diminuindo o dano ambiental proveniente do processamento industrial (BERTIPAGLIA et al., 2000).

A casca do maracujá tem sido estudada devido as suas propriedades funcionais, principalmente as relacionadas com o teor e tipo de fibras presentes. Ela pode ser utilizada para o desenvolvimento de novos produtos, como na composição de cereais matinais, no enriquecimento de produtos alimentícios, principalmente no que se refere ao teor e fibras. Ainda há a aplicação como ração animal, adubo ou como matéria prima para a extração da pectina, que se apresenta em considerável quantidade, principalmente no mesocarpo do fruto e é utilizada como ingrediente na produção de doces e geleias, além de ser considerada com potencial na redução da diabete (SOUZA; SANDI, 2001; VENTURINI FILHO, 2010).

Córdova et al. (2005), ao analisarem as características físico-químicas da casca do maracujá amarelo obtida por secagem a 70 °C, observaram que a casca apresentou-se rica em fibras solúveis e minerais. Já a semente do maracujá é rica em ácido linoleico, um ácido graxo essencial (VENTURINI FILHO, 2010).

#### **2.1.5 Produtos elaborados com a casca do maracujá**

Seguindo a tendência mundial de desenvolvimento de produtos com ingredientes que apresentam benefícios à saúde, como por exemplo, o enriquecimento com fibras, a casca de maracujá torna-se uma alternativa interessante para ser explorada para melhoria da qualidade do carboidrato de produtos industrializados, o que pode ser avaliado pelo índice glicêmico dos alimentos. Segundo alguns autores, alimentos com baixo índice glicêmico promovem menor elevação da glicemia, devido à sua lenta taxa de digestão e absorção. Por outro lado, os alimentos com alto índice glicêmico proporcionam um maior aumento da glicemia por serem absorvidos mais rapidamente.

A fim de avaliar o índice glicêmico de um cereal matinal elaborado com a utilização da casca do maracujá como ingrediente rico em fibras, Leoro (2007) estudou a influência de alguns parâmetros do processo de extrusão. Os extrudados produzidos mostraram uma redução de 50% no índice glicêmico *in vitro* comparado ao pão branco. Apesar de ter verificado a importância da adição da casca do maracujá na diminuição do índice glicêmico do produto, a autora ressaltou que a diminuição dos níveis de cianeto não foi considerada adequada, não alcançando os níveis aceitáveis pela legislação.

O uso de extrato seco da casca de maracujá com intuito de proporcionar uma melhora na tolerância à glicose em dietas de indivíduos diabéticos também tem sido estudado. Ando et al. (2007) elaboraram *cookie diet* a base de farinha de casca de maracujá-amarelo e analisaram a aceitação por parte dos consumidores. As melhores amostras, na opinião dos provadores, foram as que apresentaram menor teor de casca. Porém, a mais conveniente para lanches especificamente dietéticos seria a que apresentou cinco vezes mais a quantidade de fibra. Não foram analisados os níveis de cianogênicos no produto elaborado. Com o objetivo da utilização da casca do maracujá como ingrediente rico em fibras, Silva et al. (2007) elaboraram biscoitos doces com farinha de albedo de maracujá. Para 1kg de biscoito, foram utilizados 35% de trigo, 9% de farinha de maracujá e outros ingredientes convencionais para formulação de biscoitos, como açúcar, gordura e água. A avaliação físico-química dos biscoitos mostrou que em cada 100g de produto havia 4,67% de fibra e 4,97% de proteína. Os autores também não avaliaram os níveis de cianogênicos nos biscoitos.

A fim de avaliar a possibilidade da utilização deste coproduto do maracujá amarelo Silva et al. (2009) investigaram sua incorporação como ingrediente em barras de cereais. Além de casca de maracujá, também foram adicionados aveia em flocos, flocos de arroz e de milho, lecitina de soja e outros ingredientes coadjuvantes. As barras apresentaram teores de fibra alimentar total variando de 6,6 a 10,4%. Foi verificada a presença de polifenóis totais tanto no resíduo de maracujá como nas barras. A barra de cereal que apresentou maior quantidade de polifenóis foi a formulação de maior teor de casca adicionada. Os autores também não testaram os níveis de cianogênicos finais presentes nas barrinhas.

Santos et al. (2011) elaboraram biscoitos a partir de mandioca, casca de maracujá e farinha de trigo, buscando obter um produto com elevado valor nutritivo, características sensoriais aceitáveis e de custo acessível. Com a adição de 17% de farinha de casca de maracujá pode-se obter um biscoito considerado como fonte de fibra, segundo o descrito na Portaria n. 27/1998 da ANVISA e, com aceitação por parte dos provadores na análise sensorial. No entanto, também não foi estudado o teor dos cianogênicos no biscoito elaborado.

Oliveira et al. (2006) estudaram o aproveitamento da casca do maracujá amarelo para produção de doces em calda e sua aceitabilidade entre consumidores de diferentes faixas etárias. Foi constatado que a casca do maracujá constitui adequada matéria-prima para produção de doce em calda e é aceitável por várias faixas etárias de consumidores, além de ser um alimento alternativo de baixo custo para a população de baixa renda. O autor concluiu que esse resíduo pode se constituir em uma interessante complementação financeira aos pequenos empreendedores. Não foram testados teores de cianogênicos no produto.

Spanholi e Oliveira (2009) elaboraram um produto com propriedades funcionais a partir do albedo de maracujá. Os autores avaliaram a viabilidade de utilização de diferentes concentrações da farinha de albedo de maracujá na elaboração de massa alimentícia. Segundo eles, a massa adicionada de 10% de farinha de albedo de maracujá teve melhor aceitação.

Matsuura et al. (2003) desenvolveram barras de cereais adicionadas de casca de maracujá. A adição de até 7,8% de albedo de maracujá na formulação das barras não alterou a aceitação sensorial do produto. Matsuura tratou o albedo do maracujá por imersão em salmoura, seguido de cozimento em pressão atmosférica, por 10 minutos, para eliminar os compostos cianogênicos. Foi alcançada uma redução dos cianogênicos a níveis inferiores a 10ppm.

### 2.1.6 Toxicidade da casca do maracujá

Embora os produtos à base de plantas sejam geralmente considerados seguros, sua toxicidade não deve ser descartada devido aos constituintes cianogênicos de diversas espécies, como por exemplo, das passifloras. A casca do maracujá possui glicosídeos cianogênicos, substâncias de defesa próprias dos vegetais, que agem contra seus predadores. Quando o tecido vegetal é rompido, uma reação enzimática que desdobra os glicosídeos até ácido cianídrico é desencadeada. Na circulação sanguínea, o cianidreto libera o íon cianeto, que é transportado pela hemoglobina. Nas células, o cianeto liga-se fortemente ao citocromo mitocondrial, responsável pelo transporte de elétrons na respiração celular. Por essa razão, o intoxicado passa por um processo de asfixia celular que, dependendo da quantidade de cianeto no sangue, pode levar à morte. Glicosídeos cianogênicos estão presentes em uma vasta quantidade de vegetais, sendo muito comuns em mandioca brava. Diversos trabalhos vêm identificando e quantificando os compostos cianogênicos presentes na casca de maracujá. Um resumo deles pode ser visto na Quadro 2.

| Quadro 2. Teores de cianogênicos na casca do maracujá ( <i>in natura</i> ) |                          |  |
|--|--------------------------|--|
| Teor de cianogênicos (mg/kg)   | Referências              | Metodologia de análise de cianogênicos           |
| 65,00 – 594,00   | Spencer e Seigler (1983) | Hidrólise enzimática e colorimetria              |
| 286,00   | Chassagne et al. (1996)  | Cromatografia Gasosa com Espectrometria de Massa |
| 117,00   | Matsuura (2005)          | Hidrólise ácida e colorimetria                   |
| 784,30*  | Leoro (2007)             | Colorimetria                                     |
| 74,67 – 231,67   | Gilciléia Inácio (2011)  | Hidrólise ácida e colorimetria                   |

\*Farinha de casca de maracujá

Existem vários métodos para quantificar analiticamente o ácido cianídrico (HCN) em alimentos: o método colorimétrico, utilizando a mistura piridinapirazolona ou o ácido pícrico com pH 7,8 a 10,2; o volumétrico, utilizando AgNO<sub>3</sub>; o espectrofotométrico, que utiliza a piridina/ácido barbitúrico; o enzimático; o voltamétrico; a técnica polarográfica e a potenciométrica. Entre todos esses métodos está o método oficial da AOAC-915.03, que é o argentimétrico, o mais seguro (por não precisar manusear CN<sup>-</sup>) e mais barato em termos de reagentes.

Para estudar a degradação, remoção de cianogênicos e monitorar os níveis residuais na obtenção de produtos, é necessário separar e quantificar os glicosídeos cianogênicos e o ácido cianídrico. Os métodos analíticos conhecidos mostravam-se inconvenientes, sem precisão, e repletos de erros sistemáticos. Em 1995, o método mais promissor era o enzimático, sendo adequado para quantificação de cianogênicos,

cianohidrinas e ácido cianídrico. Porém, esse método não foi comparado com o oficial AOAC, de 1984.

Chassagne et al. (1996) identificou e quantificou por CG/MS (cromatografia gasosa com espectrometria de massa) os compostos cianogênicos em *P. edulis flavicarpa* e que o mais importante composto presente é a prunasina representando 80% dos glicosídeos cianogênicos encontrados nas cascas.

Matsuura et al. (2005), quantificou os compostos cianogênicos pelo método da hidrólise ácida com ácido sulfúrico e reação de cor usando os ácidos isonicotínico e barbitúrico, segundo Bradbury et al. Foram encontrados níveis de 117mg/kg de casca de maracujá fresco. Este trabalho avaliou os teores de compostos cianogênicos em diferentes formas de processamento de albedo de maracujá amarelo, envolvendo cozimento. Foi observado que o cozimento do albedo sob pressão reduziu de forma rápida, porém com teores acima de 10ppm. O cozimento em água, em pressão atmosférica e por tempo prolongado (120 minutos), reduziu os teores a níveis inferiores a 10ppm. Porém, o mais eficaz foi o processo em que o albedo foi branqueado imerso em salmoura, seguido de cozimento em água em pressão atmosférica.

Bradbury et al. (1999) desenvolveram um método simples, rápido e de baixo custo, com papel reativo para determinar os níveis totais de cianogênicos em mandioca e seus produtos. O método consiste na reação da enzima linamarase, presente na casca da mandioca, em contato com a solução de ácido pícrico impregnado em papel. Após a eluição em água, procede-se a determinação colorimétrica em espectrofotômetro a 510nm.

Segundo Burns et al. (2012), esse limite máximo tem sido adotado na Austrália pela “*Food Standards Austrália e Nova Zelândia*”, enquanto 40 ppm é o limite permitido na Indonésia. No Brasil, a Resolução RDC n. 53 de 15 junho de 2000 estabeleceu e determinou os limites de ácido cianídrico máximo de 4ppm para produtos de mistura à base de farelo de cereais. O efeito tóxico de cianeto em humanos depende do peso corporal, do estado de saúde, da dose ingerida e do tempo de ingestão. A dose letal aguda de cianeto para humanos é de 0,5 a 3,5mg/kg do peso corpóreo para uma criança de 20kg, uma quantidade de 40 a 270g de produtos com altos teores de cianeto já pode ser considerada letal.

Segundo o trabalho de Leoro (2007) o farelo de maracujá, após sofrer processamento (lavagem, corte, retirada da polpa, trituração das cascas, secagem, moagem e obtenção do farelo), apresentou 748,3mg/kg de compostos cianogênicos totais pelo método colorimétrico, utilizando reagente de cor de ácidos isonicotínico e barbitúrico. Spencer e Seigler (1983) encontraram teores de compostos cianogênicos na faixa de 65 a 594mg/kg de fruto fresco, seguindo o método da hidrólise enzimática para separação do ácido cianídrico do glicosídeo e a quantificação feita por colorimetria.

Chassagne et al. (1996) reportaram teores de aproximadamente 286mg/kg em casca de maracujá “*in natura*” por cromatografia gasosa com espectrometria de massa. O objetivo desses autores em usar essa metodologia foi quantificar os derivados dos compostos glicosídicos comestíveis de várias espécies de Passiflora. Entre os vegetais que apresentam compostos cianogênicos, a mandioca brava é o mais estudado. Sua toxicidade já foi bem estabelecida por estudos epidemiológicos. Assim, uma correlação com outros vegetais, ainda não amplamente estudados, pode ser interessante. A exposição aguda a alimentos que contém alto teor de glicosídeos cianogênicos pode causar náuseas, vômitos, diarreia, vertigem, fraqueza e, por vezes, pode levar ao óbito.

O estudo de Cliff et al. (1984) faz ligação da intoxicação crônica com cianeto encontrado em pacientes de paraparesia espástica que consumiam produtos de mandioca processados de forma inadequada. Fatores da dieta como a falta de alimentos ricos em

aminoácidos sulfurados, que são metabólicos da desintoxicação dos efeitos do cianeto no organismo, e a dependência quase total da mandioca como alimento nos períodos de seca também contribuíram para desencadeamento da doença no norte de Moçambique em 1981.

### **2.1.7 Utilização da extrusão termoplástica para melhorar a qualidade da casca do maracujá**

A extrusão termoplástica para processar alimentos é uma excelente forma de modificar coprodutos da indústria alimentícia e transformá-los em ingredientes alimentares para serem adicionados em uma ampla variedade de produtos. Nascimento et al. (2012) utilizaram o resíduo da extração do óleo de gergelim para elaborar biscoitinhos extrudados. O produto final se mostrou enriquecido com fibras, proteína, cálcio e com boa aceitação pelos consumidores.

Alguns trabalhos mostraram que o processo de extrusão termoplástica também é muito eficaz em diminuir e inativar fatores antinutricionais e outras substâncias tóxicas. Como exemplo, o trabalho de Mukhopadhyay et al. (2003) mostrou diminuição de até 61% dos taninos do gergelim, mesmo trabalhando em temperaturas não muito altas (97°C), em extrusora de parafuso único e com umidades altas (32-48%). Para o processo de extrusão termoplástica, esses parâmetros não são considerados como tratamento severo.

Kelkar et al. (2012) com o objetivo de reduzir a presença de lecitinas tóxicas e oligossacarídeos causadores de flatulências, utilizaram extrusão termoplástica para reduzir os efeitos desses compostos em farinha de feijão. Segundo os autores, houve uma significativa redução comparada ao cozimento tradicional por vapor. Eles ainda acrescentaram que os resultados poderiam ser melhores se a razão feijão-água fosse maior. Por meio do processamento por extrusão termoplástica também é possível acrescentar aditivos para diminuir as substâncias tóxicas presentes. Mulla et al. (2011) acrescentaram diferentes aditivos (ácido cítrico, glicina, L-lisina, cloreto de cálcio, lactato de cálcio, biotina, tiamina) e verificaram a redução de 65% na formação de acrilamida em salgadinhos extrudados sem, no entanto, alterar as propriedades sensoriais dos salgadinhos.

Ascheri et al. (2011) processaram pinhão manso por extrusão termoplástica e observaram redução de 55% em relação ao teor inicial de ésteres de forbol, que são os principais compostos tóxicos presentes.

Leoro (2007) processou casca de maracujá por extrusão termoplástica para elaborar cereal matinal a base de milho. O material foi processado em extrusora monorroscas de laboratório (Brabender). Os parâmetros de extrusão foram: parafuso com taxa de compressão de 3:1, rotação de 130rpm, temperatura da última zona de extrusão variando de 120 a 160°C, umidade entre 18 e 28% e adição de farelo de maracujá de 0 a 30%. Os resultados para os teores de compostos cianogênicos totais ficaram entre 0 e 254mg/kg, sendo influenciado pelos teores de farelo adicionado e umidade de processamento. O autor mencionou que, em baixo teor de umidade, possivelmente ocorreu um rompimento da molécula de glicosídeo devido ao alto cisalhamento e alta pressão dentro da extrusora, liberando o HCN.

Pequenas modificações no equipamento (tipo da extrusora, matriz, rosca, entre outras) e na matériaprima podem levar a diferentes resultados finais da qualidade, conforme descreve El-Dash (1981). A umidade de processamento é um dos parâmetros que mais influencia a modificação dos materiais. Desta forma, poderão ser obtidos produtos completamente diferentes, apenas variando a umidade inicial da matéria-prima.

Se a umidade for alta, o produto final terá um menor cozimento, exercerá menor pressão sobre a matriz, reduzirá a geração de calor e a transformação do produto também será diminuída.

Assim, o processo de extrusão termoplástica parece ser bastante eficaz na redução de compostos antinutricionais e na inativação de substâncias tóxicas presentes. Com a combinação de calor, força mecânica, pressão e teor de umidade é possível transformar os materiais e obter a redução total da parte tóxica do produto preservando seus nutrientes, conferindo qualidade e segurança ao produto final.

## **2.2 Pectina (usos, produção e fontes de obtenção)**

Pectinas consistem em complexos de polissacarídeos estruturais presentes em vários tecidos vegetais, as quais fazem parte de uma variada classe de substâncias denominadas de pécticas. A pectina constitui-se em um colóide por excelência, e em função de seu caráter hidrofílico, devido à presença de grupos polares, apresenta a propriedade de envolver grande quantidade de água, produzindo uma solução viscosa. É amplamente utilizada na indústria de alimentos no preparo de geléias, doces de frutas, produtos de confeitaria, sucos de frutas, principalmente devido sua capacidade de formar géis. As pectinas também são utilizadas em alimentos, como espessantes, texturizantes, emulsificantes ou estabilizantes. As matérias-primas mais importantes para a extração comercial de pectina constituem-se na polpa de maçã e cascas de frutas cítricas (subprodutos da indústria de sucos).

A pectina é obtida a partir da protopectina e referem-se aos ácidos pécticos solúveis em água, com número de metoxilas esterificadas e grau de neutralização variável. Localizam-se principalmente nos tecidos mais tenros das plantas, como no albedo das frutas cítricas e na polpa de beterraba. A quantidade em que se encontram varia de acordo com o vegetal em questão. As frutas cítricas são consideradas as melhores fontes de pectina, contêm entre 30 e 35%. A maçã pode ser considerada uma fruta com teor médio de pectina, enquanto que em vegetais como a batata e o tomate, contêm apenas 2,5 a 3,0% de pectina, podendo ser considerados vegetais que contêm baixo teor pectínico. Na presença de ácido e sacarose, em proporções adequadas, as pectinas formam géis bastante estáveis (SILVA, 2008).

A pectina é o elemento fundamental para a formação do gel. Elas estão associadas ao processo de maturação das frutas e apresentam a capacidade de formar gel, quando em presença de açúcar. Industrialmente, são utilizados a maçã e os frutos cítricos como principais fontes (matéria-prima) de obtenção da pectina, sendo apresentados na forma de pó. Podem, também ser apresentadas sob forma de concentrados, sendo que desta forma podem sofrer degradação, pois apresentam uma umidade mais elevada, chegando a perder atividade durante o armazenamento, além de ficarem suscetíveis à fermentação. Esta é a forma usualmente utilizada quando a pectina é feita de forma caseira estáveis (SILVA, 2008).

As pectinas se localizam principalmente em tecidos poucos rijos como no albedo das frutas cítricas e na polpa da beterraba (BOBBIO, 1992).

O uso de pectinas em alimentos é permitido em todos os países do mundo por ser um aditivo seguro sem dose/diária limite, sendo que a quantidade a ser usada depende apenas da textura desejada a um determinado produto. Esses polímeros podem ser utilizados em grande número de alimentos, atuando como agentes geleificantes, espessantes, emulsificantes, estabilizantes e, recentemente, como substituintes de açúcar e gordura em alimentos dietéticos. Esta multifuncionalidade das pectinas se origina da natureza de suas moléculas, com regiões polares e não-polares que tornam possível sua

incorporação em diversos sistemas alimentícios. Podem ser usadas em alimentos como geleias, sobremesas, bebidas dietéticas e molhos (CHEFTE, 2000).

### 2.2.1 Obtenção da pectina

A produção industrial de pectina cítrica brasileira teve início no ano de 1954, na cidade de Limeira (SP), idealizada por um italiano, na empresa Citropectina. Essa mesma indústria alterou o nome para Braspectina, em 1985, passou a Citrus Colloids S/A, em 1993 e, quando adquirida pelo grupo Hércules, em 1998, foi denominada CPKelco, sendo a única fábrica de pectina no País e maior produtora mundial de pectina cítrica (CHEFTE, 2000).

As substâncias pécticas são geralmente extraídas por métodos químicos e enzimáticos. A extração de pectina é um processo de múltiplos estágios físicos e químicos nos quais a hidrólise, a extração e a solubilização de macromoléculas do tecido vegetal são influenciadas por diversos fatores como temperatura, pH, tipo de ácido e tempo de extração (PAGAN et al., 2001). A pectina pode ser produzida a partir da mistura do extrato líquido com álcool, sendo precipitada, seca e triturada (MAY, 1990).

Embora as fontes mais usuais para a extração de pectina comercial sejam os albedos cítricos e o bagaço de maçã, as pectinas extraídas apresentam características diferentes (grau de esterificação, tamanho das partículas, conteúdo de açúcares, teor de cinzas e outros) e têm conseqüentemente propriedades funcionais diferentes, o que possibilita o estudo de fontes alternativas de extração. Atualmente, existem inúmeras pesquisas sobre extração de pectina de diferentes fontes, ressaltando-se o aproveitamento de resíduos de indústrias (SAHARI et al., 2003).

Fertonani et al. (2006) relatou um procedimento de extração ácida de pectina a partir do bagaço de maçã, onde foram feitos ensaios com 7 ácidos, tanto minerais quanto orgânicos, com diferentes concentrações, temperaturas e tempos. O presente estudo mostrou que o ácido nítrico foi o que apresentou os melhores resultados de rendimento de extração da pectina, em uma concentração de  $100\text{mmol.L}^{-1}$ ,  $97^{\circ}\text{C}$  com um tempo de extração de 10 minutos.

A produção industrial de pectina comercial pode ser considerada uma extração química, por hidrólise, com ácido mineral diluído a quente e as condições são variáveis em função da matéria-prima e características desejáveis da pectina extraída (MAY, 1990). Entretanto, é possível a extração de substâncias pécticas pela simples solubilização em meio aquoso (YAPO e KOFFI, 2006).

A alteração no protocolo usual de extração a frio apenas com água reduziria consideravelmente os custos com energia (tratamento térmico e desidratação da matéria-prima e aquecimento para extração) e aquisição do ácido.

A extração em meio ácido a quente é o método utilizado industrialmente para extração de pectinas a partir de resíduos industriais de sucos de frutas. Diferentes ácidos podem ser utilizados na extração. Em alguns países, os ácidos minerais são proibidos, sendo substituídos por cítrico, láctico ou tartárico (SAHARI et al., 2003).

Industrialmente, a pectina extraída é separada do bagaço utilizando prensas hidráulicas e/ou centrifugação. Algumas vezes, ocorre gelatinização do amido e é necessário tratamento enzimático preliminar com amilases. Subseqüentemente o extrato é filtrado e, finalmente, concentrado. Na preparação de pectinas em pó, o extrato líquido concentrado é tratado com solventes orgânicos ou certos sais metálicos para precipitar os polímeros (SAHARI et al., 2003).

Camargo (2008) determinou a percentagem das diferentes frações do maracujá-amarelo, bem como o rendimento da pectina extraída de cada uma das frações. A

extração ácida foi conduzida por aquecimento, numa razão soluto/solvente e ácido/solvente de 1:50, durante 40 minutos a 80 °C, com ácido nítrico 50 mM. Os ensaios foram realizados em triplicata. O rendimento de extração da pectina foi mais elevado no estágio em senescência (11%) e não houve variação estatística entre as médias dos rendimentos do maracujá verde com relação ao maduro e em senescência. Estudos posteriores deverão determinar a qualidade da pectina de acordo com o grau de maturação do fruto.

Yapo e Koffi (2008) encontraram média de 73% de fibra dietética total, com 60% correspondente à fração insolúvel, em material insolúvel em álcool obtido a partir da casca do maracujá. Esses mesmos autores determinaram que a parede celular da casca do maracujá consiste de 80% de polissacarídeos não-amiláceos, dos quais 42% de celulose, 25% de substâncias pécicas e 12% de hemiceluloses (YAPO; KOFFI, 2008).

Demais estudos sobre resíduos do maracujá-amarelo indicaram que o ácido linoleico predominou no óleo extraído do farelo das sementes de maracujá-amarelo. Esse farelo deslipidificado apresentou 15,62% de proteínas e teor de fibras de 58,98% (YAPO; KOFFI, 2008).

## 2.2.2 Poder de geleificação da pectina

O valor global de esterificação é um importante fator de influência sobre a geleificação, associado com outras variáveis interdependentes, como a massa molar, heterogeneidade, pH, grau de amidação, presença de açúcares e outros solutos (YAPO; KOFFI, 2008).

Devido à capacidade de geleificação depender do tamanho molecular e grau de esterificação, pectinas de diferentes fontes não apresentam a mesma habilidade de formação de gel em função das variações nestes parâmetros. Em consequência, a detecção de uma larga quantidade de pectina em uma fruta não é suficiente para qualificá-la como fonte comercial de pectina. Novas fontes potenciais permanecem não usuais em função de certas propriedades estruturais indesejáveis. A casca de maracujá tem sido estudada como matéria-prima alternativa para extração de pectina (YAPO, 2009).

No estado fresco, a matéria-prima pode ser propensa ao crescimento de fungos produtores de uma larga quantidade de enzimas pécicas. Quantidades significativas de pectinametilsterase nativa foram detectadas em cascas de frutos cítricos. Essa enzima, um contraste à fúngica, produz blocos de material desesterificado característica indesejável para algumas aplicações específicas. (MAY, 1990; THAKUR, 1997).

Em função da fonte da qual é extraída, a pectina varia consideravelmente em sua capacidade de formar géis, em função das diferenças de tamanho da cadeia de ácidos poligalacturônicos e do grau de esterificação de seus grupos carboxílicos. O procedimento de extração, localização da pectina no tecido da planta, e o teor de açúcares neutros presentes, determinam, igualmente, consideráveis variabilidades em suas características finais (BARRERA *et al.*, 2002).

Pectinas com rápida geleificação, com grau de metoxilação maior que 70% (DM > 70%), são tipicamente extraídas em pH 2,5 e 100 °C por 45 minutos. Pectinas com velocidade média ou lenta de geleificação (DM 60-70%) são extraídas em temperaturas mais baixas por períodos mais longos de tempo (por exemplo, 60 °C, 4h), visto que em baixas temperaturas o procedimento de desesterificação é mais rápido que a depolimerização. O extrato obtido tipicamente contém entre 0,3 e 0,5 % de pectina (THAKUR, 1997).

### 2.2.3 Pectina de resíduos do processamento do maracujá-amarelo

A preocupação com a disposição dos resíduos industriais de maracujá amarelo foi já manifestada em 1980, por Prasad, na Ilhas Fiji. Esse autor citou que as cascas frescas dessa fruta resultavam num rendimento de 2,4% de pectina, considerada de fraco valor comercial. A previsão anual de recuperação de pectina a partir desses resíduos seria de 4,5 toneladas. Nos últimos anos, a casca de maracujá tem sido estudada como matéria-prima alternativa para extração de pectina.

Peres *et al.* (2005) extraíram a pectina do albedo de maracujá sob refluxo a 80 °C por uma hora (razão soluto/solvente 1:50), com água acidificada com 5 mL de ácido nítrico 0,1N . Após rendimento médio de 15,7% na primeira extração, o albedo parcialmente esgotado foi novamente desidratado e utilizado para extração de pectina, resultando em 12,4%. Os autores concluíram que, potencialmente, cerca de 30% de pectina poderia ser extraída do albedo de maracujá-amarelo. Não foram feitos estudos sobre a qualidade dessa pectina. Quantidade semelhante de 27,8% foi relatada por Matsuura (2005), com redução do conteúdo metoxílico de 5,6% para 2,4% após processamento do albedo por imersão em salmoura associada a tratamento térmico.

D'Addosio *et al.* (2005), em estudo que analisou a influência do estado de maturação da casca e do ácido utilizado na extração de pectina da casca seca de maracujá-amarelo, em condições fixas de pH, temperatura e tempo de extração única, obtiveram o máximo rendimento de 18,45% com H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (NaPO<sub>3</sub>) 6 como agente de extração. A casca no estado de maturação amarelo apresentou o maior conteúdo de pectina, ainda que a extraída no estado de maturação verde esbranquiçada exibiu as melhores propriedades geleificantes.

Kliemann (2006) encontrou valores de 38% de rendimento na extração de pectina com ácido nítrico (razão 1:50, 90 min, 90 °C). O percentual médio de esterificação classifica a pectina como HM, com 75,68% de DE.

Yapo e Koffi (2006) realizaram a extração sequencial de pectina da casca de maracujá-amarelo, resultando pectinas ricas em ácido galacturônico com baixo grau de esterificação e conteúdos relativamente baixos de açúcares neutros e grupos acetila. As características de aplicação dessa pectina foram similares às pectinas cítricas de baixa metoxilação.

De acordo com Yapo e Koffi (2006), os polissacarídeos pécticos da parede celular da casca do maracujá são predominantemente homogalacturonanas, independentemente da natureza do agente extrator.

Yapo (2009) concluiu que tanto a concentração quanto o tipo de ácido (cítrico, nítrico ou sulfúrico) influenciam o rendimento de pectinas extraídas do albedo de maracujá-amarelo tratada com etanol antes da desidratação para produção da matéria-prima. O menor rendimento foi obtido com o ácido cítrico, entretanto essa pectina apresentou o maior grau de esterificação e média de massa molar, bem como as melhores propriedades reológicas, comparativamente aos ácidos nítrico e sulfúrico.

Em outro estudo conduzido pelo mesmo autor (YAPO, 2009), o suco de limão foi utilizado como agente ácido de extração de pectina, com obtenção de produto com características de qualidade superior às extraídas com ácido cítrico.

Ainda num terceiro trabalho, Yapo (2009) concluiu que a composição química, a massa molar média e sua distribuição e a capacidade de formação de gel da pectina extraída podem ser afetadas pelo método de isolamento e purificação. A precipitação por ligação com íons metálicos mostrou-se mais efetiva na purificação, mas gera grande volume de efluentes em escala industrial. O resíduo da precipitação com etanol pode ser facilmente gerenciado, sendo, na prática, ainda um método mais vantajoso que a

ultrafiltração-diafiltração com o uso de membranas efetivas para remoção de contaminantes pécnicos como cinzas, ácidos livres e componentes protéicos.

## **2.2.4 Emprego da pectina na indústria de alimentos**

A pectina tem a propriedade de formar um gel com o açúcar. Por esta razão, a pectina é utilizada em combinação com o açúcar como um agente espessante na indústria alimentar. Um uso bem conhecido da pectina está na produção de compotas. A maioria dos frutos contém pectina, mas não em quantidades suficientes para formar um gel grosso logo é necessário adicionar pectina para melhorar a qualidade da compota. A pectina é adicionado a um açúcar especial que pode ser usado especialmente para fazer compota (açúcar gelificante). A pectina e o açúcar formam uma rede quando aquecidas, isto não acontece a temperatura ambiente. Esta é a razão pela qual a compota engrossa enquanto ocorre o cozimento. O grupo de frutas que contem pectina suficiente para formar um gel é muito pequeno; um exemplo é a marmelada. Comercialmente a pectina é feita de maçã e de polpa de laranja.

Matsuura (2005) avaliou a adição do albedo de maracujá desidratado na elaboração de barra de cereais que, conseqüentemente, incorporará pectina ao produto, possibilitando o aproveitamento desse resíduo. A adição do albedo provocou aumentos da resistência ao corte e da dureza do produto, porém, as barras tiveram uma boa aceitação sensorial. As barras adicionadas de albedo não tiveram suas características físicas, químicas e físico-químicas alteradas durante o armazenamento.

No setor industrial, os polissacarídeos pécnicos promovem aumento de viscosidade e funcionam como colóide estabilizante e protetor em alimentos e bebidas, com aplicação em doces e geléias, preparações de frutas para iogurtes, bebidas e sucos de frutas concentrados, sobremesas de frutas e leite, produtos lácteos gelificados, produtos de confeitaria e produtos lácteos acidificados diretamente ou fermentados. Dentre outras propriedades estão a prevenção de flotação em preparados de frutas, a estabilidade de produtos de panificação, a estabilização protéica, a maciez a partir da melhoria da textura, o aumento do volume e o controle da sinérese (YAPO, 2009).

Como uso não alimentício, a pectina serve à produção de uma variedade de produtos especiais, incluindo filmes biodegradáveis e comestíveis, adesivos, substitutos de papel, espumas e plastificantes, agentes de superfície para produtos médicos, materiais para implantes biomédicos e sistemas de liberação de fármacos (YAPO, 2009).

O uso direto do pericarpo de maracujá-amarelo ou parte dele na alimentação humana também foi estudado. O albedo de maracujá-amarelo fresco foi utilizado para a produção de doce em calda, após maceração da casca para eliminação de substâncias que conferem sabor amargo à casca. O doce elaborado (55 °Brix) apresentou aceitabilidade acima de 80% para todas as faixas etárias, com maior preferência pelas crianças (OLIVEIRA *et al.*, 2002). Carvalho *et al.* (2005) propuseram uma alternativa de aproveitamento do albedo, a partir da produção de um novo produto obtido por desidratação osmótica e enfatizaram o elevado teor de pectina, associado à hipocolesterolemia.

## **2.3 Estabilizantes**

Estabilizantes são aditivos alimentares que asseguram as características físicas de emulsões e suspensões, sendo usualmente aplicadas em conservar, doces, sobremesas, laticínios, sopas, caldos concentrados, panificação, massas, alimentos processados, biscoitos, sorvetes e sucos.

Os estabilizantes mantêm as propriedades físicas dos alimentos, mantendo a homogeneidade dos produtos e impedindo a separação dos diferentes ingredientes que compõem sua fórmula. Frequentemente são mono e diglicerídeos, produzidos a partir de óleos vegetais, como a lecitina de soja.

### **2.3.1 Funções dos estabilizantes**

Os estabilizantes possuem muitas funções nos alimentos. São substâncias que também facilitam a dissolução, aumentam a viscosidade dos ingredientes, ajudam a evitar a formação de cristais que afetariam a textura (melhorando a mesma) e mantêm a aparência homogênea do produto. A grande maioria é formada por polissacarídeos ou, ainda, por proteínas. A formação e estabilização de espuma, em vários produtos, também é um efeito deste aditivo.

Os carboidratos são geralmente carboidratos grandes. Eles formam uma estrutura capaz de manter juntas substâncias menores nos alimentos, formando um produto mais estável. Este é o maior grupo de aditivos, muitos dos quais são substâncias naturais. Alteram ou controlam a consistência de um produto durante o resfriamento ou aquecimento, ou no armazenamento.

### **2.3.2 Tipos de estabilizantes**

Os principais agentes estabilizantes incluem os alginatos; Agar-agar; ácido metatartárico; fosfatos dissódico ou de potássio; gomas (adragante, arábica, caraia, Ester, guar, jataí, xantana); hidróxido de cálcio; alguns emulsificantes como lecitina; sulfato de cálcio; tartarato de sódio; BHA; caseína, entre outros.

Os estabilizantes mais utilizados na indústria alimentícia incluem a carragena, os alginatos, a caseína, a goma guar, a goma Jataí, a goma xantana, e a carboximetil celulose sódica (CMC).

#### **2.3.2.1 Goma Xantana**

A goma xantana é um polissacarídeo sintetizado por uma bactéria fitopatogênica do gênero *Xanthomonas*, tem extrema importância comercial. Esse polímero tem sido o mais utilizado em alimentos, no Brasil e no mundo. Foi aprovado pelo FDA (*Food and Drug Administration*) em 1969, sendo aplicado a inúmeros produtos em diferentes segmentos industriais, entre eles, alimentos, fármacos, cosméticos, químico e petroquímico, o que se deve principalmente a suas propriedades reológicas, que permitem a formação de soluções viscosas a baixas concentrações (0,05-1,0%), e estabilidade em ampla faixa de pH e temperatura.

O processo de produção da goma consiste nas etapas de obtenção do pré-inóculo, inóculo, fermentação, pasteurização, remoção das células, precipitação, separação e secagem da goma. O crescimento dos microorganismos e a produção da goma xantana são influenciados por fatores, tais como o tipo de reator, o modo de operação (batelada ou contínuo), composição do meio, e as condições da cultura (temperatura, pH e concentração de oxigênio dissolvido).

Devido à grande aplicação da goma xantana e ao seu amplo mercado mundial, várias pesquisas vêm sendo feitas para otimizar a produção através da seleção de novas

linhagens, da adequação das condições ótimas de crescimento celular, produção, recuperação e purificação desse polissacarídeo.

A goma xantana é um polissacarídeo de elevado interesse industrial, principalmente para as indústrias de alimentos, farmacêuticas e de petróleo. O interesse deve-se às suas propriedades físico-químicas, que superam todas as dos outros polissacarídeos disponíveis no mercado. Dentre estas propriedades destacam-se a sua elevada viscosidade em baixas concentrações, bem como sua estabilidade em ampla faixa de temperatura e de pH, mesmo na presença de sais.

A goma xantana é altamente estável em ampla faixa de pH, sendo afetada apenas com valores de pH  $>11$  e  $< 2,5$ . Essa estabilidade depende da concentração: quanto maior a concentração, maior a estabilidade da solução. A goma xantana é também estável em ampla faixa de temperatura (10°C a 90°C) e a viscosidade é pouco afetada na presença de sais. Após a esterilização (120°C/30 min) de produtos alimentícios contendo diferentes gomas, apenas 10% da viscosidade é perdida em produtos que contêm a goma xantana, redução inferior a observada nos produtos que contêm outros hidrocolóides, como a goma guar, alginato e carboximetilcelulose.

Uma importante propriedade da solução de goma xantana é a interação com galactomananas, tais como gomas locusta e guar. A adição de alguma dessas galactomananas numa solução de goma xantana a temperatura ambiente causa sinergismo, aumentando a viscosidade.

A goma xantana tem sido usada em uma extensa variedade de alimentos, por apresentar importantes propriedades, como: espessante de soluções aquosas, agente dispersante, estabilizadora de emulsões e suspensões, estabilizadora da temperatura do meio, propriedades reológicas e pseudoplásticas e compatibilidade com ingredientes alimentícios. Quando utilizada em baixas concentrações, gera estabilidade na estocagem, capacidade de resistência à água e apelo estético.

A goma xantana foi liberada pela FDA (*Food and Drug Administration*) em 1969, permitindo o uso da goma xantana na produção de alimentos FDA. O Comitê de Peritos das Organizações das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura/Organização Mundial da Saúde (FAO/WHO, 1990) declarou a aceitabilidade de ingestão diária da goma xantana (ADI). Além disso, muitos outros países têm aprovado a goma xantana para diversos usos alimentares.

A goma xantana é bastante utilizada como estabilizante para alimentos, como cremes, sucos artificiais, molhos para saladas, carne, frango ou peixe, assim como para xaropes e coberturas para sorvetes e sobremesas. Ainda apresenta compatibilidade com a maioria dos colóides usados em alimentos, incluindo o amido, fato que a torna ideal para a preparação de pães e outros produtos para panificação.

Um estudo realizado sobre o papel dos hidrocolóides na cremosidade de emulsões óleo em água mostra que a presença de goma xantana em concentrações muito baixas ( $< 0,075\%$ ) aumenta a cremosidade desse tipo de emulsão.

A goma xantana é usada na agricultura em suspensões, como agente estabilizante para herbicidas, pesticidas, fertilizantes e fungicidas. A alta viscosidade das soluções e a solubilidade em água do biopolímero têm assegurado importantes aplicações para a goma xantana na indústria de petróleo, onde é habitualmente usada em processo de perfurações para recuperação de óleo.

A goma xantana é, assim como muitas gomas (exceto o amido), não digerível em humanos, e serve para baixar o conteúdo calórico de alimentos e melhorar sua passagem através do trato gastrointestinal. O valor calórico da goma xantana é aproximadamente 0,6 kcal/g.

### 2.3.2.2 Goma Guar

A goma guar é retirada do endosperma do feijão do tipo guar: *Cyamopsis*. Sua principal propriedade é a capacidade de se hidratar rapidamente em água fria e atingir alta viscosidade. É usada como espessante de sopas, alimentos pobres em calorias e para aumentar o poder geleificante de outros espessantes.

É cultivado nos Estados Unidos, na Índia e no Paquistão. O resíduo de sua semente, depois de extraída a goma, é bastante valioso para a utilização em rações animais.

Além dessas vantagens, a goma guar é de baixo custo além de ser um bom espessante e estabilizante. Sua formação é constituída por moléculas de manose e galactose na proporção de 2:1. Dissolvem-se em água fria e geleifica quando em contato com borato.

A goma pode ser empregada em bebidas como estabilizantes, ou ainda, em sorvetes, pudins e coberturas para saladas, como espessante.

### 2.3.2.3 Carboximetil celulose sódica (CMC)

A carboximetilcelulose (CMC), normalmente apresentada na forma sódica (sal de sódio), como carboximetilcelulose de sódio, é um polímero aniônico derivado da celulose, muito solúvel em água, tanto a frio quanto a quente, na qual forma tanto soluções propriamente ditas quanto géis. Tem a excelente propriedade para aplicações em farmacologia e como aditivo alimentar de ser fisiologicamente inerte.

A CMC é aeróbica e anaerobicamente biodegradável por bactérias encontradas no meio ambiente, produzindo pequenas quantidades de fragmentos de CMC e açúcares. Porém sua biodegradabilidade varia de lenta a muito lenta.

A CMC surge a partir de celulose e monocloroacetato de sódio. Além de ser aquassolúvel, suas soluções apresentam viscosidade em elevadas faixas de valor do pH. Funcionam em grande escala, como estabilizantes em sorvetes proporcionando boa textura e corpo com boas propriedades de fusão. Em alimentos dietéticos são empregados como “agentes de corpo”.

A estrutura da CMC é baseada sobre o polímero de celulose de  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)-D-glucopiranosose. Diferentes preparações podem ter diferentes graus de substituição. O dito grau médio de substituição (GS) dos grupos hidroxila situa-se acima de 0,5<sup>[2]</sup> e pode ir até 0,9.

As moléculas de CMC são normalmente mais curtas, na média, que as moléculas da celulose original da qual é produzida, apresentando áreas de maior e menor substituição. Esta substituição é predominantemente ligada em 2-O- e 6-O-, seguida por ordem de importância por ligações em 2,6-di-O- e 3-O-, 3,6-di-O-, 2,3-di-O- e por último 2,3,6-tri-O-. Isto aparentemente ocorre porque a substituição é levemente cooperativa (nos resíduos), mais que um processo aleatório dando áreas insubstituídas e trisubstituídas em taxa levemente mais alta. As moléculas de CMC são mais estendidas em ramificações a baixas concentrações mas a mais altas concentrações as moléculas sobrepõe-se e ligam-se em espiraladas, e então, à altas concentrações, enredam-se para formar um gel termoreversível. Diminuindo a força iônica assim como reduzindo o pH, faz-se decrescer a viscosidade e causa ao polímero a disposição ainda mais espiralada.

A produção de CMC resulta do tratamento da celulose, via reação de Williamson, à pressão atmosférica (diferentemente dos outros ésteres da celulose), que se dá através de solução de hidróxido de sódio (NaOH) e monocloroacetato de sódio (ClCH<sub>2</sub>-COONa), resultando na substituição parcial de grupos hidroxilas da glicose pelo grupo -CH<sub>2</sub>-

COOH, o que atribui à tal celulose modificada qualidades de solubilidade e viscosidade em solução desejadas, facilitando a hidratação da molécula.

As fontes da celulose adequada ao processo são as mais variadas, podendo incluir o bagaço da cana-de-açúcar proveniente de usinas de produção de açúcar e álcool.

Aplicações do CMC:

- Espessante.
- Doador de viscosidade para algumas formulações de detergentes.
- Ligante.
- Estabilizante.
- Agente de suspensão.
- Retenção de água.
- Formação de filmes resistentes a óleos, graxas e solventes orgânicos.
- Meio suporte para imobilização de enzimas e/ou microrganismos.

### 2.3.3 Os estabilizantes e a legislação

Segundo a legislação brasileira, portaria Nº 540, de 27 de outubro de 1997, do Ministério da Saúde, estabilizante é a substância que torna possível a manutenção de uma dispersão uniforme de duas ou mais substâncias imiscíveis em um alimento. Pode-se dizer que o estabilizante favorece e mantém as características físicas das emulsões suspensões.

Os estabilizantes como todos os aditivos, devem ser declarados, formando parte da lista de ingredientes de cada produto. Nessa declaração deve constar, entre outras informações, a função principal ou fundamental do aditivo no alimento e seu nome completo, ou seu número de registro local.

Os aditivos autorizados como BPF encontram-se no regulamento técnico sobre aditivos utilizados segundo as boas práticas de fabricação e suas funções contidas na Resolução nº 386 - ANVS/MS, de 5 de agosto de 1999.

### 2.3.4 Uso dos estabilizantes em alimentos

Fontan *et al.* (2008), desenvolveu uma bebida Láctea não fermentada, à base de polpa de umbu e soro de queijo, semelhante à Umbuzada, verificando-se a influência do uso de diferentes tipos de espessantes em diferentes concentrações, nas características físico-químicas e sensoriais da bebida e na sua aceitação por consumidores, além de se estimar a vida útil da formulação mais aceita. Para isto, foram elaboradas sete formulações com três diferentes espessantes: bebidas com 0,6% e 1,2% de polvilho doce (PD 0,6% e PD 1,2%), com 0,6% e 1,2% de amido modificado (AM 0,6% e AM 1,2%), com 0,1% e 0,3% de carboximetilcelulose (CMC 0,1% e 0,3%) e uma formulação sem adição de espessante (CONTROLE).

Rossi et al (1990) com o propósito de obter um iogurte de soja com textura e aceitabilidade adequadas, desenvolveram 15 formulações com diferentes proporções de gelatina, goma guar e goma xantana e as estudou pela metodologia de superfície de resposta, visando estabelecer um sistema otimizado.

## 2.4 Propriedades reológicas

A ciência que estuda como a matéria se deforma ou escoia, quando está submetida a esforços originados por forças externas, denomina-se reologia. A viscosimetria consiste no segmento da mecânica dos fluidos capaz de determinar sua resposta reológica. A

resistência de um fluido contra qualquer mudança posicional de seu elemento volumétrico é responsável pela grandeza física conhecida por viscosidade (MACHADO, 2003).

Para definir a viscosidade matematicamente, Issac Newton utilizou o modelo de duas placas de áreas  $A$ , separadas por uma distância  $h$ , movimentadas através da aplicação de uma força  $F$ . A força ( $F$ ) requerida por unidade de área ( $A$ ) para manter uma diferença de velocidade entre as placas ( $dv/dx$ ) é diretamente proporcional ao gradiente de velocidade através do líquido. Assim, o coeficiente de proporcionalidade é igual à viscosidade ( $\eta$ ). A força por unidade de área é conhecida como tensão de cisalhamento ( $\tau$ ) e o gradiente de velocidade é conhecido como taxa de cisalhamento ( $\dot{\gamma}$ ) (FERREIRA et al. , 1999).

De uma maneira abrangente, os fluidos podem ser classificados reologicamente em Newtonianos e não-Newtonianos. Comportam-se como fluidos Newtonianos, os gases e os sistemas monofásicos e homogêneos. Nos fluidos Newtonianos, há proporcionalidade entre tensão cisalhante e a taxa de cisalhamento e uma única determinação experimental é suficiente para definir o único parâmetro reológico (MACHADO, 2003).

Os fluidos não-Newtonianos não apresentam uma relação linear entre a tensão cisalhante e a taxa de cisalhamento e, devido às interações entre seus componentes, os valores obtidos são considerados como viscosidade aparente. Os fluidos não-Newtonianos independentes do tempo podem ser classificados como: [1] pseudoplásticos, nos quais os valores de viscosidade aparente diminuem com o aumento da taxa de cisalhamento; [2] dilatantes, quando a viscosidade aparente aumenta com aumento da taxa de cisalhamento e [3] plásticos de Bingham, que necessitam de uma tensão finita inicial para que ocorra movimento das partículas. Há ainda fluidos com comportamentos reológicos dependentes do tempo: tixotrópico e o reopético (FERREIRA et al. , 1999).

As pectinas em soluções diluídas apresentam comportamento de fluidos Newtonianos, mas, em concentrações moderadas, exibem comportamento não-Newtoniano, resultando, nesse caso, em medidas de viscosidade aparente. Em geral, as pectinas, longas cadeias macromoleculares, mostram comportamento pseudoplástico, independente do seu grau de metoxilação. Assim, o decréscimo da viscosidade com o aumento da taxa de cisalhamento torna-se mais importante quando a concentração do polímero e a massa molar aumentam. Para baixas concentrações, a viscosidade é intimamente independente da tensão de cisalhamento. O desenvolvimento de novas determinações reológicas ampliou as possibilidades de caracterização da pectina em soluções e géis. Essas fornecem dados importantes como o fluxo do processo tecnológico para controle de qualidade ou padronização de produtos e a determinação de dados específicos para cada pectina, na pesquisa e no desenvolvimento de produto (MACHADO, 2003).

## **2.5 Extrusão termoplástica**

A extrusão termoplástica consiste em um processo térmico a uma temperatura elevada durante curto tempo, pelo qual, materiais amiláceos e/ou proteínicos umedecidos, expandíveis, são plasticizados e cozidos em um tubo, pela combinação de umidade, pressão, temperatura e cisalhamento mecânico (SMITH, 1979). É um processo contínuo e de um único estágio, que por envolver altas temperaturas e pressões, umidade e trabalho mecânico, promovem a transformação dos alimentos quanto as suas características químicas, físicas e nutricionais (ASCHERI, 1997; GUY, 2002; RIBAS et al., 2000).

A extrusão é simplesmente uma tecnologia de cocção alternativa que opera em base contínua para a conversão de formulações densas, à base de grãos, em produtos leves e crocantes, que os consumidores consideram prazerosos e nutritivos. Entretanto, em geral, os grãos nas fórmulas de cereais extrudados expandidos encontram-se na forma de farinha ou farelo (FAST e CALDWELL, 2000).

No processo de extrusão termoplástica ocorrem simultaneamente diversos processos, como a mistura, o cisalhamento, o cozimento e o modelamento. Sendo assim, a matéria-prima processada é submetida a diversas mudanças, entre as quais se destacam: hidratação de amidos e proteínas, homogeneização, gelatinização do amido, liquefação de gorduras, desnaturação de proteínas, destruição de fatores anti-nutricionais, inativação de enzimas, diminuição microbiana, plastificação e expansão do material processado para criar novas formas e texturas (EL-DASH, 1981; MERCIER e CANTARELLI, 1986; FELLOWS, 2000).

Na área de alimentos, o processo de extrusão termoplástica, considerado também como um processo HTST (High-Temperature, Short-Time), possibilita, com pouca ou nenhuma modificação dos equipamentos básicos e um controle apropriado do processo, a produção de uma grande variedade de produtos: cereais matinais, “snacks”, amidos modificados, produtos de confeitaria, proteínas vegetais texturizadas, produtos cárneos e rações animais (EL-DASH, 1981; CAMIRE; CAMIRE e KRUMHAR, 1990; CHANG et al., 2001). Esta técnica tem sido amplamente utilizada com matérias-primas como milho, trigo, arroz e, especialmente nos últimos anos, com soja (KADAN e PEPPERMAN, 2002; CHANG et al., 2001).

O extrusor é composto de cinco partes principais: um mecanismo de alimentação, que pode ser vertical ou horizontal; uma rosca ou um parafuso sem fim, que transporta a matéria-prima; um cilindro ou canhão, que serve para controlar a temperatura; a matriz, que modela o produto na forma desejada, e um mecanismo de corte, essencial para a formação do produto extrudado (EL-DASH, 1981).

A matéria-prima que entra no processo é convertida em uma massa fundida, devido às altas pressões e o grande cisalhamento, em temperaturas elevadas, dentro do extrusor, o que mantém a água em estado líquido. Quando essa massa sai pela matriz do extrusor, ao final do cilindro ou canhão, a água líquida supersaturada vaporiza instantaneamente, devido à mudança de pressão, passando o produto de uma massa fundida a um produto poroso, após a sua solidificação à temperatura ambiente (AREAS, 1992).

Vários pesquisadores têm estudado o efeito do processo de extrusão termoplástica sobre o amido. A maioria dos tratamentos térmicos em produtos amiláceos causa modificações físico-químicas nos grânulos de amido e seus constituintes, o que conduz a mudanças na textura e nas propriedades reológicas, além de deixar os produtos mais digeríveis e disponíveis (CHEFTEL, 1986). O amido é o maior componente dos cereais (40-90% b.s.), está presente nas células do endosperma, é insolúvel em água fria e sua principal propriedade nutricional é a de fornecer energia (4,4 kcal/g) (CHEFTEL, 1986). O grânulo de amido consiste de dois diferentes tipos de polímeros de glicose: amilose e amilopectina, responsáveis por suas propriedades físico-químicas e funcionais (CALDWELL et al., 2000). A amilose é um polímero basicamente linear, com ligações glicosídicas lineares  $\alpha$ -1-4 e grau de polimerização de 600 até 6000 unidades de glicose. A amilopectina é um polímero ramificado, com ligações glicosídicas lineares  $\alpha$ -1-4 e, nos pontos de ramificação, ligações glicosídicas  $\alpha$ -1-6, em uma proporção de 5-6%; consiste de aproximadamente 106 unidades de glicose. O amido contém diferentes proporções de amilose e amilopectina, dependendo

de sua origem botânica. O amido de cereais tem um conteúdo de amilose que varia de 15 a 28% (BORNET, 1993).

A extrusão termoplástica, dependendo das condições do processo e da composição da matéria-prima, causa o intumescimento e ruptura do grão de amido destruindo completamente a estrutura organizada do grânulo, diminuindo a viscosidade do meio e liberando amilose e amilopectina (EL-DASH, GONZALES e CIOL, 1983; CAMIRE; CAMIRE e KRUMHAR, 1990). Alguns pesquisadores determinaram, com a análise da viscosidade e do peso molecular após a extrusão termoplástica, que a amilose e a amilopectina são parcialmente hidrolisadas em maltodextrinas, devido às altas temperaturas e à grande força de cisalhamento dentro do extrusor (CHEFTEL, 1986; EL-DASH, GONZALES e CIOL, 1983).

Atualmente, processos termomecânicos, como a extrusão, estão sendo aplicados com o objetivo de melhorar as propriedades funcionais das fibras e incrementar seu nível de incorporação nos alimentos (CHANG et al., 2001; RUEDA; CHANG e MARTINEZ-BUSTOS, 2004).

Pesquisas têm mostrado que o cozimento de fibras por extrusão pode produzir mudanças em suas características estruturais e propriedades físico-químicas, sendo o efeito principal uma redistribuição da fibra insolúvel para fibra solúvel (CAMIRE; CAMIRE e KRUMHAR, 1990; GUILLON; BARRY e THIBAUT, 1992; LARREA; CHANG e MARTÍNEZ-BUSTOS, 2005).

Os cereais mais usados no processo de extrusão incluem: trigo, milho, arroz e derivados da batata como farinha e amido. Outros cereais e materiais ricos em amido de menor uso são: aveia, cevada, centeio, mandioca, sorgo, triticale, amaranto e quinoa (GUY, 2002). No caso de proteínas texturizadas, são usadas como matérias-primas sementes de oleaginosas, girassol, leguminosas (feijão e soja) e alguns subprodutos agroindustriais tais como farelo de arroz, quirera de arroz, pedúnculos de caju, torta de soja, farelo de trigo, subprodutos da extração de oleaginosas, farinha de pescado, resíduos de frutos do mar, entre outros (ASCHERI, 2000).

O processo de extrusão termoplástica tem proporcionado numerosas aplicações, sobretudo na indústria alimentícia, na qual há elaboração de produtos, tais como cereais matinais, petiscos, *snacks*, macarrões, alimentos à base de cereais enriquecidos com proteína, bebidas em pó e proteínas de soja texturizada, farinhas e amidos pré-gelatinizados utilizados na formulação de sopas de preparo rápido, bebidas lácteas, molhos semiprocessados, alimentos infantis, goma de mascar, produtos de confeitaria, entre outros. Esses produtos geralmente são elaborados a base de cereais e de amidos de raízes e tubérculos (BOONYASIRIKOOL e CHARUNUCH, 2000; CHEYNE, BARNES e WILSON, 2005; CHUANG e YEH, 2004).

A vantagem de usar arroz na elaboração de *snacks*, farinhas instantâneas e cereais matinais reside no fato de que o arroz é não alergênico, livre de glúten e naturalmente baixo em sódio, é uma fonte importante de vitaminas e minerais e tem aproximadamente 7% de proteína de alta qualidade e somente traços de lipídios (DZIEZAK, 1991; GÓMEZ, 1997).

## 2.6 Arroz

O arroz polido é obtido após diversas etapas, sendo as mais importantes, as seguintes: descascamento, brunimento e polimento. Através da descascagem separa-se a casca da cariopse obtendo-se o arroz integral e, após a separação da casca do restante do grão, inicia-se o polimento. Segundo Kennedy, Burlingame e Nguyen (2002), nesta última fase do processo separa-se o farelo do grão propriamente dito através de uma série

de cilindros, provocando a separação do germe e das camadas exteriores por abrasão, obtendo-se assim, o arroz branco.

O polimento melhora o sabor e a aparência do arroz, entretanto, por promover a perda das camadas de pericarpo, aleurona, subaleurona, embrião e pequena parte do endosperma, ele desencadeia perdas nutricionais, principalmente, vitaminas do complexo B, minerais e fibras alimentares.

O arroz é constituído principalmente por amido, apresentando quantidades menores de proteínas, lipídeos, fibras, açúcares livres e cinzas. Entretanto, a distribuição dos nutrientes não se dá de forma uniforme nas diferentes frações do grão. As camadas externas apresentam maiores concentrações de proteínas, lipídeos, fibras, minerais e vitaminas. Assim, o polimento resulta em redução no teor dos nutrientes, exceto de amido, originando as diferenças entre o arroz integral e o polido,

Sgarbieri (1996) afirma que em relação às vitaminas presentes no arroz, destacam-se as do complexo B, tais como tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantotênico, ácido fólico e biotina. E, para Dziezak (1991), o arroz também constitui boa fonte de minerais.

De acordo com Bryant et al. (2001), devido a propriedades como hipoalergenicidade, flavor suave e capacidade de carrear flavor, o arroz pode ser usado em produtos enriquecidos. Nesse sentido, o grão de arroz tem sido amplamente utilizado na elaboração de diferentes produtos industrializados.

Os grãos quebrados e a quirera, subprodutos do beneficiamento do arroz, possuem um baixo valor de mercado e constituem importante matéria-prima para a elaboração de uma série de produtos que podem ser desenvolvidos através do processo de extrusão, como constituinte principal ou ingrediente em formulações na elaboração de produtos para o consumo humano e animal (ASCHERI, 2000; SILVA, 2002).

Lima et al. (2000) determinaram a composição química e os valores de energia de subprodutos do beneficiamento do arroz e observaram que os teores de proteína bruta das quireras variaram de 7,70 a 8,72%, indicando que houve segregação das partículas durante o processamento do arroz, entretanto pouca variação foi observada em relação ao teor de gordura e fibra bruta entre as quireras. Com relação ao valor energético, a quirera moída finamente (964 µm) apresentou valor 7% maior do que as quireras média (1598 µm) e grossa (3197 µm). Os autores atribuíram a reduzida digestibilidade aparente apresentada pelos farelos de arroz integral e desengordurado aos elevados teores de fibra bruta presente nestes subprodutos. O aumento do valor de energia metabolizável do farelo de arroz integral ocorreu devido à presença do óleo (15,30%), comparado ao farelo desengordurado, sendo similar àquele verificado com a adição de quirera de arroz ao farelo integral.

Analisando os dados dispostos na Quadro 3 com relação ao coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, observa-se que apenas as quireras e o arroz vermelho apresentam valor superior a 95%, com destaque para a quirera de arroz fina (99%), que se apresentou como um subproduto com excelente potencial de utilização tanto para elaboração de produtos para consumo humano quanto para animais (TEBA, 2009).

**Quadro 3.** Composição química e valores de subprodutos do beneficiamento do arroz.

|                   | <b>QAF</b> | <b>QAM</b> | <b>QAG</b> | <b>AV</b> | <b>FAI</b> | <b>FAD</b> | <b>FAIQ</b> |
|-------------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-------------|
| Matéria Seca, %   | 86,68      | 86,20      | 86,32      | 85,80     | 87,24      | 90,68      | 86,14       |
| CDAMS, %          | 99,04      | 95,84      | 97,66      | 97,39     | 61,52      | 56,93      | 83,82       |
| Proteína bruta, % | 7,71       | 8,04       | 8,72       | 8,61      | 11,54      | 15,33      | 7,40        |
| Extrato etéreo, % | 1,13       | 0,74       | 0,74       | 1,29      | 15,30      | 0,96       | 3,18        |
| Fibra bruta, %    | 0,48       | 0,42       | 0,61       | 0,38      | 10,98      | 9,82       | 4,84        |
| Cinza, %          | 0,53       | 0,43       | 0,53       | 0,55      | 8,96       | 10,43      | 2,52        |
| Ca, %             | 0,01       | 0,01       | 0,01       | 0,01      | 0,03       | 0,11       | 0,03        |
| P total, %        | 0,21       | 0,15       | 0,12       | 0,11      | 1,87       | 1,93       | 0,34        |
| Cu, mg/Kg         | 1,71       | 1,63       | 2,24       | 2,64      | 4,19       | 20,18      | 2,46        |
| Fe, mg/Kg         | 9,73       | 8,51       | 15,65      | 26,53     | 82,65      | 286,87     | 93,35       |
| Mn, mg/Kg         | 9,31       | 7,95       | 8,58       | 7,93      | 103,46     | ND         | 36,58       |
| Zn, mg/Kg         | 16,18      | 15,67      | 17,05      | 18,33     | 53,89      | 73,74      | 35,42       |
| Bruta             | 3711,00    | 3686,00    | 3687,00    | 3616,00   | 4425,00    | 3358,00    | 3664,00     |
| Digestível        | 3693,00    | 3504,00    | 3523,00    | 3443,00   | 3040,00    | 2243,00    | 2969,00     |
| Metabolizável     | 3644,00    | 3406,00    | 3404,00    | 3443,00   | 2989,00    | 2199,00    | 2942,00     |

CDAMS: Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca.

QAF: Quirera de arroz fina; QAM: Quirera de arroz média; QAG: Quirera de arroz grossa.

AV: Arroz vermelho; FAI: Farelo de arroz integral; FAD: Farelo de arroz desengordurado.

FAIQ: Farelo de arroz integral com quirera.

ND = Não determinado.

Fonte: Teba et al. (2009).

A farinha de arroz, por apresentar características especiais, como pequeno tamanho dos grânulos de amido, alta proporção de amidos facilmente digeríveis, ampla faixa de teor de amilose, textura suave com o cozimento e sabor brando, pode ser explorado na formulação de novos produtos, tais como alimentos infantis instantâneos, produtos cárneos, embutido, cereais matinais, macarrão, sobremesas, flans, dentre outros (BARBOSA et al., 2006; DORS, CASTIGLIONI; JULIANO e HICKS, 1996; NABESHIMA e EL-DASH, 2004; WANG et al., 1999).

## 2.7 Análise Sensorial

Tal aumento no consumo de bebidas prontas para o consumo decorre da busca do consumidor por produtos saudáveis e práticos, das novas tecnologias de produção que possibilitam a obtenção de bebidas com melhores características sensoriais e da oferta constante de produtos com sabores diferenciados (RODRIGUES, 2003).

Inúmeras tecnologias têm mostrado êxito na obtenção de extratos com melhores características sensoriais, porém foi constatado que sua aceitação é aumentada quando associados a aditivos, ingredientes ou a outra matéria-prima que confira características de sabor e aroma diferentes daqueles inerentes ao extrato puro (RODRIGUES, 2003).

Em alguns países orientais são comercializadas bebidas à base de arroz, conhecidas como extrato, “leite” ou bebida de arroz, caracterizadas como um produto de sabor suave e levemente adocicado, decorrente da hidrólise do amido em maltose e em outros açúcares, pela ação de enzimas. A tecnologia é factível, o que favorece a sua produção em regiões onde a produção de arroz é expressiva, como no Brasil, ampliando e diversificando o consumo deste cereal.

A qualidade sensorial dos produtos é um dos fatores mais importantes, por ser decisiva na escolha de bebidas à base de soja pelo consumidor, especialmente relacionada ao atributo sabor, que se sobrepõem às demais propriedades sensoriais (BORRMANN et al., 2006).

Jaekel et. al. (2008), teve como objetivos avaliar as características físico-químicas e sensorial das bebidas de soja e arroz. Foram desenvolvidas três formulações com diferentes proporções de extratos de soja e de arroz (30:70, 50:50 e 70:30, m/m), padronizando-se o teor de sólidos solúveis em 10° Brix, por adição de sacarose. A bebida 70S:30A apresentou teores significativamente maiores de proteínas, cinzas, fibra bruta, pH, acidez e menores de açúcares redutores e totais. A mesma bebida salientou-se também sensorialmente, apresentando maior preferência e índice de aceitabilidade. É possível elaborar bebida de soja e arroz com características tecnológicas, nutricionais e sensoriais adequadas.

Branco et. al. (2007), desenvolveu uma bebida à base de extrato aquoso de soja, polpa de morango e sacarose com o propósito de obter um produto que agregue as propriedades nutricionais da soja e propriedades nutricionais e sensoriais da polpa de morango. Foram elaboradas sete formulações com a finalidade de verificar o efeito das concentrações de polpa de morango e sacarose nas características sensoriais de cor, sabor e viscosidade. Na análise sensorial foi utilizado o teste de aceitação com utilização de escala hedônica de sete pontos. A análise da variância mostrou que existe diferença significativa entre as formulações ( $p \leq 0,05$ ), ao nível de 5% de significância, em relação à cor, sabor e viscosidade.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados nos laboratórios de Moagem, Reologia, Físico-Química, Microbiologia e na Planta de Extrusão, da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) Agroindústria de Alimentos, localizada em Guaratiba, no município do Rio de Janeiro/RJ, assim como no laboratório de processamento de alimentos, localizado no Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América, no período de agosto de 2011 a janeiro de 2015.

#### 3.1 Obtenção das matérias-primas

##### 3.1.1 Arroz

O arroz (*Oryza sativa*, L.), tipo 1, polido, sob a forma de grãos quebrados, foi adquirido no comércio local da cidade do Rio de Janeiro, mantidos à temperatura ambiente até o processo de moagem.

##### 3.1.2 Maracujá

O maracujá amarelo semi-maduro (*Passiflora edulis Flavicarpa Degener*) foi adquirido no comércio local da cidade do Rio de Janeiro. A coleta dos frutos para a extração da casca e do albedo foi feita durante a safra de novembro de 2012.

#### 3.2 Delineamento Experimental

Foram consideradas as variáveis independentes: proporção de farinha de maracujá (FM) e da farinha de arroz branco (FA), umidade da mistura (FM:FA) e temperatura da terceira zona de aquecimento do extrusor.

Para analisar o efeito combinado dessas variáveis nas características tecnológicas dos extrudados, nas propriedades físicas e nos parâmetros de extrusão, estabeleceu-se um experimento estatisticamente delineado em metodologia de superfície de resposta do tipo central composto rotacional de 2ª ordem (BOX, HUNTER e HUNTER, 1978).

Os parâmetros do processo estabelecidos como variáveis independentes foram estudados em três níveis codificados em (-1, 0, +1) calculados de acordo com a equação 1:

$$x_i = \left( \frac{X_i - Z}{\Delta X_i} \right) \quad (1)$$

Onde:

$x_i$  = valor codificado da variável  $X_i$

$X_i$  = valor real da variável

$Z$  = valor real da variável no ponto central

$\Delta X_i$  = valor do intervalo de variação do  $x_i$

O delineamento apresentou dois níveis de variáveis axiais, codificados como  $-\alpha$  e  $+\alpha$ . O valor de  $\alpha$  depende da função ( $F = 2^k$ ) do número de variáveis independentes ( $k = 3$ ), no caso deste experimento, sendo o valor definido pela equação abaixo:

$$\alpha = (F)^{1/4} = (2^k)^{1/4} = (2^3)^{1/4} = 1,682 \quad (2)$$

A escolha do número de ensaios em um experimento central composto baseado em um experimento fatorial completo é dada pela seguinte expressão:  $n = 2^k + 2^k + m$ , onde:

$2k$  = número de pontos fatoriais  
 $2k$  = número de pontos axiais (de estrela)  
 $m$  = número de replicações do ponto central

Assim, as unidades experimentais estudadas ficaram distribuídas da seguinte forma:

$2k = 23 = 8$  pontos fatoriais  
 $2k = 2 \times 3 = 6$  pontos axiais  
 $m = 5$  replicações do ponto central  
 Totalizando, portanto, 19 unidades experimentais.

Os valores máximos e mínimos de cada variável independente foram estabelecidos dentro das possibilidades operacionais do processo de extrusão e com base em estudos anteriores.

Para análise de resultados experimentais, a metodologia descreve o comportamento de um sistema no qual estão combinadas as variáveis independentes ( $X_k$ ), a variável dependente ou resposta ( $Y_i$ ). A resposta é uma função dos níveis nos quais estes fatores foram combinados e definidos por Box e Draper (1967) como se segue na equação abaixo:

$$Y_i = F(X_1, X_2, \dots, X_k) \quad (3)$$

Através de uma análise de regressão, pode ser ajustado para cada resposta ( $Y$ ) um polinômio de segunda ordem como as variáveis explicativas ( $X_k$ ). A expressão geral utilizada para prever o comportamento de cada resposta avaliada pode ser escrita da seguinte forma:

$$Y_i = [\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \epsilon] \quad (4)$$

Onde:

$Y_i$  = função resposta;

$X_1, X_2, X_3$  = valores das variáveis independentes;

$\beta_0$  = coeficiente relativo à interpretação do plano com o eixo resposta;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$  = coeficientes lineares estimados pelo método dos mínimos quadrados;

$\beta_{11}, \beta_{22}, \beta_{33}$  = coeficientes das variáveis quadráticas;

$\beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{23}$  = coeficientes de interação entre as variáveis independentes;

$\epsilon$  = erro experimental.

Tanto os níveis codificados quanto os axiais e os fatores têm seus valores reais

**Tabela 1.** Níveis dos fatores temperatura (T), umidade (U), formulação (F) e os correspondentes níveis codificados (X)

| X     | $-\alpha=1,682$ | -1  | 0   | +1  | $+\alpha=1,682$ |
|-------|-----------------|-----|-----|-----|-----------------|
| T(°C) | 126,36          | 140 | 160 | 180 | 193,64          |
| U(%)  | 15,318          | 16  | 17  | 18  | 18,682          |
| F (%) | 1,59            | 5   | 10  | 15  | 18,41           |

apresentados na Tabela 1 e o delineamento experimental completo na Tabela 2. As faixas entre o limite inferior e o superior, para cada variável, foram determinadas com base em dados da literatura, e, considerando também, as condições operacionais do extrusor utilizado.

**Tabela 2.** Delineamento experimental com variáveis codificadas e decodificadas.

| Tratamento | Variáveis codificadas |                |                | Variáveis Decodificadas |             |                |
|------------|-----------------------|----------------|----------------|-------------------------|-------------|----------------|
|            | X <sub>1</sub>        | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | Temperatura (°C)        | Umidade (%) | Formulação (%) |
| 1          | -1                    | -1             | -1             | 140                     | 16          | 5              |
| 2          | 1                     | -1             | -1             | 180                     | 16          | 5              |
| 3          | -1                    | 1              | -1             | 140                     | 18          | 5              |
| 4          | 1                     | 1              | -1             | 180                     | 18          | 5              |
| 5          | -1                    | -1             | 1              | 140                     | 16          | 15             |
| 6          | 1                     | -1             | 1              | 180                     | 16          | 15             |
| 7          | -1                    | 1              | 1              | 140                     | 18          | 15             |
| 8          | 1                     | 1              | 1              | 180                     | 18          | 15             |
| 9          | 0                     | 0              | 0              | 160                     | 17          | 10             |
| 10         | 0                     | 0              | 0              | 160                     | 17          | 10             |
| 11         | 0                     | 0              | 0              | 160                     | 17          | 10             |
| 12         | 0                     | 0              | 0              | 160                     | 17          | 10             |
| 13         | 0                     | 0              | 0              | 160                     | 17          | 10             |
| 14         | - $\alpha$            | 0              | 0              | 126                     | 17          | 10             |
| 15         | $\alpha$              | 0              | 0              | 194                     | 17          | 10             |
| 16         | 0                     | - $\alpha$     | 0              | 160                     | 15          | 10             |
| 17         | 0                     | A              | 0              | 160                     | 19          | 10             |
| 18         | 0                     | 0              | - $\alpha$     | 160                     | 17          | 2              |
| 19         | 0                     | 0              | A              | 160                     | 17          | 18             |

### 3.3 Análise estatística

O ajuste dos dados experimentais ao modelo utilizado foi testado pela análise de variância (ANOVA) a partir do uso do teste de distribuição F a 5 % de probabilidade segundo o qual, um modelo de regressão é significativo quando o valor do teste F calculado é maior ou igual ao do teste F tabelado e, quanto maior o teste F calculado, mais preditivo é o modelo (BOX e WETZ, 1973).

O processamento dos dados e a análise estatística foram realizados com auxílio do programa computacional *Statistica*, versão 7.0 (STATSOFT INC., 2001), com as variáveis independentes codificadas.

Os gráficos de superfície de resposta foram desenhados para os métodos de índice de expansão, análise de solubilidade em água e viscosidade em água, com auxílio do programa *Statistica*, versão 7.0, por meio do modelo matemático proposto nos níveis reais das variáveis, mantendo-se a resposta em função do eixo Z, com eixos X e Y representando as variáveis independentes, ao mesmo tempo em que as demais variáveis foram mantidas constantes no ponto central (correspondente ao nível codificado 0).

Para as variáveis resposta que não geraram modelo preditivo e nem tendência, isto é, quando o valor do coeficiente de regressão (R<sup>2</sup>) foi inferior a 0,70, os resultados foram discutidos através de comparação de médias analisadas pelo teste de *Tukey* (GOMES, 2000), utilizando o programa STATISTICA 7.0.

Além da verificação dos parâmetros de ajuste dos modelos matemáticos, as demais análises foram realizadas em triplicata, sendo os resultados obtidos submetidos à

análise de variância (ANOVA) e a diferença estatística das médias ao teste de *Tukey* (nível de 5% de significância), utilizando-se o programa computacional STATISTICA 7.0.

### 3.4 Condicionamento das Matérias-Primas

As misturas de farinha de arroz branco polido e concentrado farinha da casca do maracujá foram condicionadas para os diferentes níveis de umidade e formulação, conforme o delineamento experimental descrito na Tabela 2.

O teor de umidade inicial das farinhas mistas foi determinado por gravimetria através da dessecação do material a 105 °C até peso constante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

Após a determinação da umidade das farinhas mistas, foi utilizada a equação a seguir para estabelecer a quantidade de água a ser adicionada às amostras, a fim de se alcançar os níveis de umidade estabelecidos para cada formulação.

$$Y = \left[ \frac{(U_f - U_i) \times P_a}{100 - U_f} \right] \quad (5)$$

Onde:

**Y** = quantidade de água potável a ser adicionada (mL)

**U<sub>f</sub>** = umidade final da amostra (%)

**U<sub>i</sub>** = umidade inicial da amostra (%)

**P<sub>a</sub>** = peso da amostra (g)

A água potável foi adicionada lentamente às amostras, e, em seguida, foi realizada a homogeneização das mesmas. Todas as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos individuais e armazenadas sob refrigeração durante um tempo médio de 18 horas, para se obter distribuição e absorção mais uniforme da água. Após este período, as farinhas mistas foram submetidas ao processo de extrusão.

### 3.5 Processo de extrusão termoplástica

#### 3.5.1 Condições do processamento

A extrusão foi realizada na Planta Piloto IV (Cereais) da Embrapa Agroindústria de Alimentos, no Rio de Janeiro em Julho de 2012.

Para a elaboração dos extrudados de arroz e farinha da casca do maracujá utilizou-se um extrusor modelo 19/20DN (Brabender, Duisburg, Alemanha), de parafuso único, equipado com resistências elétricas nas três zonas de aquecimento ao longo do cilindro controladas por termostato, um sistema de alimentação cônico de parafuso único com velocidade controlada em rpm e um registrador de pressão na saída da matriz (Figura 2).

Os parâmetros constantes utilizados no processo de extrusão foram os seguintes: velocidade de rotação do parafuso - 160 rpm, taxa de compressão do parafuso de 3:1, taxa de alimentação de 4,0 kg.h<sup>-1</sup> e matriz de saída circular de 3 mm de diâmetro.

A temperatura da zona 1 foi mantida fixa em 60 °C e a zona 2 teve sua temperatura sustentada durante todo o processo de extrusão em 120 °C, enquanto a temperatura da zona 3 variou conforme o delineamento experimental (Tabela 2).



**Figura 2.** Extrusor monorosca, modelo 19/20 DN (Brabender, Duisburg, Alemanha) utilizado para a produção dos extrudados expandidos de arroz e farinha da casca do maracujá (Créditos: Carla da Silva Teba).

### 3.5.2 Extrusão termoplástica

O processo de extrusão de cada amostra, previamente condicionada como descrito anteriormente, foi iniciado após as três zonas do parafuso (alimentação, transição e alta pressão) alcançarem as temperaturas desejadas, além da pressão estar estabilizada.

A mistura de cada amostra foi colocada no alimentador e a extrusão foi iniciada. Uma vez atingido o equilíbrio no processo, verificado no painel de controle das temperaturas delineadas, e através da observação da homogeneidade do material, o produto extrudado foi coletado e disposto em bandeja plástica, como mostra a figura abaixo (Figura 3).



**Figura 3.** Extrudados expandidos de arroz e farinha da casca do maracujá coletados durante o processo de extrusão termoplástica (Créditos: Carla da Silva Teba).

Logo após a extrusão de cada amostra, os respectivos extrudados foram encaminhados para secagem em estufa com circulação forçada de ar (Fabbe-Primar, São Paulo, SP, Brasil), com temperatura de 60 °C, durante 4h e 30 min, a fim de que a umidade final dos extrudados atingisse 4 a 7 %.

Após atingir temperatura ambiente, os extrudados foram armazenados em local fresco e seco em embalagens impermeáveis de polietileno até serem submetidos à avaliação física, assim como à moagem para obtenção das farinhas mistas pré-gelatinizadas. As farinhas mistas originadas foram armazenadas em câmara fria (5 a 8 °C) até a realização das análises químicas, físicas, microbiológicas e tecnológicas.

Para a realização de algumas das análises, tais como viscosidade de pasta, índice de solubilidade em água, índice de absorção de água, composição centesimal, perfil de minerais, foi necessária a moagem dos extrudados em dois moinhos de discos; inicialmente utilizou-se um com abertura de peneira equivalente a 1,0 mm, da marca Laboratory Mill 3600, e posteriormente outro com abertura de peneira de 0,8 mm, da marca Perten 3600 (1680 rpm), obtendo-se assim a farinha dos extrudados.

A partir dos dados obtidos na caracterização dos extrudados foram elaborados modelos matemáticos de regressão que expressam a relação entre as condições empregadas e os valores obtidos para índice de expansão radial, índice de expansão volumétrica, índice de solubilidade em água e índice de absorção de água dos extrudados após os tratamentos (Tabela 2).

### **3.5.3 Obtenção da Farinha de Arroz Instantânea**

Os grãos de arroz quebrados foram moídos em moinho faca martelo (Treu, Rio de Janeiro, Brasil) equipado com peneira com furos de 1 mm de diâmetro e acondicionados em sacos plásticos no Laboratório de extrusão da Embrapa Agroindústria de Alimentos.

A determinação da distribuição granulométrica da farinha de arroz foi determinada em um analisador e tamanho de partícula a laser Analysette 22 (Fritsch, Idar-Oberstein, Alemanha).

### **3.5.4 Produção da farinha de casca e albedo de maracujá**

As cascas foram lavadas em água corrente, para retirada de sujeiras e sanitizadas com água clorada (50 ppm de cloro residual livre). Foi feita a divisão do maracujá ao meio, em seguida o descascamento e a separação do epicarpo (parte amarela da casca) e do mesocarpo (parte branca da casca -albedo). As cascas e o albedo foram pesados e acondicionados em sacos plásticos no laboratório de extrusão da Embrapa Agroindústria de Alimentos/RJ. As cascas e o albedo foram retirados dos sacos plásticos. Em seguida, as cascas e o albedo cortados e submetidos a um processo de secagem em estufa elétrica com circulação de ar aquecido, a uma temperatura de 70°C, por um período de 24 horas, sendo em seguida mantida a temperatura ambiente. Posteriormente o albedo e as cascas foram moídos em moinho de facas-martelo Marca TREU, obtendo-se a farinha mista da casca e albedo com granulometria adequada.

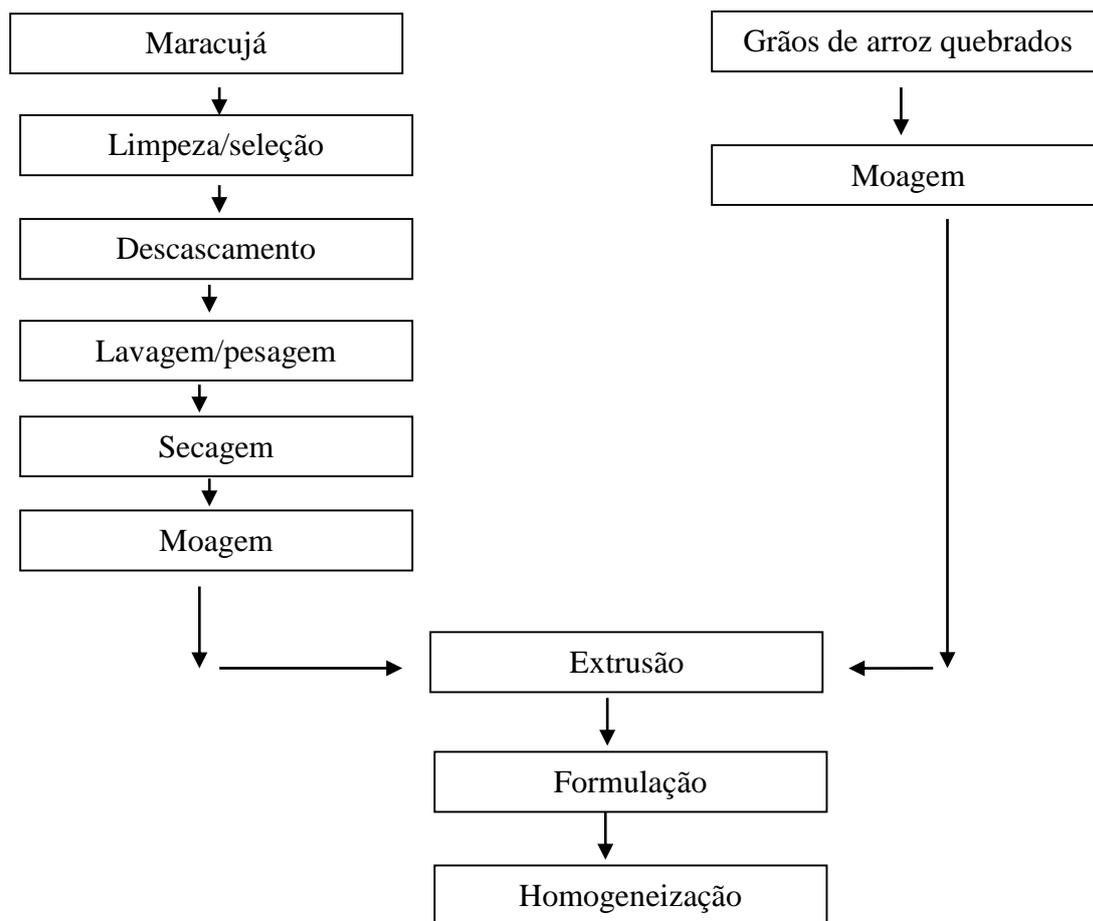
A determinação da distribuição granulométrica da farinha de bagaço do maracujá foi determinada em um analisador e tamanho de partícula a laser Analysette 22 (Fritsch, Idar-Oberstein, Alemanha).

A farinha mista da casca e albedo foi acondicionada em sacos plásticos, e armazenada a temperatura ambiente para o estudo de sua estabilidade. Misturas de 5, 10 e 15% de farinha de maracujá (casca/albedo) com arroz foram extrudadas e consideradas como materiais para o estudo das bebidas formuladas.

### **3.6 Elaboração da bebida a base de farinha extrudada de arroz/maracujá com adição dos estabilizantes (pectina e CMC)**

O processo para obtenção da bebida mista de farinha extrudada de arroz e maracujá, constituiu-se de: extrusão da farinha mista nas proporções 5, 10 e 15% e formulação nas proporções estudadas 100% farinha de arroz, 95:5, 90:10 e 85:15 de farinha de arroz:farinha de maracujá de 12 gramas de farinha extrudada, 16 gramas de açúcar mascavo, 1 g de pectina, 1 grama de baunilha em pó e 162 ml de água, seguido de homogeneização a 5000 psi e 12 gramas de farinha extrudada, 16 gramas de açúcar mascavo, 0,5 de CMC, 1 grama de baunilha em pó e 162 ml de água, seguido de homogeneização a 5000 psi. As 8 amostras obtidas foram avaliadas por análise reológica e análise sensorial para se estabelecer a bebida preferida.

A figura 3 apresenta o fluxograma do processamento das bebidas mistas extrudadas de farinha de arroz e maracujá.



**Figura 4.** Fluxograma de processamento de bebida mista extrudada de farinha de arroz e maracujá.

### 3.7 Caracterização química das matérias-primas e das farinhas extrudadas selecionadas

#### 3.7.1 Composição centesimal

As análises de composição das matérias primas: cascas e albedo de maracujá e grãos quebrados de arroz, assim como das farinhas extrudadas selecionadas (T1, T6, T10, T19) foram realizadas em triplicata.

Foram realizadas as seguintes análises:

- Umidade (AOAC, 2005, método 934.01);
- Extrato etéreo (AOCS, 2009, método Am 5-04);
- Nitrogênio total (AACC, 1995, método 46-13), pelo método tradicional Kjeldahl, utilizando mistura de catalisador  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$  e Se. Para a titulação foi utilizado  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , na concentração de 0,1N;
- Cinzas (AOAC, 2005, método 923.03), com incineração em mufla
- Fibra bruta (Silva e Queiroz, 2006).

Para o cálculo da proteína a partir do teor de nitrogênio total foram usados fatores de conversão da FAO/73 (GREENFIELD e SOUTHGATE, 1992), sendo 5,95 para o arroz e 6,38 para o concentrado proteico de soro de leite bovino e farinhas mistas extrudadas.

O valor calórico foi expresso em Kcal.100g<sup>-1</sup> e foi calculado empregando-se os fatores de conversão de ATWATER, de 4 Kcal.g<sup>-1</sup> para proteína e carboidratos e de 9 Kcal.g<sup>-1</sup> para lipídeos (USDA, 2006).

As análises foram realizadas no laboratório de análise físico-química da Embrapa Agroindústria de Alimentos– RJ.

### **3.7.2 Composição em minerais**

Foram realizadas análises em duplicata para determinação do teor de cálcio, cobre, ferro, fósforo, magnésio, manganês, potássio, sódio e zinco, de acordo com a metodologia proposta pela AOAC (2005), método 990.08, item 9.2.39, nas matérias-primas e farinhas farinhas extrudadas selecionadas (T1, T6, T10, T19), no Laboratório de Minerais da Embrapa Agroindústria de Alimentos.

A quantificação dos minerais foi realizada em espectrofotômetro de emissão de plasma ICP Spectroflama Flame (Alemanha), sendo a determinação feita por espectrometria de emissão atômica, após digestão completa da amostra em bloco digestor (método 975.03, item 3.2.05). O teor de minerais foi determinado pelo Método de digestão por micro-ondas Millestone (EUA) e a leitura seguindo a AOAC (2005).

### **3.7.3 Digestibilidade protéica in vitro IVPD**

A digestibilidade protéica *in vitro* foi realizada no United State Department of Agriculture, empregando-se a técnica descrita por Akesson & Stahmann (1964). A digestibilidade encontrada para caseína foi determinada como padrão e seu valor considerado como 100%. A digestibilidade das farinhas foi corrigida em relação a caseína e os resultados expressos em porcentagem.

### **3.7.4 Análise de Capacidade Antioxidante e Análise de Totais Fenólicos Solúveis**

O método DPPH foi adaptado de Brand-Williams et al. (1995), com ligeira modificação e o método FRAP descrito por BENZIE & STRAIN (1999). Foi utilizado o mesmo extrato metanol usado para compostos fenólicos. Um total de 50 µl de amostra (metanol para o controle) reagiu com 2,950 mL de 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH, 103,2 M em metanol absorvância de 1,2 a 515 nm) num agitador cobertas à temperatura ambiente. As amostras foram deixadas reagindo até que as condições de estado estacionário fossem atingidas. O espectrofotômetro foi calibrado com metanol e a absorvância a 515 nm foi lida. A capacidade antioxidante foi calculada medindo a diminuição da absorvância das amostras, em comparação com as amostras de metanol, e quantificação como equivalentes de Trolox µg a partir de uma curva padrão desenvolvido para Trolox (pontos: 0, 37,5, 75, 150, 225, 300, 450, 600, e 750 µg / mL), e expressos como µg Trolox por grama de produto.

O método utilizado para a capacidade antioxidante dos compostos fenólicos foi adaptado de Swain e Hillis (1959). Foram homogeneizados 5g de farinha com 20 ml de metanol utilizando um Waring Blender Laboratório cercar de gelo durante 1 min. Os tubos foram tapados e armazenados durante 24 horas a 4 ° C. Os líquidos foram centrifugados a 29.000 rpm durante 15 min a 4 ° C. 150 µL alíquotas das amostras foram

tomadas a partir do sobrenadante e, em seguida, diluída em frascos castanhos com 2400 mL de água, seguido por 150 mL de 0,25 N de Folin-Ciocalteu e incubada durante 3 minutos à temperatura ambiente. A reação foi parada pela adição de 300 µl de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1 N, e a mistura foi incubada 25 min. A absorvância foi lida a 725 nm. Um branco preparado com metanol foi utilizado como controle. O nível de compostos fenólicos totais de cada amostra foi determinada utilizando uma curva padrão (pontos: 0,01, 0,025, 0,05, 0,075, 0,1, e 0,125 mg GA / ml) desenvolvido com ácido gálico e expresso como ácido gálico mg por 100 g de produto.

### **3.8 Caracterização microbiológicas das matérias-primas e das farinhas extrudadas selecionadas**

As análises microbiológicas foram realizadas nas formulações 1, 6, 10 e 19, em duplicata com três repetições visando a determinação da vida útil das farinhas. Foi utilizada a metodologia descrita pelo *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods* (APHA, 2001) para análises de: Salmonella sp, contagem de Coliformes totais, presença de Coliformes termotolerantes, fungos filamentosos e leveduras durante os períodos de 0, 15, 30 e 45 dias. Essas análises foram realizadas pelo Laboratório de Microbiologia da Empresa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

#### **3.8.1 Vida útil da farinha de mista extrudada de arroz e maracujá**

As avaliações quanto as características microbiológicas, odor, aparência da farinha de cascas e albedo de maracujá e arroz foram realizadas em duplicatas, após o processamento e, a cada 15 dias de armazenamento, durante um período de 45 dias, no Laboratório de Análise Sensorial e Instrumental da Embrapa Agroindústria de Alimentos.

### **3.9 Caracterização Física das Matérias-Primas e Extrudados**

#### **3.9.1 Índice de expansão**

Os extrudados expandidos diretos em formato cilíndrico foram avaliados quanto aos índices de expansão radial e volumétrico segundo Alvarez-Martinez et al. (1988).

O índice de expansão (IE) foi calculado nas 19 amostras extrudadas pela razão entre o diâmetro do extrudado e o diâmetro da matriz do extrusor. As medidas dos diâmetros foram efetuadas nas superfícies mais uniformes dos expandidos, com auxílio de um paquímetro. O valor considerado foi obtido através da média aritmética de 10 medidas para cada uma das 19 amostras estudadas, segundo a metodologia proposta por Faubion et al. (1982) e calculado pela equação 6:

$$IE = \frac{\text{Diâmetro do extrusado (mm)}}{\text{Diâmetro da matriz (mm)}} \quad (6)$$

### 3.9.2 Análise de cor instrumental



A análise instrumental de cor foi realizada por transmitância no aparelho Color Quest XE, escala CIELAB e CIELCh, com abertura de 0,375mm de diâmetro, com iluminante D65/10.

Os parâmetros de cor medidos são:

- $L^*$  = luminosidade (0 = preto e 100 = branco)
- $a^*$  (-80 até zero = verde, do zero ao +100 = vermelho)
- $b^*$  (-100 até zero = azul, do zero ao +70 = amarelo)
- $C^*$  chroma =  $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$  em um sistema de coordenadas polares
- $h^\circ$  ângulo hue =  $\arctan(b^*/a^*)$  em um sistema de coordenadas polares

As amostras foram dispostas em cubeta de Quartzo de 10mm para a realização do teste. São realizadas 4 repetições em cada amostra.

### 3.9.3 Avaliação por imagem dos extrudados expandidos

As amostras foram visualizadas através de um scanner, conforme proposto por Tan, Gao e Hsieh (1994).

Para a avaliação da estrutura macroscópica, amostras de cada extrudado expandido foram cortadas radialmente.

## 3.10 Características Tecnológicas Funcionais das Farinhas Mistas Extrudadas

### 3.10.1 Índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA)

As determinações dos índices de absorção de água e solubilidade em água foram realizadas segundo os princípios básicos do método descrito por Anderson et al. (1969) modificado, em quadruplicata, em todos os tratamentos.

Para a realização destas análises, em tubos de centrífuga, previamente tarados, foram pesada cerca de 1 g de cada amostra, em base seca, e com granulometria de 105  $\mu\text{m}$ . Foram adicionados 10 mL de água destilada e o material foi homogeneizado. Em seguida, a fim de garantir a homogeneização perfeita do material, foi realizada a agitação mecânica dos tubos em um agitador tipo Vortex (marca Geni 2, Scientific Industries), durante 15 seg.

Posteriormente, os tubos foram levados para um agitador horizontal mecânico, da marca Eberback 625, tipo Shaker Bath (São Paulo, Brasil) por 30 min e após este período foram centrifugados por 15 min sob rotação de 3500 rpm em centrífuga (Hermle, modelo Z383). O líquido sobrenadante obtido após a centrifugação foi vertido cuidadosamente sobre uma placa de Petri previamente tarada, e transferido para uma estufa com circulação

de ar a 105 °C por 4 horas. Depois, as placas foram transferidas para um dessecador por 30 min para resfriar e atingir a temperatura ambiente e, em seguida, foram pesadas.

A equação 2 foi utilizada para o cálculo do índice de solubilidade em água está abaixo descrita na equação 7:

$$ISA = \left[ \frac{\text{Peso do resíduo da evaporação (g)}}{\text{Peso da amostra (g)}} \right] \times 100 = \% \quad (7)$$

Logo após a retirada do líquido sobrenadante, os tubos foram pesados e assim, juntamente com o peso da amostra e o peso do resíduo que se solubilizou na água destilada, foi encontrado o IAA do material extrudado.

O cálculo para este índice foi realizado de acordo com a equação 8 abaixo descrita:

$$IAA = \left[ \frac{\text{Peso do resíduo da centrifugação (g)}}{\text{Peso da amostra (g)}} \right] = \text{g gel / g matéria seca} \quad (8)$$

### 3.10.2 Viscosidade de pasta das matérias primas e dos extrudados

A viscosidade de pasta das amostras foi determinada com o uso do analisador rápido de viscosidade (Rapid Visco Analyser – RVA), série 4, da marca *Newport Scientific*, provido do software *Thermocline for Windows*, utilizando-se a sua metodologia para materiais extrudados. As análises foram realizadas em duplicata, para cada tratamento.

Para a realização desta análise, as amostras extrudadas e secas foram moídas em moinho de disco e peneiradas no agitador de peneiras RO-TAP modelo RX-29-10. A fração retida entre as peneiras de 125 e 250 µm foi utilizada para esta análise, pois segundo Becker, Hill e Mitchell (2001) a diferença do tamanho de partículas entre as amostras pode ocasionar má interpretação dos resultados obtidos.

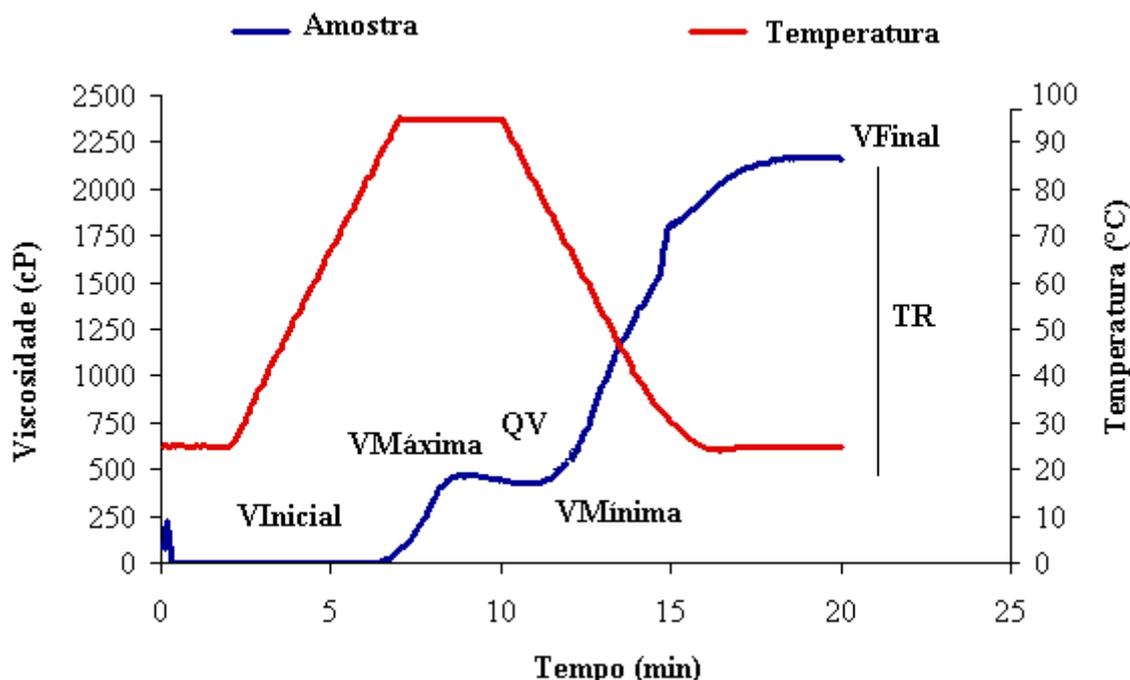
Foram utilizadas 3g de farinha extrudada, com umidade corrigida para 14 %, em base úmida, e em seguida foi adicionada água destilada até a obtenção do peso final de 28 g, conforme metodologia descrita por Ascheri et al. (2006).

O perfil de análise utilizado foi “*extrusion 1 no-alcohol*”, que apresenta como característica a manutenção inicial do sistema a 25 °C durante 2 minutos. O aquecimento ocorre em seguida e aos sete minutos a temperatura máxima é atingida (95 °C), onde permanece por 3 minutos. Logo após, o resfriamento é iniciado até a temperatura de 25 °C, totalizando vinte minutos de análise.

Para interpretação dos amilogramas foram utilizados os seguintes parâmetros, como mostrado na Figura 5:

- Viscosidade inicial ou viscosidade a frio (VInicial): é o valor da viscosidade em cP (Centipoise), na temperatura de 25 °C, no início do ciclo de aquecimento;
- Viscosidade máxima (VMáxima): é o valor da viscosidade no ponto máximo da curva, obtido durante o ciclo de aquecimento, expresso em cP;
- Viscosidade mínima após o ciclo de aquecimento a 95 °C (VMínima);
- Quebra de viscosidade (QV) ou “*Breakdown*”: é a diferença entre a viscosidade máxima e mínima durante a manutenção a 95 °C;

- e) Viscosidade final no ciclo de resfriamento (VFinal): é o valor da viscosidade em cP, ao final da análise (a 25 °C);
- f) Tendência à retrogradação (TR) ou “Setback”: é a diferença entre a viscosidade final e o menor valor de viscosidade durante a manutenção à 95 °C.



**Figura 5.** Parâmetros que serão avaliados na curva viscoamilográfica da farinha mista extrudada de arroz e maracuja

### 3.11 Caracterização das Propriedades de Microestrutura

#### 3.11.1 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A análise da microestrutura das farinhas mistas extrudadas selecionadas foi realizada em um microscópio eletrônico de varredura (MEV), modelo TM 3000 Hitachi (Tóquio, Japão), acoplado com o sistema de energia dispersiva de raios-X Quanta EDS (Bruker, Karlsruhe, Alemanha), utilizando aumentos de 100x e 600x.

Uma pequena quantidade de amostra foi colocada sobre fita adesiva de carbono, aderida a um disco metálico e este levado ao MEV. As amostras assim preparadas foram observadas em microscópio.

### 3.12 Caracterização Reológica, Tamanho de partícula e Análise Sensorial realizadas nas bebidas selecionadas

#### 3.12.1 Análise Reológica

Determinou-se o comportamento reológico das bebidas em reômetro oscilatório MARS (Thermo Haake, Alemanha) de forma a entender o comportamento reológico da

farinha extrudada de arroz e maracujá, foi utilizado o probe Z40 DINVA. As medidas foram realizadas na temperatura de 25°C, ajustada mediante banho termostático acoplado ao equipamento.

As análises reológicas foram realizadas com variação de taxa de deformação de 0 a 500 s<sup>-1</sup> (curva ascendente) e de 500 a 0 s<sup>-1</sup> (curva descendente), com tempo de 3 minutos e leitura de 25 pontos para cada curva. As leituras foram efetuadas em triplicata, sendo utilizada nova amostra a cada medida.

Para relacionar os dados de tensão de cisalhamento e taxa de deformação foram utilizados os modelos de Ostwald de Waele e Herschel-Bulkley.

### **3.12.2 Análise de tamanho de partícula**

Analisou-se a influência do tempo de homogeneização sobre o tamanho de partícula das amostras de bebidas formuladas. Uma redução do tamanho é desejada. Um volume de 200 ml das amostras de referência foi preparado e homogeneizado a 5000 rpm com um Polytron PT MR3100 Kinematica (Littau, Lucerna, Suíça). Cada 5 mL de amostra foi homogeneizada durante 0, 1, 3, 6, 9 e 12 minutos a 4 ° C. As medições do tamanho das partículas foram realizadas em duplicata, em um analisador de tamanho de partículas modelo LA-900 Horiba (Kyoto, Japão) no laboratório de análise instrumental do United State Department of Agriculture (USDA), nas amostras de bebidas formuladas selecionadas. A medição foi feita a 20°C. O tamanho das partículas foi determinado em 10-20 gotas de amostra colocado na câmara de medição com 1 litro de água desionizada. O tamanho das partículas foi calculado com base em um índice de refração de 1,49.

### **3.12.3 Avaliação Sensorial**

As bebidas de farinha de arroz e maracuja foram submetidas a teste de consumidor para identificação da bebida preferida. As oito formulações foram processadas na Planta piloto do United State Department of Agriculture (USDA), no dia anterior ao teste (Novembro/2014) e mantidas em geladeira. Oitenta consumidores de bebidas não alcoólicas, sendo 49 mulheres e 31 homens com idade entre 18 e 65 anos, foram convidados a participar do estudo. Cerca de 40 ml de cada produto foram colocados em copos plásticos de 50 ml, codificados com números de três dígitos e servidos aos participantes a temperatura entre 6-8°C, sob luz branca. Junto às amostras foi oferecida água mineral à temperatura ambiente para a limpeza do palato, o termo de consentimento livre e esclarecido, as fichas de avaliação dos produtos e a ficha de identificação do participante (ANEXO 2), sendo utilizada uma ficha de controle dos provadores (ANEXO 4). Utilizou-se uma escala Hedônica de 9 pontos variando de ‘gostei extremamente’ a ‘desgostei extremamente’.

O teste foi realizado nas cabines de prova do Laboratório de Análise Sensorial do United State Department of Agriculture (USDA). Os dados da avaliação sensorial foram analisados primeiro através da ANOVA considerando consumidor e amostra como causas da variação e posterior teste de *Turkey* para checar diferenças entre as médias.

|   |                   |                              |         |        |
|---|-------------------|------------------------------|---------|--------|
| Nome :  |                   | Produto : Bebida de maracujá |         |        |
| Provador N° :   |                   | Sexo :                       | Idade : | Data : |
| Instruções :<br>Experimente a bebida, logo marque com un X no ponto na qual você considera que melhor descreve o que você sentiu da amostra apresentada |                   |                              |         |        |
| SCORE*  | Codigo da Amostra |                              |         |        |
|   | 326               | 845                          | 963     | 522    |
| (9)Gostei extremamente  |                   |                              |         |        |
| (8) Gostei muito  |                   |                              |         |        |
| (7)Gostei moderadamente   |                   |                              |         |        |
| (6)Gostei ligeiramente  |                   |                              |         |        |
| (5) Nem gostei, nem desgostei   |                   |                              |         |        |
| (4)Desgostei ligeiramente   |                   |                              |         |        |
| (3)Desgostei moderadamente  |                   |                              |         |        |
| (2) Desgostei muito   |                   |                              |         |        |
| (1)Desgostei extremamente   |                   |                              |         |        |

**Figura 6.** Modelo da ficha utilizada para Analise Sensorial

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização química das matérias-primas e das farinhas extrudadas selecionadas

#### 4.1.1 Composição centesimal

Os resultados da composição centesimal dos tratamentos extrudados encontram-se na Tabela 3.

**Tabela 3.** Caracterização química da farinha mista extrudada de arroz e maracujá

| Categorias               | Farinha pré-gelatinizada de casca e albedo: farinha de arroz |       |       |       |       |       |
|--------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|
|                          | T1*  | T6*   | T10*  | T19*  | TFM*  | TFA*  |
| Umidade(g/100g)          | 5,71   | 5,19  | 5,54  | 5,28  | 6,6   | 12,54 |
| Cinzas(g/100g)           | 0,78   | 1,15  | 1,57  | 1,69  | 8,07  | 1,06  |
| Proteínas(g/100g)        | 6,96   | 7,19  | 7,07  | 7,07  | 7,53  | 6,8   |
| Extrato Etéreo(g/100g)   | ND*  | ND*   | ND*   | ND*   | 0,54  | ND*   |
| Carboidratos(g/100g)     | 82,97  | 78,76 | 75,1  | 74,03 | 26,05 | 82,66 |
| Fibra Alimentar (g/100g) | 3,58   | 7,71  | 10,72 | 11,93 | 56,76 | 1,10  |

ND: Não detectável; \* Média de três determinações; TFM = farinha maracujá; TFA = farinha de arroz; T1 = 5% de farinha de maracujá; T6 = 10% de farinha de maracujá; T10 = 15% de farinha de maracujá; T19 = 18% de farinha de maracujá

Os resultados obtidos a partir da análise química da farinha mista extrudada de arroz/casca de maracujá mostrou que o maracujá é rico em fibra alimentar, onde a amostra continha 18% de farinha casca e albedo de maracujá atingiu 12% de fibra alimentar (Tabela 4), valor típico de alimentos ricos em fibras. De acordo com o BFRA (2013), todos os produtos alimentícios, que fornecem, pelo menos, 3g ou 15g de fibra dietética, respectivamente, são considerados como uma boa fonte de fibra dietética (BFRA, 2013).

Segundo Santana (2005), a casca seca e albedo de maracujá, apresentou 90,23% de fibra total, sendo 72% de fibra insolúvel e fibra solúvel 18%. Estes dados demonstram uma excelente oportunidade para a incorporação de casca e albedo farinha de maracujá na formulação de extrusão para melhorar a concentração de fibra alimentar em extrudados. É importante notar que o maracujá contém cerca de 0,5% de pectina (base úmida) (THAKUR et al., 2014). Que podem influenciar as características dos produtos finais.

O teor de proteína na farinha de casca e albedo do maracujá encontrado foi de 7,53% e na farinha do arroz foi de aproximadamente, 6,8% e as farinhas mistas extrudadas variou 6,96-7,07%. Em termos gerais pode-se afirmar que as farinhas estão com teores de cerca de 7% de proteína, o que poderia ser considerado um alto valor proteico.

Observou-se que o teor em cinzas, o que representa o teor total de minerais nos alimentos, foi mais elevada para a farinha de maracujá com uma média de 8,07%, enquanto que os valores das farinhas extrudadas foram muito mais baixos, 0,78 (T1),

1,15% (T6), 1,57% (T10) e 1,69% (T19). Isso provavelmente ocorreu por causa das farinhas extrudadas terem maior percentual de farinha de arroz na formulação. Os resultados obtidos por Gondim (2005) e Córdova (2005) citam os estudos de cascas de maracujá, com teores de cinza 4,61 e 8,08, sendo então, superiores ao valor encontrado neste estudo, que pode ser atribuído a determinada a fatores externos como variedades, condições de cultivo, entre outras possibilidades Com referência aos teores de lipídios nos extrudados, não houve limite de detecção nas amostras.

A casca e albedo de maracujá, não deve ser mais ser considerada como resíduo, uma vez que suas características e propriedades funcionais podem ser utilizadas para o desenvolvimento de novos produtos.

#### 4.1.2 Composição em minerais

Os resultados obtidos mostraram que os minerais com maior teor em todas as amostras foram o potássio e o fósforo. As amostras T10 e T19 apresentaram maior teor de cálcio e ferro quando comparada às demais amostras. Porém as amostras T1 e T6 apresentaram altos teores de sódio do que as amostras T10 e T19. Os teores de magnésio, fósforo, manganês, zinco e cobre não variaram entre as amostras extrudadas, porém foram maiores na amostra de farinha de maracujá, assim como para todos os outros minerais, como mostra a Tabela 4.

**Tabela 4.** Teores médios (mg/kg) de minerais da farinha de maracujá, farinha de arroz e farinhas mistas extrudadas

| Categorias       | Farinha pré-gelatinizada de casca e albedo:farinha de arroz |         |         |         |          |
|------------------|---|---------|---------|---------|----------|
|                  | T1*   | T6*     | T10*    | T19*    | TFM*     |
| Potássio (mg/kg) | 2912,13   | 4883,97 | 6890,82 | 7648,38 | 37623,62 |
| Magnésio (mg/kg) | 381,62  | 498,55  | 435,86  | 497,18  | 1314,89  |
| Cálcio (mg/kg)   | 229,98  | 355,89  | 584,89  | 587,21  | 2971,01  |
| Fósforo (mg/kg)  | 1236,39   | 1193,96 | 1206,45 | 1178,72 | 893,42   |
| Manganês (mg/kg) | 10,03   | 9,99    | 10,00   | 10,13   | 10,15    |
| Ferro (mg/kg)    | 12,25   | 14,59   | 22,14   | 22,16   | 44,00    |
| Zinco (mg/kg)    | 15,67   | 15,72   | 15,90   | 15,90   | 18,49    |
| Cobre (mg/kg)    | 1,94  | 1,99    | 1,97    | 2,01    | 2,40     |
| Chumbo (mg/kg)   | ND*   | ND*     | ND*     | ND*     | ND*      |
| Sódio (mg/kg)    | 451,74  | 305,74  | 184,23  | 188,18  | 74,2     |

\*Médias de três resultados

ND: Não detectável; \* Média de três determinações; TFM = farinha maracuja; T1 = 5% de farinha de maracujá; T6 = 10% de farinha de maracujá; T10 = 15% de farinha de maracujá; T19 = 18% de farinha de maracujá

#### 4.1.3 Digestibilidade protéica

Em geral, os valores de digestibilidade protéica (IVPD) das farinhas extrudadas mistas de arroz e maracujá foram muito semelhantes, com valores entre 85% e 86% (Tabela 5). A amostra de caseína que foi utilizada como amostra controle apresentou uma digestibilidade proteica de cerca de 89%, diferindo significativamente das amostras extrudadas. Não houve diferença significativa entre as amostras de farinhas extrudadas mistas de arroz e maracujá.

**Tabela 5.** Resultados de digestibilidade protéica das farinhas mistas extrudadas de arroz e maracujá

| Tratamentos | Digestibilidade protéica* |
|-------------|---------------------------|
| Caseína     | 89.21±0.11 <sup>a</sup>   |
| TFM         | 85,67±0.16 <sup>b</sup>   |
| T 1         | 85.42±0.06 <sup>b</sup>   |
| T 6         | 85.16±0.18 <sup>b</sup>   |
| T 10        | 85.23±0.04 <sup>b</sup>   |
| T 19        | 85.50±0.15 <sup>b</sup>   |

\* Média de três determinações; TFM = farinha maracuja; T1 = 5% de farinha de maracujá; T6 = 10% de farinha de maracujá; T10 = 15% de farinha de maracujá; T19 = 18% de farinha de maracujá

A redução da digestibilidade protéica parece ser um resultado de uma combinação de cisalhamento, calor e pressão durante a extrusão. Tem sido sugerido que o baixo digestibilidade da proteína pode resultar de mudanças nas próprias proteínas durante o cozimento (DUODU et al., 2002). Durante a extrusão, a proteína aumenta a sua susceptibilidade para a hidrólise enzimática e, portanto, melhora a digestibilidade por desnaturação. No entanto, algumas reações não enzimáticas podem diminuir a digestibilidade (MORARU E KOKINI, 2003). O processo de extrusão não influencia o teor total de proteínas, mesmo em condições de extrusão elevadas (ONWULATA et al., 2000). Além disso, estes investigadores concluíram que, embora a quantidade de proteína desnaturada tenha aumentado com o aumento da temperatura, a desnaturação teve um efeito global mínimo sobre a digestibilidade da proteína. O valor de digestibilidade de farinhas extrudadas relatado por estes investigadores variou de 84% a 88%. Isto é muito semelhante aos valores encontrados nesta pesquisa. Provavelmente, as diferenças entre o acima e os resultados desta investigação foram devido às diferentes temperaturas utilizadas durante a extrusão e a matérias-primas utilizadas.

#### 4.1.4 Analise de Total fenólicos e Analise de Capacidade Antioxidante

O conteúdo de polifenóis totais na farinha da casca de maracujá sem extrusão (Tabela 6) foi semelhante ao encontrado em outras cascas de frutas (tangor, limão, kumquat, calamondin, pamplemousses e bergamota de 1882±65 a 7667±57µg g-1) (RAMFUL et al., 2010). Porém após a extrusão houve uma redução significativa no teor de polifenóis totais. Em geral, o teor de polifenóis neste tipo de subproduto mostrou-se superior ao encontrado na porção comestível da polpa dos frutos (TEHRANIFAR et al., 2011), possivelmente porque os polifenóis são metabólitos secundários dos vegetais, os quais estão geralmente envolvidos na defesa contra a radiação ultravioleta ou a agressão por agentes patogênicos. Aos compostos fenólicos encontrados na casca do maracujá, têm sido atribuídos efeitos anti-inflamatório (ZERAİK et al., 2011; ZERAİK et al., 2012) e anti-hipertensivo (LEWIS et al., 2013).

Em geral a farinha da casca de maracujá apresentou melhor capacidade antioxidante do que as farinhas mistas extrudadas de arroz e maracujá, sendo significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ), porém quando comparado os dois métodos utilizados a avaliada pelo método DPPH, mostrou menor atividade antioxidante do que quando avaliado pela técnica FRAP.

**Tabela 6.** Avaliação da atividade antioxidante e do teor de compostos fenólicos totais da farinha obtida da casca do maracujá *Passiflora edulis* e nas farinhas extrudadas

| Componente     | Farinhas                  |                           |                           |                           |                           |
|----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                | TFM                       | T1                        | T6                        | T10                       | T19                       |
| Fenóis totais* | 2,30 ± 0,01 <sup>a</sup>  | 1,15 ± 0,07 <sup>b</sup>  | 1,14 ± 0,21 <sup>b</sup>  | 1,08 ± 0,17 <sup>b</sup>  | 1,11 ± 0,17 <sup>b</sup>  |
| DPPH (%)**     | 32,5 ± 0,22 <sup>a</sup>  | 25,34 ± 0,03 <sup>b</sup> | 25,65 ± 0,24 <sup>b</sup> | 25,72 ± 0,18 <sup>b</sup> | 25,87 ± 0,09 <sup>b</sup> |
| FRAP**         | 38,65 ± 0,15 <sup>a</sup> | 27,12 ± 0,01 <sup>b</sup> | 26,98 ± 0,08 <sup>b</sup> | 27,09 ± 0,14 <sup>b</sup> | 27,04 ± 0,25 <sup>b</sup> |

\*(mg equivalentes de ácido gálico EAG g-1 de amostra);

\*\*( $\mu$ mol Trolox equivalentes TE g-1 de amostra).

Letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística ( $P < 0,05$ ).

TFM = farinha maracujá; T1 = 5% de farinha de maracujá; T6 = 10% de farinha de maracujá; T10 = 15% de farinha de maracujá; T19 = 18% de farinha de maracujá

## 4.2 Caracterização microbiológica das matérias-primas e das farinhas extrudadas selecionadas

### 4.2.1 Caracterização Microbiológica

Os resultados das análises microbiológicas das diferentes misturas da farinha de cascas e albedo de maracujá e arroz (*Salmonella*, Coliformes totais e termotolerantes, fungos filamentosos e leveduras) encontram-se na Tabela 7.

**Tabela 7.** Valores médios de *Salmonella* sp, Coliformes totais e termotolerantes, Fungos filamentosos e leveduras da farinha de cascas e albedo de maracujá e arroz e seus valores de referência de acordo com a Resolução RDC nº12 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2003).

| Microorganismos                                 | Amostra T1                     | Amostra T6                     | Amostra T10                    | Amostra T19                    | Valores de Referência |
|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Coliformes totais (NMP) 0 dias                  | <3                             | <3                             | <3                             | <3                             | Sem padrão            |
| Coliformes termotolerantes (NMP) 0 dias         | <3                             | <3                             | <3                             | <3                             | Ausência em 1g        |
| Fungos filamentosos e leveduras (UFC/g) 0 dias  | <1,0x10 <sup>-1</sup> estimado | <1,0x10 <sup>-1</sup> estimado | <1,0x10 <sup>-1</sup> estimado | <1,0x10 <sup>-1</sup> estimado | 15 a 150 UFC/g        |
| Fungos filamentosos e leveduras (UFC/g) 15 dias | <1,0x10 <sup>-1</sup> estimado | <1,0x10 <sup>-1</sup> estimado | <1,0x10 <sup>-1</sup> estimado | <1,0x10 <sup>-1</sup> estimado | 15 a 150 UFC/g        |
| Fungos filamentosos e leveduras (UFC/g) 30 dias | 1,6x10 <sup>4</sup>            | 2,0x10 <sup>3</sup>            | <1,0x10 <sup>1</sup>           | <1,0x10 <sup>1</sup> estimado  | 15 a 150 UFC/g        |
| Fungos filamentosos e leveduras (UFC/g) 45 dias | 1,0x10 <sup>2</sup>            | <1,0x10 <sup>1</sup> estimado  | <1,0x10 <sup>1</sup> estimado  | <1,0x10 <sup>1</sup> estimado  | 15 a 150 UFC/g        |
| <i>Salmonella</i> sp. 0 dias                    | Ausência em 25g                | Ausência em 25g                | Ausência em 25g                | Ausência em 25g                | 15 a 150 UFC/g        |

O resultado obtido para Coliformes totais apresentou valores menores que < 3 NMP para os tratamentos T1, T6, T10 e T19. A Resolução nº 12/2001 não estabelece padrões microbiológicos para este grupo.

Com relação aos Coliformes termotolerantes, os valores encontravam-se menores que 3 NMP, estando em conformidade com os padrões estabelecidos pela resolução nº 12/2001.

Para fungos filamentosos e leveduras, os valores encontrados nos tempos 0, 15 e 45 dias de vida útil das farinhas (entre  $<1,0 \times 10^{-1}$  e  $<1,0 \times 10^{-2}$ ) foi considerado dentro do padrão conforme a Resolução nº 12/2001, que estabelece valores entre 15 e 150 UFC/g como padrão máximo para esta categoria de micro-organismos. Estes resultados mostram que houve a aplicação de boas práticas de fabricação no processamento do maracujá e arroz, bem como na obtenção da farinha.

Não foi encontrada *Salmonella* sp. na farinha, atendendo, portanto, à legislação vigente (Resolução nº 12/2001) que determina ausência em 25g.

Não houve mudanças quanto à aparência e ao odor característicos da farinha, desde o início da elaboração (0 dia) até o último dia de vida útil estabelecido no presente estudo (45 dias).

### **4.3 Caracterização Física das Matérias-Primas e Extrudados**

Na Tabela 8, 13,15 e 19, são apresentados resultados de IER, IEV, IAA, ISA e RVA estas são as principais caracterizações que permitem visualizar as modificações de produtos submetidos ao processo de extrusão.

#### **4.3.1 Índice de expansão radial (IER)**

Os resultados do índice de expansão dos extrudados de arroz e farinha da casca do maracujá podem ser observados na Tabela 8.

De acordo com a análise de variância (ANOVA) dos resultados obtidos para o índice de expansão radial, o coeficiente de variação ( $R^2$ ) foi igual a 36,16, indicando que ele explica 36 % da variação nos dados observados, entretanto, o modelo de regressão é significativo e a falta de ajuste não significativa pelo teste F ao nível e significância de 5%, apresentou-se o modelo e a superfície de resposta (Tabela 9).

A análise estatística dos dados indicou efeito significativo para temperatura e umidade linear.

O índice de expansão radial variou de 4,60 a 2,04. Os ensaios 1 (5 % farinha de maracujá/ 16 % umidade/ 140 °C) e 3 (5 % farinha de maracujá/ 18 % umidade/ 140 °C) apresentaram os maiores índices de expansão, sendo respectivamente, 4,60 e 4,58. O menor valor de expansão foi observado no ensaio 4 (5 % farinha de maracujá/ 18 % umidade/ 180 °C), 2,04. Os resultados mostram claramente o efeito exercido pelas variáveis independentes.

**Tabela 8.** Índice de expansão radial (IER) e Índice de expansão volumétrico (IEV) de extrudados de arroz e farinha da casca do maracujá.

| Tratamento | Temperatura (°C) | Umidade (%) | Formulação (%) | IER  | IEV  |
|------------|------------------|-------------|----------------|------|------|
| 1          | 140              | 16          | 5              | 4.60 | 5.86 |
| 2          | 180              | 16          | 5              | 3.57 | 7.37 |
| 3          | 140              | 18          | 5              | 4.58 | 6.44 |
| 4          | 180              | 18          | 5              | 2.04 | 5.66 |
| 5          | 140              | 16          | 15             | 3.77 | 6.41 |
| 6          | 180              | 16          | 15             | 2.50 | 5.82 |
| 7          | 140              | 18          | 15             | 2.85 | 3.26 |
| 8          | 180              | 18          | 15             | 2.28 | 5.10 |
| 9          | 160              | 17          | 10             | 2.92 | 6.45 |
| 10         | 160              | 17          | 10             | 3.33 | 5.93 |
| 11         | 160              | 17          | 10             | 2.80 | 3.86 |
| 12         | 160              | 17          | 10             | 2.96 | 4.04 |
| 13         | 160              | 17          | 10             | 2.40 | 3.61 |
| 14         | 126              | 17          | 10             | 3.02 | 3.50 |
| 15         | 194              | 17          | 10             | 2.58 | 5.23 |
| 16         | 160              | 15          | 10             | 3.80 | 5.17 |
| 17         | 160              | 19          | 10             | 2.32 | 3.98 |
| 18         | 160              | 17          | 2              | 2.58 | 4.50 |
| 19         | 160              | 17          | 18             | 3.55 | 5.50 |

IER= índice de expansão radial; IEV = índice de expansão volumétrica

O valor de F calculado foi superior ao F tabelado para a regressão a 5 % de significância (Tabela 9). Sendo assim, além do modelo ser significativo, ele também é preditivo.

A partir do modelo obtido foi possível montar a equação e construir as superfícies de resposta, que expressam graficamente os resultados obtidos pela análise de regressão, para o índice de expansão radial, apresentadas nas Figuras 8, 9 e 10.

**Tabela 9.** Análise de variância simplificada para índice de expansão radial de extrudados de arroz e farinha da casca do maracujá.

| Fonte de variação | SQ           | GL        | QM       | Fc       | Ftab     | p-valor            |
|-------------------|--------------|-----------|----------|----------|----------|--------------------|
| Regressão         | 3,564        | 2         | 1,78     | 4,54     | 3,63     | 1,25*              |
| Resíduo           | 6,287        | 16        | 0,39     | -        | -        | -                  |
| Falta de ajuste   | 5,840        | 12        | 0,49     | 4,35     | 5,91     | 0,74 <sup>ns</sup> |
| Erro Puro         | 0,447        | 4         | 0,11     | -        | -        | -                  |
| <b>Total</b>      | <b>9,851</b> | <b>18</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b>           |

SQ: Soma dos quadrados.

GL: Graus de liberdade.

QM: Quadrados médios.

p: Valor estatístico da probabilidade

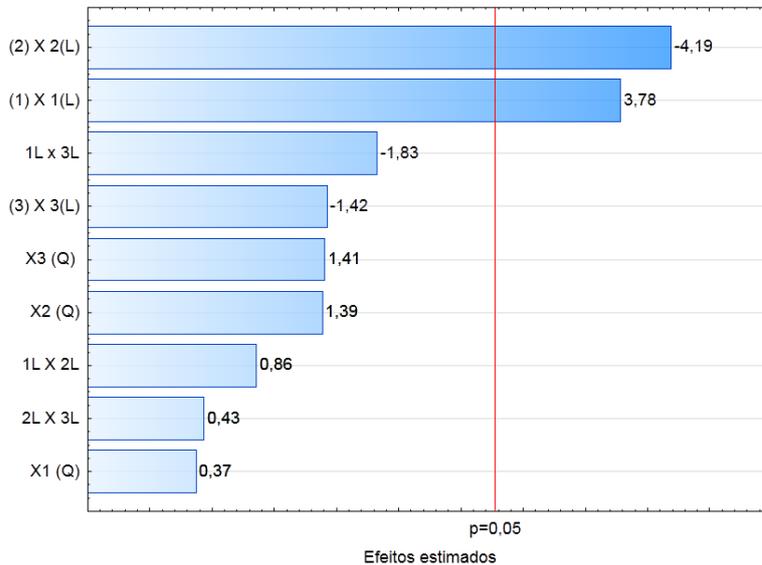
Coefficiente de correlação  $R^2 = 36,16\%$ ; Fc: valor calculado; Ftab: 5% de significância.

\*regressão significativa

ns: não significativa a falta de ajuste

Pelas considerações realizadas através da análise de variância e fazendo uso dos coeficientes de variação observados, a equação do modelo matemático proposta para as variáveis independentes fica restrita como:

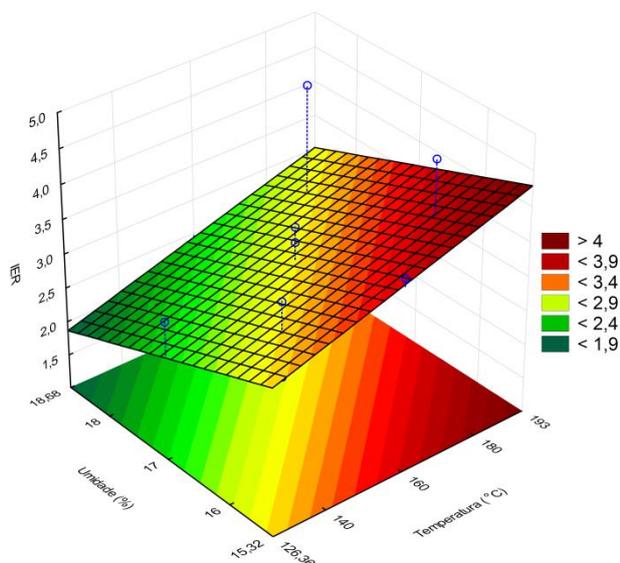
$$IER = 3,08 + 0,34X_1 - 0,38X_2 \quad (?)$$



**Figura 7.** Gráfico de Pareto para índice de expansão radial de extrudados de arroz e farinha da casca do maracujá.

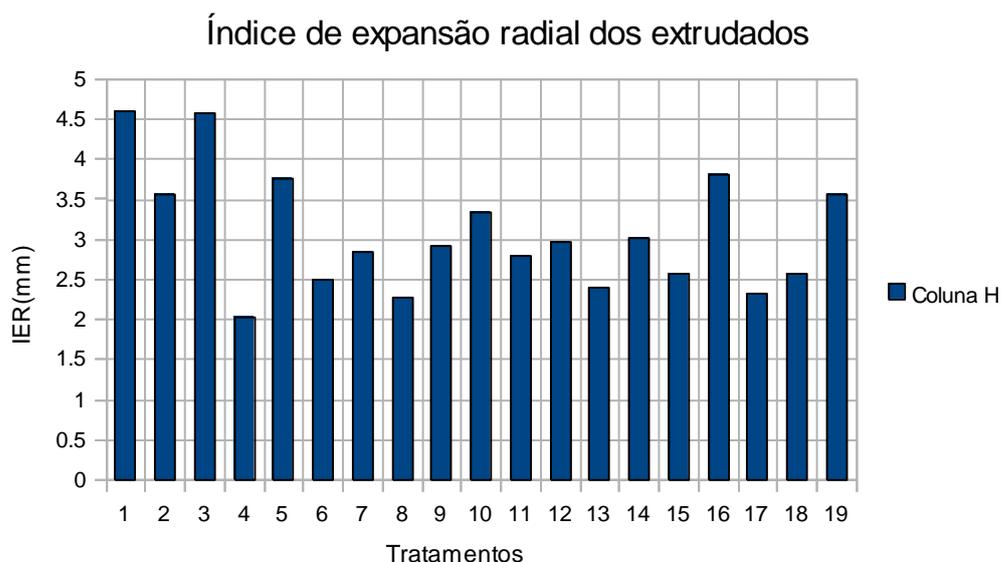
A figura 8 representa o efeito das variáveis quantitativas umidade e temperatura no índice de expansão radial. Os maiores valores de expansão foram observados nos ensaios com temperatura igual ou inferior a 140° e umidade igual ou menor do que 17 %; quanto mais baixos os teores de umidade do processamento, maior o IER.

Segundo Carvalho et al. (2012), a expansão na extrusão de produtos ricos em amido é inversamente proporcional à umidade do material a ser extrudado, ou seja, o aumento da umidade pode mudar a estrutura molecular e reduzir a viscosidade elástica, consequentemente reduzindo a expansão dos *snacks*.



**Figura 8.** Efeito das variáveis quantitativas temperatura (°C) e Umidade (%) no índice de expansão radial (IER) de extrudados de arroz e farinha da casca do maracujá.

A determinação do IER, permite verificar, de forma imediata, quão modificado se encontra o produto submetido ao processo de extrusão. Taxas altas de cisalhamento, produzem geralmente, altos graus de expansão em produtos amiláceos. Por outro lado, taxas baixas, resultam em produto de baixo grau de g elatinização. Porém, se o processo inclui material com altos teores de fibra na sua composição, a expansão fica reduzida. A taxa de índice de expansão radial (Figura 9) mostra que os maiores valores médios com 4.6 (T1) e 4,58 (T3), foram obtidos quando a farinha de arroz/maracujá foi extrudada com umidade de 16 e 18%, temperatura de 140° C e 5% de farinha de maracujá.



**Figura 9.** Variação do índice de expansão radial dos diferentes tratamentos estudados.

MENDONÇA (2005) elaborou extrudados de arroz e farinha de amaranto, e observou que baixas umidade e baixa temperatura são bons parâmetros para maiores taxas de expansão.

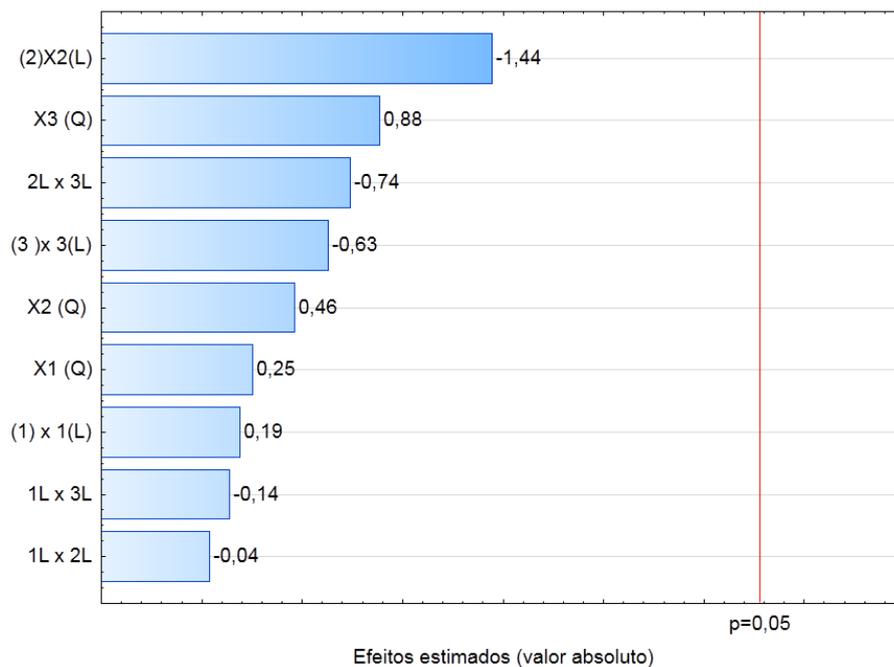
Vários estudos têm demonstrado que a taxa de expansão diminui significativamente com o aumento do teor de umidade e diminuição da temperatura de extrusão. Isso foi observado por CLERICE E EL-DASH (2008) quando extrusou farinha de arroz puro e por Borba (2005), quando extrusou farinha de arroz e farinha de batata-doce.

De acordo com MILLER (1985), expansão dos extrudados está diretamente relacionada com a força de vapor durante a extrusão. Em amostras extrudadas com elevado teor de umidade, o gel tende a ser mais elástica, formando uma matriz de células de ar uniforme e pequenas. No caso de alimentos de baixa umidade, a matriz formada durante a extrusão tem células não uniformes e então o gel formado não é elástico. HARMANN E HARPER (1973) relataram que dois fatores podem influenciar a expansão dos extrudados: (a) viscosidade de fusão, e (b) força elástica. A força elástica será influenciada pela baixa temperatura e baixa umidade. O crescimento de bolhas, o qual ocorre pela diferença de pressão entre o interior da bolha e a crescente pressão atmosférica resiste principalmente pela viscosidade da parede da bolha, o que ocorre na expansão com alto teor de umidade e de alta temperatura (PANMANABHAN & BHATTACHARYA, 1989).

Umidade é o principal fator que afeta a densidade e expansão dos extrudado (FAUBION & HOSENEY, 1982), o que é consistente com este estudo. A elevada umidade iria refletir nas características de elasticidade do material à base de amido. O aumento do teor de umidade durante a extrusão alterar a estrutura molecular do material de amilopectina, reduzindo a elasticidade em fusão, e diminuindo assim a expansão enquanto aumenta a densidade do produto extrudado.

LEONEL et al. (2010), estudando os efeitos de parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de snacks de fécula de mandioca e polpa de laranja, observaram IE variando de 1,93 a 2,99 valores inferiores aos obtidos neste trabalho e EV de 1,87 a 8,44, valores superiores aos obtidos neste trabalho.

No caso da variável resposta IEV nenhum dos fatores avaliados no experimento apresentaram efeitos significativos. Dessa forma, não construímos a regressão, não testamos na ANOVA e não apresentamos a superfície.



**Figura 10.** Gráfico de Pareto para índice de expansão volumétrica de extrudados de arroz e farinha da casca do maracujá.

A diminuição da expansão a temperaturas muito altas é atribuída ao aumento da dextrinização e ao enfraquecimento da estrutura amilácea (HARPER, 1998). No presente estudo, observou-se que os menores valores de expansão ocorreram em temperaturas de 120 °C e 160 °C, sempre associadas a elevado conteúdo de umidade.

#### 4.3.2 Análise Instrumental de Cor

A Tabela 10 mostra que a luminosidade ( $L^*$ ) dos extrudados variaram de forma significativa ( $p > 0,05$ ) na maioria das amostras. As amostras T1 = 5% de farinha de maracujá; T6 = 10% de farinha de maracujá; T10 = 15% de farinha de maracujá; T19 = 18% de farinha de maracujá 1 e F6, com 5 e 10% de farinha de maracujá apresentaram maior valor de  $L^*$ . Os valores de  $L^*$  para os extrudados variou de 85,4-80,41. Estes valores de  $L^*$  foram maiores do que os valores determinados nos extrudados com ervilha verde, ervilha amarela, grão de bico, lentilha e farinha de substituição de 5-20%, que estavam na faixa de 50,95, 44,42, 55,05-48,94, 53,21-50,76, e 50,81 -45,92, respectivamente (ZHAO ET AL., 2005).

Para o parâmetro  $a^*$ , amostras com T1 e T6, com 5 e 10% de maracujá foram significativamente diferentes, ao passo que as amostras T10 e T19 com 15 e 18% de maracujá não foram significativamente diferentes.

Para o parâmetro  $b^*$  e  $C^*$ , todas as amostras foram significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Os valores variaram 12,19 -19,75.

LEORO (2007), avaliando o efeito dos parâmetros operacionais na cor de cereal matinal extrudado a base de farinha de milho e maracujá, observou a influência do teor de fibra de maracujá e temperatura, com  $L^*$  variando 44,15-68 26.

**Tabela 10 . Resultados de cor das farinhas mistas extrudadas de arroz e maracujá**

| Tratamentos | L*                      | A                       | B                      | C*                     | h*                      |
|-------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| T 1         | 85.40±0.12 <sup>a</sup> | -0.14±0.01 <sup>a</sup> | 12.19±0.2 <sup>a</sup> | 12.19±0.2 <sup>a</sup> | 90.64±0.07 <sup>a</sup> |
| T 6         | 83.40±0.00 <sup>b</sup> | 1.13±0.14 <sup>b</sup>  | 14.19±0.2 <sup>b</sup> | 14.19±0.2 <sup>b</sup> | 88.25±0.41 <sup>b</sup> |
| T 10        | 77.65±0.08 <sup>c</sup> | 2.50±0.19 <sup>c</sup>  | 17.74±0.3 <sup>c</sup> | 17.91±0.3 <sup>c</sup> | 81.96±0.77 <sup>c</sup> |
| T 19        | 80.41±0.12 <sup>d</sup> | 2.18±0.06 <sup>c</sup>  | 19.75±0.2 <sup>d</sup> | 19.86±0.2 <sup>d</sup> | 83.69±0.09 <sup>c</sup> |

T1 = 5% de farinha de maracujá; T6 = 10% de farinha de maracujá; T10 = 15% de farinha de maracujá; T19 = 18% de farinha de maracujá

#### 4.3.3 Caracterização visual dos extrudados expandidos de arroz e farinha da casca de maracujá

As amostras de extrudados expandidos também foram avaliadas por meio do uso de imagens obtidas por um “*scanner*” com a finalidade de verificar as diferenças provocadas pelas condições de processamento, tais como farinha de maracujá nas amostras, umidade da mistura e temperatura na 3<sup>a</sup> zona do extrusor, na estrutura interna dos extrudados produzidos.

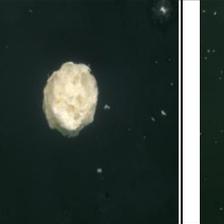
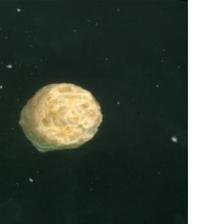
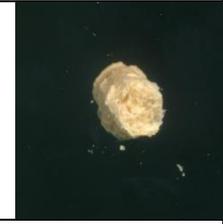
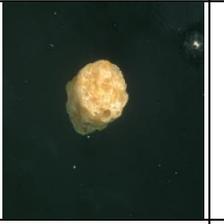
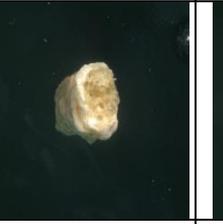
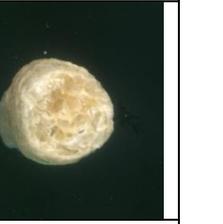
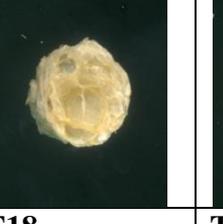
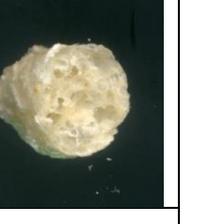
Sabe-se que a disposição das células internas dos extrudados, bem como os componentes presentes em sua constituição, conferem ao produto final diferentes texturas e, portanto, relacionam-se diretamente com a aceitação do mesmo.

Em geral, extrudados que possuem células grandes e com paredes muito espessas apresentam maior dureza, no entanto, quando a estrutura interna é homogênea, ou seja, quando os compartimentos de ar têm tamanhos similares, e as paredes são finas, há facilidade de ruptura do produto quando mastigado, sendo esta característica desejável pelos consumidores.

As imagens com o corte radial das amostras de expandidos escaneadas mostrando a estrutura interna das células (tamanho e forma) estão apresentadas no Quadro 4.

Ao analisar as imagens abaixo observa-se que todas as amostras com menor percentual de umidade (16%) apresentaram células mais homogêneas. Já os extrudados processados com alta temperatura (180 °C) ficaram quebradiços e não apresentaram uniformidade.

Vale ressaltar que de acordo com o grau de gelatinização ocorrido durante o processamento, avaliado a partir da caracterização química, física e tecnológica, cada uma das amostras pode ser direcionada para a elaboração de produtos diferenciados.

|   |   |   |  |  |
|---|---|---|--|--|
| <b>T1</b><br>(140°;16%U;<br>5%FM)   | <b>T2</b><br>(180°;16%U;<br>5%FM)   | <b>T3</b><br>(140°;18%U;<br>5%FM)   | <b>T4</b><br>(180°;18%U;<br>5%FM)  | <b>T5</b><br>(140°;16%U;1<br>5%FM)   |
|    |    |    |    |   |
| <b>T6</b><br>(180°;16%U;<br>15%FM)  | <b>T7</b><br>(140°;18%U;<br>15%FM)  | <b>T8</b><br>(180°;18%U;<br>15%FM)  | <b>T9</b><br>(160°;17%U;<br>10%FM)   | <b>T10</b><br>(160°;17%U;<br>10%FM)  |
|    |    |    |    |   |
| <b>T11</b><br>(160°;17%U;<br>10%FM)   | <b>T12</b><br>(160°;17%U;<br>10%FM)   | <b>T13</b><br>(160°;17%U;<br>10%FM)   | <b>T14</b><br>(126°;17%U;<br>10%FM)  | <b>T15</b><br>(194°;17%U;<br>10%FM)  |
|   |   |   |   |  |
| <b>T16</b><br>(160°;15%U;<br>10%FM)   | <b>T17</b><br>(160°;19%U;<br>10%FM)   | <b>T18</b><br>(160°;17%U;<br>2%FM)  | <b>T19</b><br>(160°;17%U;<br>18%FM)  |  |
|  |  |  |  |  |

**Quadro 4.** Corte radial dos expandidos de arroz e farinha da casca do maracujá processados em diferentes condições de umidade (U) e temperatura.

#### 4.4 Caracterização tecnológica funcional dos extrudados

##### 4.4.1 Índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA)

Na Tabela 11 encontram-se os dados experimentais para o índice de solubilidade em água. Observa-se que o maior valor de ISA foi obtido pela amostra 19, que continha em sua composição 18 % de farinha da casca do maracujá e 17 % de umidade, além de ter sido extrudada a 160 °C, enquanto o menor valor foi encontrado na farinha mista com 2 % farinha da casca do maracujá, 17 % de umidade e submetida à temperatura de 160 °C (amostra 18).

**Tabela 11.** Índice de solubilidade em água (%) de farinhas mistas extrudadas de arroz e farinha da casca do maracujá

| Tratamento | Temperatura (°C) | Umidade (%) | Formulação (%) | ISA(%) |
|------------|------------------|-------------|----------------|--------|
| 1          | 140              | 16          | 5              | 7.65   |
| 2          | 180              | 16          | 5              | 8.15   |
| 3          | 140              | 18          | 5              | 8.94   |
| 4          | 180              | 18          | 5              | 8.63   |
| 5          | 140              | 16          | 15             | 10.33  |
| 6          | 180              | 16          | 15             | 11.78  |
| 7          | 140              | 18          | 15             | 10.78  |
| 8          | 180              | 18          | 15             | 10.79  |
| 9          | 160              | 17          | 10             | 9.37   |
| 10         | 160              | 17          | 10             | 9.35   |
| 11         | 160              | 17          | 10             | 9.39   |
| 12         | 160              | 17          | 10             | 9.37   |
| 13         | 160              | 17          | 10             | 9.33   |
| 14         | 126              | 17          | 10             | 9.29   |
| 15         | 194              | 17          | 10             | 9.10   |
| 16         | 160              | 15          | 10             | 8.36   |
| 17         | 160              | 19          | 10             | 8.83   |
| 18         | 160              | 17          | 2              | 7.28   |
| 19         | 160              | 17          | 18             | 13.45  |

ISA = índice de solubilidade em água

O índice de solubilidade em água é frequentemente utilizado como um indicador da degradação de componentes moleculares (KIRBY, OLLETT, PARKER, & SMITH, 1988), mede o grau de conversão do amido durante a extrusão, que é a quantidade de polissacárido solúvel libertados a partir do componente de amido após a extrusão.

MOURA (2012) ainda destaca que a solubilidade em água do amido também está relacionada à expansão e segue as mesmas variações com as condições de extrusão. Dependendo da matéria-prima utilizada, o índice de solubilidade em água aumenta com a severidade do tratamento e com o decréscimo da umidade.

SILVA (2010) atenta para o fato do índice de solubilidade em água ser um parâmetro importante na caracterização de farinhas extrudadas para fins de solubilização posterior, pois, por meio deste, pode-se verificar o grau de cozimento do amido e avaliar as condições de solubilização em meio aquoso.

Desta forma, na produção de bebidas, mingaus e sopas de rápido preparo, é desejável que o produto seja homogêneo e os seus respectivos componentes sólidos tenham interação plena com a água, garantindo completa solubilização e evitando a separação de fases e a formação de grumos.

O coeficiente de determinação indica que 96,56% % da variação total da variável resposta em torno da média e 3,44 % são atribuídos aos resíduos (Tabela 12). Houve falta de ajuste significativa aos dados experimentais e a regressão também foi significativa.

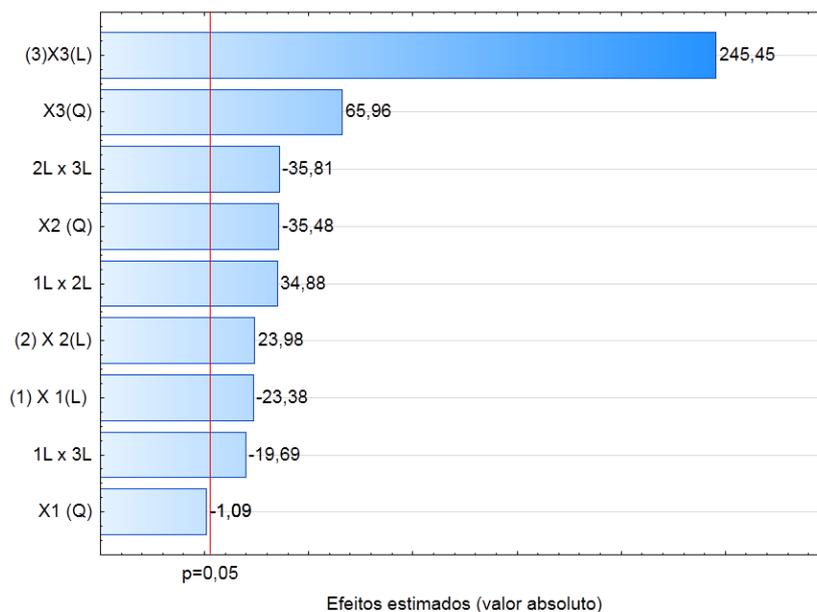
A análise dos coeficientes de regressão mostra que as variáveis com efeito linear e quadrático contribuíram na variável resposta de forma significativa ( $p < 0,05$ ), com excessão da temperatura quadrática ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 12.** Análise de variância simplificada para índice de solubilidade em água de extrudados de arroz e farinha da casca do maracujá.

| Fonte de variação | Soma Quadrática | Graus de liberdade | Quadrado Médio | Fc       | Ftab     | p-valor  |
|-------------------|-----------------|--------------------|----------------|----------|----------|----------|
| Regressão         | 36,770          | 8                  | 4,60           | 35,09    | 3,07     | 11,43*   |
| Resíduo           | 1,310           | 10                 | 0,13           | -        | -        | -        |
| Falta de ajuste   | 1,308           | 6                  | 0,22           | 436,00   | 6,16     | 70,78*   |
| Erro Puro         | 0,002           | 4                  | 0,00           | -        | -        | -        |
| <b>Total</b>      | <b>38,080</b>   | <b>18</b>          | <b>-</b>       | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> |

Pelas considerações realizadas através da análise de variância e fazendo uso dos coeficientes de variação observados, a equação do modelo matemático proposta para as variáveis independentes fica restrita como:

$$ISA = 9,34 - 0,14X_1 + 0,14X_2 - 0,21X_2^2 + 1,51X_3 + 0,40X_3^2 + 0,28X_1 * X_2 - 0,16X_1 * X_3 - 0,29X_2 * X_3$$

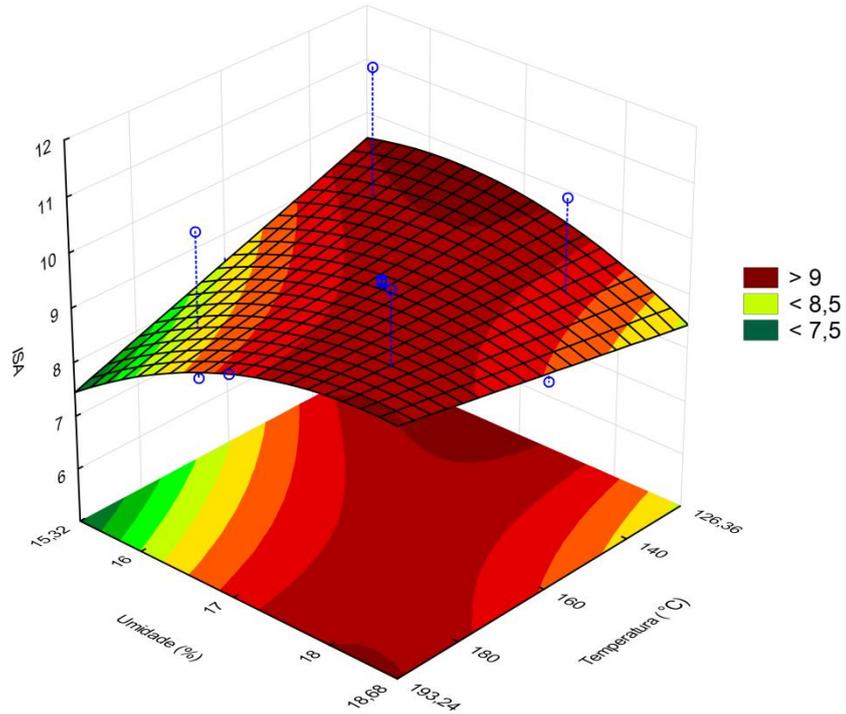


**Figura 11.** Gráfico de Pareto para índice de solubilidade em água de extrudados de arroz e farinha da casca do maracujá.

O modelo de regressão adotado ( $p < 0,05$ ) mostra que houve influência significativa sobre índice de solubilidade em água, quando teores de temperatura, umidade e formulações foram variadas, com excessão da temperatura quadrática.

Como o valor de F calculado (35,09) para a regressão (96,56) apresenta determinante significância e a porcentagem de variação explicada ( $R^2$ ) pelo modelo foi representativa, podemos concluir que o modelo se ajusta aos dados experimentais.

A análise de variância simplificada (Tabela 12) mostra que O teste F foi significativo, assim, o modelo aplicado pode ser considerado adequado para descrever os resultados através da superfície de resposta.

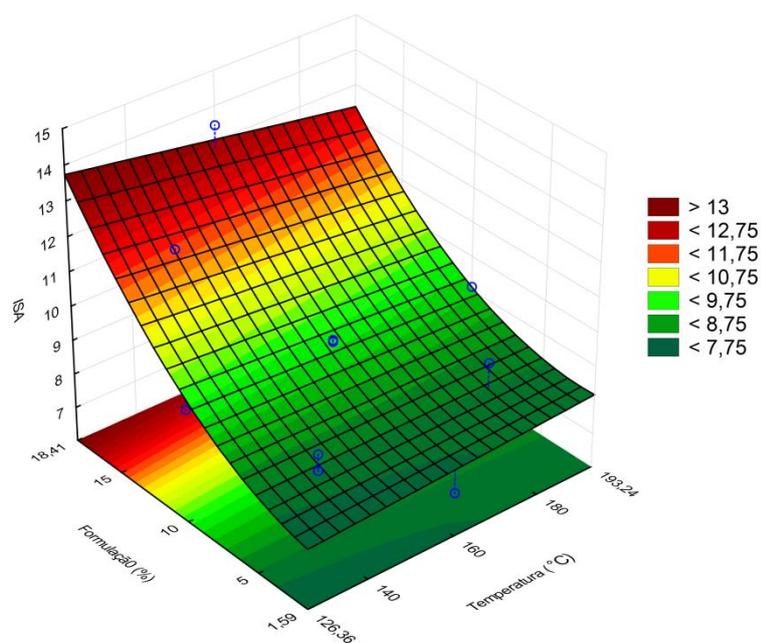


**Figura 12.** Efeito das variáveis quantitativas temperatura (°C) e Umidade (%) no índice de solubilidade em água (%) das farinhas mistas extrudadas de arroz e farinha da casca do maracujá.

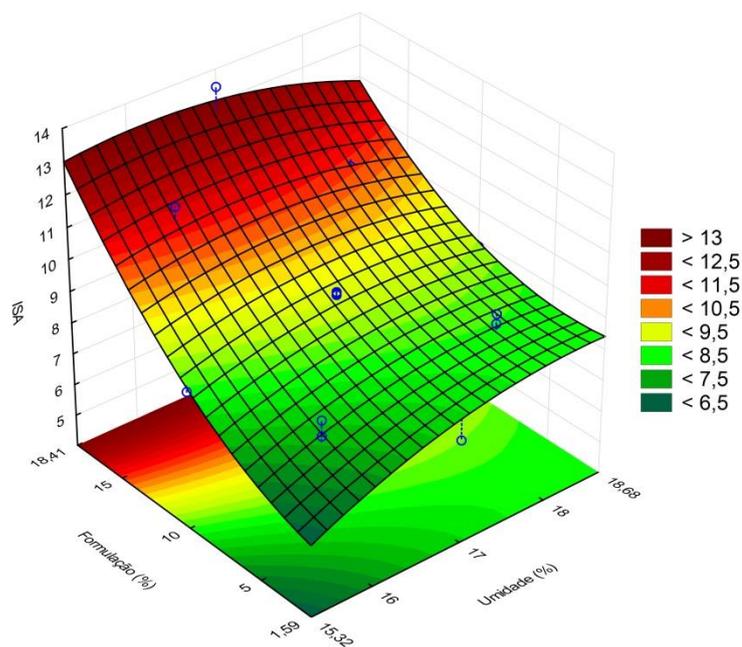
A Figura 10 ilustra o efeito diretamente proporcional do teor de umidade e temperatura no aumento do valor do índice de solubilidade em água. Verifica-se uma tendência à elevação dos valores de ISA, na medida em que se aumenta linearmente o teor de umidade e temperatura nas formulações de farinha mista.

Analisando a Figura 11 observa-se que em comparação com a temperatura, o teor de maracujá exerce maior influência. Quando comparada com a umidade, o efeito é similar (Figura 14).

De modo geral, temperaturas superiores a 140 °C levam a menores índices de solubilidade em água.



**Figura 13.** Efeito das variáveis quantitativas Formulação (%) e Temperatura (°C) no índice de solubilidade em água (%) das farinhas mistas extrudadas de arroz e farinha da casca do maracujá.



**Figura 14.** Efeito das variáveis quantitativas Formulação (%) e Umidade (%) no índice de solubilidade em água (%) das farinhas mistas extrudadas de arroz e farinha da casca do maracujá.

Quanto as propriedades funcionais, observa-se que o índice de solubilidade em água apresenta um aumento do seu valor em função da incorporação da farinha da casca do maracujá, fato que pode ser explicado pelo processo de extrusão causar uma

diminuição das cadeias moleculares da fibra solúvel, constituída em sua maioria por pectina, aumentando os sítios de exposição ( $H^+$ ) à água, facilitando a sua solubilidade.

A gelatinização, é a conversão do amido em bruto de um material preparado e digerido por a aplicação da água e do calor, é um dos efeitos importantes que a extrusão tem sobre o amido. A água é absorvida e ligada à molécula de amido com uma alteração resultante na estrutura de grânulo de amido. Temperatura e umidade de alimentação são aplicadas para exercer o maior efeito sobre a gelatinização.

EL DASH (1981), extrusão de farinha de arroz puro, descobriu que menor umidade e temperaturas mais elevadas foram variáveis que influenciaram o valor da índice de solubilidade em água

CARVALHO et al. (2002), trabalhou com a extrusão de misturas de farinha de banana, arroz e trigo sob a alta temperatura e baixo teor de umidade e observou uma degradação superior do grânulo de amido, o que contribuiu para o aumento do índice de solubilidade em água.

Por outro lado LEONEL et al. (2010), que observou que o índice de solubilidade em água de produtos extrudados com mistura de amido de mandioca e bagaço de laranja variou 37,76-84,93%, com os menores valores ISA obtidos em condições de baixa temperatura.

Sabe-se que o índice de solubilidade em água revela a intensidade do tratamento térmico utilizado e a desramificação da estrutura do grânulo de amido. Segundo COLLONA et al. (1987), o aumento da solubilidade verificado em extrudados é imputado à dispersão das moléculas de amilose e amilopectina como consequência da gelatinização, quando as condições do processamento são mais brandas, e da formação de compostos de baixo peso molecular quando as condições são mais drásticas.

Mas, além da fragmentação do amido, o conteúdo proteico também pode afetar o índice de solubilidade (TEBA, 2009).

#### **4.4.2 Índice de Absorção de Água (IAA)**

Na Tabela 13 encontram-se os dados experimentais para o índice de absorção em água das farinhas mistas extrudadas.

O índice de absorção de água variou de 5,81 g gel.g-1 a 8,57 g gel.g-1; Observa-se que o maior valor de IAA foi obtido pela amostra 17, que continha em sua composição 10 % de farinha da casca do maracujá e 19 % de umidade, além de ter sido extrudada a 160 °C, enquanto o menor valor foi encontrado na farinha mista com 15 % farinha da casca do maracujá, 18 % de umidade e submetida à temperatura de 140 °C (amostra 7).

A taxa de absorção de água está relacionada com a disponibilidade de grupos hidrófilos (-OH) para se ligarem às moléculas de água e a capacidade de formação de gel de moléculas de amido. Apenas os grânulos de amido gelatinizados absorvem água e incham, à temperatura ambiente.

A absorção de moléculas de água começa, fixando-a em zonas polares dos polímeros, até que se atinja a sua expansão. Propriedades de intumescimento envolvem o aumento da ligação de hidrogénio entre as moléculas de água com grupos hidroxilo nos polímeros de amido ou com cadeias laterais polares na superfície molecular de proteínas. A fibra tem um potencial menor inchaço devido à maior insolubilidade (BEMILLER e HUBER, 2008).

**Tabela 13.** Índice de absorção em água (%) de farinhas mistas extrudadas de arroz e farinha da casca do maracujá

| Tratamento | Temperatura (°C) | Umidade (%) | Formulação (%) | IAA(%) |
|------------|------------------|-------------|----------------|--------|
| 1          | 140              | 16          | 5              | 6.85   |
| 2          | 180              | 16          | 5              | 7.41   |
| 3          | 140              | 18          | 5              | 7.72   |
| 4          | 180              | 18          | 5              | 7.91   |
| 5          | 140              | 16          | 15             | 6.83   |
| 6          | 180              | 16          | 15             | 5.98   |
| 7          | 140              | 18          | 15             | 5.81   |
| 8          | 180              | 18          | 15             | 5.84   |
| 9          | 160              | 17          | 10             | 6.30   |
| 10         | 160              | 17          | 10             | 6.30   |
| 11         | 160              | 17          | 10             | 6.32   |
| 12         | 160              | 17          | 10             | 6.30   |
| 13         | 160              | 17          | 10             | 6.32   |
| 14         | 126              | 17          | 10             | 6.27   |
| 15         | 194              | 17          | 10             | 6.39   |
| 16         | 160              | 15          | 10             | 7.18   |
| 17         | 160              | 19          | 10             | 8.57   |
| 18         | 160              | 17          | 2              | 6.29   |
| 19         | 160              | 17          | 18             | 7.64   |

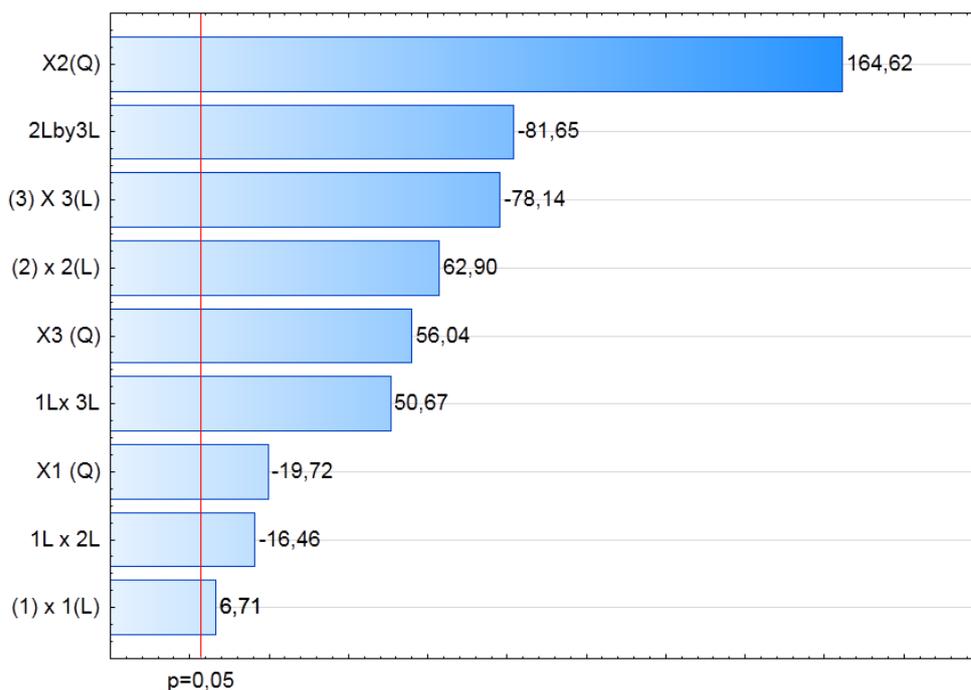
IAA = índice de absorção em água

O coeficiente de determinação indica que 55,29% da variação total da variável resposta em torno da média e 54,71 % são atribuídos aos resíduos (Tabela 14).

A análise dos coeficientes de regressão mostra que as variáveis com efeito linear e quadrático contribuíram na variável resposta de forma significativa ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 14.** Análise de variância simplificada para índice de absorção de água de extrudados de arroz e farinha da casca do maracujá.

| Fonte de variação | Soma Quadrática | Graus de liberdade | Quadrado Médio | Fc       | Ftab     | F/Ftab   |
|-------------------|-----------------|--------------------|----------------|----------|----------|----------|
| Regressão         | 6,016           | 9                  | 0,67           | 1,24     | 3,18     | 0,39ns   |
| Resíduo           | 4,865           | 9                  | 0,54           | -        | -        | -        |
| Falta de ajuste   | 4,865           | 5                  | 0,97           | 8107,67  | 6,26     | 1295,15* |
| Erro Puro         | 0,000           | 4                  | 0,00           | -        | -        | -        |
| <b>Total</b>      | <b>10,881</b>   | <b>18</b>          | <b>-</b>       | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> |

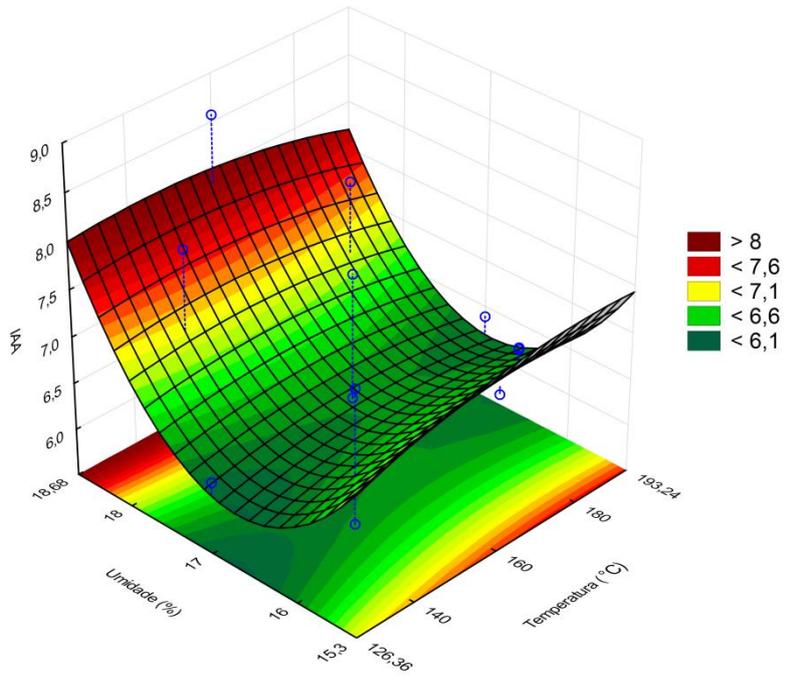


**Figura 15.** Gráfico de Pareto para índice de absorção em água de extrudados de arroz e farinha da casca do maracujá.

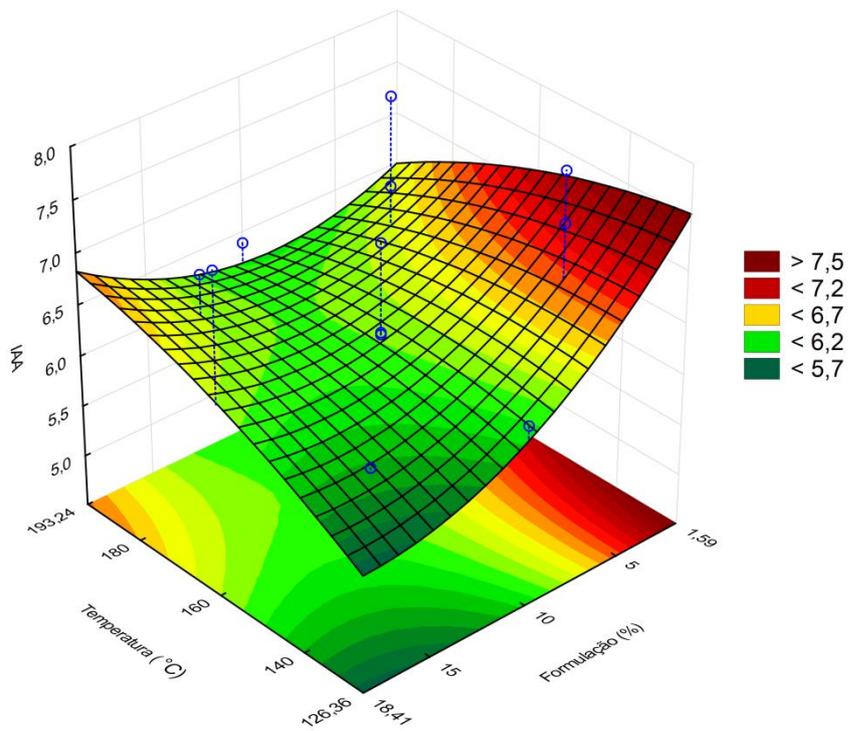
Como a regressão não foi significativa e a falta de ajuste foi significativa não pode ser usado o modelo para representar o processo, mas as figuras de superfície de resposta podem ser apresentadas a título de detalhamento do comportamento das variáveis.

Considerando os resultados encontrados, pode-se dizer que para amostras com baixo teor de farinha de maracujá, com excessão da amostra 19 (18%), o nível de degradação do amido pode ter sido menor, havendo assim, menor "quebra" na estrutura amilácea e, conseqüentemente, maior absorção de água.

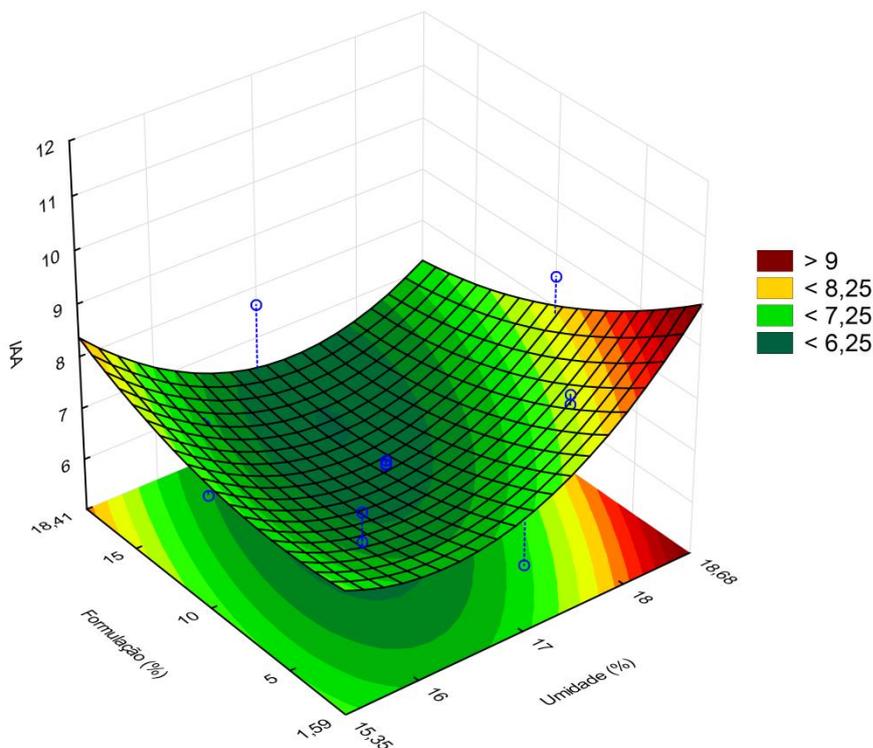
EL-DASH (1982) afirmam que durante a extrusão termoplástica os grânulos de amido sofrem gelatinização e as proteínas são desnaturadas. O amido gelatinizado absorve mais água do que em seu estado natural e as proteínas, devido a mudanças na sua conformação e na sua estrutura, têm o seu balanço hidrofílico/hidrofóbico alterado, podendo contribuir para o aumento ou diminuição do índice de absorção de água.



**Figura 16.** Efeito das variáveis quantitativas Umidade (%) e Temperatura (%) no índice de absorção de água (%) das farinhas mistas extrudadas de arroz e farinha da casca do maracujá.



**Figura 17.** Efeito das variáveis quantitativas Formulação (%) e Temperatura (°C) no índice de absorção de água (%) das farinhas mistas extrudadas de arroz e farinha da casca do maracujá.



**Figura 18.** Efeito das variáveis quantitativas Formulação (%) e Umidade (%) no índice de absorção de água (%) das farinhas mistas extrudadas de arroz e farinha da casca do maracujá.

#### 4.4.3 Viscosidade de pasta dos extrudados selecionados

A viscosidade de pasta de farinhas está relacionada com as suas características de inchamento e de gelatinização, e, depende em larga medida do grau de gelatinização dos grânulos de amido e a taxa de degradação molecular, assim, as propriedades de pasta de arroz e farinha de maracujá, bem como aqueles de outros grãos, são considerados parâmetros importantes para a preparação de produtos alimentares diferentes.

Na Tabela 15 estão expostos os resultados experimentais da viscosidade inicial a frio (25 °C), viscosidade máxima a 95 °C, viscosidade mínima a 95 °C, viscosidade final a 25 °C e os valores calculados para a tendência à retrogradação (setback) referentes às farinhas mistas extrudadas de arroz e farinha da casca do maracujá.

LUSTOSA E LEONEL (2010) classificam a viscosidade como uma das propriedades mais importantes de misturas instantâneas e, segundo TEBA (2009), os parâmetros viscoamilográficos possibilitam a determinação e o estudo do grau de

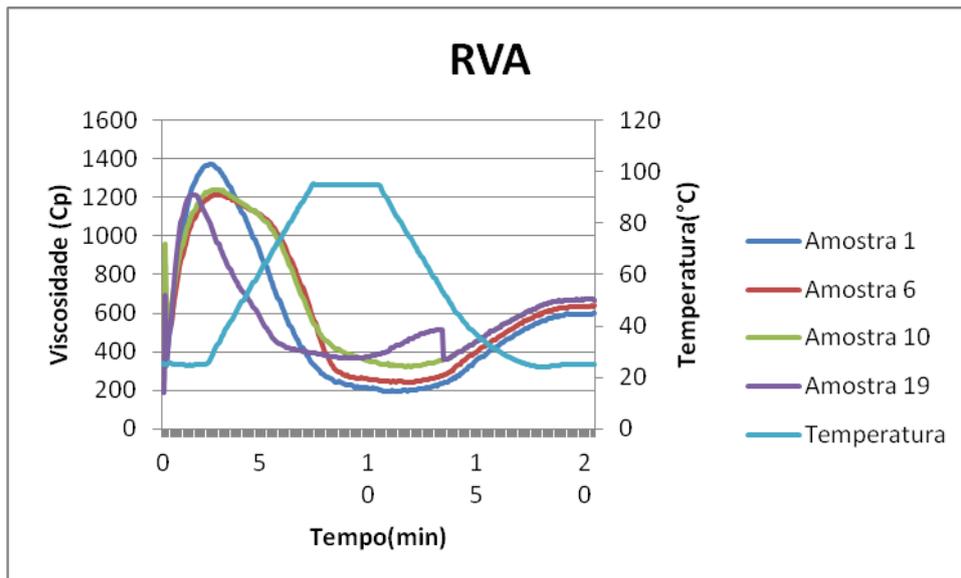
cozimento do produto extrudado, bem como permitem avaliar o comportamento do amido em meio aquoso, aplicando-se diferentes temperaturas durante o processo. Dessa forma, torna-se uma ferramenta indispensável para a definição da aplicação das farinhas mistas pré-gelatinizadas desenvolvidas.

**Tabela 15.** Viscosidade de pasta dos extrudadas feitos com farinha mista de arroz e farinha da casca do maracujá

| Tratamento | Temperatura (°C) | Umidade (%) | Formulação (%) | V Inicial (cP) | V Max (cP) | V Min. (cP) | TR (cP) | V Final (cP) |
|------------|------------------|-------------|----------------|----------------|------------|-------------|---------|--------------|
| 1          | 140              | 16          | 5              | 1201           | 1373       | 192,5       | 320     | 598,5        |
| 2          | 180              | 16          | 5              | 1212           | 1396,5     | 259         | 286,5   | 620          |
| 3          | 140              | 18          | 5              | 1368,5         | 1216       | 240,5       | 320     | 677          |
| 4          | 180              | 18          | 5              | 1019           | 1068       | 246,5       | 316,5   | 638          |
| 5          | 140              | 16          | 15             | 400,5          | 543        | 128,5       | 289     | 552          |
| 6          | 180              | 16          | 15             | 790,5          | 819,5      | 170         | 158,5   | 281          |
| 7          | 140              | 18          | 15             | 806,5          | 919        | 256,5       | 224,5   | 445,5        |
| 8          | 180              | 18          | 15             | 1293,5         | 1295       | 253,5       | 241,5   | 528          |
| 9          | 160              | 17          | 10             | 1249,5         | 1241       | 315,5       | 271,5   | 667,5        |
| 10         | 160              | 17          | 10             | 1230,5         | 1247       | 329,5       | 268,5   | 669,5        |
| 11         | 160              | 17          | 10             | 1222,0         | 1243       | 318,5       | 277,5   | 665,5        |
| 12         | 160              | 17          | 10             | 1242,5         | 1238       | 320,5       | 279,5   | 660,5        |
| 13         | 160              | 17          | 10             | 1230,5         | 1241       | 331,5       | 272,0   | 667,5        |
| 14         | 126              | 17          | 10             | 1111           | 1163,5     | 244         | 263     | 574,5        |
| 15         | 194              | 17          | 10             | 1160,5         | 1173,5     | 315,5       | 242     | 613          |
| 16         | 160              | 15          | 10             | 1246           | 1198,5     | 358,5       | 234,5   | 667,5        |
| 17         | 160              | 19          | 10             | 1388,5         | 876        | 236         | 357     | 667,5        |
| 18         | 160              | 17          | 2              | 656,5          | 877        | 311         | 282     | 667,5        |
| 19         | 160              | 17          | 18             | 840,5          | 1081,5     | 358,5       | 234,5   | 667,5        |

Os valores elevados de viscosidade da pasta fria indica alto cisalhamento durante a extrusão (BECKER ET AL., 2001), que se traduz em maior quebra do amido em locais mais hidrófilos das moléculas de amido que são expostas a água e formam uma rede tridimensional em condições de temperatura ambiente.

ASCHERI (2011) afirmou que a viscosidade de pasta é determinada pelo grau de inchamento e resistência dos grânulos de amido, por meio da dissolução pelo calor, que é imposto em ciclos intercalados de temperatura, ou fragmentação ocasionada pela agitação mecânica controlada.



**Figura 19.** Perfil de viscosidade de pasta das amostras selecionadas, entre os tratamentos com mais adequados na elaboração de bebida.

### Viscosidade Inicial cP (25°C)

Este parâmetro indica a capacidade das farinhas em absorver água à temperatura ambiente e formar pasta, gel ou líquido viscoso, como resultado da gelatinização do amido e da extensão da quebra de moléculas, durante o processo de extrusão (Carvalho et al. 2002). De acordo com ASCHERI (2006), os grânulos de amido cru são insolúveis em água fria. Entretanto, quando estes grânulos são submetidos a um tratamento térmico, as ligações de hidrogênio que unem as moléculas em rede micelar se rompem, favorecendo a capacidade de hidratação das cadeias; assim, tem-se um processo de intumescimento irreversível, que irá refletir o grau de pré-gelatinização do amido. Conseqüentemente, quanto maior for o grau de gelatinização, maior será a viscosidade inicial.

Os maiores valores para viscosidade de pasta inicial a 25°C, apresentados na Tabela 15, foram encontrados para as farinhas mistas extrudadas referentes aos tratamentos T17 (1388,50 cP), T3 (1368,50 cP) e T8 (1293,50 cP), que foram processados nas seguintes condições: 19 % (T17) e 18 % (T3 e T8) de umidade, 160 °C (T17), 140 °C (T3) e 180°C (T8) de temperatura e continham 10 % (T17) 5 % (T3) e 15 % (T8) de farinha da casca do maracujá em suas formulações. Já os ensaios T5 (15 % farinha de maracujá, 16 % umidade e 140 °C), e T18 (2 % farinha de maracujá, 17 % umidade e 160 °C) apresentaram os menores valores de viscosidade a frio, sendo eles: 400,50 cP e 656,50 cP, respectivamente. Os resultados acima descritos indicam claramente a influência exercida pela umidade.

MERCIER E FEILLET (1975) também observaram aumento da viscosidade inicial do com o incremento dos valores de umidade.

Carvalho et al. (2010) afirmam que valores altos de viscosidade inicial a frio podem indicar alto grau de cisalhamento durante o processo de extrusão termoplástica, que pode resultar em uma elevada quebra dos grânulos de amido, e com isso, haver uma exposição maior da quantidade de sítios hidrofílicos a partir das moléculas do amido que foram rompidas, formando-se, portanto, uma rede tridimensional a temperatura ambiente.

MENEGASSI et al. (2007) afirmaram que os valores de viscosidade inicial se elevam com a prévia gelatinização da amostra e decrescem em condições severas de processamento, em razão da despolimerização do amido com a cocção. E, segundo Sebio (1996) o efeito da umidade na viscosidade inicial pode ser explicado pela lubrificação que o alto teor de água provoca no parafuso do extrusor, evitando maior ocorrência de degradação mecânica dos grânulos do amido. Desta forma, obtém-se, portanto, valores elevados de viscosidade inicial, como observado no presente estudo, quando comparado aos resultados obtidos por SILVA (2007).

Foi demonstrado por MERCIER E FEILLET (1975) que há uma relação indireta entre umidade da mistura e o grau de degradação em milho extrusado. Os autores observaram aumento da viscosidade inicial do extrusado com o incremento dos valores de umidade. Gómez e Aguilera (1983) também relataram aumento da viscosidade inicial com a elevação da umidade, em extrusão de pasta de milho. É válido ressaltar que valores muito baixos de viscosidade de pasta inicial a frio de produtos extrusados podem ser decorrentes do conteúdo protéico e da presença de fibras nas matérias-primas.

Ascheri et al. (2006) estudando o efeito das variáveis de extrusão nas propriedades de pasta de farinhas mistas de arroz e bagaço de jabuticaba observaram decréscimo do valor da viscosidade de pasta inicial a 25°C com o aumento da proporção da farinha do bagaço de jabuticaba na mistura da formulação, e atribuíram este fenômeno a menor proporção de material amiláceo na mistura, mencionando ainda que as fibras incluídas não fornecem suficiente material viscoso, fazendo com que a gelatinização do amido diminua.

No caso da variável resposta Viscosidade Inicial Cp (25°C) nenhum dos fatores avaliados no experimento apresentaram efeitos significativos. Dessa forma, não construímos a regressão, não testamos na ANOVA e não apresentamos a superfície.

### **Viscosidade máxima cP (95°C)**

A viscosidade máxima a 95 °C caracteriza-se por transformações que ocorrem na estrutura do amido submetido ao processo de aquecimento como resultado da desorganização molecular, que leva a uma gelatinização com absorção máxima de água pelos grânulos de amido. Valores elevados de viscosidade máxima a quente geralmente são verificados quando o processamento aplicado não consegue ser suficiente para despolimerizar a estrutura amilácea, favorecendo a dextrinização do material. Sendo assim, grânulos de amido intactos chegam à fase de aquecimento, onde sofrem gelatinização (SILVA, 2010).

Torres et al. (2005) ressaltam que a viscosidade máxima no ciclo de aquecimento indica o quão alto ou baixo pode ser a viscosidade de uma mostra, que por sua vez depende da estrutura granular do amido, da sua distribuição ramificada, da sua proporção de amilose e amilopectina e das prováveis combinações que por ventura foram feitas com outros ingredientes.

Torres et al. (2005) ainda destacam que em consequência disso este parâmetro de viscosidade de pasta poderá indicar indiretamente as possibilidades de utilização da farinha extrudada, tornando-se importante quando, por exemplo, a farinha for destinada ao preparo de sopas, tortas ou outros alimentos em que determinantes propriedades são

requeridas, ou seja, a manutenção da viscosidade em temperatura superior a temperatura ambiente.

Tratando-se da determinação da viscosidade de pasta de materiais amiláceos crus, ocorre o total intumescimento e gelatinização dos grânulos de amido durante o ciclo de aquecimento até 95°C, onde atinge o pico da viscosidade máxima. No processo de extrusão, dependendo das condições do processo, o tratamento térmico pode destruir a estrutura cristalina do amido de tal forma que, no ciclo de aquecimento, o viscoamilograma apresente ausência de pico e valores baixos de viscosidade. Entretanto, se os tratamentos não forem muito severos, uma determinada porcentagem de grânulos de amido pode conservar parte da estrutura amilácea. Nestas condições observam-se valores relativamente altos de viscosidade de pasta, pois há maior número de grânulos em condição de intumescimento (Carvalho et al. 2002).

Observa-se que os maiores valores de pico de viscosidade máxima são alcançados quando o percentual de farinha de maracujá está em seus menores níveis e, concomitantemente a umidade encontra-se em seus menores níveis, o que demonstra os efeitos destas variáveis.

Os maiores valores para viscosidade de pasta máxima a 95°C, apresentados na Tabela 15, foram encontrados para as farinhas mistas extrudadas referentes aos tratamentos T1 e T2, respectivamente de 1373,50cP e 1396,00cP, que foram processados nas seguintes condições: 16 % (T1 e T2) de umidade, 140 °C (T1) e 180°C (T2) de temperatura e continham 5 % (T1 e T2) de farinha da casca do maracujá em suas formulações. Já os ensaios T5 (15 % farinha de maracujá, 16 % umidade e 140 °C), e T6 (15 % farinha de maracujá, 16 % umidade e 180 °C) apresentaram os menores valores de viscosidade a frio, sendo eles: 543,00 cP e 819,50 cP, respectivamente.

Na Tabela 15, verifica-se que o aumento da proporção de farinha de maracujá nas farinhas mistas de arroz polido e maracujá levou a redução da quantidade de amido presente, resultando na diminuição de viscosidade.

Silveira et al., (1981) afirmam que o amido é o principal componente responsável pela viscosidade e, de acordo com Vijayagopal et al., (1988) a presença de amidos solúveis e a interação entre os grânulos intumescidos são responsáveis pela viscosidade de uma suspensão de amido gelatinizado, de tal forma que a diminuição da concentração de amido causa decréscimo no número de grânulos e conseqüentemente, na viscosidade numa mesma temperatura. Outro fator que pode contribuir para o decréscimo da viscosidade de pasta máxima é o conteúdo de proteína; pois, conforme El-Saied et al., (1979) constataram, a proteína pode atuar como uma barreira física para o intumescimento do amido, uma vez que os grânulos de amido são encaixados na matriz de proteína

No caso da variável resposta Viscosidade máxima cP (95°C) nenhum dos fatores avaliados no experimento apresentaram efeitos significativos. Dessa forma, não construímos a regressão, não testamos na ANOVA e não apresentamos a superfície.

### **Viscosidade Mínima cP 95°C**

Segundo TEBA (2009), a viscosidade mínima à temperatura constante ocorre quando a ruptura dos grânulos, devido à agitação do meio, atinge o seu máximo, e, para Moura

(2010) este parâmetro de viscosidade de pasta pode ser visto como uma medida do grau de desintegração dos grânulos de amido e outras substâncias, correspondendo ao menor valor de viscosidade após o pico de gelatinização.

Os maiores valores para viscosidade de pasta mínima a 95°C, apresentados na Tabela 15, foram encontrados para as farinhas mistas extrudadas referentes aos tratamentos T16 (15% de umidade e 10% de farinha de maracujá) e T19 (17% de umidade e 18% de farinha de maracujá), respectivamente de 358,50cP e 358,00cP. Já os ensaios T1 (5 % farinha de maracujá, 16 % umidade e 140 °C), e T6 (15 % farinha de maracujá, 16 % umidade e 180 °C) apresentaram os menores valores de viscosidade mínima, sendo eles: 192,50 cP e 170,00 cP, respectivamente.

No caso da variável resposta Viscosidade mínima cP (95°C) nenhum dos fatores avaliados no experimento apresentaram efeitos significativos. Dessa forma, não construímos a regressão, não testamos na ANOVA e não apresentamos a superfície.

TEBA (2009) afirma que altos teores de umidade diminuem o atrito e com isso uma quantidade menor de grânulos sofre degradação. Dessa forma, a autora enfatiza que como a viscosidade mínima está relacionada à ruptura dos grânulos de amido, é necessário menor valor de umidade para que este fenômeno ocorra com maior intensidade, pois assim, as moléculas tornam-se mais susceptíveis à ação do cisalhamento, como ocorreu no presente estudo.

### **Tendência à retrogradação ou *setback***

A tendência à retrogradação ou *setback* de viscosidade mede a diferença entre a viscosidade final e o menor valor de viscosidade após o pico, e permite avaliar o comportamento do amido durante a fase de resfriamento.

Os resultados apresentados na Tabela 15 indicam que a média da tendência a retrogradação das farinhas mistas extrudadas foi inferior à média de viscosidade máxima a 95 °C, evidenciando fraca tendência à retrogradação das farinhas mistas elaboradas no presente estudo.

Os maiores valores para tendência a retrogradação, apresentados na Tabela 15, foram encontrados para as farinhas mistas extrudadas referentes o tratamento T17 (19% de umidade e 10% de farinha de maracujá), 357,00cP. Já o ensaio T6 (15 % farinha de maracujá, 16 % umidade e 180 °C), apresentou o menor valor de tendência a retrogradação, sendo ele: 158,00 cP.

No caso da variável resposta tendência a retrogradação nenhum dos fatores avaliados no experimento apresentaram efeitos significativos. Dessa forma, não construímos a regressão, não testamos na ANOVA e não apresentamos a superfície.

## Viscosidade final cP (25°C)

Ascheri et al., (2002) ao analisarem as propriedades viscoamilográficas de farinhas mistas extrusadas de arroz polido e bagaço de jabuticaba, verificaram que a formulação foi inversamente proporcional à viscosidade final; portanto, quanto maior o percentual de farinha de bagaço de jabuticaba, menor o valor de viscosidade final, enquanto a temperatura apresentou efeito positivo sobre esta variável. É válido destacar que a composição das matérias-primas utilizadas nos estudos acima referidos influencia diretamente os valores de viscosidade final encontrados. Os elevados teores de lipídeos, fibras e proteínas presentes na farinha de arroz integral, e, principalmente, o alto teor de fibras do bagaço de jabuticaba, além da diferença entre as proporções de amilose e amilopectina dos grãos, são responsáveis pelas propriedades de pasta apresentadas.

A viscosidade final é uma característica que, em produtos extrusados, vai depender das modificações que ocorrem nas estruturas do grânulo de amido e das moléculas durante o processamento. Uma das características dos produtos amiláceos, após o aquecimento, seguido da gelatinização e do resfriamento dos grânulos, é o processo de retrogradação, onde, durante a determinação da viscosidade de pasta no viscoamilógrafo, o ciclo de resfriamento, normalmente, mostra a tendência à retrogradação por efeito da recristalização das moléculas de amilose e amilopectina. Esse reagrupamento entre as frações de amilose e amilopectina confere na maioria dos casos, um aumento na viscosidade final. SEBIO (1996) afirma que baixos valores de viscosidade final são obtidos em tratamentos severos, onde ocorre degradação dos grânulos de amido e possíveis rompimentos de suas estruturas moleculares, que causam a perda da capacidade de retrogradação das mesmas e diminuem a viscosidade no resfriamento. Dessa forma, sugere-se que a alta umidade e temperaturas brandas utilizadas no presente estudo colaboraram para os resultados encontrados.

Para produtos elaborados através da tecnologia de extrusão termoplástica, a viscosidade de pasta final a 25 °C depende diretamente de todas as transformações que acontecem no grânulo de amido e nos demais componentes presentes nas farinhas extrudadas.

BOBBIO E BOBBIO (2003) e SILVA (2006) indicam o processo de retrogradação como uma das características de produtos amiláceos que foram submetidos ao aquecimento, gelatinização e resfriamento, durante a determinação das propriedades de pasta.

De acordo com estes autores, a ocorrência deste fenômeno está atrelada ao efeito da recristalização das moléculas de amilose e amilopectina, que desencadeia a reorganização da estrutura molecular e, conseqüentemente confere na maioria dos casos, um aumento da viscosidade durante o processo de resfriamento.

Nota-se, na Tabela 15, que a farinha T3, que possuem, 18% de umidade, 5% de farinha de maracujá na formulação, e foi processada a 140 °C, apresentou o valor mais alto de viscosidade final (677,00cP), e a farinha T6, que possuem, 16% de umidade, 15% de farinha de maracujá na formulação, e foi processada a 180 °C, apresentou o valor mais baixo de viscosidade final (281,00cP).

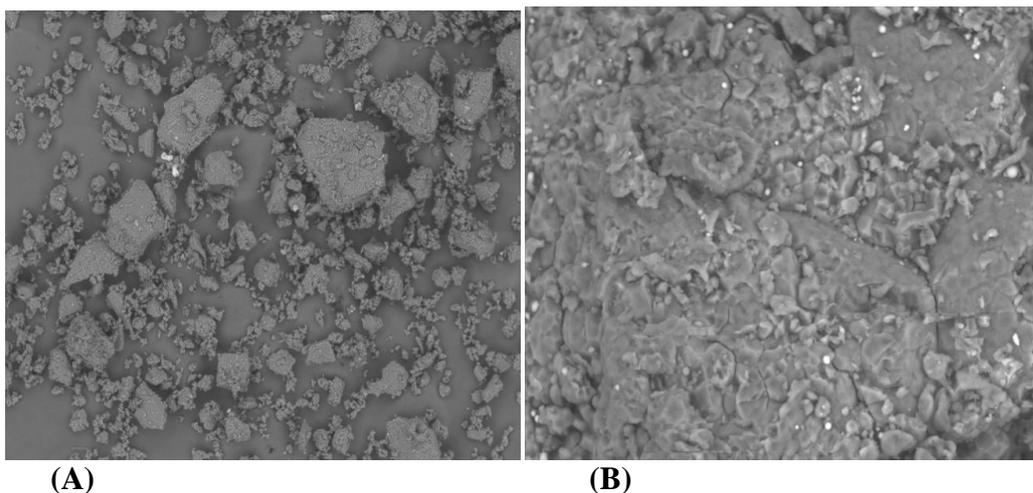
Analisando a Tabela 15, observa-se que o aumento do teor farinha da casca de maracujá implica em menores valores de viscosidade final.

Verifica-se que a viscosidade de pasta final aumenta quando a umidade está 18 %, combinada com baixos teores de farinha da casca de maracujá, em geral, 5 %.

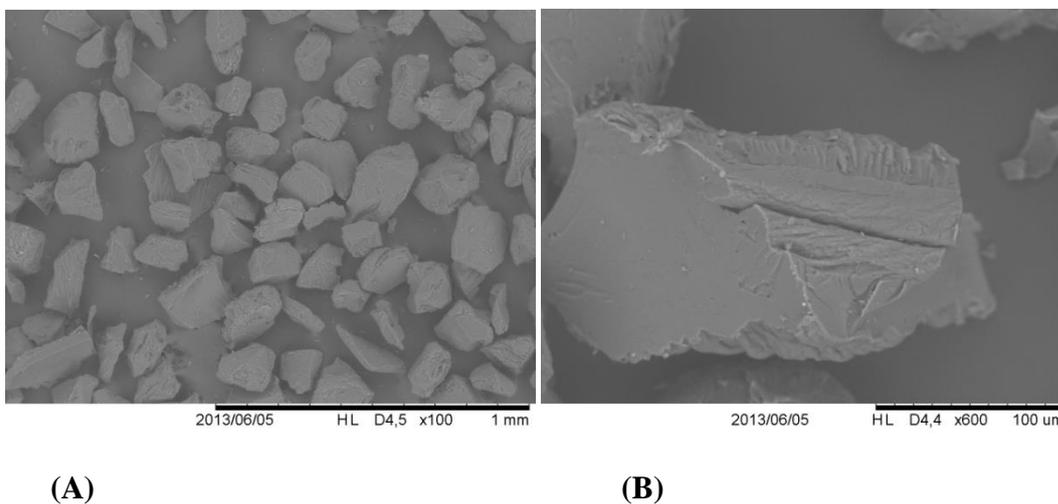
#### 4.5 Caracterização das Propriedades de Microestrutura

##### 4.5.1 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

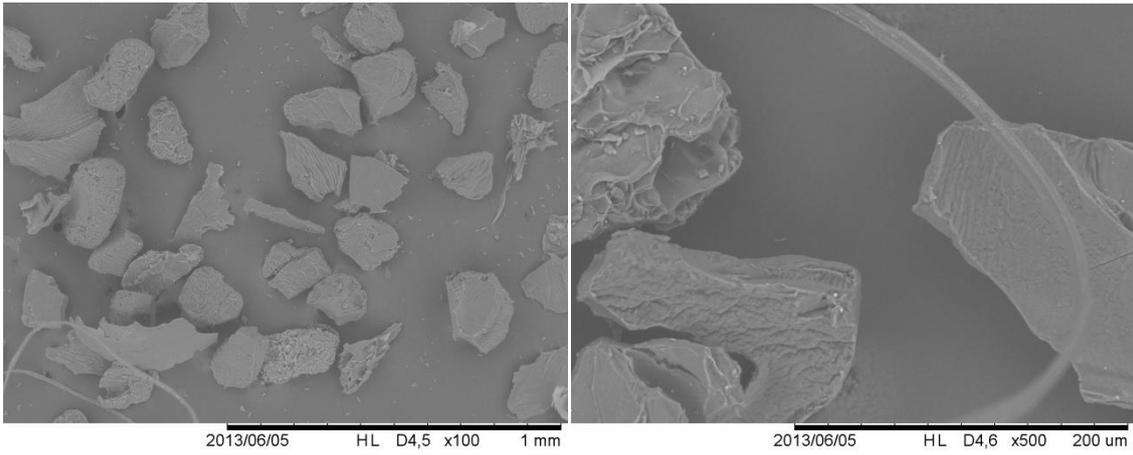
As micrografias da farinha de arroz branco polido e das farinhas mistas extrudadas selecionadas estão expostas nas Figuras 18 a 22.



**Figura 20.** Micrografias obtida por MEV de farinha de arroz branco polido, aumento de 100x (A) e 600x (B).



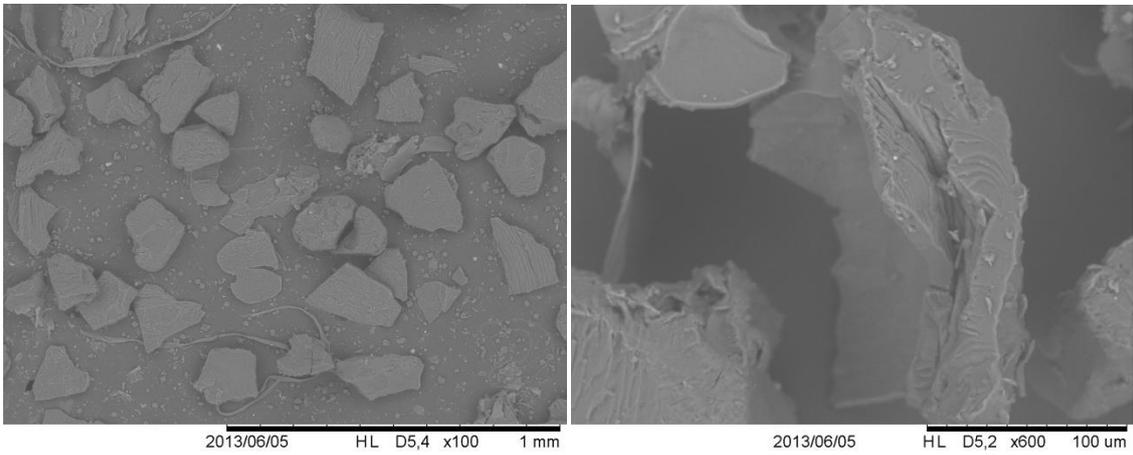
**Figura 21.** Micrografias obtida por MEV de farinha extrudada selecionada tratamento 1, aumento de 100x (A) e 600x (B).



(A)

(B)

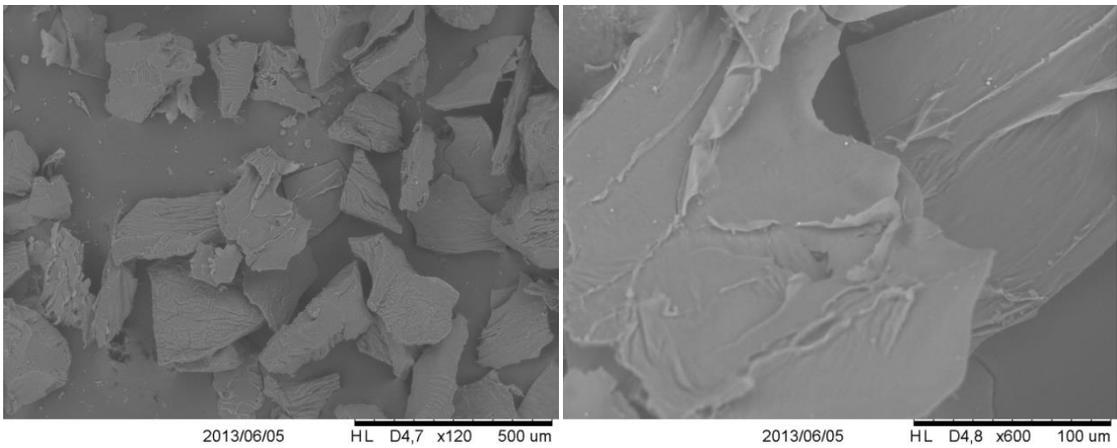
**Figura 22.** Micrografias obtida por MEV de farinha extrudada selecionada tratamento 6, aumento de 100x (A) e 500x (B).



(A)

(B)

**Figura 23.** Micrografias obtida por MEV de farinha extrudada selecionada tratamento 10, aumento de 100x (A) e 600x (B).



(A)

(B)

**Figura 24.** Micrografias obtida por MEV de farinha extrudada selecionada tratamento 19, aumento de 100x (A) e 600x (B).

Analisando as micrográfias acima, de modo geral, observa-se que a farinha de arroz branco polido apresenta os componentes da sua estrutura aglomerados e íntegros. Já as farinhas mistas que foram submetidas ao processo de extrusão, apresentam aspecto de uma massa compacta, amorfa, em que não se distingue o amido e a proteína.

De modo geral, nas amostras extrudadas pode-se verificar a presença de superfícies irregulares, com partes lisas e estriadas e alguns pequenos orifícios, provavelmente formados pelas bolhas de ar geradas durante a expansão.

#### 4.6 Caracterização Reológica, Tamanho de partícula e Análise Sensorial realizadas nas bebidas selecionadas

##### 4.6.1 Análise Reológica

Nas Tabelas 16 e 17 são apresentados os parâmetros obtidos por meio dos dois modelos utilizados para o ajuste dos dados experimentais.

**Tabela 16** – Parâmetros de ajuste do modelo de Ostwald de Waele para a bebida mista de farinhas de arroz e maracujá adicionada de pectina: k (índice de consistência) n (índice do comportamento do fluido) e  $R^2$  (coeficiente de determinação).

| Parâmetros | T1     | T6     | T10    | T19    |
|------------|--------|--------|--------|--------|
| K          | 0,1326 | 0,1503 | 0,2359 | 0,2339 |
| N          | 0,7149 | 0,7259 | 0,6498 | 0,6546 |
| $R^2$      | 0,9955 | 0,9868 | 0,9961 | 0,9999 |

**Tabela 17** – Parâmetros de ajuste do modelo de Herschel-Bulkley para a bebida mista de farinhas de arroz e maracujá adicionada de pectina: k (índice de consistência) n (índice do comportamento do fluido) e  $R^2$  (coeficiente de determinação).

| Parâmetros | T1     | T6     | T10    | T19    |
|------------|--------|--------|--------|--------|
| K          | 0,1439 | 0,1599 | 0,2581 | 0,2692 |
| N          | 0,6968 | 0,7121 | 0,6303 | 0,6292 |
| $T_0$      | 0,0284 | 0,0248 | 0,0480 | 0,0768 |
| $R^2$      | 1      | 1      | 0,9999 | 0,9999 |

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) mede a proporção da variação total da média explicada pela regressão, definida como a soma quadrática total (MAIA,1999). Comparando os ajustes para os observa-se que para as formulações contendo maior quantidade de farinha de arroz, o modelo Herschel-Bulkley forneceu o melhor ajuste (maiores valores de coeficiente de determinação, seguido pelo modelo de Ostwald de Waele.

Todas as formulações apresentaram índice de comportamento (n) menor que a unidade, sendo caracterizadas como fluidos pseudoplásticos.

SILVA *et al.*(2012) analisaram o comportamento reológico de polpas de caju, manga e acerola, constatando para todas as amostras avaliadas comportamento não newtoniano com caráter pseudoplástico.

Telis-Romero, Telis e Yamashita (1999) analisando propriedades reológicas de suco de laranja, ajustaram os dados obtidos ao modelo de Herschel-Bulkley, observando comportamento pseudoplástico para o produto analisado.

Diversos estudos têm sido realizados com a finalidade de avaliar o comportamento reológico de diversos alimentos. Vendramel, Cândido e Campos (1997) constataram que a adição de frutas em diferentes hidrocoloides promoveu o aumento da viscosidade das formulações. Araújo *et al.* (2009) analisaram a viscosidade aparente de néctar de amora preta, obtendo resultado de 36,76 mPa.s. Barcia, Medina e Zambiasi (2010) avaliaram a diferença na fluidez de geleias de jambolão formuladas com diferentes tipos de edulcorantes. Verificaram que as geleias contendo esteviosídeo foram as que apresentaram maior fluidez (menor viscosidade).

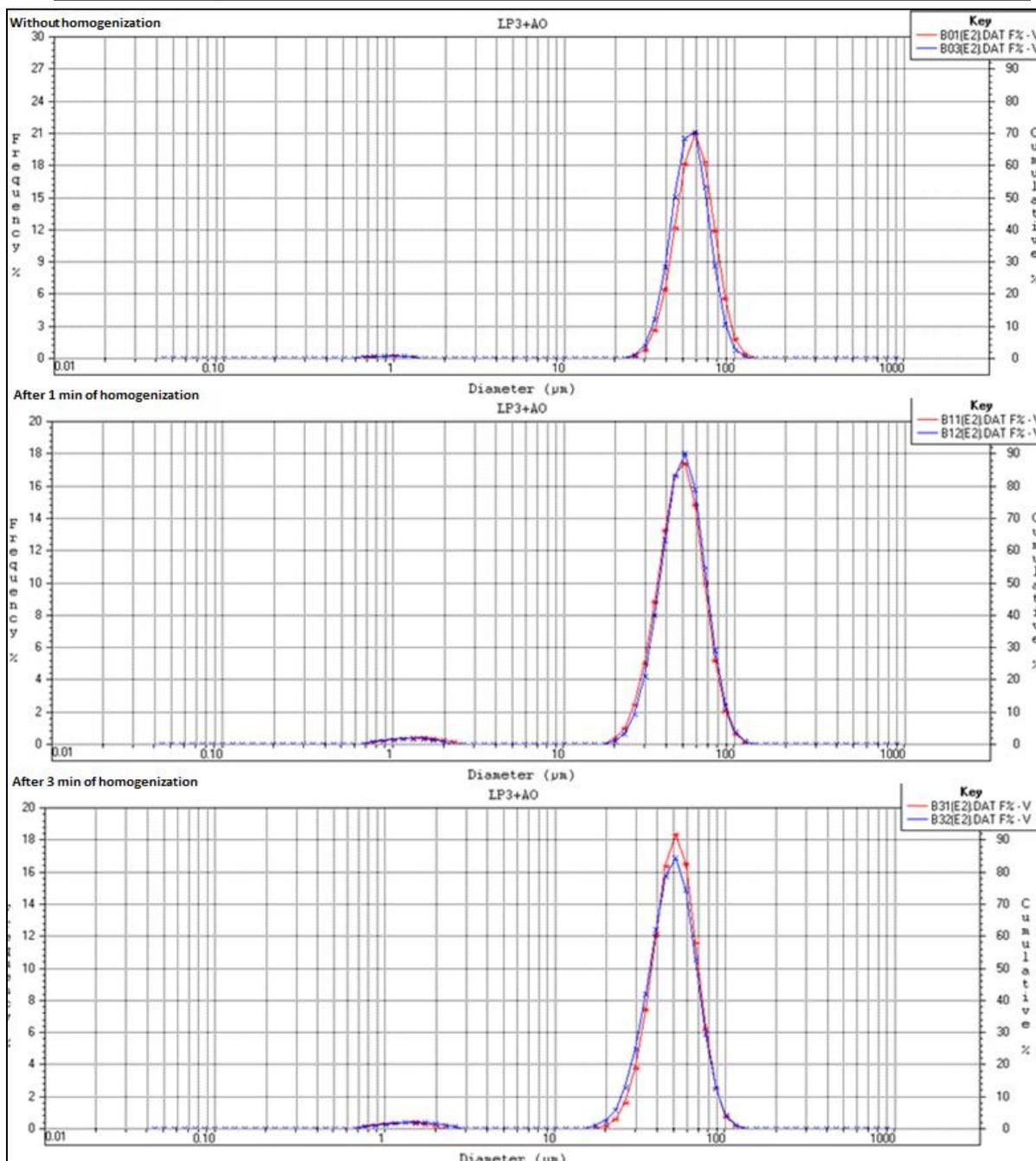
#### **4.6.2 Análise de tamanho de partícula**

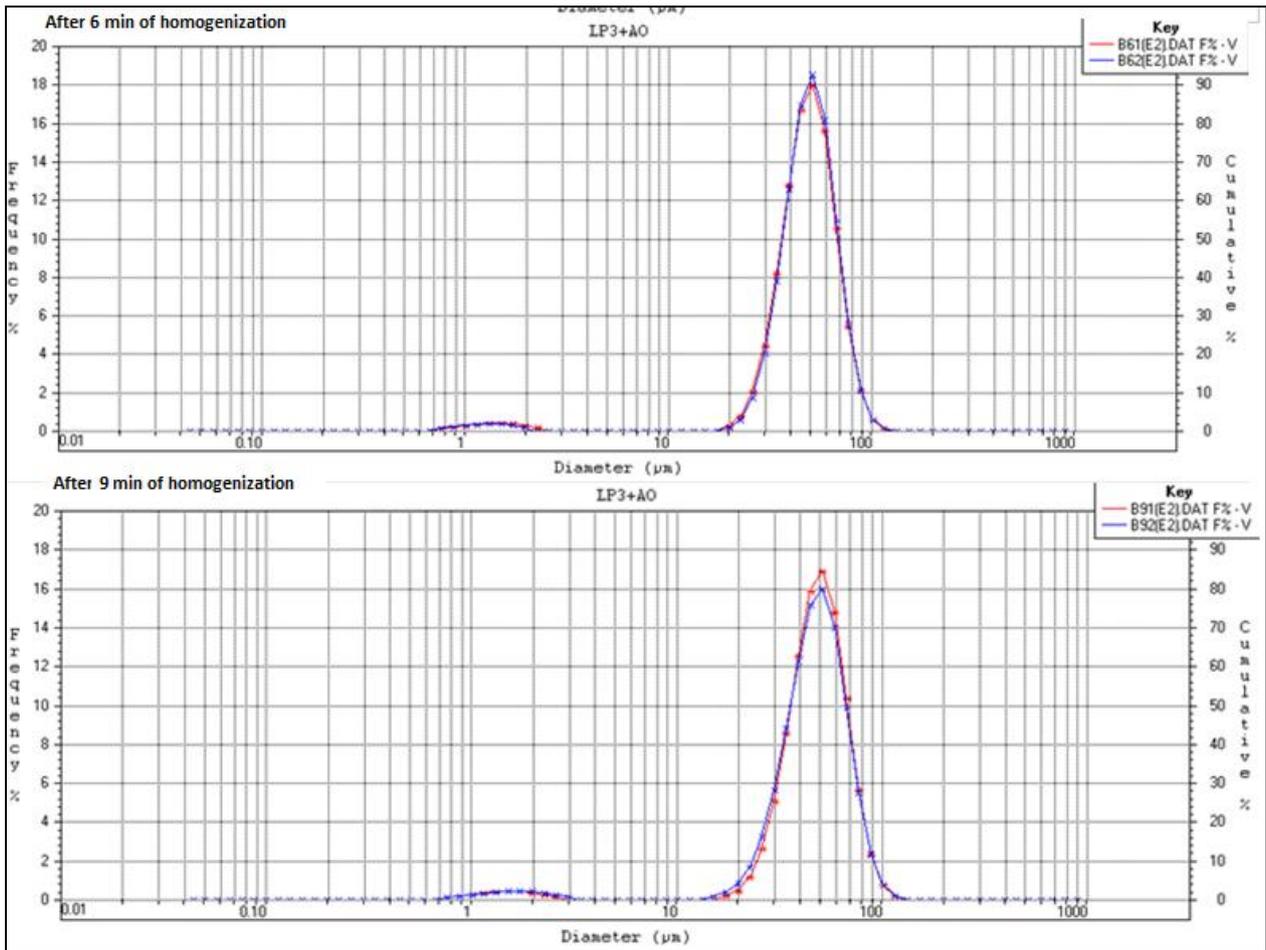
O tamanho de partícula dos produtos obtidos após a moagem são de vital importância dos produtos em pó, quando submetidos à solubilização. A velocidade da solubilização no meio aquoso virá depender do tamanho da partícula, e do grau de conversão, na extrusão, à qual foi submetida a partícula para sua solubilização. Partículas de diâmetro menor, absorvem muito mais rápido que as maiores, devido ao princípio da difusividade d'água. O tamanho e solubilidade das mesmas estará relacionada com as características de aceitabilidade sensorial, visto que o palato pode diferenciar partículas insolúveis no momento da ingestão da bebida. Nesse sentido a solubilidade e homogeneização durante o processo, é particular importância na qualidade da bebida. Cabe ressaltar ainda, que a incorporação de material com alto teor de fibras na formulação implica menor grau de conversão durante a extrusão. Isto compromete, no caso de formulações com maior proporção de fibras, a solubilidade e melhor homogeneização da bebida. A Figura 20 representam a percentagem de frequência e a percentagem cumulativa em função do tamanho de partícula das farinhas extrudadas, em microns. A medição do tamanho de partícula foi realizada na farinha de maracujá e nas 4 farinhas extrudadas com 5, 10, 15 e 18% de farinha de maracujá, em triplicata. Não houve diferença significativa no tamanho de partícula das farinhas extrudadas somente entre a farinha de maracujá e as farinhas extrudadas. Então ficou decidido fazer a análise do perfil de distribuição de tamanho de partícula somente em uma formulação em função do tempo de homogeneização.

Para a bebida escolhida com 18% de farinha de maracujá foi apresentado o gráfico de homogeneização durante 1 minuto. Antes de homogeneização a bebida formulada apresenta 21% das partículas com um tamanho superior a 60  $\mu\text{m}$  e 50% das partículas inferiores a 50  $\mu\text{m}$ . Após 1, 3, 6 e 9 minutos de tempo de homogeneização a amostra tinha a maioria das partículas (80%) com o tamanho inferior a 50  $\mu\text{m}$  e em torno de 20% das partículas superior a 60  $\mu\text{m}$ . Em geral, a curva de distribuição de tamanho de partículas da bebida com 18% foi deslocada para uma grande gama de tamanho de partícula (diâmetro) de cerca de 20  $\mu\text{m}$  a 110  $\mu\text{m}$ . Portanto, seria necessária uma redução do tamanho de partículas para melhorar a textura da bebida referência, uma vez que estas partículas grandes podem ser sentidas durante o consumo da bebida pelos consumidores.

**Tabela 18.** Valores da distribuição do tamanho de partícula da formulação (referência) em função do tempo de homogeneização

| <b>Tempo de Homogeneização (min)</b>                                  | <b>0</b> | <b>1</b> | <b>3</b> | <b>6</b> | <b>9</b> |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| Tamanho de partícula principal (mm)                                   | 60       | 50       | 50       | 50       | 50       |
| Percentagem de partículas com tamanho superior a 60 $\mu\text{m}$ (%) | 21       | 17,5     | 17,5     | 18       | 16,5     |
| Percentagem de partículas com tamanho inferior a 50 $\mu\text{m}$ (%) | 70       | 88       | 87       | 90       | 82       |





**Figura 25.** Distribuição de frequência de tamanhos de partículas na formulação (referência) sem homogeneização, e após um, três, seis e nove minutos de homogeneização, a 5000 rpm como uma função do diâmetro

### 4.6.3 Avaliação Sensorial



**Figura 26.** Amostras de bebidas de farinha mista de arroz e maracujá utilizadas para realização da análise sensorial

As médias e erros padrão para a aceitação das oito bebidas estudadas são apresentadas na Tabela 19.

**Tabela 19.** Médias e erro padrão da aceitação\* do consumidor para as bebidas estudadas utilizando pectina (P) e Carboximetilcelulose (CMC)

| Preferência | Bebidas           |                   |                  |                  |                  |                  |                   |                  |
|-------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|
|             | F1<br>P           | F6<br>P           | F10<br>P         | F19<br>P         | F1<br>CMC        | F6<br>CMC        | F10<br>CMC        | F19<br>CMC       |
| Média       | 5,4 <sup>ab</sup> | 5,5 <sup>ab</sup> | 5,2 <sup>a</sup> | 4,8 <sup>b</sup> | 5,7 <sup>a</sup> | 5,7 <sup>a</sup> | 5,2 <sup>ab</sup> | 4,7 <sup>b</sup> |
| Erro padrão | 0,24              | 0,23              | 0,23             | 0,23             | 0,22             | 0,22             | 0,24              | 0,22             |

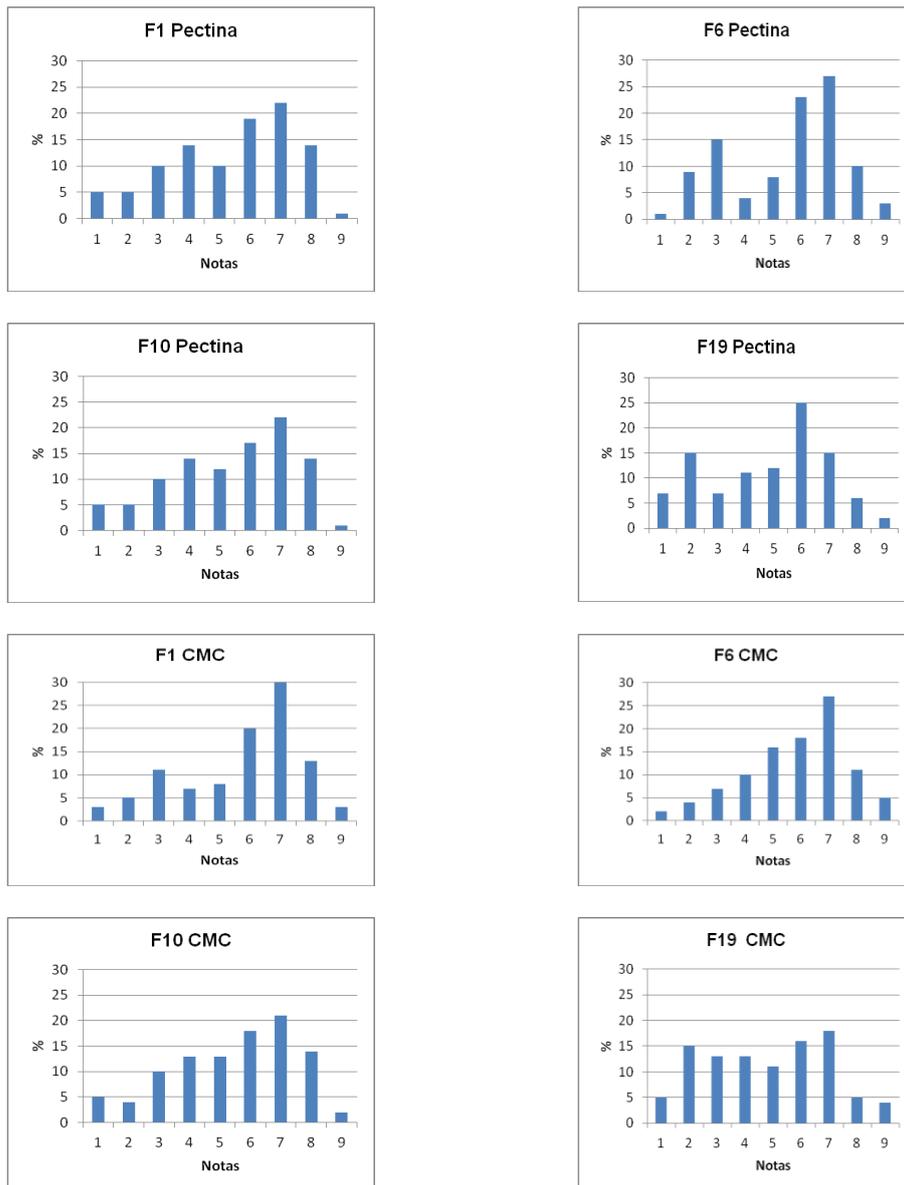
\*Letras diferentes indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ )

F1P= 5% de farinha de maracujá c/ pectina; F6P = 10% de farinha de maracujá c/ pectina; F10P = 15% de farinha de maracujá c/ pectina; F19P = 18% de farinha de maracujá c/ pectina; F1CMC = 5% de farinha de maracujá c/ CMC; F6CMC = 10% de farinha de maracujá c/ CMC; F10CMC = 15% de farinha de maracujá c/ CMC; F19CMC = 18% de farinha de maracujá c/ CMC.

Os resultados da análise de variância mostraram que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) no quanto os participantes gostaram/desgostaram das bebidas estudadas. Os produtos com piores desempenhos quanto à preferência foram as bebidas F19 P e F19 CMC, com maior percentual de farinha de maracujá em sua formulação. Não houve diferença significativa entre os demais. A partir de tais resultados decidiu-se observar a distribuição de frequência da preferência para cada uma das bebidas. A Figura 26

apresenta os referidos histogramas da preferência para as bebidas preparadas com farinha de arroz e maracujá.

Observa-se pela Figura 25 que algumas das amostras alcançaram consideráveis percentuais de notas altas ( na faixa do gostei da escala hedônica utilizada), ou seja, tais amostras foram preferidas por um certo número de participantes do teste. Entretanto, apenas considerando as médias dos produtos, esse resultado não fica evidenciado. Por exemplo, pode-se considerar que a bebidas F1 CMC e F6 CMC alcançaram boa performance quanto a preferência, evidenciadas tanto pela menor rejeição ao produto (baixa porcentagem de notas baixas), como pela maior porcentagem de notas na escala hedônica entre “gostei ligeiramente” e “gostei muito”.



**Figura 27.** Histograma de distribuição da porcentagem das notas atribuídas às bebidas mistas extrudadas de farinha de arroz e maracujá utilizando pectina (P) e carboximetilcelulose (CMC).

## 5. CONCLUSÕES

Considerando os experimentos realizados e os resultados obtidos, pode-se afirmar que é possível produzir farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz e casca de maracuja com boas características tecnológicas, nutricionais e microbiológicas para a elaboração de bebidas de rápida dissolução saudáveis e que atendam a demanda do consumidor dos dias atuais.

Dentre as variáveis independentes avaliadas no presente estudo, a umidade e a formulação (% de farinha de maracuja) foram as que mais influenciaram e promoveram modificações nas características físicas e tecnológicas das farinhas mistas extrudadas.

Cabe ressaltar que as condições de processamento utilizadas não afetaram de forma significativa o valor nutricional da maior parte das farinhas mistas produzidas.

Sob o ponto de vista nutricional, a incorporação da farinha da casca do maracuja na farinha de arroz promoveu incremento no teor de minerais e proteínas, indicando que a composição mineral e de aminoácidos das farinhas mistas apresenta melhoria nutricional.

Considera-se, do ponto de vista tecnológico, viável o uso da casca e albedo do maracujá na produção de uma farinha mista pre-cozida para uso como ingrediente alimentar.

Pela quantificação de possíveis microrganismos contaminantes, pode-se concluir que com tratamento térmico adotado, de todas as misturas encontravam-se dentro dos padrões microbiológicos preconizados pela RDC nº 12 para esta categoria de produtos, conseqüentemente aptas para o consumo humano até os 45 dias de fabricação em temperatura ambiente. Assim, estas farinhas processadas por extrusão constituem-se em uma excelente alternativa de inclusão de ingredientes funcionais na dieta, podendo ser utilizada para elaboração da bebida.

Dentre os parâmetros físicos, a cor foi influenciada pelo processo de extrusão e os extrudados desenvolvidos apresentaram uma coloração voltada para o amarelo mais escuro.

Os melhores índices de expansão foram observados para os ensaios com até 10 % de farinha de casca de maracuja em suas formulações e que foram processados com baixa umidade, e temperaturas mais brandas, em geral, igual ou inferior a 140°C. Assim, caso haja interesse na produção de bebidas de arroz e farinha de casca de maracuja, essas são as melhores condições de processamento por extrusão termoplástica.

Em geral, os resultados obtidos no presente estudo demonstraram que a casca e albedo do maracujá, subproduto da indústria de sucos e polpas, poderia ser utilizada como fonte de fibras. Sua incorporação na formulação de alimentos deve atentar as suas características físicas, químicas e sensoriais, para garantir seu melhor aproveitamento e aceitação entre os consumidores.

É viável a utilização de farinhas extrudadas de arroz e casca de maracuja na elaboração de bebidas isentas de glúten, constituindo, portanto, uma alternativa diferenciada de consumo para a população em geral, assim como por portadores de doença celíaca.

## **6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Sugere-se para os próximos estudos a utilização de uma maior concentração de farinha de maracujá e maior teor de umidade visto que não ocorreu diferença significativa com as quantidades estudadas.

Poderia ser feita a pasteurização da bebida e avaliação da sua vida útil.

A realização de testes sensoriais das bebidas poderá ser interessante comparando com formulações existentes no mercado.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). Approved methods of the AACC. 9ª edição, Saint Paul, 1995. v. 1-2.

AACC. The definition of dietary fiber. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v.46, n.3, p.112-129, 2001.

ADAMOLEKUN B. Neurological disorders associated with cassava diet: a review of putative etiological mechanisms. **Metab Brain Dis.**2011; 79-85.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Portaria SVS/MS n. 27 de 13 janeiro1998. **Regulamento técnico referente à Informação Nutricional Complementar**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 de janeiro de 1998. Seção I. 44.

AGUIAR, J.L.P.; SPERRY, S.; JUNQUEIRA, N.T.V. **A produção de maracujá na região do cerrado: caracterização socioeconomia**. Brasília, Embrapa, 1-30 p., 2001.

ANDERSON, J. W.; DEAKINS, D. A.; FLOORE, T. L.; SMITH, B. M.; WHITIS, S. R. Dietary fiber and coronary heart disease. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.29, n.2, p.95-147, 1990.

ANDERSON, R.A.; CONWAY, H.F.; PFEIFER, V.F.; GRIFFIN JR., L. Gelatinization of Corn Grits by Roll- and Extrusion-Cooking. **Cereal Science Today**, Saint Paul, v. 14, n. 1, p. 4-11, 1969.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 16ª edição. Arlington: Washington, 2005.

AOAC (1984): Hydrocyanic acid in beans, alkaline titration method. In **Official Methods of Analysis of the Association of Social Analytical Chemists**. Williams S (Ed) AOAC Inc., Arlington, VA, USA.

ANDO N et al. Elaboração de cookie diet com farinha de casca de maracujá-amarelo. **XVI Encontro Anual de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq)**, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR. 2007.

ASCHERI, D.P.R.; ANDRADE, C.T.; CARVALHO, C.W.P.; ASCHERI, J.L.R. Obtenção de farinhas mistas pré-gelatinizadas a partir de arroz e bagaço de jabuticaba: efeito das variáveis de extrusão nas propriedades de pasta. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v.24, n.1, p. 115-144, jan/jun, 2006.

ASCHERI, J.L.R. Elaboração de *snacks*, farinha pré-gelatinizada e instantânea de subprodutos de engenhos de arroz por extrusão termoplástica. **Relatório de Projeto (EMBRAPA)**. 19p. 2000.

ASCHERI, J.L.R.; CARVALHO, C.W.P. Efecto de los Parámetros de Extrusión, Características de Pasta y Textura de Pellets (Snacks de Terceira Geración) producidos a partir de Trigo y Maíz. **Alimentaria**. p. 93-98, Enero-Febrero, 1997.

ASCHERI JLR. Efeito de Ca (cálcio) no processamento da torta de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) por extrusão. In: 2º **Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão-Manso**. Brasília, 2011.

ASCHERI, J.L.R. Processo de extrusão de alimentos: aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos para consumo humano e animal. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 2011. 107p. (EMBRAPA-CTAA, Documentos).

ALVAREZ-MARTINEZ, L.; KONDURY, K.P.; HARPER, J.M. A general model for expansion of extruded products. **Journal of Food Science**, v. 53, p. 609-615, 1988.

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

ARTZ, W.E.; WARREN, C. & VILLOTA, R. Twin-screw extrusion modification of a corn fiber and corn starch extruded blend. **Journal of Food Science**, London, v.55, n.3, p.746-754, 1990.

ASSAN, R. Pancréatite tropicale diabétogène. **Diabete et Metabolisme**, v.14, p.299-312, 1988.

ASSIS, L.M.; ZAVAREZE, E.R.; RADÜNZ, A.L.; DIAS, A.R.G.; GUTKOSKI, L.C.; ELIAS, M.C. Propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais de biscoitos com substituição de farinha de trigo por farinha de aveia ou farinha de arroz parboilizado. **Revista Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 1, p.15-24, 2009.

AZLYN, K. L.; TOMA, R. B.; KOVAC, J. E.; CHRISTOPHER, S. Formulation and sensory evaluation of a low calorie fiber bar. **Journal of Food Science**, v.54, n.3, p.727-729, 1989.

BARBOSA, E. G. **Prevalência de bactéria probiótica *L. acidophilus* – NCFM em extrato de soja fermentado e saborizado com sacarose e polpa de pêssego**. 2007. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas - UFPEL, Pelotas, 2007.

BORRMANN, D. et al. Avaliação sensorial de bebidas a base de extrato hidrossolúvel de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 20., 2006, Curitiba, PR. Anais... Curitiba: SBCTA, 2006. 1 CD-ROM.

BALAGOPALAN, C. Cassava utilization in food, feed and industry. In: HILLOCKS, R.J.; THRESH, J.M.; BELLOTTI, A.C. Cassava: biology, production and utilization. Wallingford: CAB International, 2002. p. 301-317.

BAIK, B.; POWERS, J.; NGUYEN, L. T. Extrusion of regular and waxy barley flours for production of expanded cereals. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 81, n. 1, p. 94-99, 2004.

BARBOSA, L.N.; GARCIA, L.V.; TOLOTTI, K.D.; GOELLNER, T.; AUGUSTO-RUIZ, W.; SANTO, M.E. Elaboração de embutido tipo mortadela com farinha de arroz. **Vetor**, Rio Grande, v. 16, n. 1-2, p. 11-20, 2007.

BARBOSA, C.F. **Processo de obtenção de farinha integral de berinjela (*Solanum melongena* L.) e sua caracterização tecnológica**. Rio de Janeiro, 2003. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Ciência e Tecnologia de Alimentos. v. 2, 91p.

BECKER, A.; HILL, S.E.; MITCHELL, J.R. Milling – a further parameter affecting the rapid visco analyser (rva) profile. **Cereal Chemistry**, n.78, p.166-172, 2001.

BELOTTI, A. C.; ARIAS, B. The possible role of HCN on the biology and feeding behaviours of the cassava burrowing bug (*Cyrtomenus hergi*, Froeschner). In: ROCA, W. M.; THRO, A. M. (eds.) Proceedings of the first international scientific meeting of the Cassava Biotechnology Network, **Cartagena: CIAT**, p.406-409, 1992.

BERTIPAGLIA, L. M. A.; ALCADE, C. R.; SIQUEIRA, G. B.; MELO, G. M. P.; ANDRADE, P. Degradação in situ da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de silagens de milho e resíduo da extração do suco de maracujá. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, n. 3, p. 765-769, 2002.

BHATTACHARYA, S.; SUDHA, M. L.; RAHIM, A. Pasting characteristics of an extruded blend of potato and wheat fl ours. **J. Food Eng.**, v. 40, p. 107-111, 1999.

BOBBIO, P.A, BOBBIO F.O. **Química do processamento de alimentos**. Sao Paulo: Livraria Varela, 1992. 2.ed.. p.61-64.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P. Introdução à química de alimentos. 3ª edição. São Paulo: Varela, 2003. 238p.

BOONYASIRIKOOL, P.; CHARUNUCH, C. Development of nutritious soy fortified snack by extrusion Cooking. **Kasetsart J. (Nat. Sci.)**, v. 34, n. 3, p. 355-365, 2000.

BORGES, R. F. **Panela furada: o incrível desperdício de alimentos no Brasil**. 3. ed. São Paulo: Columbus, 1991. 124p.

BORGES, J.T.S. Elaboração de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e farinha de arroz (*Oryza sativa*, L) utilizando o processo de extrusão termoplástica. 2002. 115f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Instituto de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 2002.

BORNET, F. Technological treatments of cereals. Repercussions on the physiological properties of starch. **Carbohydrates Polymers**, v.21, p.195-203, 1993.

BOUVIER, J. M., Bonneville, R. and Goullieux, A. Instrumental methods for the measurement of extrudate crispness. **Agro Food Industry Hi-tech**, v. 8, 16-19, 1997.

BOWER, J. A.; WHITTEN, R. Sensory characteristics and consumer liking for Cereal bar snack foods. **Journal of Sensorial Studies**, v.15, n.3, p.327-345, 2000.

BOX, G. E. P. Exploration of maxima and ridge systems with second-order response surfaces. In: **Empirical model-building and response surfaces**. Eds. G. E. P. Box) John Wiley & Sons, New York. p.304-322, 1987.

BOX, G.E.P.; HUNTER, W.G.; HUNTER, J.S. Statistics for experimenters: an introduction to design, data analysis and model building. New York: John Wiley & Sons, 1978.

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

BRADBURY, J. H.; EGAN, S. V.; LYNCH, M. J. Analysis of cyanide in cassava using acid hydrolysis of cyanogenic glucosides. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.55, p.277-290, 1991.

BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M. E., BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Leb Wissenschaft und Technik*, 28, 25-30, 1995.

BRADBURY MG, EGAN SV, BRADBURY JH. Picrate paper kits for determination of total cyanogens in cassava roots and all forms of cyanogens in cassava products. *J Sci Food Agric.*;79:593-601, 1999.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC nº 53, 15 de junho de 2000. Regulamento Técnico para fixação de Identidade e Qualidade de Mistura à Base de Farelo de Cereais. Brasília, 2001. 12p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa 62, de 26 de agosto de 2003 - Métodos de Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para o Controle de Produtos de Origem Animal e Água, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2003.

BRATTSSEN, L. B.; SAMUELIAN, J. H.; LONG, K. Y.; KINCAID, S. A.; EVANS, K. Cyanide as a feeding stimulant for the southern armyworm, *Spodoptera eridania*. *Ecological Entomology*, v.8, p.125-132, 1983.

BRYANT, R.J. Functional and digestive characteristics of extruded rice flour. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, v. 78, n. 2, p. 131-137, 2001.

BRIMER, L.; TUNÇEL, G.; NOUT, M. J. R. Simple screening procedure for microorganisms to degrade amygdalin. *Biotechnology Techniques*, v.7, p.683-687, 1993.

BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; LUSTOSA, J. P. O.; ROCHA, M. B.; VIEGAS, P. R. A.; HOLANDA, F. S. R. Rendimento e qualidade da fruta do maracujá-amarelo adubado com potássio, esterco de frango e de ovino. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 27(2), p. 260-263, 2005.

BURNS AE, BRADBURY JH, CAVAGNARO TR, GLEADOW RM. Analysis total cyanide content of cassava food products in Australia. *J Food Composit Anal.*;25(1):79-82, 2012.

CABRAL, L.M. C; FREIRE JUNIOR, M; MATTA, V.M. **Tecnologia de bebidas**. 1ª ed, São Paulo, Edgard Blücher, p.293- 309, 2005.

CAMIRE, M.E.; CAMIRE, A.; KRUMHAR, K. Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 19, p. 35-57, 1990.

CANTERI, M. H. C. **Caracterização comparativa entre pectinas extraídas do pericarpo de maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*)**. 2010. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

CARVALHO GQ, ALFENAS RCG. Índice glicêmico: uma abordagem crítica acerca de sua utilização na prevenção e no tratamento de fatores de risco cardiovasculares. **Rev Nutr.**; 21(5):577-87, 2008.

CARVALHO, V. A.; VASCONCELOS, M. A. M. ALVES, M. S.; FIGUEIREDO, C. J. S. Aproveitamento do mesocarpo do maracujá na fabricação de produtos flavorizados. **Comunicado Técnico**. Embrapa. Belém, dez. 2005.

CARVALHO, A.V.; BASSINELLO, P.Z.; MATTIETTO, R.A.; CARVALHO, R.N.; RIOS, A.O.; SECCADIO, L.L. Processamento e caracterização de snack extrudado a partir de farinhas de quirera de arroz e de bandinha de feijão. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 15, n. 1, p. 72-83, 2012b.

CARVALHO, A.V.; RIOS, A. O.; BASSINELLO, P. Z.; SECCADIO, L. L. Otimização de snack extrudado de arroz e feijão. *Alimentos e Nutrição*, v. 23, n. 3, p. 443-452, 2012b.

CARVALHO, R.V.; ASCHERI, J.L.R.; CAL-VIDAL, J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de extrusados (3G) de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 26, n. 5, p. 1006-1018, 2002.

CARVALHO, C.W.P.; TAKEITI, C.Y.; ONWULATA, C.I.; PORDESIMO, L. O. Relative effect of particle size on the physical properties of corn meal extrudates: Effect of particle size on the extrusion of corn meal. *Journal of Food Engineering*, v. 98, n. 1, p.103-109, 2010.

CAVALHEIRO, C. V. **Extração de compostos fenólicos assistida por ultrassom e determinação de ácidos graxos e minerais em folhas de *Olea europaea* L.** 2013. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Alimentos), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

CARADUS, J. R.; FORDE, M. B. Characterization of white clover populations collected from the Caucasus and high altitude regions of eastern Turkey. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.43, p.143-155, 1996.

CAVICHIOLO, J. C.; RUGGIERO, C.; VOLPE, C. A.; PAULO, E. M.; FAGUNDES, J. L.; KASAI, F. S. Florecimento e frutificação do maracujazeiro-amarelo submetido à iluminação artificial, irrigação e sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.1, p. 92-96, 2006.

CENTEC. Instituto Centro de Ensino Tecnológico. **Produtos de Maracujá**. 2ª ed. Fortaleza, Demócrito Rocha, 2004.

CENTENARO, G. S.; FEDDERN, V.; MORAES, K. S.; ZAVAREZE, E. R.; SALASMELLADO, M. Elaboração de produtos de panificação enriquecidos com

subprodutos da indústria de alimentos. In: **XIX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Recife, CD-ROM 2004.

CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F.; FRANCO, C.M.L. Uso do Amido e seus derivados na produção de salgadinhos extrusados (snacks). In: Cereda, M. P.; Vilpoux, O. F. (Ed.). **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**, São Paulo: Fundação Cargill, 2003. p. 132-143. (Culturas Tuberosas Amiláceas Latino Americanas).

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**. Campinas, 1999. 163p. Dissertação (doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

CHANG, Y.K.; EL-DASH, A.A. Effects of acid concentration and extrusion variables on some physical characteristics and energy requirements of cassava starch. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, v. 20, n. 2, p. 129-137, 2003.

CHABARIBERY, D., ALVES, H. S. Produção e comercialização de limão, mamão, maracujá e melancia em São Paulo. **Informações Econômicas**. v.31, n.8, 2001.

CHANG, Y.K.; MARTÍNEZ-BUSTOS, F.; MARTÍNEZ-FLORES, H.E. Effect of operational extruder parameters on the production of crispbread. Analysis using response surface methodology. **Research Advances in Food Science**, v.2, p.63-71, 2001.

CHASSAGNE D. Identification and quantification of passion fruit cyanogenic glycosides. **J Agric Food Chem.**;v.44, n.12, p.3817-20, 1996.

CHASSAGNE, D.; CROUZET, J. A cyanogenic glycoside from *Passiflora edulis* fruits. **Phytochemistry**, v.49, n.3, p.757-759, 1998.

CHASSAGNE, D.; CROUZET, J. C.; BAYONOVE, C. L.; BAUMES, R. L. Identification and quantification of passion fruit cyanogenic glycosides. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, n.12, p.3817-3820, 1996.

CHAVES, J.B.P. **Métodos de diferença em avaliação sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: 90 p. 1993.

CHASSAGNE, D.; CROUZET, J.C.; BAYONOVE, C.L.; BAUMES, R.L. Identification and quantification of passion fruit cyanogenic glycosides. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, n.12, p.3817-3820, 1996.

CHEFTEL, J.C; CHEFTEL,H. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**, Zaragoza, Acribia, p.162-169, v.1, 2000.

CHEFTEL, J.C. Nutritional effects of extrusion-cooking. **Food Chemistry**, v.20, p.263-283, 1985.

CHEYNE, A.; BARNES, J.; WILSON, D.I. Extrusion behavior of cohesive potato starch pastes: I. Rheological characterization. **Journal of Food Engineering**, v. 66, p. 1-12, 2005.

- CHIANG, B. Y.; JOHNSON, J. A. Gelatinization of the starch in extruded products, **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.54, n.3, p.436-443, 1977.
- CHUANG, G.C.C.; YEH, A.I. Effect of screw profile on residence time distribution and starch gelatinization of rice flour during single screw extrusion cooking. **Journal of Food Engineering**, v. 63, p. 21-31, 2004.
- CHOWDHURY, M. M. I.; BALA, B.K.; HAQUE, M.A. Mathematical modeling of thinlayer drying of jackfruit leather. **Journal of Food Processing and Preservation**, 35, 797-805, 2011.
- CLARK, R.; JOHNSON, S. Sensory acceptability of foods with added lupin (*Lupinus angustifolius*) kernel fiber using pre-set criteria. **Journal of Food Science**, v.67, n.1, p.356-362, 2002.
- CLEMENS, R. A. Redefining fiber. **Food Technology**, v.55, n.2, p.100, 2001.
- CLIFF JA, MARTI A, MOLIN HR. Mantakassa: An epidemic of spastic paraparesis associated with chronic cyanide intoxication in a cassava staple area of Mozambique. Part I: Epidemiological and clinical and laboratory findings in patients. **WHO Bull.**;v.62,p.477-84, 1984.
- COHEN, S. A.; MICHAUD, D.P. Synthesis of a fluorescent derivatizing reagent, 6-aminoquinolyl-N-Hydroxysuccinimidyl carbamate, and its application for the analysis of hydrolysate amino acids via high-performance liquid chromatography. **Analytical Biochemistry**, v. 211, p. 279-287, 1993.
- COLONNA, P.; GARCIA, V.; BOUCHET, B.; GALLANT, D.J. Structural changes of cassava starch granules after heating at intermediate water contents. *Starch/Stärke*, v. 49, n. 5, p. 171-179, 1987.
- COLLADO, L.S.; LIM, M.; MABESA, L. B. Food production from passion fruit(*Passiflora* sp.) rind. **Philippine Technology Journal**, v.14, n.1-2, p.65-70, 1989.
- CORDOVA, K. V.; GAMA, T. M. M. T. B.; WINTER, C. M. G.; NETO, G. K.; FREITAS, R. J.S. Características físico-químicas da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis Flavicarpa Degener*) obtida por secagem. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v.23, n.2, p.221-230, 2005.
- DARIS, D.; JACQUES, R.; VALDUGA.E. Avaliação de características físico-químicas e sensoriais de doces em pasta elaborados com polpa e/ou casca de banana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17, 2000, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.1, p.3-14, 2000.
- DAVIDSON, A.; STEVENSON, T. Poisoning by pois d' Archery (*Phaseolus lunatus*, L.). **Practitioner**, v.32, p.435-439, 1884.

DORS, G.C.; CASTIGLIONI, G.L.; AUGUSTO-RUIZ, W. Utilização da farinha de arroz na elaboração de sobremesa. **Vetor**, Rio Grande, v. 16, n. 1-2, p. 63-67, 2006.

DEUS, G. I. **Efeitos da temperatura de secagem nos teores de compostos cianogênicos totais e fibra alimentar de casca de maracujá**. 2011. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

DORS, G.C.; CASTIGLIONI, G.L.; AUGUSTO-RUIZ, W. Utilização da farinha de arroz na elaboração de sobremesa. **Vetor**, Rio Grande, v. 16, n. 1-2, p. 63-67, 2006.

DOWNES, F.P.; ITO, K. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. 4ª edição. Washington, D.C.: American Public Health Association (APHA), 2001.

DZIEZAK, J.D. Romancing the kernel: a salute to rice varieties. **Food Technology**, Chicago, v. 45, n. 6, p. 74-60, 1991.

DREHER, M.L. **Food industry perspective: functional properties and food uses of dietary fiber**. In: Kritchevsky, D, Bonfield, C, editores. **Dietary fiber in health & disease**. Minnesota: Eagan Press, p. 467-74, 1995..

DURIGAN, J. F.; DURIGAN, M. F. B. Características dos Frutos. In: MATSUURA, F. C. A. U., FOLEGATTI, M. I. S. (eds) **Frutas do Brasil 23**, 1 ed., chap. 2, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002.

EL-DASH, A.A. Application and control of thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. In: Pomeranz, Y. e Munich, L. **Cereals: a renewable resource, theory and practice**. American Association of Cereal Chemists. Saint Paul: cap. 10, p.165-216,1981.

EL-DASH, A.A; CAMARGO, C.O.; DIAZ, N.M. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. Série Tecnologia Agroindustrial. São Paulo: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia Agroindustrial,. 349p. 1982.

EL-DASH, A.A.; GONZALES, R.; CIOL, M. Response surface methodology in the control of thermoplastic extrusion of starch. **Journal of Food Engineering**, v.2, p. 129-152,1983.

EL-SAIED, H. M. et al. Gelatinization, pasting characteristics and cooking behaviour of Egyptian rice varieties in relation to amylose and protein contents. **Starch/Stärke**, v. 31, n. 8, p. 270-274, 1979.

ELLSBURY, M. M.; PEDERSON, G. A.; FAIRBROTHER, T. E. Resistance to foliar feeding hipergine weevils (Coleoptera, Curculionidae) in cyanogenic white clover. **Journal of Economic Entomology**, v.85, p.2467-2472, 1992.

EMINEDOKI, D. G.; MONANN, M. O.; ANOSIKE, E. O. Thyocyanate levels of mainly dietary origin in serum and urine from a human population sample in Port Harcourt, Nigeria. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.46, p.277-285, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Mandioca e Fruticultura Tropical**. Disponível em: <<http://www.cnpmf.embrapa.br/maracuja.htm>>. Acesso em: 3 maio 2014.

FAST, R. B.; CALDWELL, E. F. **Breakfast cereals and how they are made**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 562p., 2000.

FAO/WHO. Food Agriculture Organization of the United Nations/ World Health Organization. Report on a joint FAO/WHO Expert Consultation on Protein Quality Evaluation, Bethesda, 1990.

FAUBION, J.M.; HOSENEY, R.C; E SEIB, P.A. Functionability of grain components in extrusion. *Cereal Foods World*, v. 27, n. 5, p. 212-216, 1982.

FERRARI, R.A.; COLUSSI, F.; AYUB, R.A. Caracterização de subprodutos da industrialização do maracujá: aproveitamento das sementes. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.26, n.1, p. 101-102, 2004.

FELLOWS, P. J. *Food Processing Technology: principles and practice*. 2 ed. Cambridge: Midway Technology Limited, 575-608 p., 2000.

FERNANDES, M. S.; WANG, S. H.; CABRAL, L. C.; BORGES, J. T. da S. Caracterização química de extratos hidrossolúveis desidratados de arroz e soja. **Pesq. agropec. Brás.** Brasília, v.35 n. 4, 2000.

FERREIRA, M.; PENA, R. Estudo da secagem da casca do maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.12, n.1, p.15-28, 2010.

FERRARI, R. A.; COLUSSI, F.; AYUB, R. A. Caracterização de subprodutos da industrialização do maracujá- aproveitamento das sementes. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 101-102, 2007.

FOLEGATTI, M. I. S., MATSUURA, F. C. A. U. Produtos. In: MATSUURA, F. C. A. U., FOLEGATTI, M. I. S. (eds) *Frutas do Brasil* 23, 1 ed., chap. 6, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Statistical Databases**. Disponível em: <<http://www.fao.org.br>>. Acesso em: 3 mai. 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS AND WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Carbohydrates in human nutrition. Food and nutrition*. [Report, n.66]. Rome: FAO, 140p., 1990

FRANCO, G. *Tabela de Composição Química dos Alimentos*. 9 ed. São Paulo: Editora Atheneu, 1999.

GERMANI, R.; BENASSI, V.T.; CARVALHO, J.L.V. **Métodos de avaliação de grão e farinha de trigo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1997. 84p. (EMBRAPA-CTAA, Documentos, n. 28).

GILCILÉIA ID. **Efeitos da temperatura de secagem nos teores de compostos cianogênicos totais e fibra alimentar de casca de maracujá** [Dissertação de mestrado]. Goiânia (GO): Universidade Federal de Goiás; 2011.

GOMEZ, M. H.; AGUILERA, J. M. Changes in the starch fraction during extrusion cooking of corn. **J. Food Sci.**, v. 48, n. 2, p. 378-381, 1983.

GOMES, M.. **Obtenção de pectina a partir da casca de maracujá**. Ponta Grossa, 2004. 33 f. Trabalho de Diplomação (Curso Superior de Tecnologia em Alimentos)-Coordenação de Alimentos. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná.

GÓMEZ, M. E. B. Produção de Snacks de segunda geração, a partir de misturas de farinhas de arroz e batata doce, por extrusão termoplástica. 1997. 125f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 1997.

GUERTZENSTEIN, S. M. J. Uso da casca de maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, Deg) cv. amarelo com fonte de fibra solúvel na alimentação de ratos diabéticos. 1998. Dissertação (Mestrado em Nutrição), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.

GUY, R.C.E. **Extrusión de los alimentos Tecnología y aplicaciones**. Zaragoza: Acribia, 218p., 2002.

HAGENIMANA, A.; DING, X.; GU, W. Y. Steady state flow behaviours of extruded blend of rice flour and soy protein concentrate. **Food Chemistry**. 2006.

HALSTROM F, MOLLER KD. The content of cyanide in human organs from cases of poisoning with cyanide taken by mouth with a contribution to the toxicology of cyanides. **Acta Pharmacol Toxicol.**;v. 1p.18-28, 1945.

HIPÓLITO N, CLIFF J. KONZO: from poverty, cassava, and cyanogen intake to toxic-nutritional neurological disease. **PLoS Negl Trop Dis**. 2011.

HOLANDA, H. D. de **Obtenção de um material pectínico a partir do resíduo (casca) de maracujá amarelo**. João Pessoa, 1991. 96p. Dissertação (mestrado) –Universidade Federal da Paraíba.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estudo nacional da despesa familiar**: tabela de composição de alimentos. 5. ed. Rio de Janeiro, 137 p. ,2009.

ICHIMURA T et al. Antihypertensive effect of an extract of *Passiflora edulis* rind in spontaneously hypertensive rats. **Biosc Biotech Biochem.**2006;70:718-21. GIORDANO Samuel Ribeiro. **Economia e Gestão dos Negócios Agroalimentares**. São Paulo: Pioneira, 2000.

ILO, S.; LIU, Y.; BERGHOFER, E. Extrusion cooking of rice flour and amaranth blends. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, London, v. 32, n. 2, p. 79-88, 1999.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3ª edição. São Paulo, v. 1, 533p., 1985.

ISHIMOTO, F. Y; HARADA, A. I; BRANCO, I. G; CONCEIÇÃO, W. A. S;COUTINHO, M. R. Aproveitamento Alternativo da Casca do Maracujá-Amarelo (*Passiflora edulis* f. var. *flavicarpa* Deg.) para Produção de Biscoitos. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, vol.9 nº 2, Jul/Dez, 2007.

ITAL. Instituto de Tecnologia de Alimentos. **Maracujá: da cultura ao processamento e comercialização**. São Paulo, ITAL,Frutas Tropicais, 207p. 1980Séries.

ITAL. Instituto de Tecnologia de Alimentos. **Maracujá: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. Campinas; 1994.

JANEIRO DI et al. Efeito de farinha da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Flavicarpa Deg.) nos níveis glicêmicos e lipídicos de pacientes diabéticos tipo 2. **Rev Bras Farmacogn**. 2008.

JAGENDRA, P. Pectin and oil from passion fruit waste. **Fiji Agricultural Journal**, v.42, n.1, p.45-48, 1980.

JOHNE, S. Cyanogenic plants. In: RIZK, A. M. (ed.) **Poisonous plant contamination of edible plants**. Boca Raton: CRC Press.v.7, p.65-93, 1991.

JONES, D. A. Why are so many food plants cyanogenic. **Phytochemistry**, v.47, n.2, p.155-162, 1998.

JULIANO, B.O.; HICKS, P.A. Rice functional properties and rice food products. **Food Review International**, New York, v. 12, n. 1, p. 71-103, 1996.

KADAN, R.S.; PEPPERMAN, A.B. Physicochemical properties of starch in extruded rice flours. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.79, n.4, p.476-480, 2002.

KAJISHIMA, S.; PUMAR, M.; GERMAN, R. Elaboração de pão francês com farinha enriquecida de sulfato de cálcio. **Boletim do CEPPA**, 19(2), p. 157-168, 2001.

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B.; NGUYEN, V.N. **Nutritional contribution of rice: impact of biotechnology and biodiversity in rice-consuming countries**. Bangkok: The International Rice Commission – Twentieth Session, 2002. v. 51.

KELKAR S et al. Use of low-temperature extrusion for reducing phytohemagglutinin activity (PHA) and oligosaccharides in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Navy and Pinto. **Food Chem**.v.133, p.1636-9, 2012.

KOZAKAI T et al. Luteolin inhibits endothelin-1 secretion in cultured endothelial cells. **Biosc Biotech Biochem**.;v.69, n.8, p.1613-5, 2005.

KROLOW, A.C.R. Preparo artesanal de geleias e geleiadas. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 29p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 138), 2005.

KULKARNI, S. G.; VIJAYANAND, P. Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* L.) **Leb Wissenschaft und Technik**, v.43, p. 1026-1031, 2010.

LAMBERT JL, RAMASAMY J, PAUKSTELIS JV. Stable reagents for the colorimetric determination of cyanide by modified Konig reactions. **Analitic Chemistry**.v.47, n.6, 1975.

LAMEIRO, M. G. S.; MOURA, F. A.; NUNES, D. V.; PEREIRA, J. M.; HELBIG, E.; DIAS, GUERRA, A. R. Efeito das fibras de trigo e maracujá na umidade das fezes de ratos wistar adultos. **Anais do XVI CIC**, Universidade Federal de Pelotas, 2007.

LEORO, M.G.V. **Desenvolvimento de cereal matinal extrusado orgânico à base de farinha de milho e farelo de maracujá**. Campinas, 2007. Mestrado - Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP.

LEWICKI, P. P. Data and Models of Water Activity. II: Solid Foods. CRC Press, Boca Raton, 2008.

LEWIS, B.J. et al. Antihypertensive effect of passion fruit peel extract and its major bioactive components following acute supplementation in spontaneously hypertensive rats. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.24, n.7, p.1359-1366, 2013.

LIMA, D. C. de Extração da pectina do maracujá. **Coletânea do ITAL**, v.4, p.63-69, 1971 e 72.

LIMA, A. S.; MARCELLINI, P. S. Food From Agroindustrial Residues. In: CARIOCA, J. O. B., MARX, F., JONAS, R. (eds) **Perceptions on Food and Nutrition**, 1 ed., chap.10, Fortaleza-CE: Expressão Gráfica e Editora LTDA., 2006.

LIMA, G.J.M.M.; MARTINS, R.R.; ZENOTTO, D.L.; DE BRUM, P.A.R. Composição química e valores de energia de subprodutos do beneficiamento de arroz. **Comunicado Técnico**, Embrapa Suínos e Aves, n. 244, p. 1-2, 2000.

LIRA FILHO, J. F. de **Utilização da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, Degener) na produção de geléia**. Campinas, 1995. 132p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

LIRA FILHO, J. F. de; JACKIX, M. N. H. Utilização da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, Degener) na produção de geléia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 15, 1996. Brasília. **Resumos...** Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.1, p.221996.

LÓPEZ-VARGAS, J. H. FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; VIUDAMARTOS, M. Chemical, physico-chemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber powder obtained from yellow passion fruit

(Passiflora edulis var. flavicarpa) co-products. **Food Research International**, 51, 756–763, 2013.

LUH, B.S. **Rice: Production and Utilization**. Westport, Conn: AVI, 1980. 925p.

LUNDUBWONG, N.; SEIB, P.A. Rice isolation by alkaline protease digestion of wet-millet rice flour. **Journal of Cereal Science**, v. 31, p.63-74, 2000.

LUSTOSA, B.H.B.; LEONEL, M. Desenvolvimento de misturas instantâneas de mandioca e caseína: efeito do teor de proteína e parâmetros de extrusão sobre a viscosidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 3, p. 693-699, 2010.

MACHADO, S. S.; CARDOSO, R. L.; MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S. Caracterização física e físico-química de frutos de maracujá amarelo provenientes da região de Jaguaquara, Bahia. **Magistra**, Cruz das Almas, v.15, n.2, p.229-233, 2003.

MADHURI, P.; DEVI, K. Value addition to watermelon fruit waste. **Journal of Food Science and Technology**, v.40, n.2, p.222-224, 2003.

MAHAN, L. K.; ARLIN, M. T. **Alimentos, Nutrição e Dietoterapia**. 8 ed. São Paulo: Editora Roca, 1994.

MAGNO, C. de P. R. S. **Efeito da adição da polpa de laranja nas características reológicas da massa e na qualidade tecnológica do pão**. Campinas, 1996. 126p. Dissertação (mestrado). – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

MAIA, L.H.; WANG, S.H.; ASCHERI, J.L.R.; CABRAL, L.C.; FERNANDES, M.S. Viscosidade de pasta, absorção de água e índice de solubilidade em água dos mingaus desidratados de arroz e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n.3, p. 391-396, 2006.

MALUF E et al. Assessment of the hypnotic/ sedative effects and toxicity of Passiflora edulis aqueous extract in rodents and humans. **Phytother Res**.1991;5(6):262-6.

MATSUURA FU. **Estudo do albedo de maracujá e de seu aproveitamento em barra de cereais** [tese de doutorado]. Campinas (SP): Universidade Estadual de Campinas;2005.

MARGIS R, COSNER AF, SILVEIRA RDO. Relação entre estressores, estresse e ansiedade, *Rev Psiquiat*.:p. 65-74, 2003.

MATSUURA, F.C.A.U. **Estudo do albedo de maracujá e de seu aproveitamento em barra de cereais**, 2005. 138p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MARLETT JA, MICHAEL IM, JOANNE LS. Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. **J Am Diet Assoc**.2002;102.7: 93-1000.

MAY, C. D. Industrial Pectins: Sources, Production and Applications. *Carbohydrate Polymers*, v. 12, p. 79-99, 1990.

McFARLANE, I. J.; LEES, E. M.; CONN, E. E. The in vitro biosynthesis of dhurrin, the cyanogenic glucoside of *Sorghum bicolor*. **Journal of Biological Chemistry**, v.250, p.4708-4713, 1975.

McMAHON, O. E.; WHITE, W. L. B.; SAYRE, R. T. Cyanogenesis in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal of Experimental Botany**, v.46, p.731-741, 1995.

MENDONÇA, L. M. V. L.; CONCEIÇÃO, A.; PIEDADE, J.; CARVALHO, V. D.; THEODORO, V. C. A. Caracterização da composição química e do rendimento dos resíduos industriais do limão tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka), **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 870-874, 2006.

MEDEIROS JS et al. Ensaios toxicológicos clínicos da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*, F. Flavicarpa), como alimento com propriedade de saúde. **Rev Bras Farmacogn.**2009; 19(2A):394-9.

MEDINA, J. C. Subprodutos. In MEDINA, J. C. et al., Maracujá: da cultura ao processamento e comercialização. **Campinas: Inst Tecnol. Alim.** 1980, p.145-148.

MELETTI, L.; MOLINA, M. **Maracujá: produção e comercialização**. Campinas: [s. n.] 1999, 64 p.

MELLO, E. T. Aproveitamento da casca da banana nanica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17, 2000. Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000, v.1, p.11.115.

MERCADANTE, A. Z.; BRITTON, G.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoids from Yellow Passion Fruit (*Passiflora edulis*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 46(10), p.4102-4106, 1998.

MERCIER, C.; FEILLET, P. Modification of carbohydrate components by extrusion-cooking of cereal products. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, v. 52, n. 3, p. 283-297, 1975.

MERCIER, C.; LINKO, P.; HARPER, J. M. *Extrusion Cooking*. 2ª edição. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1998. 471 p.

MERCIER, C.; CANTARELLI, C. **Pasta and Extrusion Cooked Foods: some technological and nutritional aspects**. **London: Elsevier**, 1986. 199p.

MELETTI LMM. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Rev Bras Frutic.**2011;Vol Esp:83-91.

MENEGASSI, B. et al. Efeito de parâmetros de extrusão na cor e propriedades de pasta da farinha de mandioca-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). **Ciênc. Agrotec.**, v.31, n.6, p.1780-1792, 2007.

MIDIO, A. F.; MARTINS, D. I. **Toxicologia de alimentos**. São Paulo: LivrariaVarela, 2000. 295p.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Fruticultura Irrigada: sistema de informações. Disponível em : <<http://www.irrigar.org.br>>. Acesso em: 23 março 2004.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). **Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável**. Brasília-DF: MS, 2006. 210p. (Série A, Normas e Manuais Técnicos).

MODESTA, REGINA CÉLIA DELLA. **Manual de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Rio de Janeiro.1994. 48p.

MONTGOMERY, R. D. Cyanogens. In: LIENER, I. W. (ed.) Toxic constituents of plant foodstuffs. **New York: Academic Press**, 1969, p.143-157.

MORAN, E. A. Cyanogenetic compounds in plants and their significance in animal industry. **American Journal of Veterinary Research**, v.15, n.54, p.171-176, 1954.

MOURA, L.S.M. Caracterização físico-química e reológica de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz, milho e feijão por extrusão termoplástica. 2012. 123f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Instituto de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 2012.

MUKHOPADHYAY N, BANDYOPADHYAY S. Extrusion cooking technology employed to reduce the anti-nutritional factor tannin in sesame (*Sesamum indicum*) meal. **J Food Eng**.;n.56, p.201-2, 2003.

MULLA MZ, BHARADWAJ VR, ANNAPURE US, SINGHAL RS. Effect of formulation and processing parameters on acrylamide formation: A case study on extrusion of blends of potato flour and semolina. **Food Sci Technol**.;v.44, 2011.

NASCIMENTO EMGC et al. Use of sesame oil cake (*Sesamum indicum* L.) on corn expanded extrudates. **Food Res Int**.;v.45, p.434-44, 2012.

NABESHIMA, E.H.; EL-DASH, A.A. Modificação química da farinha de arroz como alternativa para o aproveitamento dos subprodutos do beneficiamento do arroz. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 107-120, 2004.

NAHRSTEDT, A. Cyanogenic compounds as protecting agents for organisms. **Plant Syst. Evol.**, v.150, p.35-47, 1985.

NEGREIROS, J. R. S.; JÚNIOR, A. W.; ÀLVARES, V. S.; SILVA, J. O. C.; NUNES, E. S.;ALEXANDRE, R. S.; PIMENTEL, L. D.; BRUCKNER, C. H. Influência do estágio de maturação e do armazenamento pós-colheita na germinação e desenvolvimento inicial do maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 28(1), p. 21-24, 2006.

NEHMI, I.M.D. (Coord.). **AGRIANUAL 2002: Anuário estatístico do Brasil**. São Paulo: **FNP Consultoria & Comércio**, 2001.

NOUT, M.J. R.; TUNÇEL, G.; BRIMER, L. Microbial degradation of amygdalin of bitter apricot seeds (*Prunus armeniaca*). **International Journal of Food Microbiology**, v.24, n.3, p.407-412, jan.1995.

- OHR, L. M. Fortifying with fiber. *Food Technology*, v.58, n.2, p.71-75, 2004.
- OLIVEIRA, L. F.; NASCIMENTO, M. R. F.; BORGES, S.V.; RIBEIRO, P. C. N.; RUBACK, V. R. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis F. Flavicarpa*) para produção de doce em calda. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n.3, p. 259-262, 2002.
- OLIVEIRA, M. M.; CAMPOS, A. R. N.; DANTAS, J. P.; GOMES, J. P.; SILVA, F. L. H. Isotermas de dessecção da casca do maracujá (*Passiflora edulis Sims*): determinação experimental e avaliação de modelos matemáticos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.5, p.1624-1629, 2006.
- ONWULATA, C. I.; KONSTANCE, R. P.; STRANGE, E. D.; SMITH, P. W.; HOLSINGER, V. H. High-fiber snacks extruded from triticale and wheat formulations. **Cereal Foods World**, v.45, n.10, 2003.
- OTAGAKI, K.K.; MATSUMOTO, H. Nutritive values and utility of passion fruit byproducts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.6, n.1, p.64-67, 1958.
- PAGÁN, J., IBARZ, A. Extraction and rheological properties of pectin from fresh peach pomace. *Journal of Food Engineering*, v. 39, p. 193-201, 1999.
- PAGÁN, J., IBARZ, A., LLORCA, M., PAGÁN, A., BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Extraction and characterization of pectin from stored peach pomace. *Food Research International*, v. 34, p. 605-612, 2001.
- PALAZZOLO, G. Cereal bars: they're not just for breakfast anymore. **Cereal Foods World**, v.48, n.2, p.70-72, 2003.
- PARK, K. J.; MORENO, M. K.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem de pêra Bartlett. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.3, p.288- 292, 2006.
- PEDERSON, G. A.; FAITBROTHER, T. E.; GREENE, S. L. Cyanogenesis and climatic relationships in US white clover germplasm collection and core subset. **Crop Science**, v.36, p.427-433, 1996.
- PELIZER LH, PONTIERI MH, MORAES IO. Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **J Technol Manag Innov.**2007;02(01):118-27.
- PEREIRA, J. **Tecnologia e qualidade de cereais**: arroz, trigo, milho e aveia. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002.
- PEREZ, P.M.P.; GERMANI, R. Elaboração de biscoitos tipo salgado, com alto teor de fibra alimentar, utilizando farinha de berinjela (*Solanum melongena*, L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 27, n. 1, p. 186-192, 2007.
- PINHEIRO, A. M.; FERNANDES, A. G.; FAI, A. E. C.; DO PRADO, G. M.; DE SOUSA, P. H. M.; MAIA, G. A. Avaliação química, físico-química e microbiológica de

sucos de frutas integrais: abacaxi, caju e maracujá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 26, p. 98-103, 2006.

PIRES, C.V.; OLIVEIRA, M.G.A.; ROSA, J.C.; COSTA, N.M.B. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 179-187, 2006.

POULTON, J. E. Cyanogenesis in plants. **Plant Physiology**, v.94, p.401-405,1990.

PROTZEK, E.C. **Desenvolvimento de tecnologia para o aproveitamento do bagaço de maçã na elaboração de pães e biscoitos ricos em fibra alimentar**. Paraná, 1997. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Paraná – Tecnologia Química. v. 1, 113p.

RAMFUL, D. et al. Bioactive phenolics and antioxidant propensity of flavedo extracts of Mauritian citrus fruits: Potential prophylactic ingredients for functional foods application. **Toxicology**, v.278, n.1, p.75-87, 2010.

RAMOS, E.R.F. **O uso de Passiflora sp. No controle do diabetes mellitus: estudo qualitativo preliminar**. Monografia do Curso de Farmácia. Maringá – Pr, 2010.

RATNAYAKE, W.S.; JACKSON, D.S. A new insight into the gelatinization process of native starches. **Carbohydrate Polymers**, v. 67, n. 4, p. 511-529, 2007.

RAUPP, D. S.; MARQUES, S. H. P.; ROSA, D. A.; CALDI, C. M.; CREMASCO, A. C. V.; BANZATTO, D. A. Arraste via fecal de nutrientes da ingestão produzido por bagaço de mandioca hidrolisado. **Scientia Agrícola**, 59(2), p. 235-242, 2002.

REIS, F. R. **Secagem á vácuo de yacon: influência das condições de processo sobre parâmetros de qualidade e cinética de secagem**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011. RIBANI R. H. Compostos fenólicos em erva-mate e frutas. 2006. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

RIBAS, A.I.; CÁNOVAS, G.V.B.; GARZA, S.G.; AÑÓ, V.G. **Métodos Experimentales en la Ingeniería de los Alimentos**. 1ª edição. Zaragoza: Acribia, 2000. 292 p.

RODRIGUES, R. S. **Caracterização de extratos de soja obtidos de grãos, farinha integral e isolado protéico visando à formulação e avaliação biológica (em coelhos) de bebida funcional à base de soja e polpa de pêssego**. 2003. 177p. Tese. (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

ROTILI, M. C. C.; COUTRO, S.; CELANT, V. M.; VORPAGEL, J. A.; BARP, F. K.; SALIBE, A. B. ; BRAGA, G. C. Composição, atividade antioxidante e qualidade do maracujá-amarelo durante armazenamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 227-240, jan./fev. 2013.

RUEDA, J.; CHANG, Y.K.; MARTÍNEZ-BUSTOS, F. Functional characteristics of texturized defatted soy flour. **Agrociencia**, v.38, p.63-73, 2004.

RUGGIERO, C. Colheita. In: Ruggiero, C. **Maracujá**. Ribeirão Preto: Legis Summa, 1987, p. 167-172.

REZA FARID et al. Oral intake of purple passion fruit peel extract reduces pain and stiffness and improves physical function in adult patients with knee osteoarthritis. **Nutr Res.**2010;30:601-6.

SAENZ, J. A.; NASSAR, M. Toxic effect of the fruit of *Passiflora adenopoda* D. C. on humans: phytochemical determination. **Revista de Biologia Tropical**, v.20, n.1, p.137-140, 1972.

SAHARI, M. A.; AKBARIAN, A. M.; HAMED, M. Effect of variety and acid washing method on extraction yield and quality of sunflower head pectin. *Food chemistry*, v. 83, p. 43-47, 2003.

SANTANA MFS, SILVA EFL. Elaboração de biscoitos com farinha de albedo de maracujá. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. Embrapa Amazônia Oriental. (**Comunicado Técnico**, 194). CPATU (FL 10768 UMT); 2005.

SANTOS A. V. Elaboração de biscoitos a partir da incorporação de produtos da mandioca e casca de maracujá (*Passiflora edulis* Flavicarpa) na farinha de trigo. **Scient Plen.**;v.7, n.8, 2011.

SANTOS, A. V. **Obtenção e incorporação de farinha de casca de maracujá na produção de bolos de chocolate**. Tese (Mestrado em engenharia de processo) – Aracaju, 2008. Universidade Tiradentes – UNIT.

SÃO JOSÉ, A. R.; FERREIRA, F. R.; VAZ, R. L. **A cultura do Maracujá no Brasil**. Jabotical: Funep, 1991, 46p.

SANTOS, A. V. Obtenção e incorporação de farinha de casca de maracujá na produção de bolos de chocolate. **Dissertação** (Mestrado em engenharia de processo) – Aracaju, 2008. Universidade Tiradentes – UNIT.

SCHWEIZER, T. F.; WURSCH, P. The physiological and nutritional importance of dietary fiber. **Experientia**, n. 47, p. 181-186, 1991.

SEBIO, L. Efeito de alguns parâmetros operacionais de extrusão nas propriedades físico-químicas da farinha de inhame (*Dioscorea* spp.). 1996. 100f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

SECKER, M. Selected properties of native or modified maize starch/soy protein mixtures extruded at varying screw speed. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, n. 7, p. 1161-1165, 2005.

SELMAR, D.; GROCHOLEWSKI, S.; SIEGLER, D. S. Cyanogenic lipids: utilization during seedling development of *Ungnadia speciosa*. **Plant Physiology**, v.93, p.631-636, 1990.

SELMAR, D.; LIEBEREI, R.; BIEHL, B. Mobilization and utilization of cyanogenic glycosides. The linustatin pathway. **Plant Physiology**, v.86, p.711-716, 1988.

SENA LM. Atividade neurofarmacológica do pericarpo dos frutos de *Passiflora edulis* variedade Flavicarpa Degener (maracujá) em camundongos: envolvimento de flavonóides C-glicosídeos [Tese de doutorado]. Florianópolis (SC): Universidade Federal de Santa Catarina; 2009.

SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações**. São Paulo: Varela, 1996. p.184-229.

SHILS ME, SHIKE ROSS, CABALLERO B. Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença. 10ª ed. São Paulo: Manole; 2009.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. Methods of analysis and quantification of phenolic compounds. In: Food Phenolic: Sources, Chemistry, Effects and Applications. Shahidi, F., Naczk, M. (Eds.). **Lancaster: Technomic Publishing Company**, p. 287- 293, 1995.

SHAFER, M. A.; ZABIK, M. E. Dietary fiber sources for baked products: comparison of wheat bran and other cereal brans in layer cake. **Journal of Food Science**, v.45, n.3, p.375, 1978.

SHIROSI, I.; MORI, E.E.M. Estatística aplicada à análise sensorial. Campinas: Núcleo Especializado de Informação Tecnológica em Alimentos, 1994. mód. 1, 73 p. (Manual técnico, 13).

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3ª edição. Editora UFV: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 235p.

SILVA D.C. Pectin from *Passiflora edulis* shows anti-inflammatory actions well as hypoglycemic and hypotriglyceridemic properties in diabetic rats. **J Med Food**.; v.14, n.10, p.1118-26, 2011.

SILVA IQ, OLIVEIRA BCF, LOPES AS, PENA RS. Obtenção de barra de cereais adicionada do resíduo industrial de maracujá. **Alim Nutr.**; v.20, n.2, p.321-9, 2009.

SILVA, V.L.M. **Efeito das variáveis de extrusão nas características físicas, químicas, sensoriais e nutricionais da farinha instantânea de misturas de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) e arroz (*Oryza sativa*, L.)**. 2002. 175f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 2002.

SILVA, E.M.M. Desenvolvimento e caracterização físico-química de extrudados de milho e feijão. 2010. 231f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 2010.

SILVA, P. **Maracujá**. Disponível em :<[www.irrigar.org.br/pademb](http://www.irrigar.org.br/pademb)>. Acesso em:06 jul. 2014.

SILVA, S. R.; MERCADANTE, A. Z. Composição de carotenóides de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*) in natura. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**. 22(3), p. 254-258, 2002.

SILVA, M.R. Caracterização química e nutricional da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.): desenvolvimento e otimização de produtos através de testes sensoriais afetivos. Campinas, 1997. **Tese de Doutorado** - Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas. v.1, 154p.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phospho-tungstic acid reagents. **Am. J. Enol. Vitic.** v. 16, p. 144- 158, 1965.

SILVEIRA, E. T. F. et al. Farinha composta de resíduo do extrato de soja e de arroz em mistura com trigo para uso em panificação. **B. ITAL.**, v. 18, n. 4, p. 543-561, 1981.

SMITH, O.B. Why extrusion cooking? **Cereal Foods World**, Saint Paul, v. 21, n. 1, p. 4-8, 1976.

SMITH, O.B. Technical aspects of extrusion. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v. 24, n. 4, p. 132-135, 1979.

SONOGLI, M.; MORETTO, E. Aproveitamento de casca de banana (*Musa cavendishii* L.) como farinha para panificação. In: ENCONTRO NACIONAL DE ANALISTAS DE ALIMENTOS, 9, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ALIMENTOS, 1, 1995. João Pessoa. **Resumos...** João Pessoa. Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1995. p.11.

SOUZA, A. C. G.; SANDI, D. Industrialização. In: Bruckner, C.H.; Picanço, M.C. (ed) Maracujá: Tecnologia de produção, pós colheita, agroindústria, mercado. **Porto Alegre: Cinco Continentes**, p.305-343, 2001.

SPANHOLI L, OLIVEIRA VR. Utilização de farinha de albedo de maracujá (*Passiflora edulis* Flavicarpa Degener) no preparo de massa alimentícia. **Alim Nutr.**2009;20(4):599-603.

SPENCER, K.C.; SEIGLER, D.S. Cyanogenesis of *Passiflora edulis*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.31, n.4, p.794-796, 1983.

SPEIRS, C. I.; BLACKWOOD, G. C.; MITCHELL, J. R. Potential use of fruit waste containing in vivo de-esterified pectin as a thickener in canned products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.31, p.1287-1294, 1980.

STATSOFT, INC. (2001). STATISTICA (Data analysis software system), version 7.

TALCOTT, S. T.; PERCIVAL, S. S.; PITTET-MOORE, J.; CELORIA, C. Phytochemical Composition and Antioxidant Stability of Fortified Yellow Passion Fruit (*Passiflora edulis*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 51(4), p. 935-941, 2003.

TAPPER, B. A.; REAY, P. F. Cyanogenic glycosides and glucosinolates. In: BUTLER, C. W.; BAILEY, R. W. (eds.) *Chemistry and Biochemistry of Herbage*, 1., Academic Press: New York, p.447-476, 1973.

TAN, J.; GAO, X.; HSIEH, F. Extrudate characterization by image processing. *Journal of Food Science*, v. 59, n. 6, p. 1247-1250, 1994.

TEBA, C.S. Elaboração de massas alimentícias pré-cozidas à base de farinha mista de arroz polido e feijão preto sem casca pelo processo de extrusão termoplástica. 2009. 177f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 2009.

TEBA, C.S.; ASCHERI, J.L.R.; CARVALHO, C.W.P. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades de pasta de massas alimentícias pré-cozidas de arroz e feijão. *Alimentos e Nutrição*, v. 20, n. 3, p. 411-426, 2009.

TEHRANIFAR, A. High potential of agro-industrial by-products of pomegranate (*Punica granatum L.*) as the powerful antifungal and antioxidant substances. **Industrial Crops and Products**, v.34, n.3, p.1523-1527, 2011. Disponível em: . Acesso em: 14 nov. 2013.

TEIXEIRA, E; MEINERT, E; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial dos alimentos**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1987.182 p.

TETTWEILER, P. Snack food worldwide. **Food Technology**, v.45, n.2, p.58-62,1991.

TEWE, O. O.; IYAYI, E. A. Cyanogenic glycosides. In: CHEEKE, P. R. (ed.) **Toxicants of plant origin: Glycosides**. v.II, Boca Raton: CRC Press, 1989, p. 44-60.

THAKUR, B.R.; SINGH, R.K.; HANDA, A.K. Chemistry and uses of pectin – a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 37, n. 1, p. 47-73, 1997.

THEUWISSEN E, MENSINK RP. Water-soluble dietary fibers and cardiovascular disease. **Physiol Behav.**;v.94, p.285-92, 2008.

TORRES, L.L.G.; EL-DASH, A.A.; CARVALHO, C.W.P.; ASCHERI, J.L.R.; GERMANI, R.; MIGUEZ, M. Efeito da umidade e da temperatura no processamento de farinha de banana verde (*Musa acuminata*, grupo AAA) por extrusão termoplástica. *Boletim CEPPA*, v. 23, n. 2, p. 273-290, 2005.

TSAO, R.; DENG, Z. Separation procedures for naturally occurring antioxidant phytochemicals. **J.Chromatog. B**, v. 812, p. 85-99, 2004.

TUNÇEL, G.;NOUT, J.R.; BRIMER, L. Degradation of cyanogenic glycosides of bitter apricot seeds (*Prunus armeniaca*) by endogenous and added enzymes as affected by heat treatments and particle size. **Food Chemistry**, v.63, n.1, p.65-69, 1998.

TUNÇEL, G.; NOUT, M. J. R.; BRIMER, L. The effects of grinding, soaking and cooking on the degradation of amygdalin of bitter apricot seeds. **Food Chemistry**, v.53, p.447-451, 1995.

TURANO, W.; LOUZADA, S. R. N.; DEREVI, S. C. N.; MENDEZ, M. H. M. Estimativa de consumo diário de fibra alimentar na população adulta, em regiões metropolitanas do Brasil. **Nutr. Bras.** n. 3, 130-135, 2002.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **National Nutrient Database for Standard Reference**, Release 14, (2001). Disponível em: <<http://www.unifesp.br/dis/servicos/nutri/nutri.php?id=5916>>. Acesso em: 3 set. 2014.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). National Nutrient Database for Standard Reference, Release 19 (2006). Disponível em: <[http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list\\_nt\\_edit.pl](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nt_edit.pl)>. Acesso em: 18 jun. 2014.

VEGA-GÁLVEZ, A.; MIRANDA, M.; BILBAO-SÁINZ, C.; URIBE, E.; LEMUSMONDACA, R. Empirical modeling of drying process for apple (cv. granny smith) slices at different air temperatures. **Journal of Food Processing and Preservation**, n. 32, 972-986, 2008.

VENTURINI FILHO, W. G. Bebidas não alcoólicas. **Ciência e Tecnologia** – São Paulo: Editora Blucher, v.2, 2010.

VETTER, J. Plant cyanogenic glycosides. **Toxicon**, v.38, p.11-36, 2000.

VIEIRA, C. F. S.; MARTINS, G. A. S.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. S.; REGES, I. S. Utilização de farinha de casca de maracujá amarelo em bolo. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 6, n. 11, 2010.

VIJAYAGOPAL, K.; BALAGOPALAN, C.; MOORTHY, S. N. Gelatinization and liquefaction of Cassava fl our; effect of temperature, substrate and enzyme concentrations. *Starch/Stärke*, v. 40, n. 8, p. 300-302, 1988.

WHALEN, P.J.; BASON, M.L.; BOOTH, R.I.; WALKER, C.E.; WILLIAMS, P.J. Measurement of extrusion effects by viscosity profile using rapid viscoanalyser. *Cereal Foods World*, v. 42, n. 6, p. 469-475, 1997.

WANG, S.H.; CABRAL, L.C.; MAIA, L.H.; ARAUJO, F.B. Mingau de arroz e soja pronto para consumo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 5, p. 855-860, 1999.

WATSON RR et al. Oral administration of the purple passion fruit peel extract reduces wheeze and cough and improves shortness of breath in adults with asthma. **Nutr Res.**;v.28, p.166-71, 2008.

YAPO, B. D.; KOFFI, K. L. K. Yellow passion fruit rind a potential source of lowmethoxyl pectin. *J Agric Food Chem.* n. 54, p. 2738-2744, 2006.

YAPO BM, KOFFI KL. Dietary fiber components in yellow passion fruit rind - a potential fiber source. *J Agric Food Chem.*;v.56, p.5880-3, 2008.

YEOH, H. H.; YEOH, Y. C. Some properties of b-glicosidades from tropical plant species. *Phytochemistry*, v.35, p.1391-1393, 1994.

ZERAIK, M.L. et al. Evaluation of the antioxidant activity of passion fruit (*Passiflora edulis* and *Passiflora alata*) extracts on stimulated neutrophils and myeloperoxidase activity assays. **Food Chemistry**, v.128, n.2, p.259-265, 2011.

ZERAIK, M. L.; PEREIRA, C. A. M.; ZUIN, V. G.; YARIWAKE, J. H. Maracujá: um alimento funcional? **Rev. bras. farmacogn. [online]**, v. 20, n. 3, p. 459-471, 2010.

# ANEXOS

ANEXO 1. Parecer do Comitê de Ética na Pesquisa da UFRRJ/ COMEP.

## ANEXO 2. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Pesquisador Responsável: Dr. José Luis Ramírez Ascheri. Embrapa Agroindústria de Alimentos - CTAA. Av. das Américas, nº 29.501, Guaratiba, Rio de Janeiro – RJ. CEP: 23020-470. Tel.: (21) 3622-9796. E-mail: ascheri@ctaa.embrapa.br

Pesquisadora responsável: MSc. Priscila Leal da Silva Alves. Email: prilealsa@gmail.com

### **TRABALHO DE PESQUISA: “EXPLORAÇÃO DE COPRODUTOS DO MARACUJÁ: ELABORAÇÃO DE FARINHA INSTANTÂNEA MISTA DE ARROZ/MARACUJÁ POR EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA E SEU USO EM BEBIDAS”**

Você está sendo convidado para participar de uma pesquisa que tem como objetivo desenvolver uma Bebida a base de farinha de arroz e maracujá, que tenha boa aceitação de mercado e reúna em um único alimento, um alto índice nutricional. A importância da pectina em alimentos é geralmente atribuída à formação de géis, sendo amplamente usada na produção de gomas, geleias, produtos lácteos, entre outros (THAKUR; SINGH; HANDA, 1997; WILLATS; KNOX; MIKKELSEN, 2006). No entanto, nos últimos anos, a pectina vem sendo empregada também como fibra dietética solúvel por apresentar efeitos fisiológicos benéficos ao organismo humano, tais como redução dos níveis de colesterol, lipoproteínas, ácidos biliares e glicose (FIETZ; SALGADO, 1999; PIEDADE; CANNIATTI-BRAZACA, 2003; TERPSTRA et al., 1998). Sua participação, em uma única vez neste estudo, consistirá na avaliação sensorial da impressão global (primeira impressão causada pelo produto como um todo – aparência, cor, consistência, aroma e sabor) e intenção de compra das amostras de macarrões a base das matérias-primas biofortificadas (arroz, feijão e farinha de trigo). Para a avaliação sensorial será utilizada uma escala hedônica estruturada de 9 pontos (9 = gostei extremamente, 5 = não gostei nem desgostei, 1 = desgostei extremamente). Já para a intenção de compra será utilizada uma escala estruturada de 7 pontos (7 = certamente compraria, 1 = certamente não

compraria). Esclarecemos ainda que este estudo não oferece risco à sua saúde e que não haverá despesas por parte dos participantes, nem retorno financeiro. Você terá acesso aos resultados de suas análises quando desejar. Os dados obtidos nesta pesquisa poderão ser veiculados em revistas científicas especializadas e/ou em encontros científicos, entretanto, as informações não serão divulgadas isoladamente, mas como resultado em conjunto, sem a possibilidade de identificação individual dos participantes. Por favor, após ter lido com atenção, faça perguntas sobre qualquer dúvida que o (a) senhor (a) possua. Caso não tenha perguntas neste momento, o (a) senhor (a) poderá fazê-las posteriormente. Procure estar ciente de todas as suas opções, antes de assinar este termo.

Declaro estar ciente das informações deste Termo de Consentimento e concordo voluntariamente em participar deste estudo.

\_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_  
Nome da voluntária Assinatura da voluntária

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido da voluntária para participação no estudo.

\_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_  
Nome do responsável pela pesquisa Assinatura do responsável pela pesquisa

Você poderá, a qualquer momento, entrar em contato com os responsáveis pela pesquisa das seguintes formas: Pesquisador: Priscila Leal da Silva Alves (2193687820 /[prilealsa@gmail.com](mailto:prilealsa@gmail.com)).

ANEXO 3. Ficha de avaliação da aceitabilidade da Bebida

|   |                   |                              |         |        |
|---|-------------------|------------------------------|---------|--------|
| Nome :  |                   | Produto : Bebida de maracujá |         |        |
| Provador N° :   |                   | Sexo :                       | Idade : | Data : |
| Instruções :<br>Experimente a bebida, logo marque com un X no ponto na qual você considera que melhor descreve o que você sentiu da amostra apresentada |                   |                              |         |        |
| SCORE*  | Codigo da Amostra |                              |         |        |
|   | 326               | 845                          | 963     | 522    |
| (9)Gostei extremamente  |                   |                              |         |        |
| (8) Gostei muito  |                   |                              |         |        |
| (7)Gostei moderadamente   |                   |                              |         |        |
| (6)Gostei ligeiramente  |                   |                              |         |        |
| (5) Nem gostei, nem desgostei   |                   |                              |         |        |
| (4)Desgostei ligeiramente   |                   |                              |         |        |
| (3)Desgostei moderadamente  |                   |                              |         |        |
| (2) Desgostei muito   |                   |                              |         |        |
| (1)Desgostei extremamente   |                   |                              |         |        |



